

90 let
1919–2009

NEUE KERNKRAFTANLAGE AM STANDORT KKW TEMELÍN

Ing. E. Hanslík, CSc. und Kollektiv

Unterstützende EIA-Studie

Auftraggeber:
ÚJV Řež a.s., Division ENERGOPROJEKT

Exemplar Nr.:
Prag, August 2009

Bezeichnung und Sitz der Organisation:

Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut
T. G. Masaryk, öffentliche Forschungseinrichtung
Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6

Direktor:

Mgr. Mark Rieder

Auftraggeber:

ÚJV Řež a.s., Division ENERGOPROJEKT
Vyskočilova 3/741, 140 21 Praha 4

Vertreter des Auftraggebers:

Ing. Vilém Bauer, Vertreter in technischen Belangen
Ing. Jiří Řibřid, Vertreter in technischen Belangen

Beginn und Beendigung der Aufgabe:

März 2009 – August 2009

Ort der Ablage des Berichts:

ENERGOPROJEKT Prag

Stellvertreter des Direktors:

Ing. Václav Bečvář, CSc.

Leiter der Sektion 220:

Ing. Věra Očenášková

Abteilungsleiter:

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

Hauptbearbeiter:

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

Bearbeiter:

Doc. Ing. J. Hejzlar, CSc. (Hydrobiologisches Institut (HBÚ)), Doc. Ing. V.
(Chemisch-technologische Hochschule (VŠCHT)), RNDr. J. Justýn, CSc., Ing.
I. Nesměrák, Ing. V. Příbáň, CSc. (DIAMO), Ing. J. Polívka
(Hydrobiologisches Institut (HBÚ)), Mgr. P. Šimek, Mgr. P. Rosendorf

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	S. 5
2. Entwicklung der Qualität des entnommenen technologischen Wassers im Profil Moldau-Hněvkovice und im Profil Moldau-Kořensko oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín bis zum Jahr 2008	7
2.1. Langfristige Entwicklung ausgewählter nichtradioaktiver Parameter der Wasserqualität bis zum Jahr 2008	7
2.2. Entwicklung des Gehalts an radioaktiven Stoffen unter besonderer Berücksichtigung künstlicher Radionuklide	12
2.3. Entwicklung der Wassertemperatur	14
3. Einfluss der Abwässer des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb ihrer Einleitung	16
3.1. Entwicklung der Qualitätsparameter und ihre Bilanz im entnommenen technologisches Wasser und abgeleiteten Abwasser – nichtradioaktive Stoffe	16
3.2. Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Abwassereinleitung – nicht radioaktive Stoffe	24
3.3. Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Abwassereinleitung – Temperatur	26
3.4. Entwicklung der Qualitätsparameter und ihre Bilanz im entnommenen technologisches Wasser und abgeleiteten Abwasser – radioaktive Stoffe	27
4. Einfluss der Abwässer der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb ihrer Einleitung	30
4.1. Einfluss der einzelnen Alternativen der neuen Kernkraftanlage und des Parallelbetriebs der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Einleitung ihrer Abwässer – nichtradioaktive Stoffe	30
4.2. Einfluss der einzelnen Alternativen der neuen Kernkraftanlage und des Parallelbetriebs der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Einleitung ihrer Abwässer – Temperatur	32
4.3. Einfluss der einzelnen Alternativen der neuen Kernkraftanlage und des Parallelbetriebs der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau – radioaktive Stoffe	35
4.4. Analyse der Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserqualität im Profil der Entnahme von technologischem Wasser des KKW Temelín Moldau-Hněvkovice bzw. im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb dieses Profils und im Einzugsgebiet des Flusses Lužnice im Zeithorizont 2020.....	39
5. Beurteilung des radiotoxischen Einflusses von Tritium und sonstigen Radionukliden auf Wasserorganismen	42
6. Einfluss des Kraftwerks Temelín auf den Orlík-Stausee: Situation in den Jahren 2000–2008 und Prognose des Einflusses bei Erweiterung des Kraftwerks und künftiger Klimaänderung	48
7. Fazit	50
8. Literatur	54
Tab. 1	61
Tab. 5	62

Anlage 1

Vergleich der Stoffbilanz im entnommenen Wasser aus dem Profil Hněvkovice und in den Abwässern des KKW Temelín in Tonnen für den Zeitraum 2004 – 2008

Anlage 2

Abgeleitete jährliche Menge an Abwässern des KKW Temelín für den Zeitraum 2004–2008, Durchschnittswerte und Limit für die jährliche Menge an Abwässern des KKW Temelín gemäß der Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen

Anlage 3

Prognose der durchschnittlichen beeinflussten Abflüsse für die hydrologischen Szenarien A, 0, B, C und D aus dem Profil Moldau-Košensko

Anlage 4

Einfluss des Kraftwerks Temelín auf die Eutrophierung des Orlík-Stausees: Situation in den Jahren 2000–2008 und Prognose der Auswirkungen der Erweiterung des Kraftwerks und künftigen Klimaänderung

1. Einleitung

Der Umfang der unterstützenden EIA-Studie wurde im Werkvertrag zwischen dem Kernforschungsinstitut Řež a.s., Division ENERGOPROJEKT PRAG, und dem Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstitut T. G. Masaryk, öffentliche Forschungseinrichtung (VÚV T.G.M., v.v.i.), Vertragsnummer des Auftragnehmers 202/2009/D/19, Vertragsnummer des Auftraggebers 4949/15/5/VUV, formuliert.

Der Gegenstand der Studie knüpft eng an die vom Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstitut T. G. Masaryk in den Jahren 2006 [1,2] für das EIA-Feststellungsverfahren erstellte Studie an und beinhaltet folgende Problemkreise:

Referenzzustand der Wasserqualität vor Inbetriebnahme des Kernkraftwerks Temelín (im Weiteren nur „KKW Temelín“) und Referenzzustand im Umfang des Einflusses des Betriebs von 2x1000 MW_e in einzelnen Jahren und Parametern radioaktiver und nichtradioaktiver Stoffe, einschließlich der Wärmeverschmutzung des Orlík-Stausees, sowie Auswertung dieses Zustandes in Hinblick auf die Erfüllung sowohl aller legislativen Anforderungen als auch Entscheidungen von Umweltorganen zur Ableitung von Abwässern aus dem KKW Temelín in die Moldau (Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der Fassung der späteren Vorschriften, über Parameter und Werte der zulässigen Verunreinigung von Oberflächengewässern und Abwässern, Erfordernisse der Genehmigung zur Ableitung von Abwässern in Oberflächengewässer und in Kanalisationen und über sensible Bereiche sowie Methodische Weisung des Umweltministeriums zur Regierungsverordnung Nr. 229/2007 GBl., Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG, Entscheidung der Staatlichen Atomsicherheitsbehörde (SÚJB) zur Genehmigung der Freisetzung von Radionukliden in die Umwelt in Form flüssiger Ableitungen, Regierungsverordnung Nr. 71/2003 GBl. über die Festlegung geeigneter Oberflächengewässer für das Leben und die Reproduktion ursprünglicher Arten von Fischen und weiterer Wasserlebewesen und über die Feststellung und Bewertung des Qualitätszustandes dieser Gewässer, Regierungsverordnung Nr. 132/2005 GBl., in der Fassung der späteren Vorschriften, zur Festlegung des nationalen Verzeichnisses europäisch bedeutsamer Standorte).

Beobachtung von Veränderungen des Phytoplanktons im Orlík-Stausee und Zuflüssen, Beurteilung des Einflusses des KKW Temelín auf die Eutrophierung des Orlík-Staubeckens, einschließlich der Möglichkeit der Einschränkung der Produktion P_c in aus dem KKW Temelín abgeleiteten Abwässern.

Beurteilung des genotoxischen Einflusses von Tritium und sonstiger Radionuklide auf Wasserorganismen.

Prognose des Einflusses der einzelnen Erweiterungsalternativen 2x1700 MW_e (2x4466 MW_t), 2x1600 MW_e (2x4590 MW_t), 2x1200 MW_e (2x3200 MW_t) und 2x1200 MW_e (2x3415 MW_t) auf die Qualität der Oberflächengewässer in den Parametern radioaktive Stoffe (Tritium, sonstige Aktivierungs- und Spaltprodukte), nichtradioaktive Stoffe, einschließlich Erwärmung und Bewertung kritischer Parameter mit Einfluss auf das Phytoplankton im Orlík-Stausee. Die Prognose wird anknüpfend an die Ergebnisse der Studie zu Möglichkeiten der Gewährleistung von Wasserentnahmen aus der Stauanlage Hněvkovice für die perspektivische Erweiterung des KKW Temelín [3] (Vyskoč, P., Kašpárek, L., 2009) bearbeitet. Beurteilung der Möglichkeiten von Änderungen in der Wasserwirtschaft des KKW Temelín zur Senkung der Emissionen von gelösten anorganischen Salzen (RAS) und weiterer Qualitätskomponenten (Teil D Einflüsse auf Oberflächengewässer). Beurteilt wird auch die Möglichkeit der Fernübertragung über die Staatsgrenzen der Tschechischen Republik (Elbe und Bundesrepublik Deutschland) und vorgeschlagen werden konkrete

Maßnahmen zur Prävention, zum Ausschluss, zur Verminderung oder Kompensierung ungünstiger Einflüsse auf den Rezipienten.

Bestandteil des gegenständlichen Werkvertrages ist auch die Ausarbeitung eines Vorschlags für Antworten auf die Schlussfolgerungen des Feststellungsverfahrens im EIA-Prozess im bearbeiteten Bereich, einschließlich eines Vorschlags für die Auseinandersetzung mit allen in Stellungnahmen einzelner Subjekte im EIA-Prozess eingehenden relevanten Anforderungen, und weiter die Unterstützung des Auftraggebers und seines Kunden ČEZ, a.s. im EIA-Prozess nach Abgabe der EIA-Dokumentation beim Umweltministerium.

2. Entwicklung der Qualität des entnommenen technologischen Wassers im Profil Moldau-Hněvkovice und im Profil Moldau-Kořensko oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín bis zum Jahr 2008

2.1. Langfristige Entwicklung ausgewählter nichtradioaktiver Parameter der Wasserqualität bis zum Jahr 2008

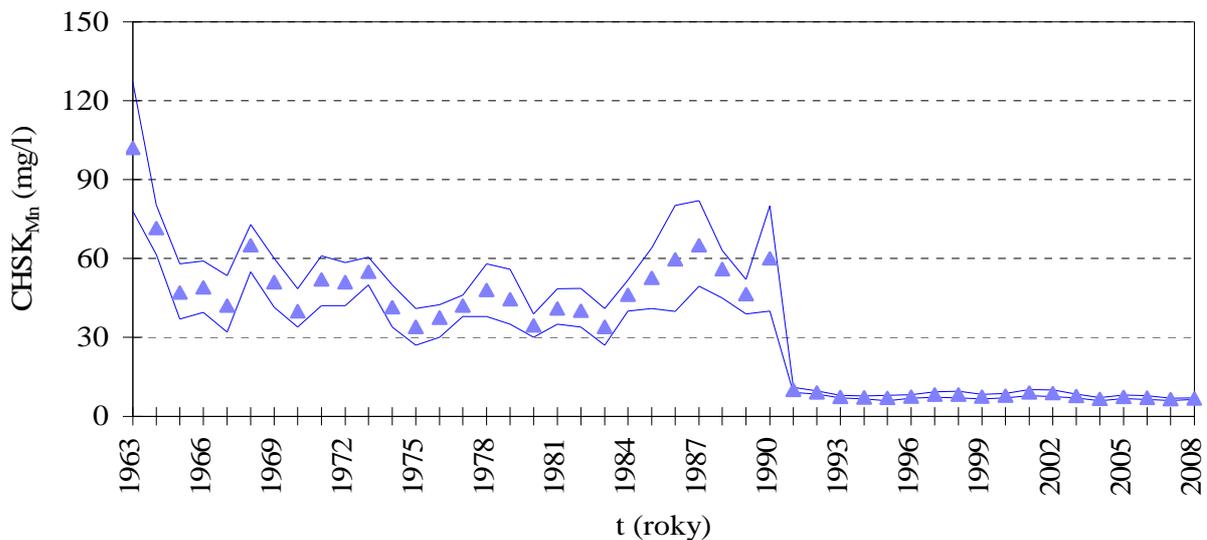
Den entscheidenden Anteil radioaktiver und nichtradioaktiver Stoffe, die mit den Abwässern des KKW Temelín abgeleitet werden (wie im Weiteren rechnerisch belegt), mit Ausnahme von Tritium, entnimmt das KKW Temelín mit dem technologischen Wasser.

Anknüpfend an die Tatsache, dass die Wasserqualität im Profil der Entnahme technologischen Wassers für das KKW Temelín Moldau-Hněvkovice in grundlegender Weise die Qualität der abgeleiteten Abwässer beeinflusst, wo den entscheidenden Anteil eingedicktes Wasser aus dem Kühlkreislauf darstellt, wurde die langfristige Entwicklung der wichtigen Parameter CSB_{Mn} (chemischer Sauerstoffverbrauch), NO_3^- , NH_4^+ und PO_4^{3-} ausgewertet. Die Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentrationen der angeführten Parameter im Bereich des Konfidenzintervalls der Werte ist graphisch veranschaulicht.

Die Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentrationen CSB_{Mn} zeigt Abb. 1.

Abb. 1

Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentrationen CSB_{Mn} im Bereich des Konfidenzintervalls im Profil Moldau-Hněvkovice für den Zeitraum 1963 – 2008



roky - Jahre

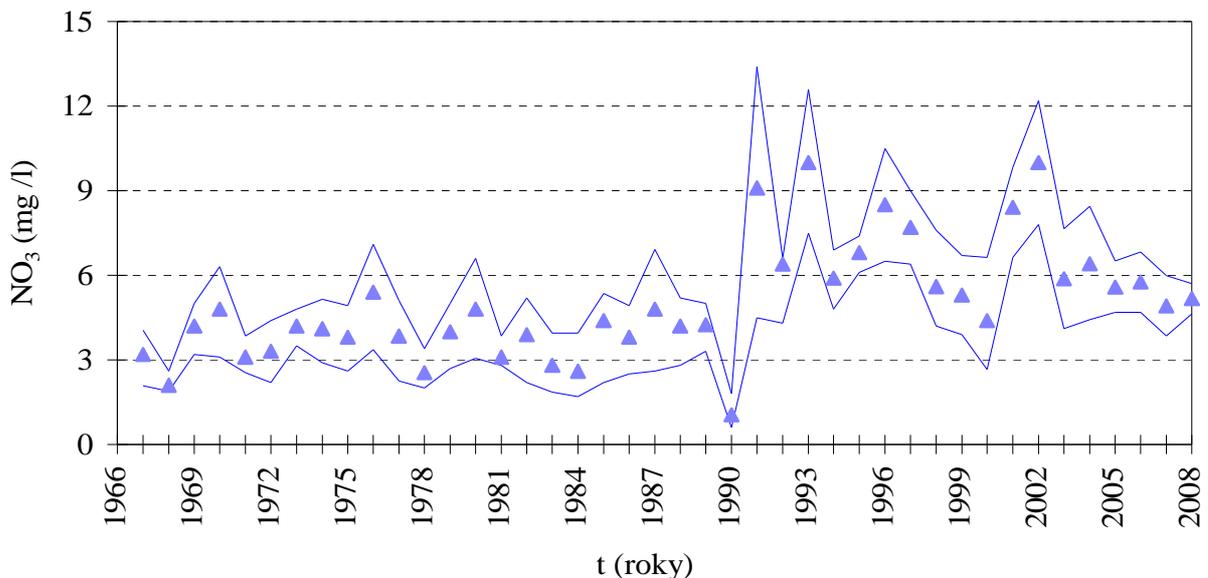
Diese Darstellung zeigt, dass die Moldau von 1963 bis 1990 vor allem durch Abwässer aus den Papierwerken JiP Větrní mit einer Durchschnittskonzentration von $30\text{--}60\text{ mg.l}^{-1}$ beträchtlich verunreinigt wurde. Nach Inbetriebnahme einer Verdampferanlage bei JiP Větrní und der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Český Krumlov sowie nach Verbesserung der Betriebsweise der ARA České Budějovice ist seit 1991 ein wesentlich verbesserter und relativ stabiler Zustand im Vergleich zum vorherigen Zeitraum dokumentiert. Im Zeitraum 1993–1995 wurde ein Rückgang der Konzentrationen vom Ausgangswert $7,5\text{ mg.l}^{-1}$ auf $7,1\text{ mg.l}^{-1}$ und $7,0\text{ mg.l}^{-1}$ festgestellt, und ab 1996 kam es zum geringfügigen Anstieg der Konzentrationen in einem bestimmten Wertebereich der Jahresdurchschnittswerte des CSB_{Mn} . Die Durchschnittskonzentration im Jahr 1996 betrug $7,5\text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 1997 $8,3$

mg.l⁻¹, im Jahr 1998 8,4 mg.l⁻¹, im Jahr 1999 7,5 mg.l⁻¹, im Jahr 2000 7,8 mg.l⁻¹, im Jahr 2001 in diesem Zeitraum am höchsten mit 9,0 mg.l⁻¹, im Jahr 2002 8,8 mg.l⁻¹, im Jahr 2003 7,7 mg.l⁻¹, im Jahr 2004 wurde erneut eine Verbesserung dieses Parameters auf einen Jahresdurchschnittswert von 6,6 mg.l⁻¹ festgestellt, im Jahr 2005 7,4 mg.l⁻¹, im Jahr 2006 7,1 mg.l⁻¹, im Jahr 2007 6,5 mg.l⁻¹ und im Jahr 2008 6,7 mg.l⁻¹ (einen Bezug zum Verlauf dieser Parameter weisen auch CSB_{Cr} und BSB₅ auf). Ausgehend von dieser Beobachtung ist ein langfristig stabiler guter Zustand beim Parameter CSB_{Mn} an der Entnahmestelle für technologisches Wasser mit Indikation einer geringfügigen Verschlechterung für den Zeitraum 1993–2002 im Wertebereich von 7,1–9,0 mg.l⁻¹ und Verbesserung des Zustandes im Zeitraum 2003–2008 im Wertebereich von 6,5–7,7 mg.l⁻¹ feststellbar.

Abb. 2 zeigt die Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentrationen von Nitraten als weiterer Parameter, dem in Hinblick auf seine Grenzwerte in abgeleiteten Abwässern besonderes Augenmerk gelten muss.

Abb. 2

Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentration von NO₃⁻ im Bereich des Konfidenzintervalls im Profil Moldau-Hněvkovice für den Zeitraum 1967–2008



roky – Jahre

Anhand der Nitratkonzentrationen seit 1967 ist ersichtlich, dass es bei diesem Parameter ab 1991 zur Verschlechterung des Zustands gekommen ist. Die Gründe dafür liegen paradoxerweise in einer wirksameren Reinigung der Abwässer aus den Hauptverschmutzungsquellen über diesem Profil – Papierwerke JiP Větrní, ARA Český Krumlov und České Budějovice – bzw. in der Konversion von N-NH₄⁺ in N-NO₃⁻. Der Folgezeitraum 1992–1997 war charakterisiert durch erhöhte Nitratkonzentrationen in einer relativ breiten Spanne der Jahresdurchschnittswerte. Seit 1997 kam es zur Senkung der Jahresdurchschnittskonzentration von Nitraten, 2001 hingegen wurde eine deutliche Verschlechterung im Vergleich zum Jahr 2000 festgestellt. Im extrem wasserreichen Jahr 2002 betrug die Durchschnittskonzentration von NO₃⁻ 10,5 mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 2,4 mg.l⁻¹), d.h. war noch höher als 2001. Im extrem trockenen Jahr 2003 kam es umgekehrt zu einer deutlichen Verbesserung bei diesem Parameter auf eine durchschnittliche Konzentration von NO₃⁻ 5,9 mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 1,3 mg.l⁻¹). 2004 wurde die niedrigere Jahresdurchschnittskonzentration von NO₃⁻ mit 6,4 mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 1,4 mg.l⁻¹) bestätigt. Im Jahr 2005 betrug die Jahresdurchschnittskonzentrationen von NO₃⁻ 5,6 mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 1,3 mg.l⁻¹), im Jahr 2006 5,8

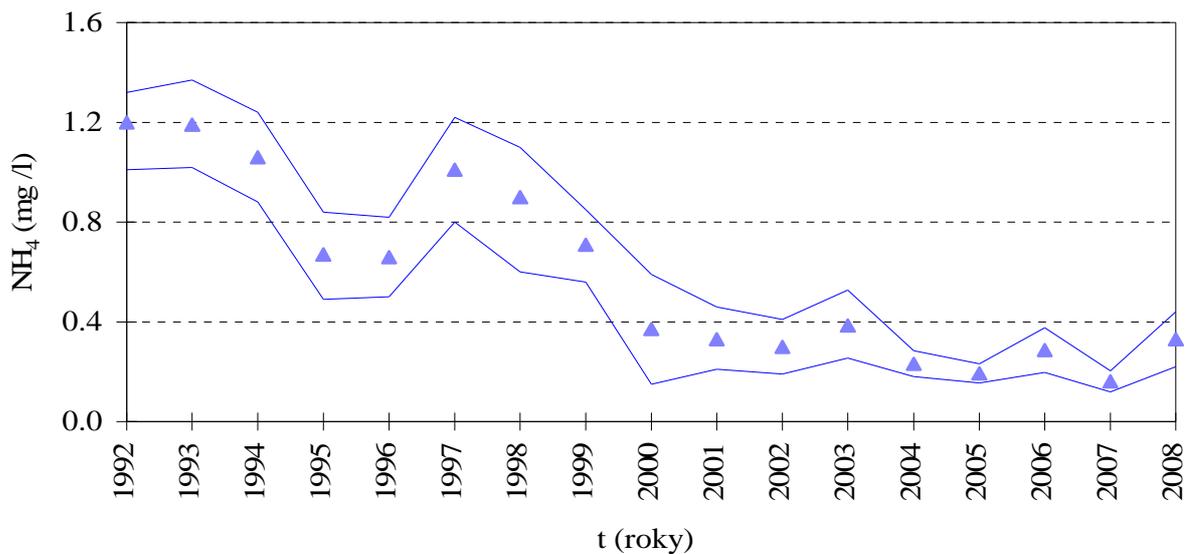
mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 1,3 mg.l⁻¹), im Jahr 2007 4,9 mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 1,1 mg.l⁻¹) und im Jahr 2008 5,2 mg.l⁻¹ (N-NO₃⁻ 1,2 mg.l⁻¹). Die Konzentrationen von NO₃⁻ wurden aus den Ergebnissen der Bestimmung von N-NO₃⁻ vor Rundung auf 1 Zehnerstelle abgeleitet. Ähnliche Veränderungen waren jedoch bereits im Zeitraum 1991–2005 zu beobachten. Für die Schlussfolgerung, dass es sich um einen dauerhafteren Zustand handelt, muss die Bewertung der Entwicklung für die Folgezeiträume fortgesetzt werden. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Jahresdurchschnittswerte den Immissionsstandard c₉₀ bzw. entsprechenden Ganzjahresdurchschnitt von 4,5 mg.l⁻¹ für N-NO₃⁻ gemäß Regierungsverordnung 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], nicht überschreiten.

In Abb. 3 ist die Entwicklung der Konzentration von Ammoniumionen graphisch dargestellt, die erst seit 1992 kontrolliert werden.

Dem Verlauf der Jahresdurchschnittskonzentrationen von NH₄⁺ im Bereich des Konfidenzintervalls zufolge ist ein rückläufiger Trend zu beobachten. Dieser Trend korreliert nicht mit den Veränderungen der Nitratkonzentrationen in Abb. 2. Die Konzentrationen von NH₄⁺ wiesen 1997–2002 sinkende Tendenz auf,

Abb. 3

Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentrationen von NH₄⁺ im Bereich des Konfidenzintervalls im Profil Moldau-Hněvkovice für den Zeitraum 1992–2008



roky – Jahre

2002 waren es 0,28 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,22 mg.l⁻¹), und 2003 lag die Konzentration von NH₄⁺ mit 0,39 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,30 mg.l⁻¹) etwas höher. Im Zeitraum 2004–2005 kam es zu einem weiteren Rückgang der Konzentration von NH₄⁺, 2004 auf 0,23 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,18 mg.l⁻¹), 2005 auf 0,19 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,15 mg.l⁻¹), 2006 auf 0,28 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,22 mg.l⁻¹), 2007 auf 0,17 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,13 mg.l⁻¹) und 2008 auf 0,32 mg.l⁻¹ (N-NH₄⁺ 0,25 mg.l⁻¹). Die Konzentrationen von NH₄⁺ wurden aus den Ergebnissen der Bestimmung von N-NH₄⁺ abgeleitet. Die Konzentrationen von N-NH₄⁺ bewegen sich seit dem Jahr 2000 relativ stabil im Wertebereich von 0,17–0,39 mg.l⁻¹. Da die Stickstoffformen N-NH₄⁺ und N-NO₃⁻ (bzw. N-NO₂⁻) genetisch miteinander zusammenhängen, muss auch im Fall der Konzentration von NH₄⁺ die Bewertung der weiteren Entwicklung fortgesetzt werden. Die Jahresdurchschnittswerte liegen im Grenzwertbereich für den Ganzjahresdurchschnitt von 0,23 mg.l⁻¹ gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4].

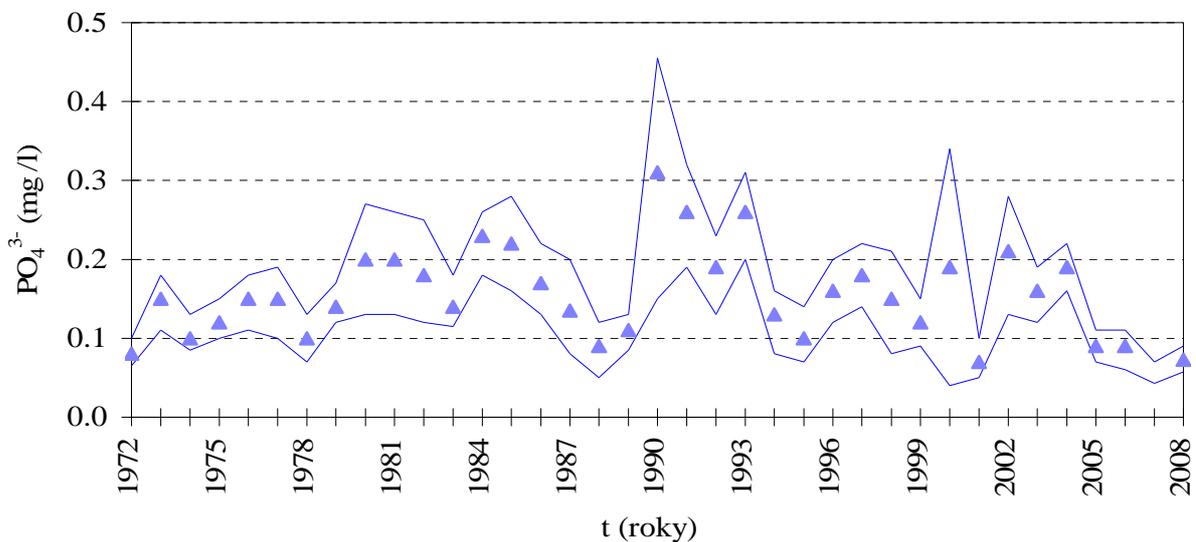
In Abb. 4 ist die Entwicklung der Konzentration von Phosphaten graphisch dargestellt. Phosphate werden seit 1972 überwacht.

Im Unterschied zu den vorangegangenen Bewertungsparametern wiesen die Jahresdurchschnittskonzentrationen von Phosphaten keinen signifikanten Trend auf, sondern wurden in einem relativ breiten Wertebereich festgestellt. Ein geringfügiger Anstieg der Konzentrationen war bis 1985 zu beobachten, im weiteren Zeitraum bis 1998 wurde ein Rückgang festgestellt und seit 1990 kann von einem nichtsignifikanten Rückgang der Konzentrationen von PO_4^{3-} gesprochen werden. Die zwischenjährlichen Veränderungen der Jahresdurchschnittskonzentrationen sind relativ groß. Das dokumentieren auch die Durchschnittswerte der Konzentration von PO_4^{3-} im Jahr 2000 auf einem Niveau von um $0,19 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2001 um $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2002 $0,20 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2003 $0,16 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2004 $0,19 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2005 $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2006 $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$, im Jahr 2007 $0,06 \text{ mg.l}^{-1}$ und im Jahr 2008 $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$.

