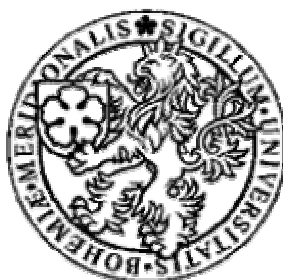


JIHOČESKÁ UNIVERZITA
FAKULTA PEDAGOGICKÁ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH



Obor: biologie-chemie
Katedra: chemie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Sledování aktivity tritia v toku Vltavy s ohledem na odpadní vody

Jaderné elektrárny Temelín

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Jaroslav Švehla, CSc.

Autor:
Petr Škopek

Konzultant diplomové práce
RNDr. Ing. Richard Tykva, DrSc.

2007

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a s použitím uvedené literatury a internetových zdrojů.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě v databázi STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Petr Škopek

Ve Vacově 26. dubna 2007

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jaroslavu Švehlovi, CSc. a konzultantovi diplomové práce RNDr. Ing. Richardu Tykvovi, DrSc. za vedení a odbornou pomoc poskytnutou při zpracování této práce.

Dále děkuji RNDr. Janu Kaštovskému, Ph.D za určení druhového složení odebraného bentosu, paní Hedvice Štolcpartové a paní Kamile Žižkové za technickou pomoc při analýzách.

Tato práce byla součástí výzkumného záměru ZF JU: MSM 6007665806 – „Trvale udržitelné způsoby hospodaření v podhorských a horských oblastech zaměřené na vytváření souladu mezi jejich produkčním a mimoprodukčním uplatněním“ a mohla být uskutečněna též díky předchozímu výzkumnému záměru ZF JU: MSM 122200003 „Interakce chemických složek v ekosystému povrchových vod“.

ANOTACE

Hlavním úkolem této práce bylo měření aktivity tritia ve Vltavě a okolí Jaderné elektrárny Temelín (dále JETE) s těmito cíli: Možnost použití vyústění tlumicího objektu odpadních vod (dále VTOOV) jako kontrolní signální soustavy pro nestandardní události v JETE, dále sledování možných korelací mezi objemovou aktivitou tritia naměřenou ve VTOOV a aktivitou nad mezní hodnotou pro první jakostní třídu ve vybraných úsecích toku Vltavy, také porovnání naměřených hodnot s výsledky jiných autorů a konečně posouzení relevance jakosti vody dle objemové aktivity tritia k jakosti vody dle jiných příměsí, tj. stabilních izotopů některých kovů a rizikových prvků i obecných fyzikálních a chemických ukazatelů.

Literární část práce se zabývá radioaktivitou v obecné rovině, aktivitou tritia ve světě a v České republice s přihlédnutím k provozu jaderných elektráren.

Vlastní práce spočívala v odběru vzorků na předem určených místech, přípravě těchto vzorků k měření a v samotném měření aktivity tritia. Aktivita tritia byla stanovena scintilačním spektrometrem s kapalným scintilátorem. Dále byly stanoveny základní chemické a fyzikální vlastnosti vody, koncentrace vybraných prvků a také některých aniontů.

Zjištěná data byla použita k zařazení vod v jednotlivých odběrových místech do jakostních tříd dle ČSN 75 7221. V žádném z případů v této práci nebyly naměřeny aktivity, které by překročily mezní hodnoty kapalných výpusť z JE Temelín závazně stanovené v rozhodnutí, které vydal Okresní úřad v Českých Budějovicích podle §8 zákona č.138/73 Sb., o vodách, při respektování požadavků SÚJB.

Tato práce by mohla být přínosem pro možné využití VTOOV jako kontrolní signální soustavy pro nestandardní události v JETE a dále pro posouzení ovlivnění vod Vltavy odpadními vodami JETE.

Klíčová slova: tritium, voda, Vltava, jaderná elektrárna, Temelín, radioaktivita, scintilace.

Obsah

| | strana |
|---|-----------|
| 1. Úvod | 1 |
| 2. Radioaktivita, tritium a jeho měření ve světě a v České republice | 3 |
| 2.1. Nuklidy a radionuklidy, radioaktivita | 3 |
| 2.1.1. Poločas rozpadu | 5 |
| 2.1.2. Vyjadřování aktivity | 5 |
| 2.2. Tritium | 6 |
| 2.2.1. Přírodní zdroje | 7 |
| 2.2.2. Umělé zdroje | 7 |
| 2.3. Přenos do živých organismů | 12 |
| 2.4. Tritium v povrchových vodách ve světě | 14 |
| 2.5. Tritium v povrchových vodách v České republice | 20 |
| 3. Metodika | 25 |
| 3.1 Charakteristika území | 25 |
| 3.1.1 Charakteristika řeky Vltavy | 25 |
| 3.1.2 Charakteristika odběrových míst | 25 |
| 3.2 Odběr vzorků vody | 26 |
| 3.3. Laboratorní metody | 27 |
| 4. Výsledky | 31 |
| 4.1. Tabelární a grafické zpracování výsledků | 31 |
| 4.2. Aktivity tritia ve VTOOV v Kořenku | 31 |
| 4.3. Aktivity tritia ve Vltavě na dalších odběrových lokalitách | 33 |
| 4.4. Hodnocení jakosti vody v jednotlivých odběrových lokalitách | 36 |
| 4.5. Analýza bentosu | 38 |
| 5. Závěr | 41 |
| 6. Seznam použité literatury | 44 |
| 7. Přílohy | 47 |

1. Úvod

Povrchové vody představují hlavní část vodních zdrojů v České republice. Vody Vltavy se podílejí na zásobování obyvatel Prahy pitnou vodou. Toto využití je limitováno jakostí vody, kromě jiného může být ovlivněna výпустí Jaderné elektrárny Temelín (dále JETE). Ta vnáší do vody Vltavy také radioaktivní prvky.