Die Entwicklung der Konzentrationen einzelner Qualitätsparameter des entnommenen technologischen Wassers hat grundlegenden Einfluss auf ihre Konzentration in den abgeleiteten Abwässern, vor allem des Abflutwassers aus den Kühltürmen, wo es durchweg zu ihrer Aufkonzentrierung bei der Verdunstung kommt. Aus diesen Gründen wurde die Wasserqualität im Profil Moldau-Hněvkovice im Zeitraum 2004–2008 statistisch ausführlicher analysiert. Bewertet wurden die Jahresdurchschnittswerte und ihr Mittelwert, im Weiteren die Werte c_{90} in den einzelnen Beobachtungsjahren und für den Gesamtzeitraum 2004–2008. Die Ergebnisse enthält Tab. 1.

Abb. 4

Entwicklung der Jahresdurchschnittskonzentrationen von PO_4^{3-} im Bereich des Konfidenzintervalls im Profil Moldau-Hněvkovice für den Zeitraum 1972–2008



roky – Jahre

Bewertet wurden die Parameter RL (gelöste Stoffe) und NL (unlösliche Stoffe) getrocknet bei $105 \text{ }^\circ\text{C}$, Konduktivität, pH, SO_4^{2-} , Cl^- , O_2 , NEL (unpolare extrahierbare Stoffe), anionische Tenside, Temperatur, N-NH_4^+ , N-NO_3^- , CSB_{Mn} , CSB_{Cr} , BSB_5 , K^+ , Na^+ , PO_4^{3-} , RAS (gelöste anorganische Salze), Ca^{2+} , Mg^{2+} und P_{ges} . Von den betrachteten Parametern nicht angeführt sind die Immissionsstandards der zulässigen Verschmutzung laut Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], für die Konduktivität, NEL (unpolare extrahierbare Stoffe), CSB_{Mn} , K^+ , Na^+ und PO_4^{3-} . Gelb markiert sind die in der Stellungnahme

des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [5] enthaltenen Parameter, der in der Stellungnahme [5] enthaltene anorganische Stickstoff wird nicht betrachtet.

An der Entnahmestelle Moldau-Hněvkovice wurden bei den betrachteten Parametern die Immissionsstandards [1] mit Ausnahme der Durchschnittskonzentration von O_2 nicht überschritten.

Im Profil Moldau-Kořensko sind die Stoffkonzentrationen für das linke Ufer (LU) und das rechte Ufer (RU) sowie die Durchschnittswerte aus diesen Profilen separat angeführt. Die ermittelten statistischen Werte, genauso wie für das Profil Moldau-Hněvkovice, enthält Tab. 1. Die Konzentration der betrachteten Parameter in den Profilen Kořensko LU und RU sind ähnlich, wobei die Qualität im Profil Moldau-Kořensko RU geringfügig schlechter ist und den Einfluss einer schlechteren Wasserqualität im Fluss Lužnice indiziert, der oberhalb dieses Profils in die Moldau mündet. Im Vergleich zu den Immissionsstandards [4] ist offensichtlich, dass die Werte der Immissionsstandards beim Parameter CSB_{Cr} durch die Werte von c_{90} in beiden genannten Profilen und von $c_{durch.}$ im Profil Moldau-Kořensko LU geringfügig überschritten werden, vermutlich infolge abgeleiteter Abwässer aus der ARA Týn nad Vltavou (die Unterschiede zwischen der Wasserqualität in den Profilen Kořensko LU und RU in den Parametern CSB_{Min} , CSB_{Cr} und BSB_5 liegen jedoch im Unsicherheitsintervall). Bei den übrigen Parametern sind die Werte $c_{durch.}$ und c_{90} niedriger als die Immissionsstandards [4].

Die durchschnittliche Wasserqualität in diesem Profil wird als Referenzniveau für die Bewertung des Einflusses auf die Qualitätswerte durch das derzeit betriebene KKW Temelín, die einzelnen erwogenen neuen Kernkraftanlagen und den Parallelbetrieb des KKW Temelín und neuer Kernkraftanlagen dienen. Trends der Wasserqualität in diesem Profil sind bei Stabilität der Verschmutzungsquellen im Einzugsgebiet nicht anzunehmen, ggf. ist eine eventuelle Verbesserung bei Einschränkung der Verschmutzung in der Moldau und Lužnice oberhalb dieses Profils in der Zukunft zu erwarten.

Die bearbeiteten Daten wurden Unterlagen der ČEZ, a.s., des Wasserbewirtschaftungsunternehmens Povodí Vltavy, státní podnik, bzw. Teilberichten des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk [6-15] entnommen.

2.2. Entwicklung des Gehalts an radioaktiven Stoffen unter besonderer Berücksichtigung künstlicher Radionuklide

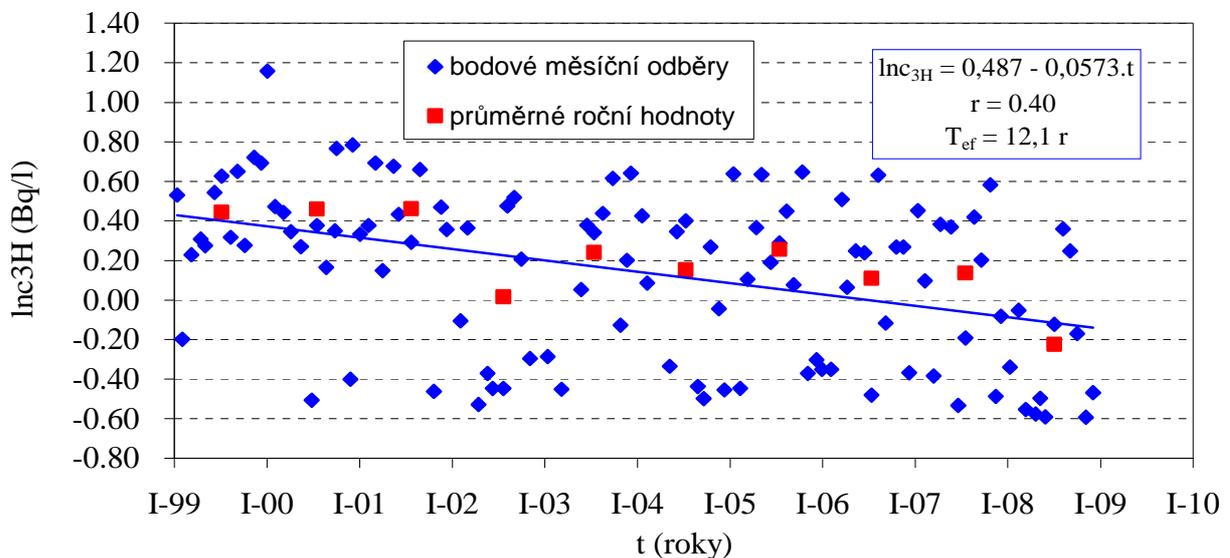
Das Auftreten künstlicher Radionuklide in den Profilen der Moldau bzw. Lužnice oberhalb der Einleitung von Abwässern des KKW Temelín wird durch die Restverschmutzung nach atmosphärischen Atomwaffentests und nach der Reaktorhavarie von Tschernobyl im vergangenen Jahrhundert beeinflusst.

In Hinblick auf die aus dem KKW Temelín abgegebenen künstlichen Radionuklide, zu denen Tritium und sonstige Aktivierungs- und Spaltprodukte (AUSP) zählen, werden der Hintergrund der Volumenaktivitäten dieser Radionuklide bzw. seine Veränderungen im Zeitverlauf für Tritium und die Hauptvertreter der AUSP Caesium-137, Caesium-134 und Strontium-90 bewertet.

Im Falle des Hintergrunds von Tritium wurde ein linearer Rückgang seiner Volumenaktivitäten im semilogarithmischen Maßstab (Tritium gemäß ČSN ISO 9698 [16]) beobachtet. Die Entwicklung der Jahresdurchschnittswerte der Volumenaktivitäten im Oberflächenwasser im Profil Moldau-Hluboká nad Vltavou, das nicht durch die Ableitung sog. tritiumhaltiger Abwässer aus dem KKW Temelín beeinflusst wird, enthält für den Zeitraum 1999–2008 die Abb. 5.

Abb. 5

Entwicklung der Jahresdurchschnittswerte der Volumenaktivitäten von Tritium im Oberflächenwasser im Profil Moldau-Hluboká nad Vltavou – Hintergrund für den Zeitraum 1999–2008



roky – Jahre

bodové měsíční odběry – monatliche Punktentnahmen

průměrné roční hodnoty – Jahresdurchschnittswerte

r – a

Aus der graphischen Darstellung ist ersichtlich, dass es zur Abnahme der Volumenaktivität von Tritium des Hintergrunds kommt und der Abnahmekinetik die Gleichung für die Beschreibung der Kinetik 1. Ordnung, wie in Abb. 5 angeführt, entspricht. Die beobachtete Halbwertszeit der Abnahme von Tritium T_{ef} beträgt 12,1 a (Jahre) und stimmt praktisch mit

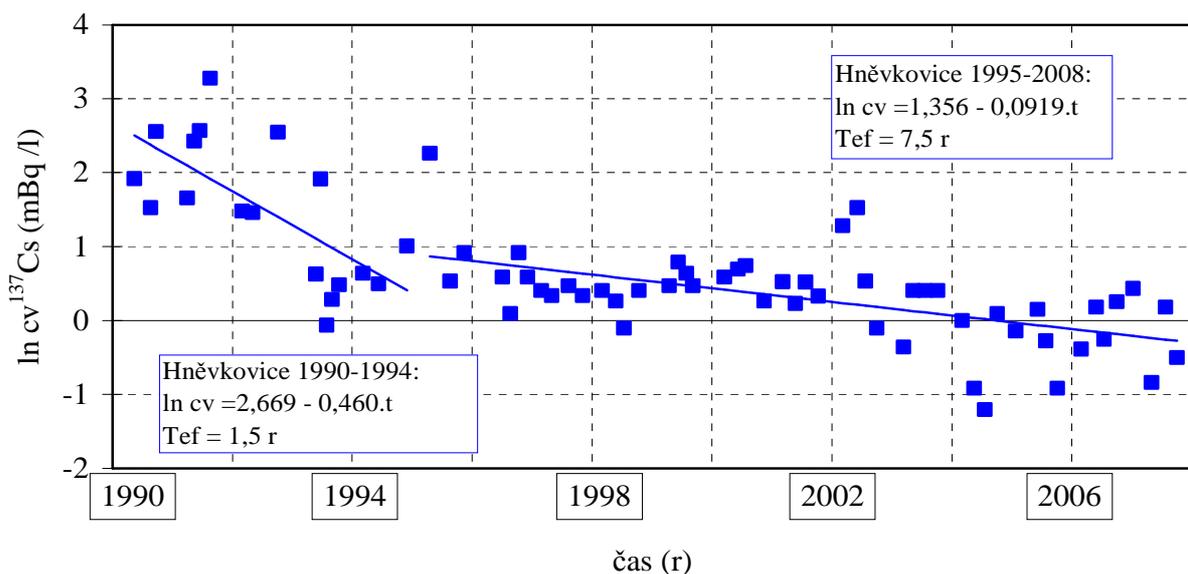
der physikalischen Halbwertszeit der Umwandlung überein. Es ist auch weiterhin mit einer Abnahme der Volumenaktivität von Tritium des Hintergrunds zu rechnen, da sich am Hintergrund nach wie vor der Einfluss atmosphärischer Atomwaffentests wesentlich beteiligt. Eine stetige Komponente des Hintergrunds bildet die Interaktion der kosmischen Strahlung mit der Atmosphäre und die grenzüberschreitende Verbringung von Tritium aus anderen Kernkraftanlagen.

Zu Beginn des Bewertungszeitraums 1999 lag der Jahresdurchschnitt der Volumenaktivität bei $1,6 \text{ Bq.l}^{-1}$, am Ende des Bewertungszeitraums bei $1,0 \text{ Bq.l}^{-1}$. Die Kenntnis der aktuellen Werte des Hintergrunds ermöglicht es, auch sehr kleine Einflüsse des KKW Temelín, einschließlich der neuen Kernkraftanlage (KKA), zu identifizieren. Zur Vorhersage des Einflusses des KKW Temelín und der neuen KKA in den geforderten Alternativen wird konservativ ein Hintergrund von Tritium in der Moldau unterhalb der Einleitung der Abwässer von $0,8 \text{ Bq.l}^{-1}$ angesetzt.

Aus der Entwicklung der Volumenaktivitäten von Caesium-137 (Ermittlung gemäß ČSN ISO 10703 [17]) in sämtlichen Stoffen, d.h. in gelöster und ungelöster Form gesamt, in Abb. 6 ist ersichtlich, dass es im Zeitraum 1990–2008 auch zu ihrer Abnahme gekommen ist. Bei Anwendung der Gleichung für die Kinetik 1. Ordnung wurde

Abb. 6

Entwicklung der Volumenaktivität von Caesium-137 im Profil Moldau-Hněvkovice für den Zeitraum 1990–2008



čas (r) – Zeit (a)

r – a

eine Halbwertszeit von Caesium-137 T_{ef} von 1,5 a (Jahren) für den Zeitraum 1990–1994 und T_{ef} 7,5 a (Jahre) für den Zeitraum 1995–2008 beobachtet.

Die durchschnittliche Volumenaktivität von Caesium-137 auf dem Niveau des Jahres 2008 lag im Profil der Entnahme von technologischem Wasser für das KKW Temelín bei $0,001 \text{ Bq.l}^{-1}$. Für die Prognose des Einflusses der neuen KKA wird eine Volumenaktivität von Caesium 137 von $0,0005 \text{ Bq.l}^{-1}$ angesetzt. Ähnliches Augenmerk galt der Überwachung von

Strontium-90. Auch im Falle von Strontium-90 wurde ein Rückgang seiner Volumenaktivität festgestellt. Das Durchschnittsniveau im Jahr 2008 lag unter der Nachweisgrenze von $0,006 \text{ Bq.l}^{-1}$. Caesium-134 oder andere AUSP nach der Reaktorhavarie von Tschernobyl wurden nicht mehr identifiziert.

Die Volumenaktivitäten der AUSP sind derart gering, dass sie bei der Bestimmung des Gesamtwerts der Volumenaktivität Beta gemäß der tschechischen Norm ČSN 75 7612 [18] nicht belegt werden können. Im Fall von Tritium erfasst die Verfahrensweise [16] keine Radionuklide mit niedriger Energie von Betastrahlung, die Tritium emittiert. Im Fall von AUSP ist ihr Gehalt derart niedrig, dass die oben angeführten spezifischen Verfahrensweisen angewendet werden müssen [16,17].

Der Gesamtwert der Volumenaktivität Beta besteht überwiegend aus der Beta-Aktivität des im natürlichen Kalium enthaltenen Kalium-40. Bei einer Kalium-Konzentration von 5 mg.l^{-1} beträgt der entsprechende Gesamtwert der Volumenaktivität Beta $0,137 \text{ Bq.l}^{-1}$ (1 mg Kalium entspricht einer Beta-Aktivität von $0,0274 \text{ Bq}$).

Anknüpfend an die bekannte Restverschmutzung nach atmosphärischen Atomwaffentests und nach der Reaktorhavarie von Tschernobyl im vergangenen Jahrhundert galt das Augenmerk auch dem Gehalt an AUSP, mit Ausnahme von Tritium, in Flusssohlsedimenten und Biomasse der Wasserpflanzen und Fische. Ähnlich wie im Fall der Wasserproben wurde ein erhöhter Gehalt an Caesium-137, Caesium-134 und Strontium-90 festgestellt. Ähnlich im wie Fall der Wasserproben wurde ein Rückgang des Gehalts an künstlichen Radionukliden in den angeführten Bestandteilen der Hydrosphäre beobachtet. Im Fall von Caesium-134 lagen die Beobachtungsergebnisse bereits seit 1998 unter der Nachweisgrenze. Andere künstliche Radionuklide waren nicht nachweisbar.

In den Flusssohlsedimenten lagen die spezifischen Aktivitäten von Caesium-137 in den aus den Zuflüssen zum Orlík-Stausee, d.h. der Lužnice, Otava und Moldau, entnommenen Proben im Wertebereich von $19,1\text{--}84,7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ (bezogen auf Trockenmasse). Die spezifischen Aktivitäten von Strontium-90 lagen in diesen Profilen bereits unterhalb der Nachweisgrenze. In den Profilen Moldau-Týn nad Vltavou waren es weniger als $2,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$, in Lužnice-Koloděje weniger als $1,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ und Otava-Písek weniger als $2,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Der Durchschnitt der spezifischen Aktivität von Strontium-90 in den Sedimenten war mehr als 22x geringer als die spezifische Aktivität von Caesium-137 in den Sedimenten.

Bei Fischproben lagen die spezifischen Aktivitäten von Caesium-137 in den im Jahr 2008 aus dem Orlík-Stausee, Moldau-Košensko unterhalb, Moldau-Hněvkovice oberhalb des Stauwerks, Otava-Topělec und Regenwasserrückhaltebecken Býšov entnommenen Proben im Wertebereich von $0,2\text{--}0,9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ (in Bezug auf Frischmasse). Der höchste Wert wurde im Zufluss des Orlík-Stausees im Profil Otava-Topělec festgestellt (entspricht auch den Erkenntnissen über einen erhöhten Gehalt an Caesium-137 in den Sohlsedimenten der Otava). Der Gehalt an Caesium-134 lag infolge der kürzeren Halbwertszeit bereits gänzlich unter der Nachweisgrenze. Die Ergebnisse für Strontium-90 im Jahr 2008 waren unter der Nachweisgrenze von $0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ (bezogen auf Frischmasse).

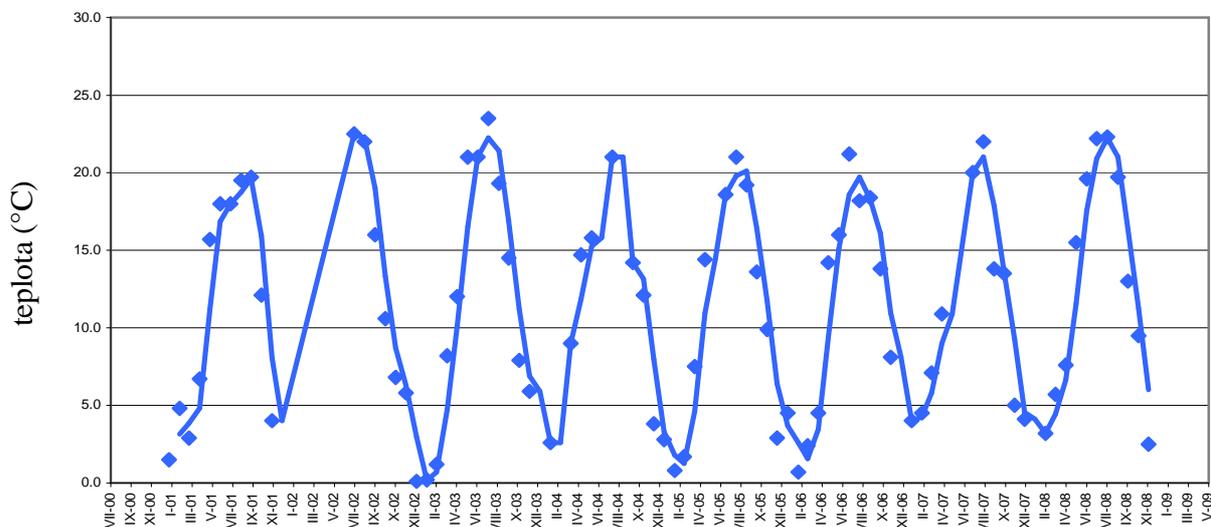
Als Vertreter der Wasserorganismen wurde das Schilfrohr ausgewählt. Im Profil Moldau-Hněvkovice unterhalb des Stauwerks betrug die spezifische Aktivität von Caesium-137 im Jahr 2008 $0,9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ und die spezifische Aktivität von Strontium-90 weniger als $2,3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ (bezogen auf Trockenmasse).

2.3. Entwicklung der Wassertemperatur

Der Temperaturverlauf des Wassers im Profil Moldau-Hněvkovice unterhalb des Stauwerks für den Zeitraum 2001–2008 wurde aus den verfügbaren Daten durch gleitende Durchschnitte interpoliert und in Abb. 7 graphisch dargestellt.

Abb. 7

Entwicklung der Wassertemperatur im Profil Moldau-Hněvkovice unterhalb des Stauwerks für den Zeitraum 2001–2008



teplota – Temperatur

Die Minimaltemperatur im angeführten Zeitraum betrug 0,1 °C, die Maximaltemperatur 23,5 °C und die Durchschnittstemperatur 11,4 °C. Für die letzte Periode 2004–2008 lag die Durchschnittstemperatur ebenfalls bei 11,4 °C und c_{90} bei 21,0 °C.

Im näheren Profil Moldau-Kořensko LU oberhalb der Einleitung von Abwässern des KKW Temelín betrug die Durchschnittstemperatur im Zeitraum 2004–2008 11,3 °C und c_{90} 21,7 °C. Im Vergleich zum Profil Hněvkovice wird die Wassertemperatur in diesem Profil noch durch den Nebenfluss Lužnice unter Týn nad Vltavou beeinflusst. Wie ersichtlich, sind die Temperaturen im Profil Moldau-Hněvkovice und Moldau-Kořensko vergleichbar. Bei der Beurteilung gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], handelt es sich um Werte signifikant unter dem Immissionsstandard von c_{90} 25 °C und der entsprechenden Durchschnittstemperatur von 14 °C.

Bei der Bearbeitung des Kap. 2 wurden im Weiteren folgende Unterlagen verwendet [19-38].

3. Einfluss der Abwässer des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb ihrer Einleitung

3.1. Entwicklung der Qualitätsparameter und ihre Bilanz im entnommenen technologischen Wasser und abgeleiteten Abwasser – nichtradioaktive Stoffe

Die Veränderungen der Qualitätsparameter bzw. der Einfluss des KKW Temelín auf die Konzentrations- und Bilanzwerte von mit technologischem Wasser entnommenen Stoffen sind abhängig von ihrem Charakter (degradierbare, konservative) und von den aus Prozessen im KKW Temelín in die Abwässer gelangenden Stoffen. Zur Charakterisierung der einzelnen Parameter gemäß der Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [5] wurden die Stoffbilanz im entnommenen Wasser, auf Grundlage der entnommenen Menge technologischen Wassers in den einzelnen Betriebsjahren und der Durchschnittskonzentration der Bewertungsparameter gemäß den Unterlagen des KKW-Temelín, verglichen mit der Stoffbilanz in abgeleiteten Abwässern in $t \cdot a^{-1}$ und in relativen Einheiten in % für den Zeitraum 2004–2008 und weiter die Bilanzen der im Zeitraum 2004–2007 aus der ARA abgeleiteten Stoffe [34–38]. Die Ergebnisse wurden für den angeführten Zeitraum in Abb. 8 dargestellt, die Zahlenangaben enthält Anlage 1.

Beim Parameter fünftägiger biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) betrug der Durchschnittswert der Jahresbilanz im entnommenen Wasser $72,0 t \cdot a^{-1}$ und im abgeleiteten Abwasser $19,0 t \cdot a^{-1}$. Für den Parameter BSB_5 ist charakteristisch, dass das Kraftwerk eine weitaus geringere Menge BSB_5 ableitet, als es mit technologischem Wasser aufnimmt. Der durchschnittliche Anteil der Bilanz BSB_5 im Ableitungswasser des KKW Temelín betrug 27,5 % bei Bezug auf die Bilanz im entnommenen technologischen Wasser. Der Anteil von BSB_5 in Abwässern aus der ARA des KKW Temelín im Strom sämtlicher Abwässer belief sich im Zeitraum 2004–2007 auf durchschnittlich 2,7 %.

Beim Parameter chemischer Sauerstoffbedarf durch Permanganat (CSB_{Mn}) leitete das Kraftwerk ebenfalls weniger ab, als mit technologischem Wasser aufgenommen wurde. Der durchschnittliche Anteil der Bilanz des CSB_{Mn} im Ableitungswasser des KKW Temelín betrug 58,3 % bei Bezug auf die Bilanz im entnommenen technologischen Wasser.

Beim Parameter chemischer Sauerstoffbedarf durch Dichromat (CSB_{Cr}) wurde eine ähnliche Verringerung der Bilanz im Ableitungswasser festgestellt wie im Fall des CSB_{Mn} , und zwar durchschnittlich auf 69,6 %. Der Anteil des CSB_{Cr} in den Abwässern aus der ARA des KKW Temelín im Strom sämtlicher Abwässer betrug 0,94 %.

Bei den angeführten Parametern ist somit ersichtlich, dass die Verringerung ihrer Konzentrationen und damit auch der Bilanz, insbesondere im Kühlkreislauf, signifikant ist. Nach Abzug des Beitrags gleicher Stoffe, die mit Abwässern aus der ARA abfließen, wäre der Einfluss der „Selbstreinigung“ in der Wasserwirtschaft des KKW Temelín noch größer.

Beim Parameter Sulfate (SO_4^{2-}) wurde ein Anstieg der Bilanz in den aus dem KKW Temelín abgeleiteten Abwässern beobachtet. Dabei handelt es sich offenbar um den Einfluss der Klärung technologischen Wassers bzw. von Abwässern, Regeneration von Ionenaustauschern u. a. Die durchschnittliche Zunahme der Bilanz betrug 35,9 % im Vergleich zu der mit technologischem Wasser entnommenen Menge.

Ähnlich war beim Parameter anorganischer Stickstoff (N-anorg.) ein durchschnittlicher Anstieg der Bilanz von 33,1 % zu beobachten. An diesem Anstieg beteiligten sich die Abwässer aus der ARA des KKW Temelín mit einem Durchschnittswert von 3,85 %.

Beim Parameter Phosphat-Phosphor ($P-PO_4^{3-}$) betrug die durchschnittliche entnommene Menge $77,6 t \cdot a^{-1}$.

Beim Parameter Phosphor gesamt ($P_{\text{ges.}}$) wurde eine Jahresdurchschnittsbilanz in den abgeleiteten Abwässern von 93,8 % im Vergleich zu der mit dem technologischen Wasser entnommenen Bilanz festgestellt. Der Anteil des Beitrags von $P_{\text{ges.}}$ in Abwässern aus der ARA des KKW Temelín war im gleichen Zeitraum relativ bedeutend und belief sich durchschnittlich auf 28,6 % bei Bezug auf die Bilanz $P_{\text{ges.}}$ in sämtlichen Abwässern des KKW-Temelín.

Abb. 8

Vergleich der Bilanz der mit dem technologischen Wasser entnommenen Stoffe und in den abgeleiteten Abwässern des KKW Temelín für den Zeitraum 2004–2008

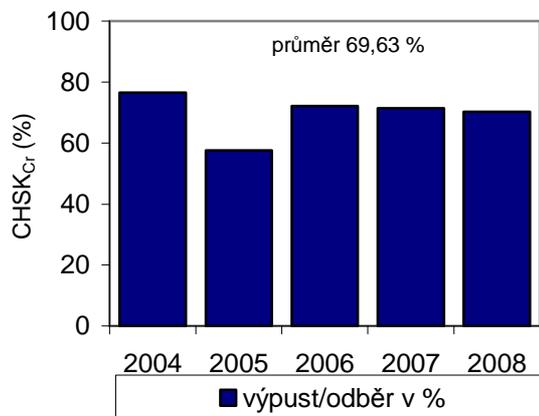
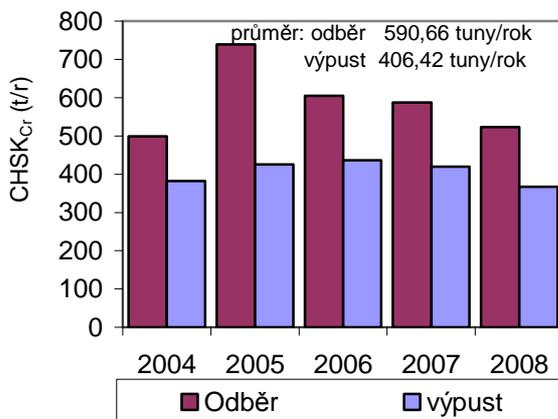
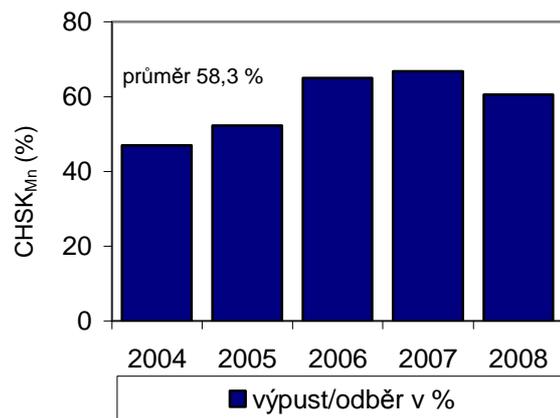
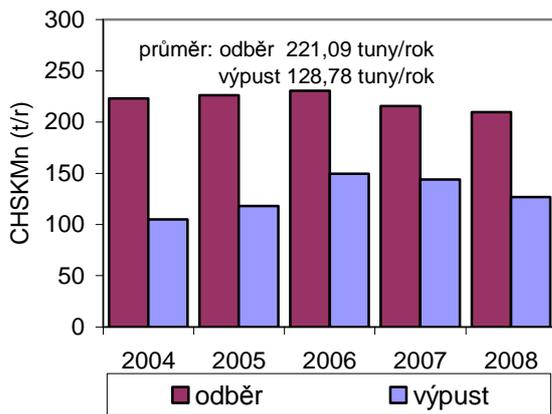
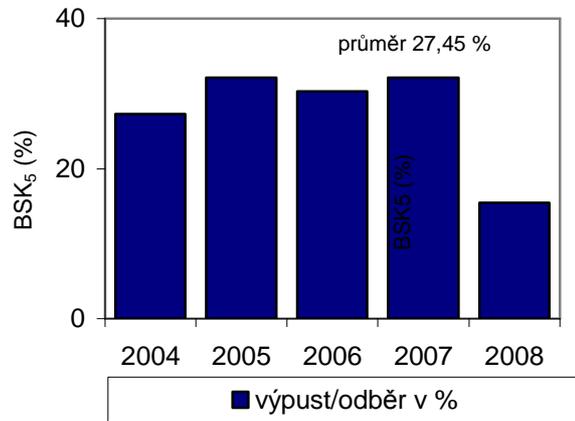
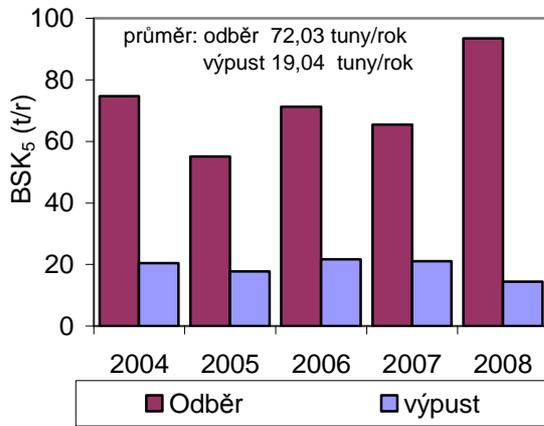


Abb. 8 – Fortsetzung

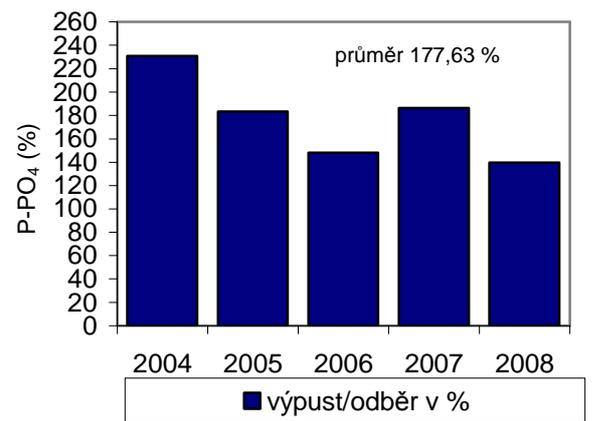
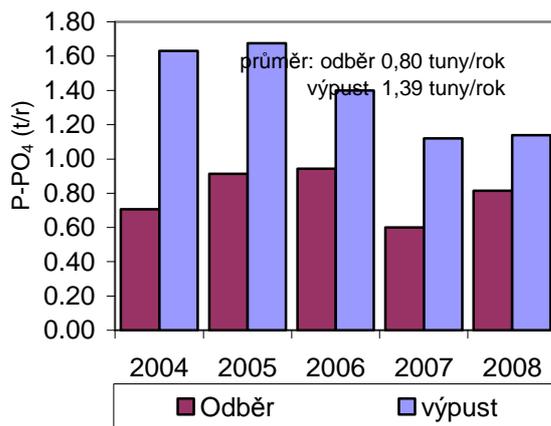
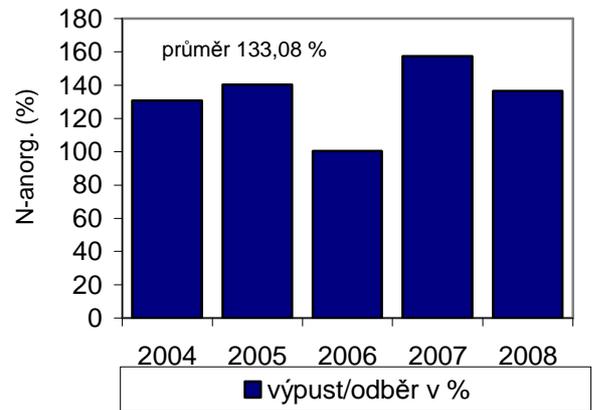
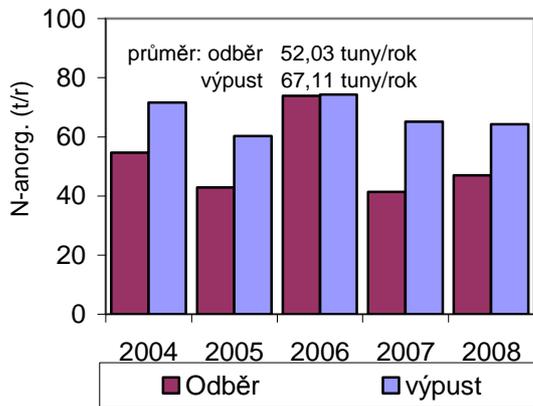
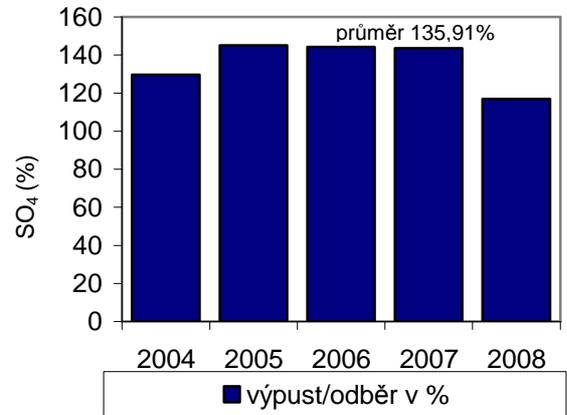
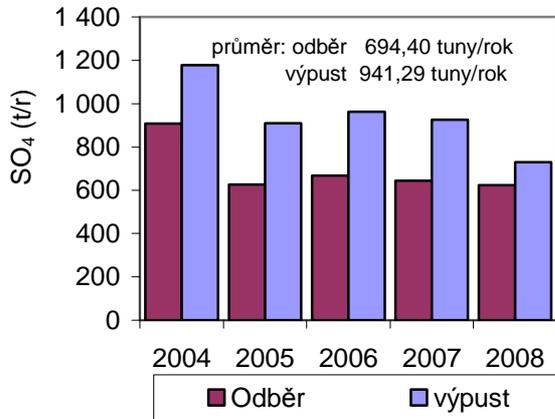


Abb. 8 – Fortsetzung

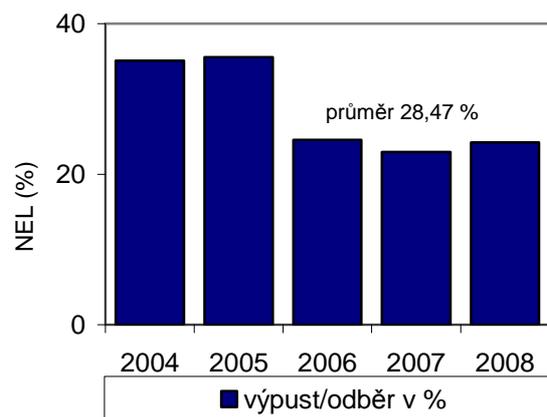
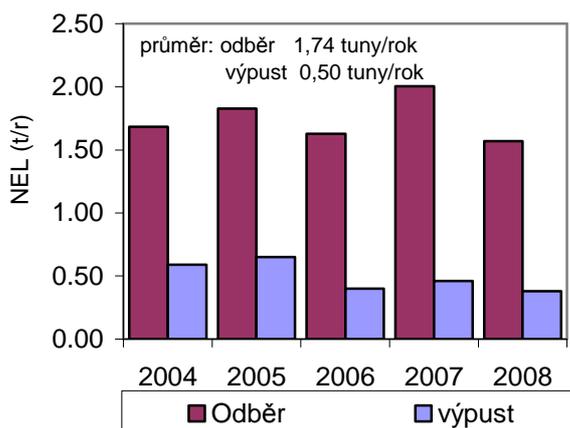
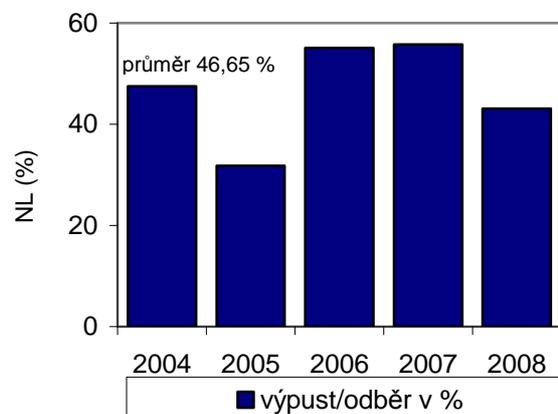
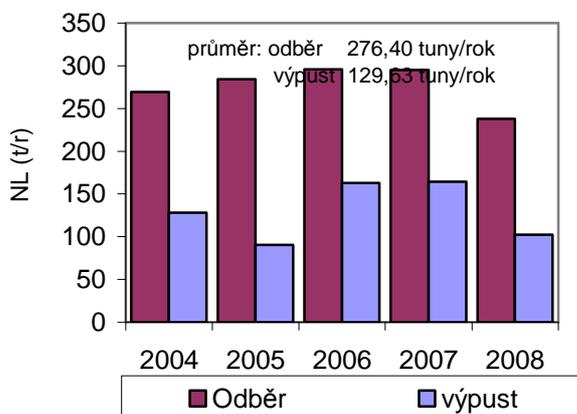
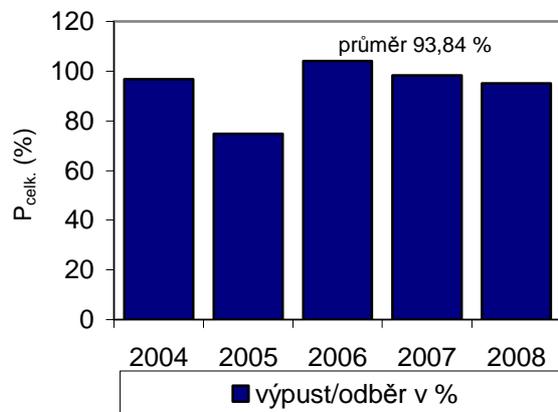
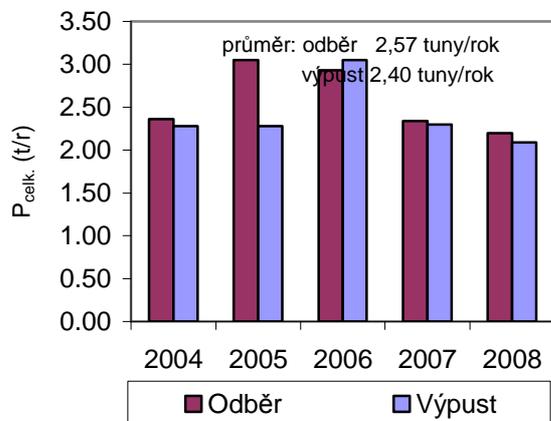
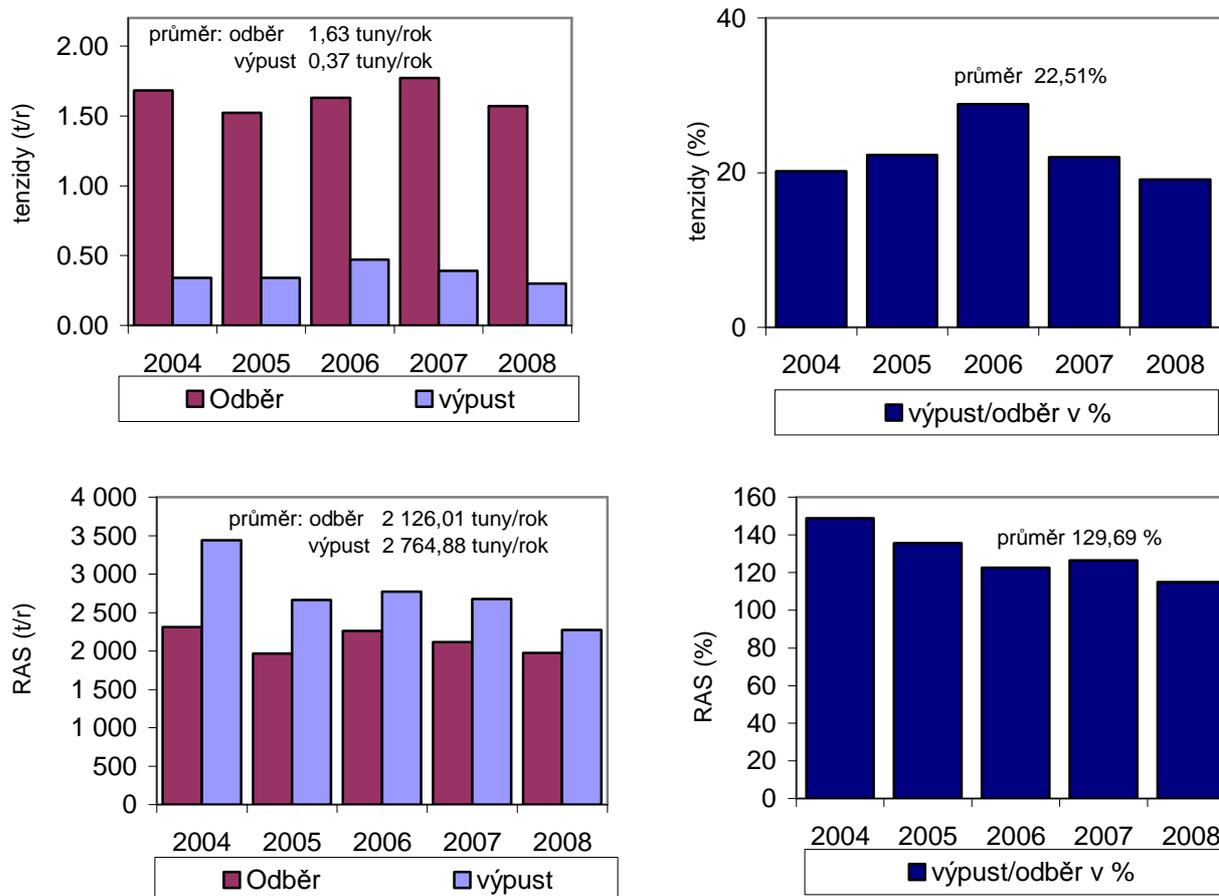


Abb. 8 – Fortsetzung



Beim Parameter unlösliche Stoffe (NL) kam es zu keiner Verringerung der Bilanz in der Wasserwirtschaft des KKW Temelín. Der durchschnittliche Anteil unlöslicher Stoffe in abgeleiteten Abwässern zur Bilanz im entnommenen technologischen Wasser betrug 46,7 %. Zur Verringerung der Konzentration und Bilanz unlöslicher Stoffe kommt es infolge der teilweisen Sedimentation in der Wasserwirtschaft des KKW Temelín. Der Beitrag der Bilanz unlöslicher Stoffe in den Abwässern aus der ARA des KKW Temelín war relativ gering, und zwar durchschnittlich 0,90 % bei Bezug auf die Bilanz unlöslicher Stoffe in sämtlichen Abwässern des KKW Temelín.

Im Parameter unpolare extrahierbare Stoffe (NEL) schlug sich auch die „Selbstreinigungsfähigkeit“ in der Wasserwirtschaft des KKW Temelín nieder. Für den Bewertungszeitraum lag der durchschnittliche Anteil abgelassener und entnommener NEL bei 28,5 % (bei Berechnung der Bilanzen im Eintritts- und Austrittsstrom des Wassers wurden die Werte unter der Nachweisgrenze auf dem Niveau der Nachweisgrenze angerechnet, die ermittelte Angabe über die Verringerung der NEL-Bilanz ist als Anhaltswert zu betrachten).

Beim Parameter anionaktive Tenside kam es ebenfalls zur Verringerung ihrer Bilanz in den abgeleiteten Abwässern. Im Bewertungszeitraum lag der durchschnittliche Anteil abgeleiteter und entnommener Tenside bei 22,5 % (bei Berechnung der Bilanzen im Eintritts- und Austrittsstrom des Wassers wurden die Werte unter der Nachweisgrenze auf dem Niveau

der Nachweisgrenze angerechnet, die ermittelte Angabe über die Verringerung der Bilanz anionaktiver Tenside ist als Anhaltswert zu betrachten).

Beim Parameter gelöste anorganische Salze (RAS), der ein breiteres Spektrum an Stoffen umfasst, lag der Jahresdurchschnittswert des Anteils in abgeleiteten und entnommenen Stoffen bei 129,7 %. Die Zunahme von RAS in den abgeleiteten Abwässern des KKW Temelín belegt, dass das KKW Temelín den Wert dieses Parameters in den abgeleiteten Abwässern in Verbindung mit der Produktion von Demiwasser, Wasserklämung u. a. erhöht.

In Hinblick auf den Anteil der Bilanz von aus der ARA abgelassenen Stoffen ist festzustellen, dass in den betrachteten Parametern der Beitrag allgemein sehr gering ist, wie sich aus den Angaben in Anlage 1 ergibt. Im Falle des BSB₅ sind es 2,68 %, beim CSB_{Cr} 0,94 %, N-anorg. 3,85 %, NL 0,90 % und am meisten bei P_{ges.} mit 28,6 %, wo die Erhöhung auf kommunale und Wäschereiabwässer zurückzuführen ist.

Nach Angaben von ČEZ, a.s. wurden durch das KKW Temelín [38,39] im Jahr 2008 in Technologien und Betrieben des KKW Temelín die in Tab. 2 angeführten Stoffe verwendet.

Tab. 2

Verbrauch ausgewählter chemischer Stoffe und Mittel mit Bezug auf abgeleitete Abwässer aus dem KKW Temelín für das Jahr 2008

Chemikalie, Mittel	Konz. %	Bezeichnung bzw. Aktivstoff	Menge	Einheiten	Konzentration	Menge t.a. ⁻¹
HNO ₃	66	Salpetersäure	9,85	m ³	921,3 kg.m ⁻³	9,1
NH ₄ OH	22	Ammoniumhydroxid	165,672	m ³	201,6 kg.m ⁻³	33,4
NaOH	49	Natriumhydroxid	254,055	m ³	742,9 kg.m ⁻³	190
H ₂ SO ₄	96	Schwefelsäure	68,009	m ³	1 762 kg.m ⁻³	120
NaCl	-	Natriumchlorid	7,96	t	-	7,96
N ₂ H ₄	4,9	Hydrazin	57,1	m ³	49 kg.m ⁻³	2,8
H ₃ BO ₃	-	Borsäure	4,8	t	-	4,8
Fe ₂ (SO ₄) ₃	40	Eisen(III)-sulfat	70,973	t	400 kg.t ⁻¹	28,4
Ca(OH) ₂	-	Kalziumhydroxid	33,718	t	-	33,718
NALCO 7384 phosphatfrei	100	Zinkchlorid (40-70)	4,500	t	-	4,5
NALCO 23210 TRASAR	100	Natriumhydrogensulfit (1-3)	4,640	t	-	4,6
3D TRASAR 3DT 149	100	Natriumhydrogensulfit (1-3)	1,190	t	-	1,190
NALCO ST70 STABREX, Biozid	100	Alkalisches antimikrobielles Brom	41,820	t	-	41,82
Waschmittel 0,600 t.r ⁻¹	-	Tripolyphosphat	0,395	t	-	0,395
		Hexametaphosphat	0,094	t	-	0,094

Die Gesamtbilanz der zugegebenen Kationen und Anionen für das Jahr 2008 beträgt 282 t, davon Na⁺ 94,5 t, NH₄⁺ 20,4 t, Zn 2,2 t, P_{ges.} 0,123 t, SO₄²⁻ 148,8 t, NO₃⁻ 9,0 t und Cl⁻ 7,1 t.

Aus dem Vergleich der Stoffbilanz im entnommenen technologischen Wasser und abgeleiteten Abwässern geht hervor, dass der Gehalt der Stoffe durch die Prozesse im KKW Temelín beeinflusst wird, und zwar so, dass es zur Verringerung, aber auch Erhöhung der Stoffbilanz in den Abwässern kommt. Aus diesen Gründen wurde zur Vorhersage der neuen KKA im Falle nichtradioaktiver Stoffe der Durchschnittswert der Jahresbilanz der einzelnen Parameter für Stoffe in den Abwässern für den Zeitraum 2004–2008 verwendet. In dieser

Verfahrensweise wurden mit technologischem Wasser entnommene und zugegebene (verbrauchte) Stoffe und ihre Veränderungen in der Wasserwirtschaft des KKW Temelín einbezogen.

3.2. Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Abwassereinleitung – nicht radioaktive Stoffe

Der Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín wurde rechnerisch unter Verwendung der Durchschnittsbilanzen der Stoffe in abgeleiteten Abwässern des KKW Temelín für den 2004–2008 gemäß Anlage 1 ermittelt. Diese Summenangaben beinhalten die Bilanzen der Stoffe im Abflutwasser aus den Kühltürmen und übrigen Abwässern, einschließlich zugegebener chemischer Stoffe und Mittel. In Hinblick auf die Menge abgeleiteter Abwässer wurden auch die durchschnittlichen Jahresvolumina abgeleiteter Abwässer für den Zeitraum 2004–2008 [35-38] berücksichtigt, siehe Anlage 2. Der durchschnittliche Wasserdurchfluss in der Moldau im Profil der Abwassereinleitung Moldau-Kořensko wurde mit 50 m^3 angesetzt.

Die durchschnittliche Wasserqualität c_i für die einzelnen Parameter an der Messstelle Moldau-Kořensko unterhalb der Abwassereinleitung wurde ermittelt nach der Formel:

$$c_i = \frac{c_{1,i} \cdot q_1 + c_{2,i} \cdot q_2}{q_1 + q_2} = \frac{\frac{m_{1,i}}{t} + c_{2,i} \cdot q_2}{q_1 + q_2} \quad (1)$$

wobei	c_i	Durchschnittskonzentration des Parameters Wasserqualität i in der Moldau nach dem Vermischen mit den Abwässern des KKW Temelín (mg.l^{-1})
gilt	$c_{1,i}$	Durchschnittskonzentration des Parameters Wasserqualität i im Abwasser des KKW Temelín (mg.l^{-1})
	$c_{2,i}$	Durchschnittskonzentration des Parameters Wasserqualität i im Profil Moldau-Kořensko oberhalb der Einleitung von Abwässern des KKW Temelín (mg.l^{-1})
	q_1	Durchschnittlicher Durchfluss der Abwässer des KKW Temelín (l.s^{-1})
	q_2	Durchschnittlicher Wasserdurchfluss im Profil Moldau-Kořensko (l.s^{-1})
	$m_{1,i}$	Durchschnittliche Jahresbilanz des Parameters Wasserqualität i im Abwasser des KKW Temelín (mg)
	t	Dauer des Jahres (s)

Aus den ermittelten Durchschnittskonzentrationen der Parameter der Wasserqualität in der Moldau c_i wurde der Beitrag zur Durchschnittskonzentration der Qualitätsparameter im Profil Moldau-Kořensko nach folgender Formel ermittelt:

$$\Delta c_i = c_i - c_{2,i} \quad (2)$$

wobei	Δc_i	Beitrag der Konzentration des Qualitätsparameters i in der Moldau nach dem Vermischen mit Abwässern des KKW Temelín (mg.l^{-1})
gilt		

Die ermittelten Werte der Durchschnittskonzentration und des Beitrags der Konzentration des Qualitätsparameters i an der Messstelle Moldau-Kořensko nach dem Vermischen mit den Abwässern des KKW Temelín, die Jahresdurchschnittskonzentrationen des Qualitätsparameters i in der Moldau oberhalb der Einleitung von Abwässern des KKW Temelín und die Immissionsstandards bzw. entsprechenden Ganzjahresdurchschnitte gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], bzw. Methodischer Weisung [40] enthält Tab. 3.

Aus den ermittelten Werten geht hervor, dass bei den betrachteten Parametern in keinem Fall der entsprechende Ganzjahresdurchschnitt zum Immissionsstandard gemäß der Methodischen Weisung [37] überschritten wird. Dem abgeleiteten Ganzjahresdurchschnitt des Immissionsstandards am nächsten liegt der Parameter CSB_{Cr} mit einem Limit von 25 mg.l^{-1} . Der Durchschnittswert des CSB_{Cr} im Rohwasser beträgt $24,8 \text{ mg.l}^{-1}$ und unterhalb der Einleitung von Abwässern des KKW Temelín $24,94 \text{ mg.l}^{-1}$.

Berechnet wurden die relativen Werte der Verschmutzungsbeiträge infolge der Ableitung von Abwässern des KKW Temelín mittels der Formel:

$$rel.\Delta c_i = \frac{c_i - c_{2,i}}{c_{2,i}} \cdot 100 \quad (3)$$

wobei $rel.\Delta c_i$ Durchschnittsbeitrag der Konzentration des Qualitätsparameters i in der Moldau nach Vermischen mit Abwässern des KKW Temelín (%)

Im Falle des BSB₅, von N-NH₄⁺ und anionischen Tensiden ist die Qualität der Abwässer des KKW Temelín besser als im Profil Moldau-Košensko LU und RU Durchschnitt und kommt es somit zu einer geringfügigen Verbesserung der Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín. In der Rangfolge der angeführten Parameter handelt es sich um eine Verbesserung um ca. 0,1 %, 0,2 % und 0,01 %. Bei den übrigen Parametern kommt es zu einer geringfügigen Verschlechterung der Qualität. Die relativen Werte der Beiträge – Qualitätsverschlechterungen betragen im Falle von CSB_{Mn} 0,5 %, CSB_{Cr} 0,6 %, SO₄²⁻ 1,9 %, N-NO₃⁻ 2,1 %, N-anorg. 2,0 %, P-PO₄³⁻ 2,5 %, P_{ges.} 0,8 %, NL 0,1 %, NEL 0,1 % und RAS 1,7 %.

Tab. 3

Einfluss des Betriebs des KKW Temelín (2x1000 MW_e) auf die Wasserqualität in der Moldau, Durchschnittswerte für den Zeitraum 2004–2008 und Vergleich mit dem abgeleiteten durchschnittlichen Immissionsstandard gemäß der Methodischen Weisung [40]

Qualitätsparameter i	Košensko $c_{2,i}$ Durchschnitt 2004–08	Abwässer KKW Temelín $c_{1,i}$ Durchschnitt 2004–08	Košensko c_i unterhalb KKW Temelín	Beitrag KKW Temelín Δc_i	Abgeleiteter durchschnittlicher Standard
	mg.l ⁻¹				
BSB ₅	3,47	2,53	3,46	-0,004	3,8
CSB _{Mn}	8,16	17,36	8,20	0,044	-
CSB _{Cr}	24,80	54,53	24,94	0,14	25
SO ₄ ²⁻	25,10	125,02	25,57	0,47	200
N-NH ₄ ⁺	0,15	0,09	0,15	-0,0003	0,23
N-NO ₂ ⁻	-	0,05	-	-	-
N-NO ₃ ⁻	1,60	8,88	1,63	0,03	4,5
N-anorg. ^{*)}	1,75	9,02	1,78	0,03	-
P-PO ₄ ³⁻	0,03	0,19	0,03	0,0007	-
P _{ges.}	0,12	0,32	0,12	0,001	0,15
NL	13,35	17,00	13,37	0,02	20
NEL	0,05	0,07	0,05	0,00007	-
anionische Tenside	0,05	0,05	0,05	0	0,3
RAS	81,35	370,67	82,72	1,37	470 ^{**)}

^{*)} Summe N-NH₄⁺ a N-NO₃⁻

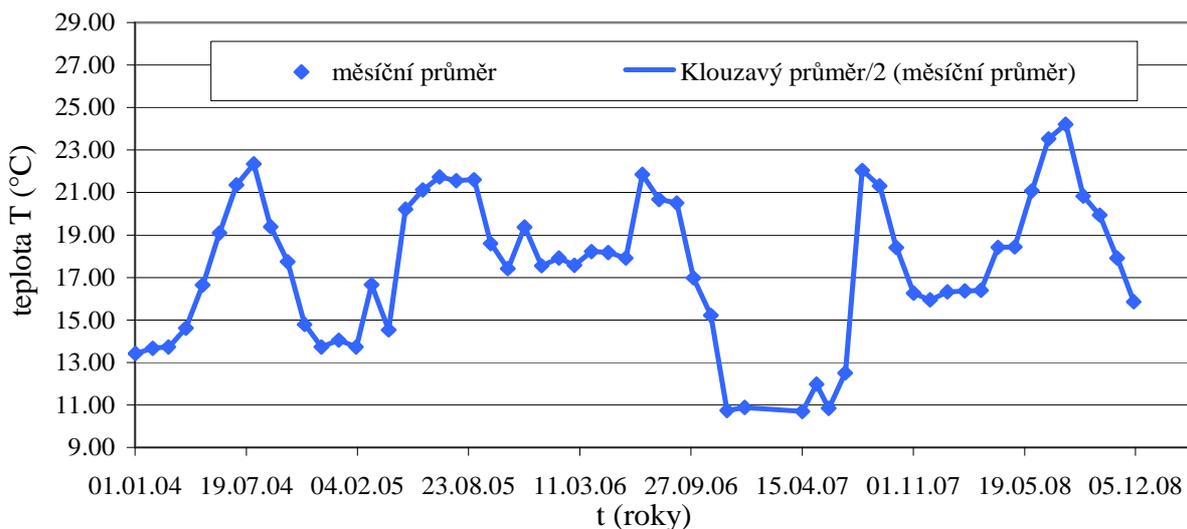
^{**)} der abgeleitete durchschnittliche Immissionsstandard für gelöste Stoffe (RL), die bei 550 °C verglüht wurden, kann als Synonym für gelöste anorganische Salze (RAS) gelten

3.3. Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Abwassereinleitung – Temperatur

Analysiert wurden die Angaben aus der laufenden Temperaturmessung der aus dem KKW Temelín abfließenden Abwässer für den Zeitraum 2004–2008. Die gleitenden Durchschnitte der monatlichen Temperaturen sind in Abb. 9 graphisch dargestellt.

Abb. 9

Verlauf der gleitenden Temperaturdurchschnitte des Abwassers des KKW Temelín für den Zeitraum 2004–2008



teplota – Temperatur

měsíční průměr – Monatsdurchschnitt

klouzavý průměr – gleitender Durchschnitt

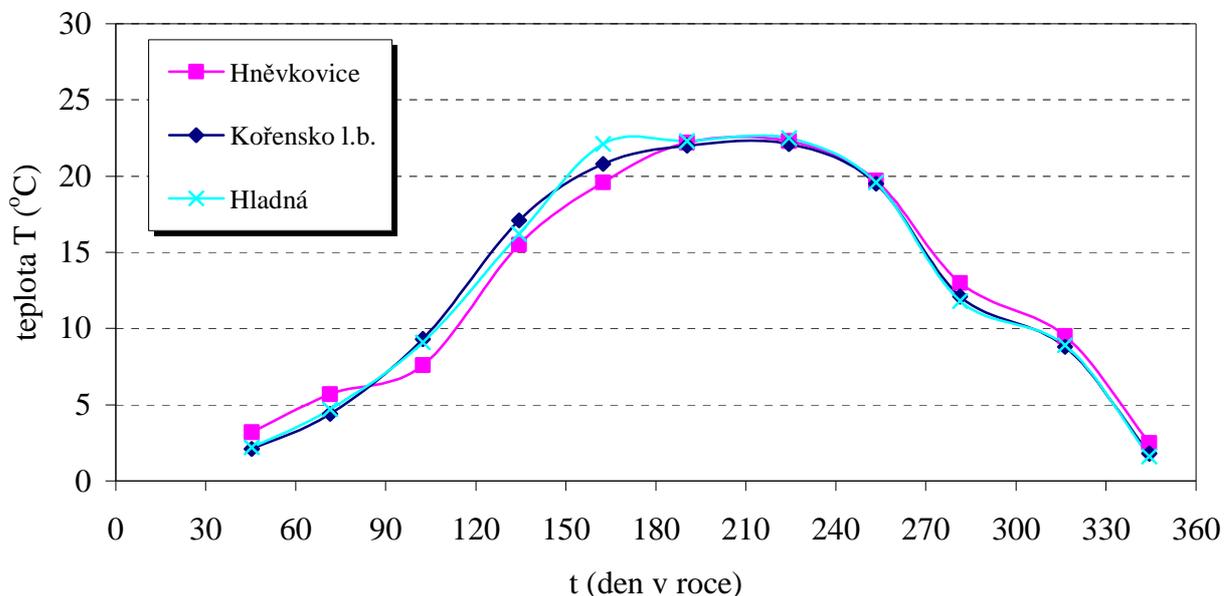
roky - Jahre

Zur Bewertung des Einflusses des derzeitigen Betriebs auf die Wärmeverschmutzung der Moldau unterhalb der Einleitung von Abwässern des KKW Temelín wurden die Tagesdurchschnittstemperaturen der Abwässer von 17,88 °C für den Zeitraum 2004–2008 zu Grunde gelegt. Die Durchschnittstemperatur des Wassers im Profil Moldau-Kořensko LU und RU Durchschnitt ist für den gleichen Zeitraum mit 11,3 °C angesetzt. Für die Ermittlung der Ergebnistemperatur des Wassers in der Moldau unterhalb der Einleitung der Abwässer und des Beitrages der Temperatur infolge des Betriebs des KKW Temelín wurden die Formeln (1), (2), (3) verwendet, wobei die Stoffkonzentration c durch die Wassertemperatur T ersetzt wurde.

Die Ergebnistemperatur des Wassers in der Moldau nach dem Vermischen mit den Abwässern des KKW Temelín beträgt beim derzeitigen Betrieb durchschnittlich 11,33 °C und der Beitrag – die Temperaturerhöhung 0,03 °C. Die Wärmeverschmutzung ist somit relativ gering und die Erhöhung durch Messung schwer nachweisbar, da die Abwässer des KKW Temelín im nächstgelegenen Profil Moldau-Hladná noch nicht quer und vertikal homogen vermischt sind [41]. Die geringen Einflüsse der Ableitung erwärmter Abwässer des KKW Temelín beim derzeitigen Betrieb ergeben sich aus dem Vergleich der Temperaturmessungen in den Profilen Moldau-Hněvkovice, Moldau-Kořensko LU und RU Durchschnitt und Moldau-Hladná am Beispiel des Jahres 2008 aus Abb. 10.

Abb. 10

Saisonaler Verlauf der Wassertemperatur in den Profilen Moldau-Hněvkovice, Moldau-Kořensko und Moldau-Hladná im Jahr 2008



teplota – Temperatur
den v roce – Tag im Jahr
l.b. – LU

Die Temperatur des Wassers in der Moldau unterhalb der Einmündung von Abwässern des KKW Temelín ist also wesentlich niedriger als der Immissionsstandard c_{90} bzw. der entsprechende Jahresdurchschnitt, der gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], bzw. Methodischer Weisung [40] 14 °C beträgt.

3.4. Entwicklung der Qualitätsparameter und ihre Bilanz im entnommenen technologischen Wasser und abgeleiteten Abwasser – radioaktive Stoffe

Im Falle radioaktiver Stoffe wurden für die Prognose des Einflusses die Grenzwerte für die jährlichen Ablässe der Aktivität von Tritium und sonstiger AUSP mit Abwässern des KKW Temelín verwendet, da im Verlauf des Probetriebs und anschließend des Betriebs beider Blöcke des KKW Temelín auf Grundlage der Beobachtungen bis zum Jahr 2008 eine schrittweise Erhöhung der Bilanz abgelassener radioaktiver Stoffe zu verzeichnen ist. Diese Tatsache wird allgemein bei allen Kernkraftanlagen beobachtet.

Für den derzeitigen Zustand wurden die Grenzwerte für Tritium von $66 \text{ TBq}\cdot\text{a}^{-1}$ und für sonstige AUSP von $1 \text{ GBq}\cdot\text{a}^{-1}$ im Einklang mit der Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [5] zugrunde gelegt. Für das Gemisch der AUSP wurde konservativ die Aktivität von Caesium-137 angesetzt, die das größte Risiko nicht nur für die Hydrosphäre darstellt, sondern auch für die Wasseraufnahme durch Trinken. Die Menge bzw. der durchschnittliche Durchfluss von Abwässern des KKW Temelín wurde wie im Falle der nichtradioaktiven Parameter bzw. Wärmeverschmutzung gemäß dem Durchschnitt der abgeleiteten Abwässer für den Zeitraum 2004–2008 zugrunde gelegt. Die Vorhersageergebnisse für die Volumenaktivitäten von Tritium und sonstiger AUSP enthält Tab. 4. Der durchschnittliche Beitrag von Tritium würde an der Einleitungsstelle der Abwässer des KKW Temelín $41,6 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ und der Beitrag von AUSP (Caesium-137) $0,006 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ betragen. Aus den ermittelten Werten ist ersichtlich, dass der Hintergrund von Tritium, d.h. sein Auftreten im Referenzprofil Moldau-Hluboká, lediglich einen unerheblichen Teil des Tritiumbeitrags infolge des Betriebs

des KKW Temelín ausmacht. Anders verhält es sich in Bezug auf die sonstigen AUSP, wo der Restgehalt an Caesium-137 nach atmosphärischen Atomwaffentests und nach der Reaktorhavarie von Tschernobyl größer ist als die Auswirkung der Ablässe sonstiger AUSP aus dem Betrieb des KKW Temelín.

Tab. 4

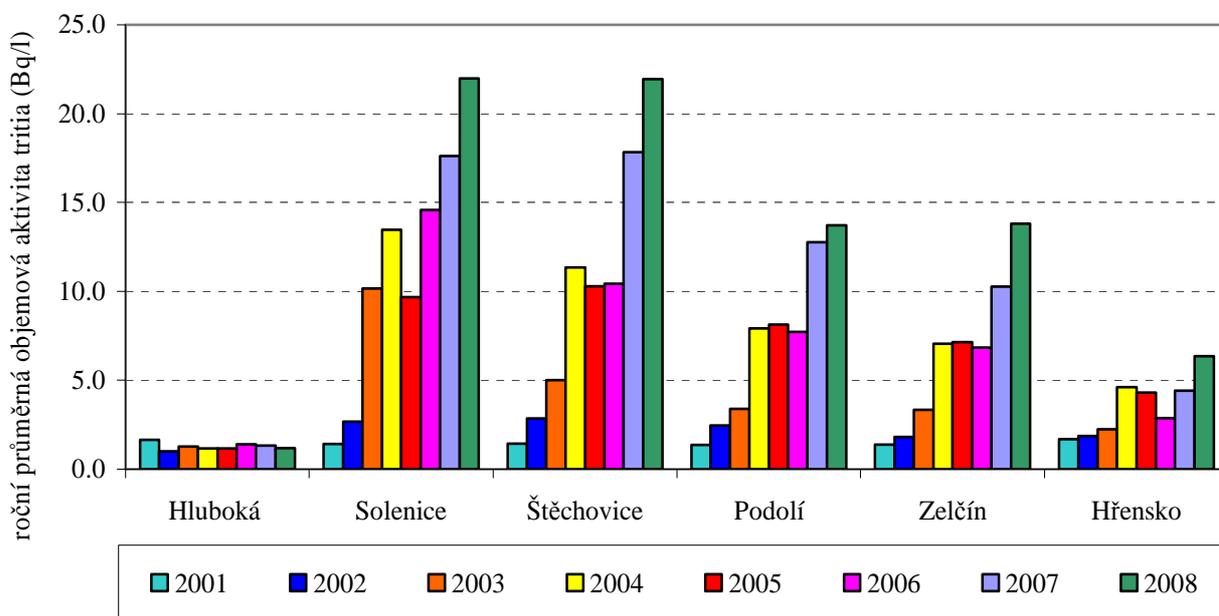
Einfluss des Betriebs des KKW Temelín ($2 \times 1000 \text{ MW}_e$) auf den Gehalt an radioaktiven Stoffen in der Moldau bei Berücksichtigung ihrer Ablässe auf dem Niveau des Grenzwerts gemäß Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [5] und der durchschnittlichen Menge abgeleiteter Abwässer für den Zeitraum 2004–2008

Qualitätsparameter i	Kořensko $c_{2,i}$ Durchschnitt 2004–08	Abwässer KKW Temelín $c_{1,i}$ Durchschnitt 2004–08	Kořensko c_i unterhalb KKW Temelín	Beitrag KKW Temelín $\Delta_{c,i}$	Abgeleiteter durchschnittlicher Standard
	Bq.l^{-1}				
Tritium	1	8794	42,6	41,6	700
Sonstige AUSP (Caesium-137)	0,001	0,133	0,0016	0,0006	0,1

Der Vorhersage der Beiträge der Volumenaktivität von Tritium infolge des Betriebs des KKW Temelín entsprechen die Messergebnisse im Längsprofil der Moldau und im Endprofil Elbe-Hřensko für den Zeitraum 2001–2008 [41-50], wie aus Abb. 11 hervorgeht.

Abb. 11

Entwicklung der Volumenaktivität von Tritium im Längsprofil der Moldau und in der Elbe in Hřensko für den Zeitraum 2001–2008



roční průměrná objemová aktivita tritia – Jahresdurchschnitt der Volumenaktivität von Tritium

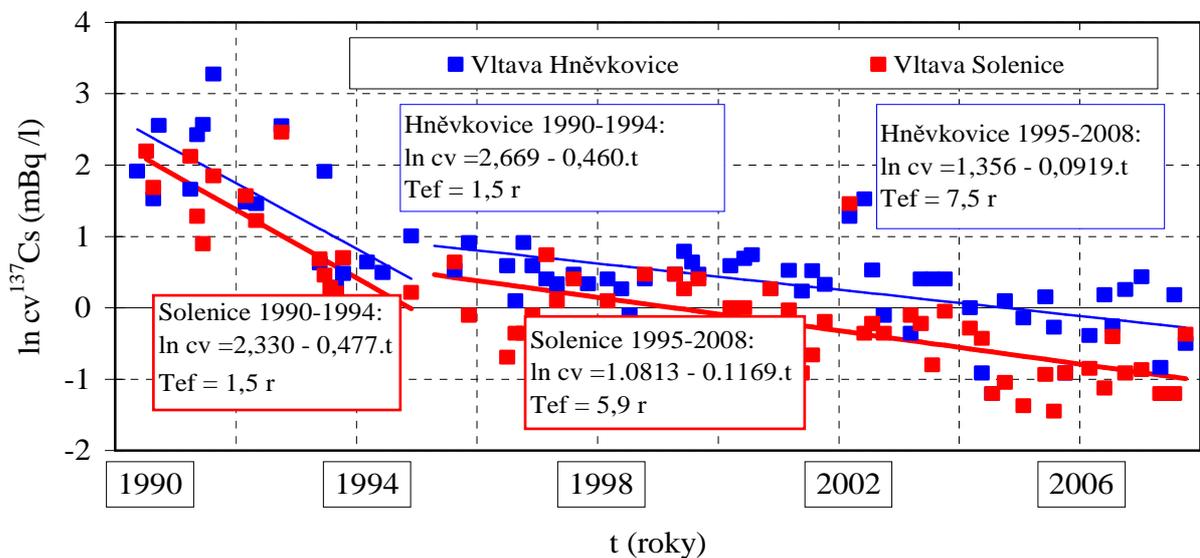
Das Profil Moldau-Hluboká stellt ein Referenzniveau für die Volumenaktivität von Tritium dar, das nicht durch den Betrieb des KKW Temelín beeinflusst ist. An den weiteren Beobachtungsstellen ist ein Anstieg der jährlichen durchschnittlichen Volumenaktivitäten mit der schrittweisen Inbetriebnahme des KKW Temelín ersichtlich. Die größten gemessenen durchschnittlichen jährlichen Volumenaktivitäten von Tritium wurden 2008 festgestellt, als mit $54,3 \text{ TBq.a}^{-1}$ die höchste Tritiumaktivität abgeleitet wurde, d.h. 82,3 % gemäß dem

Grenzwert laut Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [5]. Die höchste durchschnittliche jährliche Volumenaktivität im Profil Moldau-Solenice betrug 2008 22 Bq.l^{-1} und entspricht der Prädiktion bei Berücksichtigung des Einflusses der Verdünnung der Abwässer des KKW Temelín im Orlik-Stausee und der angeführten Ausschöpfung des Grenzwerts auf dem Niveau von 82,3 %. Im Endprofil Elbe-Hřensko lag die höchste durchschnittliche jährliche Volumenaktivität von Tritium im Jahr 2008 bei $6,35 \text{ Bq.l}^{-1}$, nach Korrektur auf den Hintergrund $5,35 \text{ Bq.l}^{-1}$.

Die Entwicklung des Auftretens sonstiger AUSP am Beispiel von Caesium-137 ist für den Zeitraum 1990–2008 in Abb. 12 [6-15,20-29] dargestellt.

Abb. 12

Entwicklung der Volumenaktivität von Caesium-137 im Profil Moldau-Hněvkovice und Moldau-Solenice für den Zeitraum 1990–2008



roky – Jahre
r – a

Aus dem Verlauf der Gleichungen für die Kinetik 1. Ordnung geht hervor, dass es zu einer monotonen Abnahme der Volumenaktivität von Caesium-137 im Profil Moldau-Solenice unterhalb des Orlik-Stausees bzw. unterhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín kommt, und zwar auch während des Betriebs des KKW Temelín. Im Vergleich zum Verlauf der Werte im Profil Moldau-Hněvkovice oberhalb der Einleitung der Abwässer ergibt sich, dass es zur Abnahme der Konzentration von Caesium-137 zwischen diesen Profilen infolge der Sedimentation ungelöster Formen und Sorption von Caesium-137 an ungelösten Stoffen, Sohlensedimenten und Biomasse von Wasserpflanzen und Organismen kommt. Der Einfluss des Ablasses von Caesium-137 aus dem derzeitigen Betrieb des KKW Temelín wird somit vollständig überlagert durch seinen Hintergrund anthropogener Herkunft, wie oben angeführt.

4. Einfluss der Abwässer der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb ihrer Einleitung

4.1. Einfluss der einzelnen Alternativen der neuen Kernkraftanlage und des Parallelbetriebs der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Einleitung ihrer Abwässer – nichtradioaktive Stoffe

Bei der Vorhersage des Einflusses der einzelnen Alternativen der neuen KKA und des KKW Temelín wurden die Jahresvolumina der abgeleiteten Abwässer gemäß den Projektunterlagen verwendet. Für die Qualität der Abwässer wurden die Betriebserfahrungen aus dem KKW Temelín für den Zeitraum 2004–2008 herangezogen (siehe Tab. 3). Das bedeutet, dass die Qualität des Abwassers bei allen beurteilten Varianten gleich war, unterschiedlich waren die Umfänge der abgeleiteten Abwässer. Für die Wasserqualität im Rezipienten der Abwässer in der Moldau im Profil Kořensko wurden konservativ die im Zeitraum 2004–2008 erzielten Durchschnittswerte verwendet (siehe Tab. 3). Im Horizont 2020 und weiter ist die Verbesserung der Qualität infolge von Sanierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Lužnice und Moldau oberhalb des Profils Moldau-Kořensko zu erwarten. Dieser Annahme zufolge kann auch mit einer Verbesserung der Wasserqualität im Profil der Entnahme von technologischem Wasser Moldau-Hněvkovice und dadurch einer Verringerung der Bilanz bzw. Konzentration der einzelnen Qualitätsparameter in den Abwässern der neuen KKA und des KKW Temelín im Vergleich zu den konservativ erwogenen Erfahrungen aus dem derzeitigen Betrieb des KKW Temelín gerechnet werden. Die für die Vorhersage des Einflusses der neuen KKA und des KKW Temelín und Alternativen hydrologischer Szenarien sowie für die Zeitebenen 2025, 2025 und 2085 verwendeten durchschnittlichen beeinflussten Abflüsse aus dem Profil Moldau-Kořensko (beeinflusst durch Klimaveränderungen und Entnahme von Wasser für die erwogenen Alternativen der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín) enthält Anlage 3.

Die Vorhersagen der Wasserqualität unterhalb der Einleitung von Abwässern für die einzelnen Alternativen der neuen KKA und Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín wurden nach folgender Formel berechnet:

$$c_{i,j} = \frac{c_{1,i} \cdot q_{1,j} + c_{2,i} \cdot q_{2,j}}{q_{1,j} + q_{2,j}} \quad (4)$$

wobei gilt	$c_{i,j}$	Durchschnittskonzentration des Parameters Wasserqualität i in der Moldau nach Vermischen mit den Abwässern der einzelnen Alternativen der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín j (mg.l^{-1})
	$c_{1,i}$	Durchschnittskonzentration des Parameters Wasserqualität i im Abwasser der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín (mg.l^{-1})
	$c_{2,i}$	Durchschnittskonzentration des Parameters Wasserqualität i im Profil Moldau-Kořensko oberhalb der Einleitung von Abwässern der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín (mg.l^{-1})
	$q_{1,j}$	Durchschnittlicher Durchfluss der Abwässer der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín j (l.s^{-1})
	$q_{2,j}$	Durchschnittlicher Wasserdurchfluss im Profil Moldau-Kořensko, beeinflusst durch Klimaveränderungen und Wasserentnahme für die erwogenen Alternativen der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín j (l.s^{-1})

Aus den ermittelten Durchschnittskonzentrationen der Parameter der Wasserqualität in der Moldau $c_{i,j}$ wurde der Beitrag zur Durchschnittskonzentration der Qualitätsparameter im Profil Moldau-Kořensko ermittelt nach der Formel:

$$\Delta c_{i,j} = c_{i,j} - c_{2,i} \quad (5)$$

wobei $\Delta c_{i,j}$ Beitrag der Konzentration des Qualitätsparameters i in der Moldau nach Vermischen mit Abwässern der neuen KKA und Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín j (mg.l^{-1}) gilt

Die ermittelten Werte der Durchschnittskonzentration und der Beitrag der Konzentration des Qualitätsparameters i an der Messstelle Moldau-Kořensko nach Vermischen mit Abwässern des KKW Temelín, die durchschnittlichen Jahreskonzentrationen des Qualitätsparameters i in der Moldau oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín und die Immissionsstandards bzw. die entsprechenden Ganzjahresdurchschnitte gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], bzw. Methodischer Weisung [40] enthält Tab. 5.

Aus den ermittelten Werten geht hervor, dass ähnlich wie beim gegenwärtigen Betrieb des KKW Temelín bei keiner Erweiterungsalternative oder bei Auswirkung der Klimaveränderung gemäß den Szenarien A, 0, B, C und D die abgeleiteten Durchschnittsstandards für die betrachteten Parameter überschritten werden, mit Ausnahme des Parameters CSB_{Cr} . Wenn der Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín zum Erreichen eines Jahresdurchschnittswerts dieses Parameters im Profil Moldau-Kořensko von $24,97 \text{ mg.l}^{-1}$ führt, werden für die beurteilten Erweiterungsszenarien und beeinflussten Durchflüsse in der Moldau im Profil Kořensko Jahresdurchschnittswerte im Wertebereich von $25,1\text{--}25,4 \text{ mg.l}^{-1}$ festgestellt. Dabei handelt es um geringe Beiträge zur CSB_{Cr} -Konzentration. Am größten sind in diesem Wertebereich die Beiträge entsprechend Szenario A. Bei den einzelnen neuen KKA, einschließlich der Summe mit dem KKW Temelín, sind die Beiträge proportional der abgeleiteten Abwassermenge, die in der Reihenfolge $2 \times 1200 \text{ MW}_e$ (3200 MW_e), $2 \times 1200 \text{ MW}_e$, $2 \times 1700 \text{ MW}_e$ und $2 \times 1600 \text{ MW}_e$ anwächst. Gleichzeitig ist anzumerken, dass gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, für Industrieabwässer bzw. für die Erzeugung und Verteilung von Wärmeenergie keine Emissionsstandards für CSB_{Cr} angeführt sind, sondern lediglich Immissionsstandards der Parameter der zulässigen Verschmutzung von Oberflächengewässern.

Der Einfluss der neuen KKA für das Beispiel der Kombination KKW Temelín+ $2 \times 1600 \text{ MW}_e$ (höchster Umfang der abgeleiteten Abwässer) auf dem Niveau des Jahres 2020 für Szenario A führt zur prognostizierten CSB_{Cr} -Konzentration (ohne Berücksichtigung positiver Veränderungen in den Verschmutzungsquellen im Einzugsgebiet der Moldau und Lužnice oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín+ $2 \times 1600 \text{ MW}_e$) auf dem Niveau von $25,4 \text{ mg.l}^{-1}$, d.h. zu einer Erhöhung um $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$, bzw. einer relativen Verschlechterung um 2,4 %. Die absoluten Unterschiede zwischen den einzelnen Erweiterungsalternativen sind jedoch sehr gering.

Auf dem Niveau des Jahres 2025 führen die erwogenen Alternativen der Erweiterung des KKW Temelín zur Verschlechterung dieses Parameters um maximal $0,56 \text{ mg.l}^{-1}$ bei Bezug auf die derzeitige durchschnittliche Wasserqualität im Profil Moldau-Kořensko.

Bei Erwägung der Alternativen der neuen KKA für das Jahr 2085 ergibt sich die größte Zunahme für das Szenario A und eine Leistung von 3400 MW_e um $0,46 \text{ mg.l}^{-1}$ bzw. um 1,9 %.

Da die Studien zur Beurteilung der Vertikal- und Querdurchmischung des Profils Moldau-Hladná, wo Kontrollproben entnommen werden, zur Schlussfolgerung führten, dass die Durchmischung an dieser Stelle unvollkommen ist [49,51], können diese geringen Einflüsse nicht auf Grundlage der Feldbeobachtung (Monitoring) überprüft, sondern nur rechnerisch beurteilt werden. Im Profil Moldau-Solenice unterhalb des Stauwerks des Orlík-Stausees werden auch bei Nichterreichen einer besseren Qualität im Einzugsgebiet der Moldau, Lužnice und Otava als Hauptzuflüsse des Orlík-Stausees bereits zuverlässig die

Jahresdurchschnittskonzentrationen des CSB_{Cr} unter dem Niveau der Immissionsstandards erzielt. Die Jahresdurchschnittskonzentrationen des CSB_{Cr} im Profil Moldau-Solenice betragen im Zeitraum 2004–2008 $19,3 \text{ mg.l}^{-1}$, $19,6 \text{ mg.l}^{-1}$, $21,7 \text{ mg.l}^{-1}$, $14,8 \text{ mg.l}^{-1}$ und $15,8 \text{ mg.l}^{-1}$. Ungeachtet dieser Feststellung ist es erforderlich, die Abwasserreinigungsanlage bei Erweiterung des KKW Temelín auf dem bestmöglichen technologischen Niveau zu errichten und insbesondere die Parameter CSB_{Cr} bzw. BSB_5 und im Weiteren N-anorg. und $P_{ges.}$ auf möglichst niedrigem Niveau in Hinblick auf die Stoffbilanz und -konzentration abzuleiten, um somit die Einflüsse der neuen KKA und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín zu minimieren.

Positive Veränderungen in der Qualitätsentwicklung im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb der Entnahme von technologischem Wasser im Profil Moldau-Hněvkovice bis zum Jahr 2020 und weiter würden sich in einer Verbesserung der Qualität des entnommenen Wassers und damit auch in einer Verbesserung der Qualität abgeleiteter Abwässer niederschlagen. Die Verbesserung der Wasserqualität im Einzugsgebiet der Lužnice im gleichen Zeitraum würde zur Verbesserung der Wasserqualität im Profil der Abwassereinleitung Moldau-Kořensko führen, wie im Weiteren in Kap. 4.4 ausführlicher dargelegt.

4.2. Einfluss der einzelnen Alternativen der neuen Kernkraftanlage und des Parallelbetriebs der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau unterhalb der Einleitung ihrer Abwässer – Temperatur

Zur Beurteilung des Einflusses der einzelnen Alternativen der neuen KKA und des Parallelbetriebs der neuen KKA und des KKW Temelín auf die Wärmeverschmutzung der Moldau unterhalb der Einleitung ihrer Abwässer wurde für das KKW Temelín der Durchschnitt der Tagestemperaturen der Abwässer von $17,88 \text{ }^\circ\text{C}$ für den Zeitraum 2004–2008 zugrunde gelegt. Die Durchschnittstemperatur der neuen KKA von $16,93 \text{ }^\circ\text{C}$ wurde den Projektunterlagen entnommen. Die Durchschnittstemperatur des Wassers im Profil Moldau-Kořensko LU und RU Durchschnitt wurde gleichlautend als Durchschnitt für den Zeitraum 2004–2008 angesetzt, und zwar mit $11,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Zur Ermittlung der Ergebnistemperatur des Wassers in der Moldau unterhalb der Abwassereinleitung und des Temperaturbeitrags durch den Betrieb des KKW Temelín wurden die Formeln (1), (2), (3) verwendet, wobei die Stoffkonzentration c durch die Wassertemperatur T ersetzt wurde und im Falle des Parallellaufs der Abwässer aus dem KKW Temelín und der neuen KKA gesondert die Beiträge der Abwässer aus dem KKW Temelín und gesondert die der Abwässer aus der neuen KKA berechnet wurden.

Die ermittelten Jahresdurchschnittstemperaturen des Wassers im Profil Moldau-Kořensko unterhalb der Abwassereinleitung für die einzelnen Alternativen der neuen KKA und im Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín enthält Tab. 6.

Tab. 6

Prognose des Einflusses der Einleitung von Abwässern aus der neuen KKA und in der Summe mit dem KKW Temelín auf die Wassertemperatur im Profil Moldau-Kořensko unter Berücksichtigung der beeinflussten Durchflüsse

Qualitätsparameter					T	KKW Temelín, neuen KKA	Moldau
					°C		
Kořensko T ₂					11.30	q ₁	q ₂
Durchschnitt 2004–08							
Abwässer KKW Temelín T ₁					17.88 ¹⁾	q ₁	q ₂
Durchschnitt 2004–08							
Abgeleiteter durchschnittlicher Standard							
T	2x1000 MW _e	2000 MW _e	P	2007	11.34	296.23	50824
	2x1000 MW _e	2000 MW _e	P	2007	11.34	296.23	51021
	2x1000 MW _e	2000 MW _e	P	2007	11.34	296.23	51021
Δ	2x1000 MW _e	2000 MW _e	P	2007	0.038		
	2x1000 MW _e	2000 MW _e	P	2007	0.038		
	2x1000 MW _e	2000 MW _e	P	2007	0.038		
T	2x1000 MW _e	2000 MW _e	A	2020	11.35	296.23	39046
	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	A	2020	11.44	632.73	37654
	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	O	2020	11.43	632.73	40513
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	A	2020	11.47	775.66	37077
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	O	2020	11.45	775.66	39884
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	A	2020	11.46	767.73	37226
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	A	2020	11.46	767.73	37111
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	O	2020	11.45	767.73	40030
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	B	2020	11.44	767.73	43418
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	C	2020	11.43	767.73	49078
Δ	2x1000 MW _e	2000 MW _e	A	2020	0.050		
	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	A	2020	0.143		
	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	O	2020	0.133		
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	A	2020	0.166		
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	O	2020	0.154		
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	A	2020	0.164		
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	A	2020	0.164		
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	O	2020	0.153		
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	B	2020	0.141		
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	C	2020	0.125		
T	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	-	2025	11.43	632.73	41255
	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	-	2025	11.43	661.75	41162
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	-	2025	11.45	775.66	40630
	2x1000+2x1700 MW	5400 MW _e	-	2025	11.45	767.73	40664
Δ	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	-	2025	0.131		
	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	-	2025	0.135		
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	-	2025	0.152		
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	-	2025	0.150		

Tab. 6 – Fortsetzung

T	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	D	2050	11.42	661.75	44525	
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	D	2050	11.44	775.66	43990	
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	D	2050	11.44	767.73	44024	
Δ	2x1000+2x1200 MW _e	4400 MW _e	D	2050	0.125			
	2x1000+2x1600 MW _e	5200 MW _e	D	2050	0.140			
	2x1000+2x1700 MW _e	5400 MW _e	D	2050	0.139			
T	2x1200 MW _e	2400 MW _e	A	2085	11.37	365.52	30417	
	2x1200 MW _e	2400 MW _e	0	2085	11.36	365.52	35998	
	2x1600 MW _e	3200 MW _e	A	2085	11.39	479.43	29889	
	2x1600 MW _e	3200 MW _e	0	2085	11.38	479.43	35466	
	2x1600 MW _e	3200 MW _e	B	2085	11.36	479.43	45217	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	A	2085	11.39	471.50	30045	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	A	2085	11.39	471.50	29923	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	0	2085	11.37	471.50	35619	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	0	2085	11.37	471.50	35500	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	B	2085	11.36	471.50	45345	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	C	2085	11.37	471.50	37804	
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	D	2085	11.37	471.50	37927	
	Δ	2x1200 MW _e	2400 MW _e	A	2085	0.067		
		2x1200 MW _e	2400 MW _e	0	2085	0.057		
2x1600 MW _e		3200 MW _e	A	2085	0.089			
2x1600 MW _e		3200 MW _e	0	2085	0.075			
2x1600 MW _e		3200 MW _e	B	2085	0.059			
2x1700 MW _e		3400 MW _e	A	2085	0.087			
2x1700 MW _e		3400 MW _e	A	2085	0.087			
2x1700 MW _e		3400 MW _e	0	2085	0.074			
2x1700 MW _e		3400 MW _e	0	2085	0.074			
2x1700 MW _e		3400 MW _e	B	2085	0.058			
2x1700 MW _e		3400 MW _e	C	2085	0.069			
	2x1700 MW _e	3400 MW _e	D	2085	0.069			

¹⁾für die neue KKA Durchschnittstemperatur der Abwässer T₁ 16,93 °C

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass auch für alle erwogenen Beeinflussungen der Wasserdurchflüsse im Profil Moldau-Košensko für die Szenarien A, 0, B, C und D die durchschnittliche Erhöhung der Wassertemperatur in der Moldau sehr gering ist. Für die geplante neue KKA in der Summe mit dem KKW Temelín liegen die ermittelten Temperaturen auf dem Niveau des Jahres 2020 im Wertebereich von 11,43–11,47 °C, das bedeutet eine Erhöhung um 0,13–0,17 °C, wobei die Unterschiede für einzelne Klimaszenarien Hundertstel °C betragen. Ähnlich wie im Fall der Parameter der Wasserqualität in Kap. 4.1. gibt es die relativ größten Einflüsse bei der Kombination KKW Temelín + 2x1600 MW_e, da 2x1600 MW_e den größten Abwasserumfang ableitet. Auf dem Niveau des Jahres 2025 liegen die Werte der Temperaturerhöhung für KKW Temelín + neue KKA im Wertebereich von 11,43–11,45 °C. Für das Niveau des Jahres 2085 wurden für die erwogenen Alternativen der neuen KKA und die Klimaszenarien erhöhte Temperaturen im

Wertebereich von 11,36–11,39 °C ermittelt, d.h. eine Erhöhung um 0,06–0,09 °C. Die Ergebnistemperatur ist somit weitaus niedriger als der Immissionsstandard gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4] von 14 °C bzw. Methodischer Weisung [40]. Analoge Schlussfolgerungen ergeben sich auch aus der Studie [52], siehe Kap. 6.

4.3. Einfluss der einzelnen Alternativen der neuen Kernkraftanlage und des Parallelbetriebs der neuen Kernkraftanlage und des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau – radioaktive Stoffe

Für die Bewertung des Einflusses der einzelnen Alternativen der neuen KKA und im Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín auf den Gehalt an Tritium und sonstigen AUSP unterhalb der Einleitung ihrer Abwässer wurde im Falle des KKW Temelín von den Jahresgrenzwerten für die Bilanz der Aktivitäten von Tritium und sonstiger AUSP gemäß der Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [5] und für die neue KKA gemäß den Projektunterlagen über die Jahresbilanzen abgeleiteter radioaktiver Stoffe ausgegangen. Für den Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín wurden die Summen der angeführten Werte der Aktivitäten radioaktiver Stoffe zugrunde gelegt.

Der Hintergrund dieser radioaktiven Stoffe ab 2020 und weiter wurde im Falle von Tritium mit $0,8 \text{ Bq.l}^{-1}$ und sonstiger AUSP, ausgedrückt als Caesium-137, auf dem Niveau von $0,0005 \text{ Bq.l}^{-1}$ angesetzt. Die Volumenaktivitäten der angeführten Radionuklide unterhalb der Einleitung der Abwässer der neuen KKA und im Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín, einschließlich des Hintergrunds, wurden aus den nachstehenden Formeln errechnet:

$$c_{3H,j} = \frac{(c_{3H,ETE} + 0,8).q_{ETE} + (c_{3H,NJZ,j} + 0,8).q_{NJZ,j} + 0,8.q_{2,j}}{q_{ETE} + q_{NJZ,j} + q_{2,j}} \quad (6)$$

wobei gilt	$c_{3H,j}$	Durchschnittliche Volumenaktivität von Tritium in der Moldau nach dem Vermischen mit den Abwässern der neuen KKA bzw. der neuen KKA und des KKW Temelín, einschließlich des Hintergrunds (Bq.l^{-1})
	$c_{3H,ETE}$	Durchschnittliche Volumenaktivität von Tritium im Abwasser des KKW Temelín (Bq.l^{-1})
	$c_{3H,NJZ,j}$	Durchschnittliche Volumenaktivität von Tritium im Abwasser für die Alternativen j der neuen KKA (Bq.l^{-1})
	0,8	Durchschnittliche Volumenaktivität von Tritium im Profil Moldau-Košensko, Hintergrund nach 2020 (Bq.l^{-1})
	$q_{2,j}$	Durchschnittlicher beeinflusster Wasserdurchfluss im Profil Moldau-Košensko für die einzelnen Alternativen der neuen KKA und im Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín sowie Klimaszenarien (l.s^{-1})
	q_{ETE}	Durchschnittlicher Durchlauf der Abwässer des KKW Temelín, abgeleitet aus der Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen [2] (l.s^{-1})
	$q_{NJZ,j}$	Durchschnittlicher Durchlauf der Abwässer für die Alternativen j der neuen KKA (l.s^{-1})

Die Zunahme der Volumenaktivität der sonstigen AUSP, konservativ als Caesium-137 angesetzt, wurde aus einer ähnlichen Formel ermittelt:

$$c_{AAŠP,j} = \frac{(c_{AAŠP,ETE} + 0,002).q_{ETE} + (c_{AAŠP,NJZ,j} + 0,002).q_{NJZ,j} + 0,0005.q_{2,j}}{q_{ETE} + q_{NJZ,j} + q_{2,j}} \quad (7)$$

wobei gilt	$c_{AAŠP,j}$	Durchschnittliche Volumenaktivität sonstiger AUSP (ausgedrückt als Caesium-137) in der Moldau nach dem Vermischen mit den Abwässern
------------	--------------	---

	der neuen KKA bzw. der neuen KKA und des KKW Temelín, einschließlich des Hintergrunds (Bq.l ⁻¹)
$c_{AA\dot{S}P,NJZ,j}$	Durchschnittliche Volumenaktivität sonstiger AUSP (ausgedrückt als Caesium-137) im Abwasser für die Alternativen j der neuen KKA (Bq.l ⁻¹)
0,002	Beitrag des Hintergrunds sonstiger AUSP (ausgedrückt als Caesium-137) nach dem Jahr 2020 unter der Voraussetzung, dass es zur Eindickung am Kühlkreislauf mit einem Koeffizienten von 4 (Bq.l ⁻¹) kommt
0,0005	Durchschnittliche Volumenaktivität sonstiger AUSP im Profil Moldau-Kořensko, Hintergrund nach dem Jahr 2020 (Bq.l ⁻¹)

Aus den ermittelten durchschnittlichen Volumenaktivitäten der radioaktiven Stoffe in der Moldau $c_{3H,j}$ und $c_{AA\dot{S}P,j}$ wurden die Beiträge zu ihrem Hintergrund in der Moldau oberhalb der Abwassereinleitung nach folgender Formel berechnet:

$$\Delta c_{3H,j} = c_{3H,j} - 0,8 \quad (8)$$

wobei $\Delta c_{3H,j}$ Beitrag der Volumenaktivität von Tritium entsprechend der gilt
Abwasserableitungen aus einzelnen Alternativen der neuen KKA bzw. der neuen KKA und des KKW Temelín (Bq.l⁻¹)

Ein ähnliches Verhältnis gilt für sonstige AUSP, wobei als Hintergrund eine Volumenaktivität von 0,0005 Bq.l⁻¹ angesetzt wurde.

Die Ergebnisse der Volumenaktivitäten von Tritium und sonstiger AUSP für die einzelnen bewerteten Alternativen der neuen KKA bzw. der neuen KKA und des KKW Temelín enthält Tab. 7.

Tab. 7

Prognose des Einflusses der Abwasserleitungen aus der neuen KKA und in der Summe mit dem KKW Temelín auf den Gehalt an radioaktiven Stoffen im Profil Moldau-Kořensko unter Berücksichtigung der beeinflussten Durchflüsse

Qualitätsparameter					3H	AUSP	KKW Temelín	Moldau
					Bq l-1			
Kořensko c2 Durchschnitt 2020 und weiter					0,80	0,0005	q1	q2
Abwässer KKW Temelín c1 gemäß den Grenzwerten für neue KKA und KKW Temelín 2004-08								
Abgeleiteter durchschnittlicher Standard								
c	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	41,7	0,001	296,23	50824
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	41,6	0,001	296,23	51021
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	41,6	0,001	296,23	51021
Δ	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	40,94	0,001		
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	40,78	0,001		
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	40,78	0,001		
c	2x1000 MWe	2000 MWe	A	2020	54,0	0,001	296,23	39046
	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	A	2020	70,4	0,018	632,73	37654
	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	0	2020	65,5	0,017	632,73	40513
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	A	2020	156,6	0,013	775,66	37077
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	0	2020	145,9	0,012	775,66	39884
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	A	2020	156,0	0,017	767,73	37226
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	A	2020	156,5	0,017	767,73	37111
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	0	2020	145,4	0,016	767,73	40030
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	B	2020	134,3	0,015	767,73	43418
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	C	2020	119,1	0,013	767,73	49078
Δ	2x1000 MWe	2000 MWe	A	2020	53,20	0,001		
	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	A	2020	69,57	0,017		
	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	0	2020	64,74	0,016		
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	A	2020	155,82	0,013		
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	0	2020	145,06	0,012		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	A	2020	155,24	0,017		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	A	2020	155,71	0,017		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	0	2020	144,57	0,016		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	B	2020	133,48	0,014		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	C	2020	118,33	0,013		
c	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	-	2025	64,4	0,016	632,73	41255
	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	-	2025	107,7	0,016	661,75	41162
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	-	2025	143,2	0,012	775,66	40630
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	-	2025	143,2	0,016	767,73	40664

Tab. 7 – Fortsetzung

△	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	-	2025	63.59	0.016		
	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	-	2025	106.90	0.015		
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	-	2025	142.44	0.012		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	-	2025	142.36	0.015		
c	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	D	2050	53.4	0.014	661.75	44525
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	D	2050	100.7	0.015	775.66	43990
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	D	2050	132.5	0.015	767.73	44024
△	2x1000+2x1200 MWe	4400 MWe	D	2050	52.63	0.013		
	2x1000+2x1600 MWe	5200 MWe	D	2050	99.88	0.014		
	2x1000+2x1700 MWe	5400 MWe	D	2050	131.68	0.014		
c	2x1200 MWe	2400 MWe	A	2085	78.1	0.020	365.52	30417
	2x1200 MWe	2400 MWe	0	2085	66.2	0.017	365.52	35998
	2x1600 MWe	3200 MWe	A	2085	126.1	0.015	479.43	29889
	2x1600 MWe	3200 MWe	0	2085	106.7	0.013	479.43	35466
	2x1600 MWe	3200 MWe	B	2085	84.1	0.010	479.43	45217
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	125.5	0.020	471.50	30045
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	126.0	0.020	471.50	29923
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	106.2	0.017	471.50	35619
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	106.6	0.017	471.50	35500
	2x1700 MWe	3400 MWe	B	2085	83.9	0.014	471.50	45345
	2x1700 MWe	3400 MWe	C	2085	100.2	0.016	471.50	37804
	2x1700 MWe	3400 MWe	D	2085	99.9	0.016	471.50	37927
△	2x1200 MWe	2400 MWe	A	2085	77.26	0.020		
	2x1200 MWe	2400 MWe	0	2085	65.40	0.017		
	2x1600 MWe	3200 MWe	A	2085	125.30	0.015		
	2x1600 MWe	3200 MWe	0	2085	105.86	0.012		
	2x1600 MWe	3200 MWe	B	2085	83.27	0.010		
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	124.69	0.020		
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	125.19	0.020		
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	105.43	0.017		
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	105.78	0.017		
	2x1700 MWe	3400 MWe	B	2085	83.05	0.013		
	2x1700 MWe	3400 MWe	C	2085	99.42	0.016		
	2x1700 MWe	3400 MWe	D	2085	99.10	0.016		

Für die einzelnen Alternativen der neuen KKA in der Summe mit dem KKW Temelín wurden die Volumenaktivitäten von Tritium im Profil Moldau-Kořensko unterhalb der Abwassereinleitung ermittelt. Für alle erwogenen alternativen Klimaszenarien und für die Grenzwerte der jährlichen Tritiumableitungen lagen die prognostizierten Volumenaktivitäten von Tritium auf dem Niveau des Jahres 2020 im Wertebereich von 70–157 Bq.l⁻¹, einschließlich des Hintergrunds. Auf dem Niveau des Jahres 2025 wurde für die neue KKA und das KKW Temelín ein ähnlicher Wertebereich ermittelt, und zwar 64–143 Bq.l⁻¹, einschließlich des Hintergrunds.

Für die Wasserdurchflüsse im Profil Moldau-Kořensko auf dem Niveau des Jahres 2085 wurde ein Wertebereich der Volumenaktivitäten von Tritium für die neue KKA von 78–126 Bq.l⁻¹, ebenfalls einschließlich eines Hintergrunds von 0,8 Bq.l⁻¹, prognostiziert. Die prognostizierten Werte der Volumenaktivität von Tritium sind wesentlich niedriger als der abgeleitete Immissionsstandard von 700 Bq.l⁻¹. Die tritiumhaltigen Abwässer aus der neuen KKA 2x1700 MW_e, 2x1600 MW_e und 2x1200 MW_e im Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín

bewirken jedoch die Überschreitung des Richtwerts 100 Bq.l⁻¹ für Tritium gemäß der Verordnung der Staatlichen Atomsicherheitsbehörde Nr. 307/2002 GBl., in der geltenden Fassung [53] (dabei handelt es sich jedoch um einen Richtwert für Tritium im Trinkwasser). In Hinblick auf die Volumenaktivität von Tritium würde die geringste Erhöhung bei der Erweiterungsalternative KKW Temelín + 2x1200 MW_e (2x3200 MW_t) eintreten.

Im Falle sonstiger AUSP führen die einzelnen Alternativen der neuen KKA im Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín zu resultierenden Volumenaktivitäten, ausdrückt durch Caesium-137, auf dem Niveau des Jahres 2020 im Wertebereich von 0,012–0,018 Bq.l⁻¹, einschließlich des Hintergrunds. Auf dem Niveau des Jahres 2025 sind es Volumenaktivitäten im Wertebereich von 0,012–0,016 Bq.l⁻¹. Auf dem Niveau des Jahres 2085 lägen die Volumenaktivitäten sonstiger AUSP unterhalb der Einleitung der Abwässer der neuen KKA im Wertebereich von 0,010–0,020 Bq.l⁻¹. Die Unterschiede des Beitrages von AUSP zwischen den einzelnen Alternativen der neuen KKA sind sehr gering. Der Wertebereich entspricht der Beeinflussung der Wasserdurchflüsse für einzelne Szenarien bzw. Klimaveränderungen.

Die prognostizierten Werte der Volumenaktivität sonstiger AUSP, bzw. von Caesium-137, sind wesentlich geringer als der abgeleitete Immissionsstandard von 0,1 Bq.l⁻¹.

4.4. Analyse der Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserqualität im Profil der Entnahme von technologischem Wasser des KKW Temelín Moldau-Hněvkovice bzw. im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb dieses Profils und im Einzugsgebiet des Flusses Lužnice im Zeithorizont 2020 [54]

Obwohl die Wasserqualität der Moldau in den Profilen Hněvkovice und Kořensko in allen betrachteten Qualitätsparametern den Anforderungen der Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4] (Tab. 1 und 3) genügt, ist bei einigen Parametern in naher Zukunft mit ihrer Verbesserung zu rechnen. Diese Verbesserung lässt sich in drei Schritten gewährleisten.

Der erste (bereits laufende¹) Schritt besteht in der Erfüllung der Emissionsstandards C_{emis} der Regierungsverordnung Nr. 229/2007 GBl. [4] bei allen (erfassten) punktuellen Verschmutzungsquellen. Gegenwärtig befinden sich im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb des Profils Hněvkovice 141 in der Gesamtwasserbilanz (nachfolgend nur GWB) erfasste Verschmutzungsquellen und im Quellgebiet der Lužnice oberhalb des Zusammenflusses mit der Moldau 143 erfasste Verschmutzungsquellen. Die produzierte oder abgeleitete Verschmutzung in den Hauptparametern der Wasserqualität gemäß der ergänzten Datenbank der Gesamtwasserbilanz enthält Tab. 8.

Tab. 8

Produzierte und abgeleitete Verschmutzung im Einzugsgebiet der Moldau und Lužnice im Jahr 2007 (in g.s⁻¹)

	BSB ₅	CSB _{Cr}	NL	N-NH ₄	N _{anorg}	N _{ges}	P _{ges}
	Moldau oberhalb Kořensko						
Produktion	236,374	540,584	340,529	19,733	19,860	30,072	4,742
Ableitung	6,357	36,607	7,599	5,066	10,306	12,555	0,677
	Lužnice oberhalb des Zusammenflusses mit der Moldau						
Produktion	220,894	429,140	204,898	20,987	22,331	33,074	4,909
Ableitung	7,499	30,024	7,645	3,293	9,289	11,464	1,045

In Tab. 9 wurde schließlich die mögliche Verringerung der abgeleiteten Verschmutzung nach

¹ Diese Phase soll der sog. Gemeinsamen Stellungnahme der EU [55] zufolge bis 31.12.2010 abgeschlossen sein.

Erreichen der Emissionsstandards der Regierungsverordnung² berechnet.

Der zweite Schritt auf dem Weg zur Verringerung der Belastung des Einzugsgebiets durch abgeleitete Verunreinigung besteht in der Erfüllung der Emissionsgrenzwerte, die für die Wassernutzer (gemäß [4] ab 01.01.2010) durch die Wasserrechtsbehörden in sog. kombinierter Verfahrensweise³ festgelegt werden, d.h. diese Emissionsgrenzwerte müssen nicht nur die Erfüllung der Emissionsstandards der Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], sicherstellen, sondern auch die Immissionsstandards dieser Verordnung in allen 47 Wasserkörpern an der Moldau oberhalb von Hněvkovice und in 56 Wasserkörpern an der Lužnice.

Tab. 9

Berechnung der möglichen Verringerung der abgeleiteten Verunreinigung im Einzugsgebiet der Moldau und Lužnice gegenüber 2007 (in g.s⁻¹)

	BSB ₅	CSB _{Cr}	N-NH ₄	N _{ges}	P _{ges}
	Moldau oberhalb Kofensko				
Anzahl der Quellen mit t.a ⁻¹ >0	134	138	141	141	141
Anzahl der Gemeinden mit t.a ⁻¹ >0	120	120	120	120	120
Anzahl der Gemeinden mit Überschreitung von C _{emis}	23	17	2	0	1
Mögliche Verringerung in g.s ⁻¹	0,516	0,830	0,026	0	0,0046
	Lužnice oberhalb des Zusammenflusses mit der Moldau				
Anzahl der Quellen mit t.a ⁻¹ >0	137	139	142	142	142
Anzahl der Gemeinden mit t.a ⁻¹ >0	124	124	124	125	124
Anzahl der Gemeinden mit Überschreitung von C _{emis}	55	39	0	2	3
Mögliche Verringerung in g.s ⁻¹	1,231	1,809	0	0,370	0,0510

Erfüllt werden müssen nicht nur die allgemeinen Immissionsstandards (angeführt in Tabelle 1 der Anlage Nr. 3 zur Regierungsverordnung [4] als Werte c₉₀, bzw. angeführt in Tabelle 4 der Methodischen Weisung [40] als Durchschnittswerte), sondern auch die strengeren Immissionsstandards mit Bezug auf die einzelnen Wassernutzungen, d.h. zur Trinkwassergewinnung, zum Baden und zur Erhaltung des Lebens von Fischen (Karpfenfischen und lachsartige Fische), die Tabelle 1 der Anlage Nr. 3 zur Regierungsverordnung [4] als Durchschnittswerte enthält.

Die Standorte mit gefordertem Gewässerschutz für wasserwirtschaftliche Zwecke sind vorgegeben durch die Verordnung des Umweltministeriums Nr. 137/1999 GBl. zur Festlegung des Verzeichnisses der Wasserspeicher und der Grundsätze für die Festlegung und Änderungen der Schutzstreifen von Wasserquellen [58] sowie die Verordnung des Landwirtschaftsministeriums Nr. 267/2005 GBl. zur Änderung der Verordnung des Landwirtschaftsministeriums Nr. 470/2001 GBl. zur Festlegung des Verzeichnisses bedeutender Wasserläufe und der Verfahrensweise der Durchführung von Tätigkeiten in Verbindung mit der Verwaltung von Wasserläufen, in der Fassung der Verordnung Nr. 333/2003 GBl. [59].

Standorte mit gefordertem Gewässerschutz zum Baden sind vorgegeben durch die

² Die Datenbank der GWB wurde in den fehlenden Angaben um modellierte Werte ergänzt.

³ Die kombinierte Verfahrensweise ist durch die Methodische Weisung zur Regierungsverordnung Nr. 229/2007 GBl. [40, 56, 57] definiert.

Verordnung Nr. 159/2003 GBl. zur Festlegung von durch Personen zum Baden genutzter Oberflächengewässer [60].

Abschnitte von Wasserläufen mit gefordertem Gewässerschutz für das Leben von Karpfenfischen und lachsartigen Fischen sind vorgegeben durch die Regierungsverordnung Nr. 71/2003 GBl. über die Festlegung geeigneter Oberflächengewässer für das Leben und die Reproduktion ursprünglicher Arten von Fischen und weiterer Lebewesen und über die Feststellung und Bewertung des Qualitätszustandes dieser Gewässer [61].

Der dritte (und schwerste) Schritt auf dem Weg zur Verringerung der Belastung des Einzugsgebiets durch Verunreinigung besteht in der Lösung flächendeckender und diffuser Verschmutzungsquellen im Einzugsgebiet [62-64]. Eine Lösung bieten z. B. die bei VRV Prag erstellten sog. Katalogblätter [65].

5. Beurteilung des radiotoxischen Einflusses von Tritium und sonstigen Radionukliden auf Wasserorganismen

Radioaktivität in der Umwelt kann aus natürlichen und künstlichen Quellen stammen. Auf natürlichem Wege entstandenes Tritium gehört in die Gruppe der sog. kosmogenen Radionuklide. Unter künstlichen Quellen versteht sich Tritium, das infolge der Tätigkeit des Menschen in die Umwelt eingetragen wird. Dabei handelt es sich einerseits um abgeleitete Abfälle aus Kernkraftwerken und Entweichungen von Tritium in die Umwelt bei Unfällen an Kernkraftanlagen, im Weiteren war es die Kontaminierung der Umwelt mit einer großen Tritiummenge bei Atomtests in den Jahren 1945–1962 und bei der Anwendung von Kernwaffen während des 2. Weltkriegs.

In den Abfällen des KKW Temelín, das derzeit zwei Druckwasserreaktoren VVER 1000 betreibt, ist Tritium in relativ hohen Konzentrationen enthalten. Zum Vergleich beträgt das Verhältnis der Volumenaktivitäten der Radionuklide in Flüssigableitungen des KKW Temelín Tritium : Caesium-137 : Strontium-90, und zwar 10^9 bis 10^{12} : 10^5 bis 10^6 : 1. Tritium sendet eine sehr weiche Betastrahlung mit einer Energie von rund 18 keV aus, und seine physikalische Halbwertszeit beträgt rund 12,4 Jahre. Die Umwelt kontaminierendes Tritium wandelt sich zu Tritiumwasser und wird zum Bestandteil des normalen Wasserkreislaufs in der Natur. Tritium als Wasser ist aber relativ wenig toxisch im Vergleich zu den übrigen in Abwässern aus dem KKW Temelín anwesenden Strahlern.

Tritium ist in Körperflüssigkeiten praktisch unlöslich, so dass das Gleichgewicht zwischen Ventilations- und Restvolumen sehr konstant ist.

Wenn Tritium ins Wassermilieu gelangt, erreicht das Gewebewasser aller Wirbellosen und der meisten Wirbeltiere, die sich hier aufhalten, innerhalb weniger Wochen ein Gleichgewicht mit dem Tritium im Wasser. Einzellige planktische Algen erreichen das Gleichgewicht mit Tritium im Wasser innerhalb weniger Tage.

Blaylock [66] studierte in der Betriebsanlage des Laboratoriums in Oak Ridge den chronisch durch Tritium kontaminierten White Oak Lake. Das Verhältnis der Konzentration von Tritium in Flora und Fauna zu seiner Konzentration im Wasser lag in diesem See bei Werten von 0,80 bis 1,02.

Erste physiologische Wirkungen von Tritiumwasser auf Wasserpflanzen und Wirbellose können bei Tritiumkonzentrationen von $5,18 \text{ MBq.l}^{-1}$ auftreten.

Blaylock [67] züchtete Wasserlarven des Insekts *Chironomus riparius* in unterschiedlichen Konzentrationen des Tritiumwassers und prüfte bei den Nachkommen chromosomale Aberrationen. Überhaupt keine Abweichungen wurden in Tritiumkonzentrationen von $3,7 \text{ MBq/l}$ festgestellt. Chromosomale Aberrationen waren erst bei Larven zu beobachten, die sich in Tritiumkonzentrationen von $4,63 \text{ GBq.l}^{-1}$ entwickelten.

Blaylock und Koll. [68] verzeichneten keinerlei Einfluss auf die Entwicklung von Karpfeneiern, wenn die Tritiumkonzentration im Wasser geringer als $18,5 \text{ GBq.l}^{-1}$ war. Zu identischen Schlussfolgerungen gelangte z. B. auch Walden [68] bei ähnlichen Versuchen mit Eiern von Dreistachligen Stichlingen.

Strand und Koll. [69] befassten sich in einer embryogenetischen Studie mit immunologischen Reaktionen bei von fakultativ pathogenen Myxobakterien befallenen Regenbogenforellen. Ihre Ergebnisse belegten eine erheblich verringerte Synthese der Schutzkörper in den Blutkörperchen der Forellen, die einer Tritiumkonzentration in Tritiumwasser von $37\text{--}370 \text{ kBq.l}^{-1}$ ausgesetzt waren.

Tritium in flüssigen Abwässern von Kernkraftwerken kann unterschiedlicher Herkunft sein und auch in verschiedenen physikalisch-chemischen Zuständen auftreten. Bestimmte

organische Tritiumverbindungen können ein etwas höheres Risiko darstellen als Tritium als Wasser, da sie vorrangig durch Wasserorganismen stärker absorbiert werden können [70].

Einige Autoren wie Cumming, Russel, Sega, Gračeva, Korolev [71,72] stellen übereinstimmend fest, dass die genetische Gefährlichkeit einer Strahlendosis von Tritium ähnlich ist wie die Gefährlichkeit von Röntgenstrahlung. Die relative biologische Wirkung im Vergleich zur Röntgenstrahlung beträgt ungefähr 1,7.

In diesem Zusammenhang muss angeführt werden, dass Blaylock und Koll. [73] ermittelten, dass die auf Wasserpflanzen, Wirbellose und Fische in Oberflächengewässern einwirkende Gesamtstrahlendosis im Falle einer Tritiumkonzentration des Wassers von $2,8 \cdot 10^2$ Bq/l bei $1,4 \cdot 10^{-5}$ Gy/a liegt.

Berücksichtigt man die Ergebnisse von Strand [69] und Kirchmann [70] lässt sich errechnen, dass die Sicherheitsgrenzwerte für Tritium in Oberflächengewässern unterhalb von Kernkraftwerken in Hinblick auf die Biosphäre des Wassers bei Werten unter $10 \text{ kBq} \cdot \text{l}^{-1}$ liegen sollten.

Bei Experimenten mit durch Tritium angereicherterem Wasser aus dem Orlik-Stausee wurde ein 1,6–2x schnelleres Schlüpfen des Laichs von Plötzen und Barschen bei Volumenaktivitäten im Wasser von $11 \text{ MBq} \cdot \text{l}^{-1}$ festgestellt [74].

Die Abwässer aus dem KKW Temelín werden in Kořensko in die Moldau geleitet. Während der regelmäßigen Überwachung der Volumenaktivitäten von Tritium im Orlik-Stausee durch das Wasserwirtschaftliche Forschungsinstitut T. G. Masaryk wurde nie eine Überschreitung der Grenzwerte für die Volumenaktivitäten dieses Radionuklids in Bezug auf die Gesetze und gemäß den in der Tschechischen Republik geltenden Regierungsverordnungen festgestellt [4]. Der Immissionsstandard der zulässigen Verunreinigung der Oberflächengewässer für Tritium wurde zu 0,65 % ausgeschöpft bei einer gemessenen maximalen Volumenaktivität von Tritium von $26,6 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ im Februar 2004. Eine Abhängigkeit der Volumenaktivitäten von Tritium von den täglichen Wasserdurchflüssen war nicht nachweisbar. Grund dafür ist der Einfluss von Manipulationen an den Moldau-Staubecken auf die Zeit des Tritiumabflusses aus dem KKW Temelín nach Prag-Podolí. Die Ergebnisse zeigten, dass die gemessenen Volumenaktivitäten des Tritiums in der Moldau in Prag-Podolí den Angaben des KKW Temelín über die mit Abwässern abgeleiteten Volumenaktivitäten des Tritiums entsprechen [76].

Der geforderte Grenzwert für die Volumenaktivität von Tritium in durch Abwässer aus dem KKW Temelín kontaminierten Oberflächengewässern von $3500 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], ist in Hinblick auf den möglichen Einfluss dieses Radionuklids auf die Wasserbiozönose völlig zulänglich.

In der Biologie werden gegenwärtig häufig tritiummarkierte Präkursoren der Desoxyribonukleinsäure verwendet. Diese Präkursoren werden in der Phase der DNS-Synthese unmittelbar vor der Zellteilung in die Zellen inkorporiert. Da die Inkorporation in ein genetisches Substrat erfolgt, ist die absorbierte Dosis sehr schwerwiegend. Aus den Informationen über die angeführten Experimente können dann bei der Öffentlichkeit gänzlich falsche Vorstellungen von der Genotoxizität des Tritiums in den durch Abfälle aus dem KKW Temelín beeinflussten Oberflächengewässern entstehen.

Tritium ist praktisch nicht kumulierbar in den Wasserorganismen, die im Orlik Stausee leben, der durch die Abfälle des KKW Temelín am meisten beeinflusst wird. Die am stärksten toxischen Radionuklide in Abwässern der VVER-Druckreaktoren, auf die das Augenmerk zu lenken ist, sind die in Wasserorganismen signifikant kumulierbaren Strontium-90 und Caesium-137. Wasserbiozönosen bilden angesichts dieser Kumulation geeignete Bioindikatoren für die radioaktive Verschmutzung der Oberflächengewässer.

Während sich die Werte der zulässigen Dosen äußerer Strahlung (d.h. außerhalb des Organismus vorhandener Strahler) auf Erfahrungen langfristiger Beobachtungen stützen, muss damit gerechnet werden, dass die zulässigen Höchstkonzentrationen innerer Strahler (d.h. durch Wasserorganismen infolge der Bioakkumulation angereicherter Strahler) in Abhängigkeit davon modifiziert werden, wie die Kenntnisse über die Toxizität der einzelnen Radionuklide an Präzision gewinnen.

Die biologische Wirkung von Radionukliden als innerer Strahler wird nicht nur durch seine physikalischen Eigenschaften bestimmt, wie dies bei der Anwendung des Radionuklids als äußere Strahlungsquelle der Fall ist, sondern über seine Toxizität entscheiden noch zahlreiche weitere Faktoren – die physikalisch-chemischen Eigenschaften, die den Kumulationsgrad bestimmenden ökologischen und physiologischen Bedingungen, Verteilungsverhältnisse und das metabolische Schicksal des Radionuklids im Körper des betreffenden Organismus.

Die Radiosensibilität nimmt bei Wasserorganismen von niedrigeren Entwicklungsformen zu höheren Entwicklungsformen zu und verringert sich von jüngeren Individuen zu älteren. Frühe Entwicklungsstadien von Fischen sind stets empfindlicher als spätere. Fischeier sind in den ersten Stunden nach der Befruchtung am empfindlichsten. Nach diesem kritischen Zeitraum nimmt ihre Strahlungsempfindlichkeit deutlich ab. Die sich entwickelnden Fischeier sind in der Lage, einen Schutzmechanismus gegen Strahlung aufzubauen, der jedoch nur bei etwas erhöhten Strahlungswerten ausgelöst wird. Geringere Strahlung bewirkt seine Entstehung nicht und kann sich daher schädlich auf die Entwicklung der Eier auswirken. Unterschiedliche schädliche Einflüsse, z. B. immunologische, können bei gerade befruchteten Fischeiern bereits bei Volumenaktivitäten von Caesium-137 im Wasser in Einheiten von Bq.l^{-1} auftreten. Sonst wurde keine schädliche Auswirkung auf Fischeier auch bei Volumenaktivitäten von Caesium-137 im zweistelligen Tausenderbereich Bq.l^{-1} nachgewiesen. Zur experimentellen Beobachtung des Einflusses radioaktiven Strontiums wird häufig Strontium-90 verwendet, das sich im Gleichgewicht mit seinem Tochterprodukt Yttrium-90 befindet. Polikarpov [70] fand eine frühe Sterblichkeit der Larven von Süßwasserfischen erst bei Volumenaktivitäten von Strontium-90/Yttrium-90 im Wasser von $3,7 \text{ kBq.l}^{-1}$. Die Anzahl abnormaler Larven nahm aber bereits bei Volumenaktivitäten von Strontium-90/Yttrium-90 zwischen $4\text{--}50 \text{ Bq.l}^{-1}$ zu, und zwar mit beträchtlicher Stetigkeit. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch weitere Autoren [77-81].

Radioaktive Strahlung verursacht Zellmutationen. Bei der Zellteilung, die auch den Kern erfasst, ändert sich seine Netzstruktur in eine Faserstruktur, es entstehen Chromosomen. Das Chromosom (Gen) kann von einem bestimmten Zustand, der bestimmte Eigenschaften bedingt, in einen anderen Zustand übergehen, der mit teilweise oder vollständig abweichenden Eigenschaften verbunden ist. Einen solchen Übergang bezeichnet man als Mutation. Tritt die Mutation in einer Keimzelle auf, überträgt sie sich auf alle nachherigen Zellen des Organismus, die auf geschlechtlichem Weg entstanden sind. Kommt es in einer Körperzelle zur Mutation, so entsteht eine somatische Mutation, die sich nur auf einen bestimmten Kreis von Zellen ausweitet, die durch gewöhnliche Teilung aus der von Mutation befallenen Zelle entstanden sind.

Die somatische Wirkung zeichnet sich stets durch eine bestimmte Schwellendosis aus. Ist die erhaltene Strahlungsdosis geringer, kommt es zu keiner Schädigung des Organismus. Zur somatischen Schädigung des Organismus durch radioaktive Strahlung sind weitaus höhere Strahlungsdosen erforderlich als zur genetischen Schädigung. Somatische Dosen radioaktiver Strahlung äußern sich unter anderem direkt am bestrahlten Individuum. Erfahrungen mit dem Einfluss radioaktiven Niederschlags nach Atomwaffentests belegen, dass Volumenaktivitäten von Tritium von langfristig durchschnittlich 10^2 Bq.l^{-1} und Strontium-90 bzw. Caesium-137 von 10^2 mBq.l^{-1} zu keinen beobachteten Einflüssen auf die Wasserbiozönose führten. Ähnlich wurden keine Einflüsse der Reaktorhavarie von

Tschernobyl bei uns mit Auftreten ähnlicher Volumenaktivitäten von Strontium-90 und Caesium-137 beobachtet. Die prognostizierten Volumenaktivitäten von Tritium und sonstiger AUSA entsprechend dem Betrieb der neuen KKA und in der Summe mit dem KKW Temelín sind wesentlich niedriger als die oben angeführten Volumenaktivitäten, für die keinerlei Einflüsse auf das Wassermilieu festgestellt wurden.

Die meisten veröffentlichten Arbeiten über die Wirkungen radioaktiver Strahlung auf Wasserorganismen befassen sich mit der somatischen Schädigung aufgrund recht hoher akuter Strahlungsdosen. Eine primäre genetische Zellschädigung kann jedoch zu somatischen Veränderungen führen, die dann häufig als primär erachtet werden [82]. Die genotoxischen Wirkungen der Strahlung auf Wasserorganismen sind weniger erforscht als die somatischen. Die Empfindlichkeit und Genauigkeit moderner Methoden in der Molekularbiologie eröffnen Möglichkeiten für eine realistischere Erforschung der Einwirkung geringer und chronischer Dosen radioaktiver Strahlung auf Wasserorganismen [83].

Von den künstlichen Radionukliden, die unsere Oberflächengewässer infolge der Reaktorhavarie in Tschernobyl 1986 kontaminiert haben, ist vor allem Caesium-137 bedeutsam. Dabei handelt es sich um ein Radionuklid mit langer Halbwertszeit von 33 Jahren, das sich vor allem im Muskelfleisch von Fischen kumuliert hat. 1990 wurde bei Fischen aus dem Orlik-Stausee ein Caesium-137-Gehalt bei Raubfischen von 11,5–13,8 Bq.kg⁻¹ Frischmasse und bei anderen als Raubarten von 2,3–2,5 Bq.kg⁻¹ festgestellt. Bis 1992 kam es bei Fischen aus dem Orlik-Stausee zu einer ungefähr dreifachen Verringerung des Gehalts an Caesium-137. Diese Abnahmen in den Fischen waren durch ihre Dekontaminierung, Desorption und nur minimal durch die physikalische Halbwertszeit dieses Radionuklids verursacht. Gegenwärtig betragen die spezifischen Aktivitäten von Caesium-137 bei Fischen im Orlik-Stausee bereits weniger als 0,5 Bq.kg⁻¹ Frischgewicht [84, 21, 22, 23].

Strontium-90, das für Wasserorganismen sehr toxisch ist, emittiert eine relativ weiche Betastrahlung, sein Tochterprodukt Yttrium-90 hingegen eine sehr harte Betastrahlung. Die physikalische Halbwertszeit von Strontium-90 beträgt 30 Jahre. Bei Fischen aus dem Orlik-Stausee wurde in den Jahren 1990–1992 – offenbar infolge der Havarie von Tschernobyl – ein Gehalt an Strontium-90 von 1,4–2,0 Bq.kg⁻¹ Frischgewicht festgestellt. Gegenwärtig liegen bei Fischproben aus dem Orlik-Stausee die spezifischen Aktivitäten von Strontium-90 im Muskelfleisch bereits unter den Messbarkeitsgrenzen (weniger als 0,1 Bq.kg⁻¹ Frischgewicht). In der Wasserblüte, im Plankton und in Wassermakrophyten lagen die spezifischen Aktivitäten von Caesium-137 bereits im Jahr 1995 unter der Nachweisgrenze von 0,1 Bq.kg⁻¹ Frischgewicht [22].

Von den weiteren Radionukliden, die wesentlich an der Kontaminierung der Oberflächengewässer in der Umgebung von Kernenergieanlagen beteiligt sind, insbesondere im Havariefall, ist Jod-131 zu nennen. Seine physikalische Halbwertszeit beträgt 8,1 Tage. Der überwiegende Teil des in Oberflächengewässer gelangenden Jods-131 bleibt in der Wasserphase. Jod ist kein biogenes Element. Von den Wasserlebewesen kumulieren Radiojod am meisten Wasserpflanzen, bei denen die maximalen Kumulationsfaktoren bis 10² erreichen. Die Kumulation von Radiojod in einzelnen Bestandteilen des Wasserökosystems ist abhängig vom Gehalt an organischem Kohlenstoff, vom Gehalt des stabilen Trägers von Jod-131 und im Weiteren von der Jahreszeit. Bei Fischen wird Jod-131 vor allem mit der Nahrung aufgenommen. Die Sorption von Jod-131 an Sedimenten ist relativ gering.

Wasserpflanzen reagieren auf das Einwirken von Jod-131 empfindlicher als Fische oder wirbellose Wassertiere. Ein erster negativer Einfluss auf Wasserpflanzen ist bei einer Volumenaktivität von Jod-131 im Wasser von 3,9.10⁴ Bq.l⁻¹ zu erwarten. Die Zunahme der

Volumenaktivität von Jod-131 im Wasser bewirkt eine Verringerung des Wachstums von Grünalgen und der saprophytischen Mikroflora [81,85].

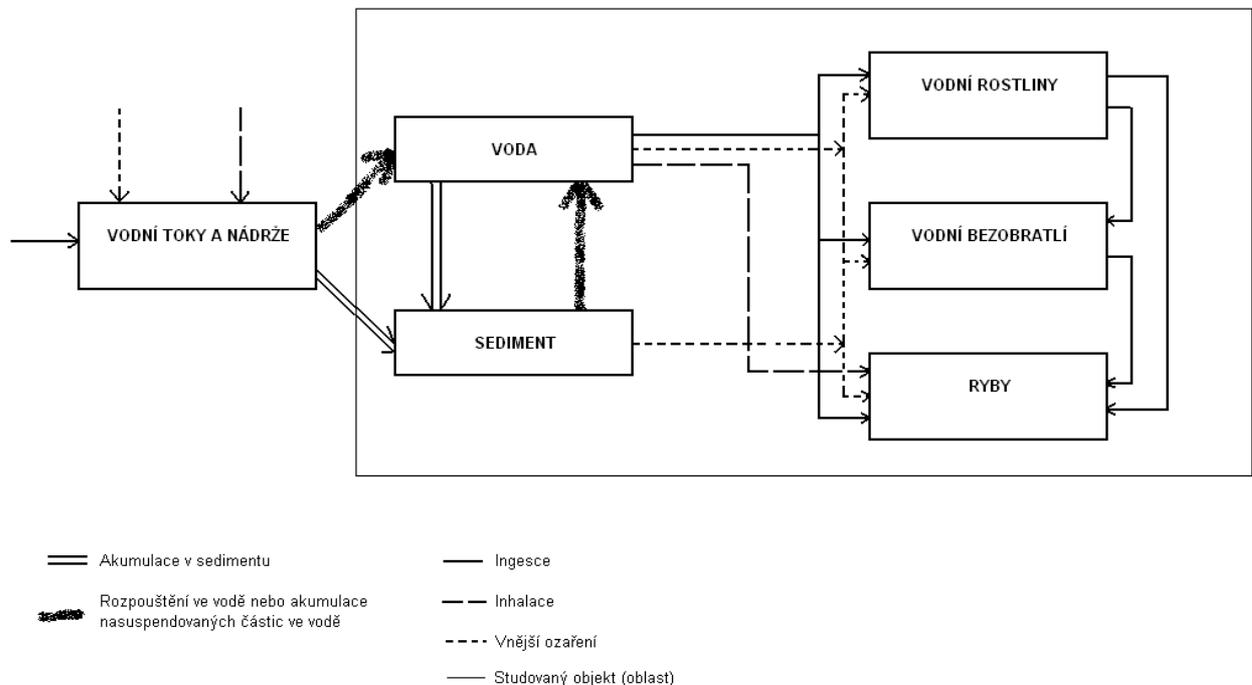
Jod-131 war auch eines der bei uns im atmosphärischen Niederschlag nach der Tschernobyl-Havarie am stärksten vertretenen Radionuklide.

Der Gesamtgehalt an natürlichem Uran und Radium im Orlik-Stausee entspricht den Werten des Hintergrunds der Oberflächengewässer [68,69]. Bei im Orlik-Stausee lebenden Fischen liegt der Gehalt an Radium-226 im Wertebereich von 0,01–0,1 Bq.kg⁻¹ Frischgewicht, bei Uran sind es Werte im Wertebereich von 4–40 µg.kg⁻¹ Frischgewicht. Uran ist für Wasserorganismen toxischer als chemisches Gift und nicht als radioaktiver Strahler [84,22].

Die kritischen Wege von Radionukliden im Oberflächengewässer zur Wasserbiozönose sind in Abb. 13 dargestellt.

Abb. 13

Kritické cesty radionuklidů v povrchové vodě k vodní biocenóze



Kritische Wege von Radionukliden im Oberflächengewässer zur Wasserbiozönose

WASSERLÄUFE UND WASSERSPEICHER	WASSER SEDIMENT	WASSERPFLANZEN WASSERWIRBELLOSE FISCHE
Akkumulation im Sediment	Ingestion	
Auflösung im Wasser oder Akkumulation suspendierter Partikel im Wasser	Inhalation	
	Äußere Bestrahlung	
	Studiertes Objekt (Gebiet)	

Histologische Tests zum Nachweis einer pathologischen Schädigung auf Zellen- und Gewebsniveau können nützlich sein zur Feststellung der subletalen Wirkungen von

Strahlung, welche die Fähigkeit des Wasserorganismus zur Reaktion auf Stress unter den Bedingungen eines Wassermilieus aus einer anderen chemischen Verschmutzungsquelle einschränken können. Unter den Bedingungen chronischer Bestrahlung könnte die Histologie zusammen mit der Autoradiographie unter Verwendung entsprechender markierter Verbindungen wichtige Informationen über den Grad der Schädigung der Regenerations- und Reproduktionsfähigkeiten von Wasserlebewesen liefern [77].

Die Grenzwerte der radioaktiven Verschmutzung, welche für Wasserorganismen als zulässig gelten können, werden sich in ihren verschiedenen Lebensbedingungen unterscheiden. Zur komplexen Beurteilung sind neben physikalischen Messungen auch biologische Tests erforderlich. Der Vorteil biologischer Tests besteht darin, dass sie in den Werten, die wir aus ihnen erhalten, direkte und indirekte Wirkungen auf Organismen kumulieren. Für biologische Tests lässt sich keine einheitliche und in allen Fällen gültige Anleitung für ihre Durchführung ausarbeiten. Es lassen sich lediglich an geeignet ausgewählten Modellen die Hauptgrundsätze ihrer Ausarbeitung für bestimmte ausgewählte Testorganismen darlegen. Der Vergleich von Abweichungen in den Reaktionen der Populationen von Wasserorganismen, die vor radioaktiven Abfällen zuverlässig geschützt sind, und diesem Einfluss ausgesetzten Populationen kann eine rechtzeitige Warnung in den Fällen darstellen, wo uns gemäß nichtbiologischen Indikationen angezeigt wird, dass das Milieu in Hinblick auf radioaktive Verschmutzung auf zulässigem Niveau ist.

Der Parameter der zulässigen radioaktiven Verschmutzung ist ein Zustand der Oberflächengewässer, bei dem es infolge der schädlichen Einwirkung von Stoffen zu keiner Produktivitätsabnahme des Wasserökosystems und auch zu keiner schwerwiegenden Verengung des Artenspektrums der Wasserorganismen oder zur Überschreitung der für sie maximal zulässigen Dosis oder Volumenaktivität von Radionukliden kommt. Dort, wo die Abwasserableitung mit Oberflächenwasser (nicht weniger als 90 %) vermischt wird, können geeignete biologische Parameter die Produktivitätsabnahme des Ökosystems der Wachstumskurve von Algen ggf. die photosynthetische Aktivität (bzw. Produktion pro Biomasseeinheit), das Vermehrungspotenzial von Wasserflöhen, die Entwicklung von Fischeiern in den ersten Stunden nach der Befruchtung und Veränderungen der Artenstruktur von Wasserpflanzen, Wasserwirbellosen und Fischen von mehr als 5–10 % sein.

Für das aus dem KKW Temelín abgeleitete Gemisch von Radionukliden wird die ökologische Nichtbeeinträchtigung von Wasserbiozöosen durch eine Gesamtstrahlungsdosis $3,6 \text{ Gy}\cdot\text{a}^{-1}$ gewährleistet. Der Parameter ist in Größen festgelegt, welche die äußere und innere Strahlung von Wasserorganismen direkt oder mittels Nahrungsketten beschreiben. Die Nichtüberschreitung des maximal zulässigen Werts der Dosen wird aus den Volumenaktivitäten der Radionuklide im Wasser, in Wasserorganismen und der Dosisleistung aus der Umwelt festgestellt [83, 84, 86, 87, 88].

Abschließend ist festzustellen, dass beim Normalbetrieb des KKW Temelín, sofern keine Havariesituationen eintreten, aus radioökologischer Sicht kein schädlicher Einfluss auf die Wasserbiozöosen des Orlík-Stausees oder weiter in der Moldau entsteht. Es ist davon auszugehen, dass auch nach Inbetriebnahme weiterer beurteilter neuer KKA und in der Summe mit dem KKW Temelín unter radioökologischem Aspekt kein schädlicher Einfluss auf Wasserbiozöosen des Orlík-Stausees oder weiter in der Moldau auftritt.

6. Einfluss des Kraftwerks Temelín auf den Orlik-Stausee: Situation in den Jahren 2000–2008 und Prognose des Einflusses bei Erweiterung des Kraftwerks und künftiger Klimaänderung [52]

Zur Problematik der Belastung des Orlik-Stausees mit Phosphor wurde noch eine Teilstudie ausgearbeitet (siehe Anlage 4). Die Analyse des bisherigen Betriebs des KKW Temelín seit dem Jahr 2000 bis heute hat in Hinblick auf den Umfang der Entnahme von Rohwasser aus der Stauanlage Hněvkovice und Ableitung von eingedicktem und erwärmtem Abwasser in die Moldau im Profil Kořensko gezeigt, dass sich beim Betrieb von 2 Blöcken im Zeitraum 04.2003–03.2009 folgende Einflüsse äußerten:

- Der durchschnittliche Wasserverlust durch Verdampfung vor allem in den Kühlanlagen des KKW Temelín lag bei rund $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, was in der Moldau im Profil Kořensko im Rahmen der Variabilität der durchschnittlichen jährlichen Durchflüsse einem Rückgang des Durchflusses um ca. 1–2 % entsprach.
- Der Einfluss der Ableitung erwärmter Abwässer auf die Wassertemperatur in der Moldau war gering und jahreszeitenabhängig. Nach dem Vermischen erhöhte sich die Tagesdurchschnittstemperatur in der Moldau in den Winter- und Frühjahrsmonaten um maximal $0,4^\circ \text{C}$ und in den Sommer- und Herbstmonaten um $0,1^\circ \text{C}$, was im Vergleich zur zwischenjährlichen Variabilität der Wassertemperatur im Wertebereich von $3\text{--}8^\circ \text{C}$ ein unerheblicher Anstieg, praktisch ohne Einfluss auf den Orlik-Stausee, war.
- Die abgeleitete Menge an Stoffen im Abwasser hat sich gegenüber der Menge im entnommenen Rohwasser mit Durchlauf durch das KKW Temelín verringert (gelöste Stoffe um 2 %, ungelöste Stoffe um 60 %, BSB_5 um 76 %, CSB_{Cr} um 40 %, P_{ges} um 12 %) oder erhöht (N_{ges} um 10 %, N-NO_3 um 53 %, P-PO_4 um 61 %). Die Zusammensetzung des Wassers in der Moldau änderte sich infolge der Entnahme und Ableitung von Wasser des KKW Temelín unerheblich (durchschnittlich bis 1 % Änderung der Konzentrationen), mit Ausnahme von P-PO_4 , dessen Anstieg um durchschnittlich $0,001 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und in den Sommermonaten mit geringem Durchfluss um bis zu $0,005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ zwar ebenfalls gering ist, aber eine gewisse Bedeutung für die Eutrophierung des Stausees haben kann. Ursache für den Anstieg der P-PO_4 -Menge im abgeleiteten Abwasser war eine geringe Wirksamkeit der biologischen ARA bei der Eliminierung von Phosphor. Die mechanisch-biologische ARA wird rekonstruiert und ihre Technologie um eine erhöhte Phosphorelimination (z. B. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -Mitfällung in der Aktivierung) erweitert.

Für Szenarienbewertungen des Einflusses der erwogenen Alternativen der Erweiterung des KKW Temelín auf die Hydrologie, die Wasserqualität in der Moldau und die Eutrophierung des Orlik-Stausees unter den derzeitigen Umständen und bei der zu erwartenden Klimaveränderung bis 2050 wurde ein einfaches Bilanzmodell des Systems Moldau – KKW Temelín – Orlik-Stausee aufgestellt und darin ein linearer Anstieg der durchschnittlichen Entnahme, der Wasserverluste durch Verdampfung und Veränderungen der Stoffflüsse im Zeitraum 2004 – 2008 direkt proportional zur steigenden Leistung des KKW Temelín zugrunde gelegt. Die Eutrophierung des Orlik-Stausees wurde anhand eines empirischen Modells der Phosphorkonzentration im Stausee ausgehend von einem kalibrierten Koeffizienten der Phosphorretention und in Abhängigkeit von der Verweildauer des Wassers im Stausee modelliert. Für die Modellbewertungen wurden die Beobachtungsergebnisse für den Zeitraum 2000–2008 verwendet. Die Ergebnisse der Szenarienmodellierung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei unverändertem Klima bringt die Erweiterung des KKW Temelín auf die maximal erwogene Alternative (um 3400 MW_e , d.h. das 2,7fache des derzeitigen Standes) eine Verringerung des durchschnittlichen Durchflusses von $58,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ im Profil Moldau-Kořensko gegenüber der Nullalternative ohne Einfluss des KKW Temelín um $2,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

(d.h. um 4,1 %) und im Profil des Stauwerks der Stauanlage Orlik um $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (d.h. um 2,8 %), die durchschnittliche Verweildauer im Orlik-Stausee erhöht sich vom 99 auf 103 d (d.h. um 4 %). Die Wassertemperatur in der Moldau unterhalb der Einleitungen aus dem KKW Temelin wird um bis $1 \text{ }^\circ\text{C}$ in der Winterperiode und um maximal $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ im Sommer und Herbst steigen. Auf die Phosphorkonzentration im Orlik-Stausee wirkt sich die Erweiterung des KKW Temelin praktisch nicht aus (Änderung $<1 \text{ }%$).

- Gemäß den Prognosen repräsentativer Klimamodelle und Szenarien zur Entwicklung der Zusammensetzung der Atmosphäre kommt es um das Jahr 2050 zu einem Rückgang des durchschnittlichen Abflusses aus dem Einzugsgebiet der Moldau um 4–37 %, und proportional werden sich auch die Werte für Q_{355d} verringern. In der Variante mit hoher Sensibilität der Modelle auf die Änderung der globalen Temperatur kommt es zum Rückgang des simulierten Q_{355d} unter die Grenze der derzeitigen Werte für Q_{355d} bereits ohne Einfluss des KKW Temelin, und mit Einfluss unterschiedlicher Kapazitätsalternativen des KKW Temelin wird Q_{355d} bei mittlerer und hoher Sensibilität der Modelle auf ein Drittel bis die Hälfte der derzeitigen Werte absinken. Auf die Phosphorkonzentration und Eutrophierung im Orlik-Stausee wird die Verringerung des Durchflusses unerheblichen Einfluss haben, da die erhöhte Phosphorkonzentration infolge einer geringeren Verdünnung des Abwassers durch eine längere Verweildauer des Wassers im Stausee kompensiert wird.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgeschlagene Erweiterung des KKW Temelin keine schwerwiegenden negativen Auswirkungen auf die Temperatur und Qualität des Wassers in der Moldau bzw. die Eutrophierung des Orlik-Stausees haben wird. Die Auswirkungen auf das hydrologische Regime der Moldau wird von der Realität der künftigen Entwicklung abhängen, und sollten die mittleren und pessimistischen Szenarien der Entwicklung der Wasserabflussmenge aus dem Einzugsgebiet eintreten, muss der Rückgang des Durchflusses durch Aufbesserung aus höher gelegenen Stauanlagen kompensiert werden.

7. Fazit

In der unterstützenden EIA-Studie zum Problemkreis Wasser wurden Erkenntnisse über den Referenzzustand vor Inbetriebnahme des KKW Temelín und im Weiteren über den Einfluss des Betriebs des KKW Temelín mit $2 \times 1000 \text{ MW}_e$ in den Parametern nichtradioaktive Stoffe, Wärmeverschmutzung und radioaktive Stoffe bearbeitet.

Aus der Bewertung des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín bzw. für den Zeitraum 2004–2008 geht hervor, dass kritischer Parameter im entnommenen Rohwasser (technologisches Wasser) und insbesondere im Profil Moldau-Kořensko oberhalb der Einleitung der Abwässer der CSB_{Cr} ist. Die Jahresdurchschnittswerte dieses Parameters liegen nur geringfügig unter dem abgeleiteten Durchschnittsstandard gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, bzw. Methodischer Weisung.

Eine eingehende Analyse ergab, dass die Wärmeverschmutzung der Moldau unterhalb der Einleitung der Abwässer bei Berücksichtigung der real erreichten Jahresdurchschnittstemperaturen der aus dem KKW Temelín abgeleiteten Abwässer sehr gering ist und einen Beitrag von $0,03 \text{ }^\circ\text{C}$ zur Jahresdurchschnittstemperatur des Wassers in der Moldau oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín darstellt.

Ähnlich führt die Ableitung radioaktiver Stoffe auf dem Niveau der Grenzwerte gemäß Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen zu einer durchschnittlichen Erhöhung der Volumenaktivität von Tritium auf ein Niveau von $42,6 \text{ Bq.l}^{-1}$, einschließlich des Hintergrunds, und im Falle sonstiger AUSP zu einem Wert von $0,002 \text{ Bq.l}^{-1}$, einschließlich des Hintergrunds. Diese Werte genügen somit voll und ganz der Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung.

Bei Erwägung der einzelnen Alternativen der neuen KKA und im Parallelbetrieb der neuen KKA und des KKW Temelín sowie der bearbeiteten Klimaveränderungsszenarien hat die Prognose der Auswirkungen auf nichtradioaktive Stoffe, Wärmeverschmutzung und radioaktive Stoffe die nachstehenden Ergebnisse.

Im Falle nichtradioaktiver Stoffe ist aus den ermittelten Werten ersichtlich, dass ähnlich wie beim gegenwärtigen Betrieb des KKW Temelín bei keiner Erweiterungsalternative und auch nicht bei Auswirkung der Klimaveränderung gemäß den Szenarien A, 0, B, C und D die abgeleiteten Durchschnittsstandards für die betrachteten Parameter überschritten werden, mit Ausnahme des Parameters CSB_{Cr} . Wenn der Einfluss des derzeitigen Betriebs des KKW Temelín zum Erreichen eines Jahresdurchschnittswerts dieses Parameters im Profil Moldau-Kořensko von $24,97 \text{ mg.l}^{-1}$ führt, werden für die beurteilten Erweiterungsszenarien und beeinflussten Durchflüsse in der Moldau im Profil Kořensko Jahresdurchschnittswerte im Wertebereich von $25,1\text{--}25,4 \text{ mg.l}^{-1}$ festgestellt. Dabei handelt es um geringe Beiträge zur CSB_{Cr} -Konzentration. Am größten sind in diesem Wertebereich die Beiträge entsprechend Szenario A. Bei den einzelnen neuen KKA, einschließlich der Summe mit dem KKW Temelín, sind die Beiträge proportional der abgeleiteten Abwassermenge, die in der Reihenfolge $2 \times 1200 \text{ MW}_e$ (3200 MW_t), $2 \times 1200 \text{ MW}_e$, $2 \times 1700 \text{ MW}_e$ und $2 \times 1600 \text{ MW}_e$ anwächst. Gleichzeitig ist anzumerken, dass gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, für Industrieabwässer bzw. für die Erzeugung und Verteilung von Wärmeenergie keine Emissionsstandards für CSB_{Cr} angeführt sind, sondern lediglich Immissionsstandards der Parameter der zulässigen Verschmutzung von Oberflächengewässern.

Der Einfluss der neuen KKA für das Beispiel der Kombination KKW Temelín+ $2 \times 1600 \text{ MW}_e$ (höchster Umfang der abgeleiteten Abwässer) auf dem Niveau des Jahres 2020 für Szenario A führt zu einer prognostizierten CSB_{Cr} -Konzentration (ohne Berücksichtigung positiver Veränderungen in den Verschmutzungsquellen im Einzugsgebiet der Moldau und Lužnice oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín+ $2 \times 1600 \text{ MW}_e$) auf dem Niveau von

25,4 mg.l⁻¹, d.h. zu einer Erhöhung um 0,6 mg.l⁻¹, bzw. einer relativen Verschlechterung um 2,4 %. Die absoluten Unterschiede zwischen den einzelnen Erweiterungsalternativen sind jedoch sehr gering.

Auf dem Niveau des Jahres 2025 führen die erwogenen Alternativen der Erweiterung des KKW Temelín zur Verschlechterung dieses Parameters um maximal 0,56 mg.l⁻¹ bei Bezug auf die derzeitige durchschnittliche Wasserqualität im Profil Moldau-Kořensko.

Für das Jahr 2085 ergibt sich für die erwogenen Alternativen die größte Zunahme für das Szenario A und eine Leistung von 3400 MW_e, und zwar um 0,46 mg.l⁻¹ bzw. um 1,9 %.

Da die Studien zur Beurteilung der Vertikal- und Querdurchmischung des Profils Moldau-Hladná, wo Kontrollproben entnommen werden, zur Schlussfolgerung führten, dass die Durchmischung an dieser Stelle unvollkommen ist [49,51], können diese geringen Einflüsse nicht auf Grundlage der Feldbeobachtung (Monitoring) überprüft, sondern nur rechnerisch beurteilt werden. Im Profil Moldau-Solenice unterhalb des Stauwerks des Orlík-Stausees werden auch bei Nichterreichen einer besseren Qualität im Einzugsgebiet der Moldau, Lužnice und Otava als Hauptzuflüsse des Orlík-Stausees bereits zuverlässig die Jahresdurchschnittskonzentrationen des CSB_{Cr} unter dem Niveau der Immissionsstandards erzielt. Die Jahresdurchschnittskonzentrationen des CSB_{Cr} im Profil Moldau-Solenice betragen im Zeitraum 2004–2008 19,3 mg.l⁻¹, 19,6 mg.l⁻¹, 21,7 mg.l⁻¹, 14,8 mg.l⁻¹ und 15,8 mg.l⁻¹.

Auf die Phosphorkonzentration und Eutrophierung im Orlík-Stausee wird die Verringerung des Wasserdurchflusses in der Moldau unbedeutenden Einfluss haben, da die erhöhte Phosphorkonzentration infolge einer geringeren Verdünnung des Abwassers durch eine längere Verweildauer des Wassers im Stausee kompensiert wird.

Positive Veränderungen in der Entwicklung der Qualität der Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb der Entnahme von technologischem Wasser im Profil Moldau-Hněvkovice bis zum Jahr 2020 und weiter würden sich in einer Verbesserung der Qualität des entnommenen Wassers und damit auch in einer Verbesserung der Qualität abgeleiteter Abwässer niederschlagen. Die Verbesserung der Wasserqualität im Einzugsgebiet der Lužnice im gleichen Zeitraum würde zur Verbesserung der Wasserqualität im Profil der Abwassereinleitung Moldau-Kořensko führen.

In Anbetracht der Langfristigkeit der Prognose zur Qualitätsentwicklung beim Parameter CSB_{Cr}, aber auch der Klimaveränderungen, erweist es sich als erforderlich, der Überwachung dieses Parameters ständiges Augenmerk zu schenken und so die Gültigkeit der Prognose auf Grundlage der Entwicklung des aktuellen Zustandes im Profil Moldau-Hněvkovice, Lužnice-Koloděje und Moldau-Kořensko oberhalb der Einleitung der Abwässer des KKW Temelín zu verifizieren. Eine aktive Möglichkeit zur Verminderung der Auswirkung des Ablasses von Abwässern des KKW Temelín auf die Wasserqualität in der Moldau besteht in der Klärung des Abflutwassers mit Anpassung der derzeitigen Kapazität der Wasseraufbereitungsanlage des KKW Temelín für diesen Zweck. Diese Verfahrensweise hätte jedoch eine Erhöhung der Konzentration von Anionen (SO₄²⁻, ggf. Cl⁻) in den abgeleiteten Abwässern und gleichzeitig die Existenz einer relativ umfangreichen Schlammwirtschaft zur Folge. Der Nutzen dieser Maßnahmen und die Umweltauswirkungen insgesamt müssten separat beurteilt werden. Ähnlich muss die Überwachung von Parametern fortgesetzt werden, die neu in die Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, aufgenommen wurden, wo z. B. unpolare extrahierbare Stoffe (NEL) durch die Konzentration der Kohlenwasserstoffe C₁₀-C₄₀ (für diese Transformation existiert kein Konversionsfaktor) ersetzt wurden. Die Ermittlung der Kohlenwasserstoffe C₁₀-C₄₀ wird seit 2009 bereits parallel zur Ermittlung der NEL vorgenommen.

Im Falle der Wärmeverschmutzung ergibt sich, dass für alle erwogenen Beeinflussungen der Wasserdurchflüsse im Profil Moldau-Kořensko für die Szenarien A, 0, B, C und D die durchschnittliche Erhöhung der Wassertemperatur in der Moldau sehr gering ist. Für die geplante neue KKA in der Summe mit dem KKW Temelín liegen die ermittelten Temperaturen auf dem Niveau des Jahres 2020 im Wertebereich von 11,43–11,47 °C, das entspricht einer Erhöhung um 0,13–0,17 °C, wobei die Unterschiede für einzelne Klimaszenarien Hundertstel °C betragen. Ähnlich wie im Fall der Parameter der Wasserqualität in Kap. 4.1. gibt es die relativ größten Einflüsse bei der Kombination KKW Temelín + 2x1600 MW_e, da 2x1600 MW_e den größten Abwasserumfang ableitet. Auf dem Niveau des Jahres 2025 liegen die Werte der Temperaturerhöhung für KKW Temelín + neue KKA im Wertebereich von 11,43–11,45 °C. Für das Niveau des Jahres 2085 wurden für die erwogenen Alternativen der neuen KKA und die Klimaszenarien erhöhte Temperaturen im Wertebereich von 11,36–11,39 °C ermittelt, d.h. eine Erhöhung um 0,06–0,09 °C. Die Ergebnistemperatur ist somit weitaus niedriger als der Immissionsstandard gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, von 14 °C bzw. Methodischer Weisung.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgeschlagene Erweiterung des KKW Temelín keine schwerwiegenden negativen Auswirkungen auf die Temperatur und Qualität des Wassers in der Moldau bzw. die Eutrophierung des Orlik-Stausees haben wird.

Die Einflüsse der Ablässe von Tritium und sonstigen AUSP wurden unter Verwendung der Bilanzen ihrer Aktivitäten gemäß den Projektunterlagen bewertet.

Für die einzelnen Alternativen der neuen KKA in der Summe mit dem KKW Temelín wurden die Volumenaktivitäten von Tritium im Profil Moldau-Kořensko unterhalb der Abwassereinleitung ermittelt. Für alle erwogenen alternativen Klimaszenarien und für die Grenzwerte der jährlichen Tritiumableitungen lagen die prognostizierten Volumenaktivitäten von Tritium auf dem Niveau des Jahres 2020 im Wertebereich 70–157 Bq.l⁻¹, einschließlich des Hintergrunds. Auf dem Niveau des Jahres 2025 wurde für die neue KKA und das KKW Temelín ein ähnlicher Wertebereich ermittelt, und zwar 64–143 Bq.l⁻¹, einschließlich des Hintergrunds. Für die Wasserdurchflüsse im Profil Moldau-Kořensko auf dem Niveau des Jahres 2085 wurde ein Wertebereich der Volumenaktivitäten von Tritium für die neue KKA von 78–126 Bq.l⁻¹, ebenfalls einschließlich des Hintergrunds von 0,8 Bq.l⁻¹, prognostiziert. Die prognostizierten Werte der Volumenaktivität von Tritium sind wesentlich niedriger als der abgeleitete Immissionsstandard von 700 Bq.l⁻¹. Die tritiumhaltigen Abwässer aus der neuen KKA 2x1700 MW_e, 2x1600 MW_e und 2x1200 MW_e im Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín bewirken jedoch die Überschreitung des Richtwerts 100 Bq.l⁻¹ für Tritium gemäß der Verordnung der Staatlichen Atomsicherheitsbehörde Nr. 307/2002 GBl., in der geltenden Fassung [53] (dabei handelt es sich jedoch um einen Richtwert für Tritium im Trinkwasser). In Hinblick auf die Volumenaktivität von Tritium würde die geringste Erhöhung bei der Erweiterungsalternative KKW Temelín + 2x1200 MW_e (2x3200 MW_t) eintreten.

Im Falle sonstiger AUSP führen die einzelnen Alternativen der neuen KKA im Parallelbetrieb mit dem KKW Temelín zu resultierenden Volumenaktivitäten, ausgedrückt durch Caesium-137, auf dem Niveau des Jahres 2020 im Wertebereich von 0,012–0,018 Bq.l⁻¹, einschließlich des Hintergrunds. Auf dem Niveau des Jahres 2025 sind es Volumenaktivitäten im Wertebereich von 0,012–0,016 Bq.l⁻¹. Auf dem Niveau des Jahres 2085 lägen die Volumenaktivitäten sonstiger AUSP unterhalb der Einleitung der Abwässer der neuen KKA im Wertebereich von 0,010–0,020 Bq.l⁻¹. Die Unterschiede des Beitrages von AUSP zwischen den einzelnen Alternativen der neuen KKA sind sehr gering. Der Wertebereich entspricht der Beeinflussung der Wasserdurchflüsse für einzelne Szenarien bzw. Klimaveränderungen. Die prognostizierten Werte der Volumenaktivität sonstiger AUSP, bzw. von Caesium-137, sind wesentlich geringer als der abgeleitete Immissionsstandard von 0,1 Bq.l⁻¹ (genauso wie im Fall von Tritium).

Obwohl die Wasserqualität der Moldau in den Profilen Hněvkovice und Kořensko derzeit in allen betrachteten Qualitätsparametern den Anforderungen der Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, genügt, ist bei einigen Parametern in naher Zukunft mit ihrer Verbesserung zu rechnen. Diese Verbesserung lässt sich in drei Schritten gewährleisten.

Der erste (bereits laufende) Schritt ist die Erfüllung der Emissionsstandards C_{emis} der Regierungsverordnung Nr. 229/2007 GBl. bei allen (erfassten) punktuellen Verschmutzungsquellen. Gegenwärtig befinden sich im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb des Profils Hněvkovice 141 in der Gesamtwasserbilanz erfasste Verschmutzungsquellen und im Quellgebiet der Lužnice oberhalb des Zusammenflusses mit der Moldau 143 erfasste Verschmutzungsquellen.

Der zweite Schritt auf dem Weg zur Verringerung der Belastung des Einzugsgebiets durch abgeleitete Verunreinigung besteht in der Erfüllung der Emissionsgrenzwerte, die für die Wassernutzer ab 01.01.2010 durch die Wasserrechtsbehörden in sog. kombinierter Verfahrensweise festgelegt werden, d.h. diese Emissionsgrenzwerte müssen nicht nur die Erfüllung der Emissionsstandards der Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung, sicherstellen, sondern auch die Immissionsstandards dieser Verordnung in allen 47 Wasserkörpern an der Moldau oberhalb von Hněvkovice und in 56 Wasserkörpern an der Lužnice.

Erfüllt werden müssen nicht nur die allgemeinen Immissionsstandards wie die Werte c_{90} , bzw. gemäß Methodischer Weisung als Durchschnittswerte angeführt, sondern auch die strengeren Immissionsstandards mit Bezug auf die einzelnen Wassernutzungen, d.h. zur Trinkwassergewinnung, zum Baden und zur Erhaltung des Lebens von Fischen (Karpfenfischen und lachsartige Fische).

Die Standorte mit gefordertem Gewässerschutz für wasserwirtschaftliche Zwecke sind vorgegeben durch die Verordnung des Umweltministeriums Nr. 137/1999 GBl. zur Festlegung des Verzeichnisses der Wasserspeicher und der Grundsätze für die Festlegung und Änderungen der Schutzstreifen von Wasserquellen sowie die Verordnung des Landwirtschaftsministeriums Nr. 267/2005 GBl. zur Änderung der Verordnung des Landwirtschaftsministeriums Nr. 470/2001 GBl. zur Festlegung des Verzeichnisses bedeutender Wasserläufe und der Verfahrensweise der Durchführung von Tätigkeiten in Verbindung mit der Verwaltung von Wasserläufen, in der Fassung der Verordnung Nr. 333/2003 GBl.

Standorte mit gefordertem Gewässerschutz zum Baden sind vorgegeben durch die Verordnung Nr. 159/2003 GBl. zur Festlegung von durch Personen zum Baden genutzten Oberflächengewässern.

Abschnitte von Wasserläufen mit gefordertem Gewässerschutz für das Leben von Karpfenfischen und lachsartigen Fischen sind vorgegeben durch die Regierungsverordnung Nr. 71/2003 GBl. über die Festlegung geeigneter Oberflächengewässer für das Leben und die Reproduktion ursprünglicher Arten von Fischen und weiterer Lebewesen und über die Feststellung und Bewertung des Qualitätszustandes dieser Gewässer.

Der dritte (und schwerste) Schritt auf dem Weg zur Verringerung der Belastung des Einzugsgebiets durch Verunreinigung besteht in der Lösung flächendeckender und diffuser Verschmutzungsquellen im Einzugsgebiet. Eine Lösung bieten z. B. die bei VRV Prag erstellten sog. Katalogblätter.

8. Literatura

- [1] HANSLÍK, E.: Studie pro zjišťovací řízení EIA. Posouzení vlivu JE Temelín (JETE) na povrchové vody – 1. etapa [Studie für das EIA-Feststellungsverfahren. Beurteilung des Einflusses des KKW Temelín auf Oberflächengewässer – 1. Etappe]. Bericht des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk. Prag, September 2006
- [2] HANSLÍK, E.: Studie pro zjišťovací řízení EIA. Posouzení vlivu JE Temelín (JETE) na povrchové vody – 2. etapa [Studie für das EIA-Feststellungsverfahren. Beurteilung des Einflusses des KKW Temelín auf Oberflächengewässer – 2. Etappe]. Bericht des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk. Prag, Oktober 2006
- [3] VYSKOČ, P., KAŠPÁREK, L.: Studie možností zajištění odběrů vody z VD Hněvkovice pro výhledové rozšíření ETE [Studie zu Möglichkeiten der Gewährleistung von Wasserentnahmen aus der Stauanlage Hněvkovice für die perspektivische Erweiterung des KKW Temelín]. Bericht des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk, 2009
- [4] Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl. über Parameter und Werte der zulässigen Verunreinigung von Oberflächengewässern und Abwässern, Erfordernisse der Genehmigung zur Ableitung von Abwässern in Oberflächengewässer und in Kanalisationen und über sensible Bereiche, in der Fassung der Regierungsverordnung Nr. 229/2007 GBl.
- [5] Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirk Südböhmen, Referat für Umwelt, Land- und Forstwirtschaft, Gz. KUJCK 18 378/20/2005 OZZL Ža vom 22.01.2007, zur Änderung der Entscheidung Gz. Vod 6804/93/Si vom 15.09.1993, ergänzt im Parameter ungelöste Stoffe durch die Entscheidung Gz. KUJCK 10012/2004 OZZL Ža vom 04.05.2004
- [6] HANSLÍK, E. und Koll.: Výzkum vlivu jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru [Erforschung des Einflusses des Kernkraftwerks Temelín auf die Hydrosphäre]. Bericht des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk. Prag, 1995
- [7] HANSLÍK, E. und Koll.: Výzkum vlivu jaderně-energetických zařízení na životní prostředí [Erforschung des Einflusses von Kernenergieanlagen auf die Umwelt]. Bericht des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk. Prag, 1998
- [8] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2002
- [9] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2003
- [10] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2004
- [11] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí

[Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2005

[12] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2006

[13] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2007

[14] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2008

[15] HANSLÍK, E. und Koll.: Sledování a hodnocení jakosti povrchových a podzemních vod a jejich změn v souvislosti s vlivem výstavby a provozu jaderné elektrárny Temelín na její okolí [Beobachtung und Bewertung der Qualität von Oberflächengewässern und Grundwässern und ihrer Veränderungen in Verbindung mit dem Einfluss der Errichtung und des Betriebs des Kernkraftwerks Temelín auf seine Umgebung]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 2009

[16] Norm ČSN ISO 9698 (75 7635) Wasserqualität – Bestimmung der Volumenaktivität von Tritium – Flüssigkeitsszintillationsmessung. Tschechisches Normierungsinstitut, 1996

[17] Norm ČSN ISO 10703 (75 7630) Wasserqualität – Bestimmung der Volumenaktivität von Radionukliden durch Spektrometrie der Gammastrahlung mit hoher Auflösung. Tschechisches Normierungsinstitut, 1999

[18] Norm ČSN 75 7612 Wasserqualität – Bestimmung des Gesamtwerts der Volumenaktivität Beta. Tschechisches Normierungsinstitut, 2004

[19] MYNÁŘ, P.: Program sledování a hodnocení vlivů jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí [Programm zur Beobachtung und Bewertung der Einflüsse des Kernkraftwerks Temelín auf die Umwelt]. INVESTprojekt, spol. s r.o. Brno, 1999

[20] HANSLÍK, E. und Koll.: Výzkum vlivu jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru a další složky životního prostředí [Erforschung des Einflusses des Kernkraftwerks Temelín auf die Hydrosphäre und weitere Umweltkomponenten]. Bericht des Wasserwirtschaftlichen Forschungsinstituts T. G. Masaryk. Prag, 1992

[21] HANSLÍK, E. und Koll.: Výzkum vlivu jaderně-energetických zařízení na životní prostředí [Erforschung des Einflusses von Kernenergieanlagen auf die Umwelt]. Výzkum pro praxi, Heft 26, Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 1994

-
- [22] HANSLÍK, E.: Výzkum vlivu jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru [Erforschung des Einflusses des Kernkraftwerks Temelín auf die Hydrosphäre]. Výzkum pro praxi, Heft 34, Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk. Prag, 1996
- [23] HANSLÍK, E., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., IVANOVOVÁ, D., KALINOVÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B., ŠIMONEK, P.: Observed half-lives of ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in hydrosphere in the Vltava River basin (Bohemia). Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 81, 2005, p. 307-320
- [24] HANSLÍK, E., IVANOVOVÁ, D., JURANOVÁ E., ŠIMONEK P.: Impact of nuclear power plant waste water on tritium concentration in the Vltava and Elbe Rivers. In: Sborník prací VÚV T.G.M., 2006
- [25] HANSLÍK, E., IVANOVOVÁ, D., JURANOVÁ E., ŠIMONEK P., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V.: Monitoring and assessment of radionuclide discharges from Temelín Nuclear Power Plant into the Vltava River (Czech Republic). Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 100, 2009, p. 131-138
- [26] HANSLÍK, E., BUDSKÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B., ŠIMONEK, P.: Trendy změn obsahu radionuklidů v hydrosféře v okolí jaderné elektrárny Temelín [Veränderungstrends beim Gehalt an Radionukliden in der Hydrosphäre in der Umgebung des Kernkraftwerks Temelín]. In: XVI. Konferenz Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Wasserwirtschaft. Tschechische wissenschaftlich-technische wasserwirtschaftliche Gesellschaft Prag, České Budějovice, 1999, S. 32-39
- [27] HANSLÍK, E., BRTVOVÁ, M., BUDSKÁ, E., IVANOVOVÁ, D., KALINOVÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B., SVOBODOVÁ, J., ŠIMONEK, P., VANĚČEK, I., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., TOMÁŠKOVÁ, H.: Vývoj referenční úrovně radioaktivních látek v hydrosféře a vliv JE Temelín [Entwicklung des Referenzniveaus radioaktiver Stoffe in der Hydrosphäre und Einfluss des KKW Temelín]. In: Sammelband zur XVIII. Konferenz Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Wasserwirtschaft, Tschechische wissenschaftlich-technische wasserwirtschaftliche Gesellschaft, České Budějovice, 2004, S. 6-23
- [28] HANSLÍK, E., IVANOVOVÁ, D., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P.: Vliv JE Temelín na obsah tritia v hydrosféře, prognóza a skutečnost [Einfluss des KKW Temelín auf den Tritiumgehalt in der Hydrosphäre, Prognose und Ist-Stand]. In: Sammelband zur XIX. Konferenz Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Wasserwirtschaft. České Budějovice, 2006, S. 21-30
- [29] HANSLÍK, E., IVANOVOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M., VANĚČEK, I.: Vývoj vlivu JE Temelín na hydrosféru do roku 2007 [Entwicklung des Einflusses des KKW Temelín auf die Hydrosphäre bis zum Jahr 2007]. In: Sammelband zur XX. Konferenz Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Wasserwirtschaft. České Budějovice, 2008, S. 11-24
- [30] FECHTNEROVÁ, M.: Zpráva o životním prostředí za rok 2000 [Umweltbericht für das Jahr 2000]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2001
- [31] FECHTNEROVÁ, M.: Zpráva o životním prostředí za rok 2001 [Umweltbericht für das Jahr 2001]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2002
- [32] FECHTNEROVÁ, M.: Zpráva o životním prostředí za rok 2002 [Umweltbericht für das Jahr 2002]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2003
- [33] FECHTNEROVÁ, M.: Zpráva o životním prostředí za rok 2003 [Umweltbericht für das Jahr 2003]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2004
- [34] FECHTNEROVÁ, M.: Zpráva o životním prostředí za rok 2004 [Umweltbericht für das Jahr 2004]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2005
-

-
- [35] FECHTNEROVÁ, M.: Zpráva o životním prostředí za rok 2005 [Umweltbericht für das Jahr 2005]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2006
- [36] LYSÁČEK, F. und Koll.: Zpráva o životním prostředí za rok 2006 [Umweltbericht für das Jahr 2006]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2007
- [37] LYSÁČEK, F. und Koll.: Zpráva o životním prostředí za rok 2007 [Umweltbericht für das Jahr 2007]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2008
- [38] LYSÁČEK, F. und Koll.: Zpráva o životním prostředí za rok 2008 [Umweltbericht für das Jahr 2008]. ČEZ, a.s. Kernkraftwerk Temelín, 2009
- [39] PŘIBÁŇ, V.: Analýza vlivu přídavných chemických látek na koncentraci složek v odpadní vodě jaderné elektrárny Temelín [Analyse des Einflusses chemischer Zusatzstoffe auf die Konzentration der Komponenten im Abwasser des Kernkraftwerks Temelín]. Liberec, 2009
- [40] METHODISCHE WEISUNG des Referats Wasserschutz des Umweltministeriums zur Regierungsverordnung Nr. 229/2007 GBl. zur Änderung der Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl. über Parameter und Werte der zulässigen Verunreinigung von Oberflächengewässern und Abwässern, Erfordernisse der Genehmigung zur Ableitung von Abwässern in Oberflächengewässer und in Kanalisationen und über sensible Bereiche. Prag, 2007
- [41] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2001. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2002
- [42] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2002. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2003
- [43] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2003. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2004
- [44] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2004. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2005
- [45] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2005. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2006
- [46] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2006. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2007
- [47] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2007. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2008
- [48] Autorenkollektiv: Monitoring der Oberflächengewässer für das Jahr 2008. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (ČHMÚ), 2009
- [49] IVANOVOVÁ, D., HANSLÍK, E.: Vývoj koncentrace tritia v povodí řeky Vltavy [Entwicklung der Tritiumkonzentration im Einzugsgebiet der Moldau]. Jaderná bezpečnost, 2009 (in Druck)
- [50] KUBĚNA, J., BLÁHA, J., HANSLÍK, E., KLUGANOSTOVÁ, M.: Přehled sledování JE Temelín v rámci kompetencí ČIŽP za roky 2006 a 2007 [Übersicht zur Überwachung des KKW Temelín im Rahmen der Kompetenzen der Tschechischen Umweltinspektion für die Jahre 2006 und 2007]. In: Sammelband zur XX. Konferenz Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Wasserwirtschaft. České Budějovice, 2008, S. 37-43
- [51] IVANOVOVÁ, D., HANSLÍK, E., MATZNER, J.: Možnosti kontroly kapalných výpustí z jaderné elektrárny Temelín [Möglichkeiten der Kontrolle flüssiger Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Temelín]. In: Sammelband zur XX. Konferenz Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Wasserwirtschaft. České Budějovice, 2008, S. 71-82

-
- [52] HEJZLAR, J., POLÍVKA, J.: Vliv elektrárny Temelín na nádrž Orlik: situace v letech 2000 – 2008 a prognóza vlivu při rozšíření elektrárny a budoucí změně klimatu [Einfluss des Kraftwerks Temelín auf den Orlik-Stausee: Situation in den Jahren 2000–2008 und Prognose des Einflusses bei Erweiterung des Kraftwerks und künftiger Klimaänderung]. Studie des Biologischen Zentrums der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, Hydrobiologisches Institut, České Budějovice, 2009
- [53] Verordnung des Staatlichen Atomsicherheitsbehörde Nr. 307/2002 GBl. über den Strahlenschutz, in der Fassung der Verordnung der Staatlichen Atomsicherheitsbehörde Nr. 499/2005 GBl.
- [54] NESMĚRÁK, I.: Analýza možností zlepšení jakosti vody v profilu odběru technologických vod ETE Vltava Hněvkovice, resp. v povodí Vltavy nad tímto profilem a v povodí řeky Lužnice k časovému horizontu 2020 [Analyse der Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserqualität im Profil der Entnahme von technologischem Wasser des KKW Temelín Moldau-Hněvkovice bzw. im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb dieses Profils und im Einzugsgebiet des Flusses Lužnice im Zeithorizont 2020]. Prag, 2009
- [55] Gemeinsame Stellungnahme der Europäischen Union, Konferenz über den Beitritt zur Europäischen Union – Tschechische Republik, Brüssel 30. Mai 2001, Dokument 20353 CONF-CZ 28/01
- [56] NESMĚRÁK, I.: Stanovení emisních limitů kombinovaným způsobem [Festlegung von Emissionsgrenzwerten in kombinierter Verfahrensweise]. In: Vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizací, Sammelband vom Seminar der Tschechischen wissenschaftlich-technischen Gesellschaft (ČVTS) Prag, 2007, S. 21-33
- [57] NESMĚRÁK, I.: Stanovení emisních limitů kombinovaným způsobem [Festlegung von Emissionsgrenzwerten in kombinierter Verfahrensweise]. In: Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod, Sammelband vom Seminar der VHOS Moravská Třebová 2008, S. 18-32
- [58] Verordnung des Umweltministeriums Nr. 137/1999 GBl. zur Festlegung des Verzeichnisses der Wasserspeicher und der Grundsätze für die Festlegung und Änderungen der Schutzstreifen von Wasserquellen, Gesetzessammlung Teil 49/1999
- [59] Verordnung des Landwirtschaftsministeriums Nr. 267/2005 GBl. zur Änderung der Verordnung des Landwirtschaftsministeriums Nr. 470/2001 GBl. zur Festlegung des Verzeichnisses bedeutender Wasserläufe und der Verfahrensweise der Durchführung von Tätigkeiten in Verbindung mit der Verwaltung von Wasserläufen, in der Fassung der Verordnung Nr. 333/2003 GBl., Gesetzessammlung Teil 97/2005
- [60] Verordnung Nr. 159/2003 GBl. zur Festlegung von durch Personen zum Baden genutzten Oberflächengewässern, Gesetzessammlung Teil 60/2003
- [61] Regierungsverordnung Nr. 71/2003 GBl. über die Festlegung geeigneter Oberflächengewässer für das Leben und die Reproduktion ursprünglicher Arten von Fischen und weiterer Wasserlebewesen und über die Feststellung und Bewertung des Qualitätszustandes dieser Gewässer, Gesetzessammlung Teil 28/2003
- [62] NESMĚRÁK, I.: Odhad příčinku plošných a difúzních zdrojů znečištění [Schätzung des Beitrages flächendeckender und diffuser Verschmutzungsquellen]. Vodní hospodářství 53, 10, Anlage VTEI 45, 3, 2003, S. 8-10
- [63] NESMĚRÁK, I.: Tři metody globálního odhadu velikosti plošných a difúzních zdrojů znečištění a jejího příčinku do zájmového profilu [Drei Methoden der globalen Schätzung der Größe flächendeckender und diffuser Verschmutzungsquellen und ihres Beitrags zum Interessenprofil]. Vodní hospodářství 57, 3, 2007, S. 69-72

-
- [64] NESMĚRÁK, I.: Některé technické postupy pro aplikaci modelu MIKE BASIN [Einige technische Verfahrensweisen für die Anwendung des Modells MIKE BASIN]. Zusammenfassender Bericht, Prag, 2009
- [65] CIHLÁŘ, J.: Katalog opatření [Maßnahmenkatalog]. D. Katalogové listy, VRV Prag, 2005
- [66] BLAYLOCK, B. G., FRANK, M. L.: Distribution of tritium in a chronically contaminated lake. IAEA, Behaviour of tritium in the environment proceedings of a Symposium San Francisco, 16-20, October 1978 jointly organized by the IAEA and NEA (OECD), Vienna, 1979, 247-257
- [67] BLAYLOCK, B. G.: Chromosome aberrations in Chironomus riparius developing in different concentrations of tritiated water. Radionuclides in Ecosystems (Proc. Third Natl. Syp. Radioecology), Nelson, D. J. ed., CONF-710501, USA EC, Techn. Inform. Center, OAK RIDGE, Tenn. (1973), 1169
- [68] BLAYLOCK, B. G., ULRIKSON, G. V., ROHWER, P., ALLEN, C. D., GROFFTH, N. A.: Embryonic development of Cyprinus carpio eggs as biological tests, Annual Progress Report for Period ending July 31, 1970, Oak Ridge National Laboratory Rep. No. ORNL.-4634 (1970), 9
- [69] STRAND, J. A., FUJIHARA, M. P., TEMPLETON, W. L., TANGEN, F. G.: Suppression of Chondrococcus columnaris immune response in rainbow trout sub-lethally exposed to tritiated water during embryogenesis. Radioactive contamination of the marine environment (Proc. Symp. Seattle, 1972), IAEA, Vienna (1973), 543
- [70] KIRCHMANN, R., BONOTTO, S.: Transfer and incorporation of tritium in aquatic organisms. IAEA, Behaviour of Symposium San Francisco, 16-20, October 1978 jointly organized by the IAEA and NEA (OECD), Vienna, 1979
- [71] CUMMING, R. B., RUSSEL, W. L., SEGA, G. A.: Tritium-induced specific – locus mutation rate in germ cells of the male mouse. Radiation Res., 1260, 2, 1974, 5411-5414
- [72] GRAČEVA, L. M., KOROLEV, V. G.: Genetičeskije efekty rospada radionuklidov v kletkach, Moskva, Atomizdat, 1977, 38-39
- [73] BLAYLOCK, B. G., WITHERSPOON, J. P.: Dose estimation and prediction of radiation effects on aquatic biota resulting from radioactive releases from the nuclear fuel cycle, IAEA-SM-198/35, Vienna, 1975, 377-393
- [74] JUSTŇ, J.: Působení tritia na vodní organismy [Wirkung von Tritium auf Wasserorganismen]. Vodní hospodářství, 4, 1982
- [75] HANSLÍK, E., IVANOVOVÁ, D.: Obsah radioaktivních látek ve vodní nádrži Orlík a jejich přítocích po zahájení provozu JE Temelín – IV. Etapa [Gehalt an radioaktiven Stoffen im Orlík-Stausee und seinen Zuflüssen nach Inbetriebnahme des KKW Temelín – IV. Etappe]. Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk, 2007
- [76] ŠEBESTÍKOVÁ, Š.: Vliv odpadních vod z jaderné elektrárny Temelín na obsah tritia ve Vltavě [Einfluss der Abwässer aus dem Kernkraftwerk Temelín auf den Tritiumgehalt in der Moldau]. Magisterarbeit, Naturwissenschaftliche Fakultät der Karlsuniversität, Umweltinstitut, 2007
- [77] POLIKARPOV, G. G., GAMEZO, N. V.: O radiočuvstvitelnosti ikry morskogo karasa. Hidrobiol. Ž., 2(5). 1966, 66-70
- [78] MAŠNĚVA, N. I., KUPRIJANOVA, K., M., TICHONOVA, A. J., RADIONOVA, L. F., SUKALSKA, A. L. J., ZASEDATĚLEV, A. A.: Biologičeskije nasledstvija radiaktivnogo zognženija vodojemov. Energomizdat, 1983

-
- [79] BROWN, V. M.: The accumulation of Strontium 90 and yttrium 90 from a continuously flowing natural water by eggs and alevins of the atlantic Salmon and sea trout. UKAEA Rep. No. P.6, 288, 1962
- [80] BROWN, V. M., TEMPLETON, W. L.: Resistance of fish embryos to chronic irradiation. Nature, 203, 1964
- [81] JUSTÝN, J., TROUSIL, J., SINGER, J.: Výzkum biologických následků kontaminace povrchových vod radioaktivními odpady z československých jaderně energetických zařízení [Erforschung der biologischen Folgen der Kontamination von Oberflächengewässern mit radioaktiven Abfällen aus tschechoslowakischen Kernenergieanlagen]. Vodní hospodářství, 3, 1987
- [82] IAEA: Technical reports series No. 190, Methodology for assessing impacts of radioactivity on aquatic ecosystems, 1979
- [83] VAN DER STRICHT, E., KIRCHMANN, R.: Radioecology. International Union of Radioecology, Belgium, 2001
- [84] JUSTÝN, J. und Koll.: Výzkum hlavních procesů a faktorů ovlivňujících kvalitu vody, dnových sedimentů a vodní společenstva se zvláštním zaměřením na změnu kvality v nádrži Orlik v důsledku vypouštění odpadních vod z JE Temelín [Erforschung der Hauptprozesse und Faktoren mit Einfluss auf die Qualität des Wassers, der Sohlensedimente und Wassergemeinschaften mit besonderer Ausrichtung auf die Qualitätsveränderung im Orlik-Stausee infolge der Ableitung von Abwässern aus dem KKW Temelín]. Abschlussbericht des Wasserwirtschaftliches Forschungsinstitut T. G. Masaryk, 1992
- [85] JUSTÝN, J., ŠVADLENKOVÁ, M.: Kontaminace povrchových vod ¹³¹I a vodní organismy [Kontaminierung von Oberflächengewässern durch ¹³¹I und Wasserorganismen]. Vodní hospodářství, 2, 1990
- [86] JUSTÝN, J.: Vodní radioekologie [Radioökologie des Wassers]. Rybářství, 4, 2003
- [87] NCRP: Effects of ionizing radiation on aquatic organisms. Rep. Nr. 109, 1991
- [88] SMITH, J., BERESFORD, N. A.: Chernobyl catastrophe and consequences. Praxis Publishing Ltd., Chichester, UK, 2005

Tab. 1

Durchschnittskonzentrationen $c_{\text{durch.}}$ und c_{90} ausgewählter Qualitätsparameter in den Profilen Moldau-Hněvkovice unterhalb des Stauwerks, Moldau-Kořensko LU und RU und Durchschnittswert im Profil Moldau-Kořensko sowie Immissionsstandards $c_{\text{durch.}}$ und c_{90} gemäß Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [4], für den Zeitraum 2004–2008

Parameter	RL	NL	Konduktivität	pH	SO ₄	Cl	O ₂	NEL	MBAS ¹⁾	Temperatur	N-NH ₄	N-NO ₃	CSB _{Mn}	CSB _{Cr}	BSB ₅	K	Na	PO ₄	RAS	Ca	Mg	P _{ges.}
	mg.l ⁻¹				mS.m ⁻¹	mg.l ⁻¹						°C	mg.l ⁻¹									
Moldau-Hněvkovice unterhalb des Stauwerks																						
$c_{\text{durch.}}$	110	8,7	16,0	7,4	21,4	9,5	9,4	0,06	0,06	11,4	0,19	1,3	6,9	18,4	2,2	3,0	9,3	0,07	66	16,1	4,1	0,08
c_{90}	148	13,0	19,8	7,6	29,3	12,0	5,1	0,07	0,05	21,0	0,31	2,3	8,5	27,0	3,9	4,2	12,2	0,12	92	23,6	5,8	0,12
Moldau-Kořensko LU																						
$c_{\text{durch.}}$	137	13,5	20,1	7,6	25,1	14,1	-	0,05	0,05	11,3	0,16	1,6	8,1	25,2	3,4	3,6	11,8	0,08	81	19,5	5,0	0,12
c_{90}	166	25	24,3	9,0	29,5	19,4	-	0,06	0,05	21,7	0,33	3,1	11,0	36	5,2	4,9	15,4	0,16	104	27,7	6,6	0,19
Moldau-Kořensko RU																						
$c_{\text{durch.}}$	136	13,2	20,0	7,6	25,1	14,1	-	0,05	0,05	-	0,15	1,6	8,2	24,4	3,5	3,7	11,7	0,1	82	19,1	4,8	0,12
c_{90}	162	23	24,2	9,1	30,6	19,1	-	0,07	0,05	-	0,33	2,9	11,0	37	5,6	5,5	14,9	0,16	110	30	7	0,19
Moldau-Kořensko Durchschnitt																						
$c_{\text{durch.}}$	136	13,3	20,0	7,6	25,1	14,1	-	0,05	0,05	-	0,15	1,6	8,2	24,8	3,5	3,7	11,8	0,09	81,4	19,3	4,9	0,12
c_{90}	164	24	24,3	9,0	30,1	19,3	-	0,07	0,05	-	0,33	3,0	11,0	36,5	5,4	5,2	15,2	0,16	107	28,9	6,8	0,19
Regierungsverordnung Nr. 61/2003 GBl., in der geltenden Fassung [1]																						
$c_{\text{durch.}}$	750	20,0	-	6-8	200	150	< 9	-	0,3	14	0,23	4,5	-	25	3,8	-	-	-	-	190	120	0,15
c_{90}	1000	30,0	-	6-8	300	250	> 6	-	0,6	25	0,5	7	-	35	6	-	-	-	-	250	150	0,20

¹⁾anionische Tenside

Die Parameter im gelben Feld sind enthalten in der Stellungnahme des Bezirksamtes – Bezirks Südböhmen [5]

Tab. 5

Prognose des Einflusses der Ableitung von Abwässern aus der neuen KKA und in der Summe mit dem KKW Temelín auf die Wasserqualität im Profil Moldau-Kořensko unter Berücksichtigung der beeinflussten Durchflüsse

Qualitätsparameter					BSB-5	CSB-Mn	CSB-Cr	SO4	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg.	P-PO4	Pc	NL	NEL	anion. Tens.	RAS	KKW Temelín, neue KKA	Moldau
					mg l-1															l s-1
Kořensko c1 Durchschnitt 2004-08					3,47	8,16	24,80	25,10	0,15	-	1,60	1,75	0,03	0,12	13,35	0,05	0,05	81,35	q1	q2
AW KKW Temelín c1 Durchschnitt 2004-08					2,53	17,36	54,53	125,02	0,09	0,05	8,88	9,02	0,19	0,32	17,00	0,07	0,05	370,67		
abgeleiteter Durchschnittsstandard					3,80	-	25,00	200,00	0,23	-	4,50	-	-	0,15	20,00	-	0,30	-		
c	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	3,46	8,21	24,97	25,68	0,15		1,64	1,79	0,03	0,12	13,37	0,05	0,05	83,03	296,23	50824
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	3,46	8,21	24,97	25,68	0,15		1,64	1,79	0,03	0,12	13,37	0,05	0,05	83,02	296,23	51021
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	3,46	8,21	24,97	25,68	0,15		1,64	1,79	0,03	0,12	13,37	0,05	0,05	83,02	296,23	51021
Δ	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	-0,005	0,053	0,172	0,579	0,000		0,042	0,042	0,001	0,001	0,021	0,000	0,000	1,677		
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	-0,005	0,053	0,172	0,577	0,000		0,042	0,042	0,001	0,001	0,021	0,000	0,000	1,670		
	2x1000 MWe	2000 MWe	P	2007	-0,005	0,053	0,172	0,577	0,000		0,042	0,042	0,001	0,001	0,021	0,000	0,000	1,670		
c	2x1000 MWe	2000 MWe	A	2020	3,46	8,23	25,02	25,85	0,15		1,65	1,80	0,03	0,12	13,38	0,05	0,05	83,53	296,23	39046
	2x1000+2x12	4400 MWe	A	2020	3,45	8,31	25,29	26,75	0,15		1,72	1,87	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	86,13	632,73	37654
	2x1000+2x12	4400 MWe	0	2020	3,45	8,30	25,26	26,64	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,80	632,73	40513
	2x1000+2x16	5200 MWe	A	2020	3,45	8,35	25,41	27,15	0,15		1,75	1,90	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	87,28	775,66	37077
	2x1000+2x16	5200 MWe	0	2020	3,45	8,34	25,37	27,01	0,15		1,74	1,89	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	86,87	775,66	39884
	2x1000+2x17	5400 MWe	A	2020	3,45	8,35	25,40	27,12	0,15		1,75	1,90	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	87,20	767,73	37226
	2x1000+2x17	5400 MWe	A	2020	3,45	8,35	25,40	27,13	0,15		1,75	1,90	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	87,21	767,73	37111
	2x1000+2x17	5400 MWe	0	2020	3,45	8,33	25,36	26,98	0,15		1,74	1,89	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	86,79	767,73	40030
	2x1000+2x17	5400 MWe	B	2020	3,45	8,32	25,32	26,84	0,15		1,73	1,88	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	86,38	767,73	43418
Δ	2x1000+2x17	5400 MWe	C	2020	3,45	8,30	25,26	26,64	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,81	767,73	49078
	2x1000 MWe	2000 MWe	A	2020	-0,007	0,069	0,224	0,752	0,000		0,055	0,055	0,001	0,002	0,027	0,000	0,000	2,178		
	2x1000+2x12	4400 MWe	A	2020	-0,015	0,152	0,491	1,651	-0,001		0,120	0,120	0,003	0,003	0,060	0,000	0,000	4,781		
	2x1000+2x12	4400 MWe	0	2020	-0,014	0,141	0,457	1,537	-0,001		0,112	0,112	0,002	0,003	0,056	0,000	0,000	4,449		
	2x1000+2x16	5200 MWe	A	2020	-0,019	0,189	0,609	2,048	-0,001		0,149	0,149	0,003	0,004	0,075	0,000	0,000	5,929		
	2x1000+2x16	5200 MWe	0	2020	-0,018	0,176	0,567	1,906	-0,001		0,139	0,139	0,003	0,004	0,070	0,000	0,000	5,519		
	2x1000+2x17	5400 MWe	A	2020	-0,019	0,186	0,601	2,019	-0,001		0,147	0,147	0,003	0,004	0,074	0,000	0,000	5,846		
	2x1000+2x17	5400 MWe	A	2020	-0,019	0,186	0,603	2,025	-0,001		0,148	0,147	0,003	0,004	0,074	0,000	0,000	5,864		
	2x1000+2x17	5400 MWe	0	2020	-0,018	0,173	0,559	1,880	-0,001		0,137	0,137	0,003	0,004	0,069	0,000	0,000	5,444		
2x1000+2x17	5400 MWe	B	2020	-0,016	0,160	0,517	1,736	-0,001		0,127	0,126	0,003	0,004	0,063	0,000	0,000	5,027			
2x1000+2x17	5400 MWe	C	2020	-0,014	0,142	0,458	1,539	-0,001		0,112	0,112	0,002	0,003	0,056	0,000	0,000	4,456			
c	2x1000+2x12	4400 MWe	-	2025	3,45	8,30	25,25	26,61	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,72	632,73	41255
	2x1000+2x12	4400 MWe	-	2025	3,45	8,31	25,27	26,68	0,15		1,72	1,87	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,93	661,75	41162
	2x1000+2x16	5200 MWe	-	2025	3,45	8,33	25,36	26,97	0,15		1,74	1,89	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	86,77	775,66	40630
	2x1000+2x17	5400 MWe	-	2025	3,45	8,33	25,35	26,95	0,15		1,73	1,88	0,03	0,12	13,42	0,05	0,05	86,71	767,73	40664
dC Δ	2x1000+2x12	4400 MWe	-	2025	-0,014	0,139	0,449	1,509	-0,001		0,110	0,110	0,002	0,003	0,055	0,000	0,000	4,370		
	2x1000+2x12	4400 MWe	-	2025	-0,015	0,146	0,470	1,581	-0,001		0,115	0,115	0,002	0,003	0,058	0,000	0,000	4,578		
	2x1000+2x16	5200 MWe	-	2025	-0,018	0,172	0,557	1,872	-0,001		0,136	0,136	0,003	0,004	0,068	0,000	0,000	5,420		
	2x1000+2x17	5400 MWe	-	2025	-0,017	0,170	0,551	1,852	-0,001		0,135	0,135	0,003	0,004	0,068	0,000	0,000	5,361		
c	2x1000+2x12	4400 MWe	D	2050	3,45	8,29	25,24	26,56	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,40	0,05	0,05	85,59	661,75	44525
	2x1000+2x16	5200 MWe	D	2050	3,45	8,32	25,32	26,83	0,15		1,73	1,88	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	86,36	775,66	43990
	2x1000+2x17	5400 MWe	D	2050	3,45	8,32	25,31	26,81	0,15		1,72	1,87	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	86,31	767,73	44024
Δ	2x1000+2x12	4400 MWe	D	2050	-0,014	0,135	0,435	1,463	-0,001		0,107	0,106	0,002	0,003	0,053	0,000	0,000	4,237		
	2x1000+2x16	5200 MWe	D	2050	-0,016	0,159	0,515	1,731	-0,001		0,126	0,126	0,003	0,004	0,063	0,000	0,000	5,013		
	2x1000+2x17	5400 MWe	D	2050	-0,016	0,158	0,510	1,713	-0,001		0,125	0,125	0,003	0,003	0,063	0,000	0,000	4,959		

c	2x1200 MWe	2400 MWe	A	2085	3,45	8,27	25,15	26,29	0,15		1,69	1,84	0,03	0,12	13,39	0,05	0,05	84,79	365,52	30417
	2x1200 MWe	2400 MWe	0	2085	3,46	8,25	25,10	26,10	0,15		1,67	1,82	0,03	0,12	13,39	0,05	0,05	84,26	365,52	35998
	2x1600 MWe	3200 MWe	A	2085	3,45	8,31	25,27	26,68	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,92	479,43	29889
	2x1600 MWe	3200 MWe	0	2085	3,45	8,28	25,20	26,43	0,15		1,70	1,85	0,03	0,12	13,40	0,05	0,05	85,21	479,43	35466
	2x1600 MWe	3200 MWe	B	2085	3,46	8,26	25,11	26,15	0,15		1,68	1,83	0,03	0,12	13,39	0,05	0,05	84,39	479,43	45217
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	3,45	8,30	25,26	26,64	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,82	471,50	30045
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	3,45	8,30	25,26	26,65	0,15		1,71	1,86	0,03	0,12	13,41	0,05	0,05	85,84	471,50	29923
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	3,45	8,28	25,19	26,41	0,15		1,70	1,84	0,03	0,12	13,40	0,05	0,05	85,13	471,50	35619
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	3,45	8,28	25,19	26,41	0,15		1,70	1,85	0,03	0,12	13,40	0,05	0,05	85,14	471,50	35500
	2x1700 MWe	3400 MWe	B	2085	3,46	8,25	25,11	26,13	0,15		1,67	1,82	0,03	0,12	13,39	0,05	0,05	84,33	471,50	45345
	2x1700 MWe	3400 MWe	C	2085	3,45	8,27	25,17	26,33	0,15		1,69	1,84	0,03	0,12	13,39	0,05	0,05	84,91	471,50	37804
	2x1700 MWe	3400 MWe	D	2085	3,45	8,27	25,17	26,33	0,15		1,69	1,84	0,03	0,12	13,39	0,05	0,05	84,90	471,50	37927
Δ	2x1200 MWe	2400 MWe	A	2085	-0,011	0,109	0,353	1,187	-0,001		0,086	0,086	0,002	0,002	0,043	0,000	0,000	3,435		
	2x1200 MWe	2400 MWe	0	2085	-0,009	0,092	0,299	1,004	-0,001		0,073	0,073	0,002	0,002	0,037	0,000	0,000	2,908		
	2x1600 MWe	3200 MWe	A	2085	-0,015	0,145	0,469	1,577	-0,001		0,115	0,115	0,002	0,003	0,058	0,000	0,000	4,567		
	2x1600 MWe	3200 MWe	0	2085	-0,012	0,123	0,397	1,333	-0,001		0,097	0,097	0,002	0,003	0,049	0,000	0,000	3,859		
	2x1600 MWe	3200 MWe	B	2085	-0,010	0,097	0,312	1,048	-0,001		0,076	0,076	0,002	0,002	0,038	0,000	0,000	3,035		
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	-0,014	0,142	0,459	1,544	-0,001		0,113	0,112	0,002	0,003	0,056	0,000	0,000	4,470		
	2x1700 MWe	3400 MWe	A	2085	-0,015	0,143	0,461	1,550	-0,001		0,113	0,113	0,002	0,003	0,057	0,000	0,000	4,488		
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	-0,012	0,120	0,388	1,305	-0,001		0,095	0,095	0,002	0,003	0,048	0,000	0,000	3,780		
	2x1700 MWe	3400 MWe	0	2085	-0,012	0,121	0,390	1,310	-0,001		0,095	0,095	0,002	0,003	0,048	0,000	0,000	3,792		
	2x1700 MWe	3400 MWe	B	2085	-0,010	0,095	0,306	1,028	-0,001		0,075	0,075	0,002	0,002	0,038	0,000	0,000	2,977		
	2x1700 MWe	3400 MWe	C	2085	-0,012	0,113	0,366	1,231	-0,001		0,090	0,090	0,002	0,002	0,045	0,000	0,000	3,564		
	2x1700 MWe	3400 MWe	D	2085	-0,012	0,113	0,365	1,227	-0,001		0,089	0,089	0,002	0,002	0,045	0,000	0,000	3,553		