Mezní hodnoty kapalných výпустí z JETE jsou závazně stanoveny v rozhodnutí, které vydal Okresní úřad v Českých Budějovicích podle §8 zákona č.138/73 Sb., o vodách, při respektování požadavků SÚJB. Na základě údajů ve studii EIA z roku 2001 lze konstatovat, že by neměly být překročeny žádné ukazatele znečištění, které byly v době uvedení do provozu stanoveny nařízením vlády č. 171/92 Sb, dnes č. 61/2003 Sb.

Jediný radionuklid, který principiálně nelze z radioaktivních vod oddělit, je izotop vodíku ^3H - tritium. Fyzikální a chemické vlastnosti tritiové vody jsou téměř stejné jako vlastnosti obyčejné destilované vody, a proto není možné běžným způsobem oddělit obyčejnou vodu od tritiované. Z tohoto důvodu tritium je zdrojem převážné části aktivity ve vyčištěných kapalných odpadech z jaderných elektráren obecně. Z hlediska radiační ochrany pracovníků elektrárny je potřeba, aby koncentrace tritia ve vodě primárního okruhu nepřekročila stanovenou hladinu (www.cez.cz, 2007).

Pro práci byly vytyčeny čtyři základní cíle:

1. Zkoumat možnost použití objemové aktivity tritia naměřené ve vyústění tlumicího objektu odpadních vod (dále VTOOV) jako kontrolní signální soustavy pro nestandardní situace v JETE.
2. Sledování možných korelací mezi objemovou aktivitou tritia naměřenou ve VTOOV a aktivitou nad mezní hodnotou pro první jakostní třídu ve vybraných úsecích toku Vltavy.
3. Porovnání naměřených hodnot s výsledky jiných autorů.
4. Nalezení relevance jakosti vody dle objemové aktivity tritia k jakosti vody dle jiných příměsí, tj. stabilních izotopů některých kovů a rizikových prvků jako jsou: [chrom, mangan, železo, nikl, měď, zinek, kadmium, rtuť, olovo, arsen atd.] i obecných fyzikálních a chemických ukazatelů (elektrolytická konduktivita, rozpuštěný kyslík a neutralizační kapacita).

2. Radioaktivita, tritium a jeho měření ve světě a v České republice

2.1. Nuklidy a radionuklidy, radioaktivita

Nuklid je soubor atomů, který má určité stálé protonové číslo (počet protonů v jádře) a určité stálé nukleonové číslo (počet nukleonů, tedy protonů i neutronů v jádře). Prvky se v přírodě vyskytují většinou jako směs nuklidů. Například uhlík se vyskytuje jako směs nuklidů ^{12}C , ^{13}C a ^{14}C , proto je v tabulkách uváděna atomová hmotnost uhlíku 12,011 atomové hmotnostní jednotky, nikoli 12,000 atomové hmotnostní jednotky, jak by odpovídalo ^{12}C podle definice atomové hmotnostní jednotky. Nuklidy se stejným protonovým a rozdílným nukleonovým číslem se nazývají izotopy (například ^{235}U a ^{238}U). Nuklidy, které mají stejné nukleonové číslo, ale různé protonové číslo (například ^{40}Ar a ^{40}K) se nazývají izobary.

Nuklidy mohou být stabilní nebo nestabilní. Nestabilní nuklidy – radionuklidy se rozpadají na stabilní nebo nestabilní dceřiné produkty s nižší atomovou hmotností, rozdíl v těchto hmotnostech je emitován ve formě energie záření (Tykva a Berg, 2004).

Roku 1895 zjistil německý fyzik Wilhelm Röntgen, že katodové paprsky vyvolávají ve skle a kovech emisi neobvyklých paprsků. Toto vysoce energetické záření prostupovalo různými materiály, způsobovalo zčernání fotografické desky a také fluorescenci mnoha sloučenin. Uvedené paprsky, ale nebylo možno usměrňovat a odrážet magnetickým polem tak jako katodové záření. Röntgen je nazval paprsky X, protože jejich podstata nebyla známa (Chang, 1998). V roce 1896 pozoroval Antoine Henri Becquerel zdánlivě jiný zajímavý jev. Objevil skutečnost, že soli uranu vysílají neviditelné záření, které působí na fotografickou desku podobně jako viditelné světlo a ionizují vzduch. Během několika let po tomto objevu, za který dostal H. Becquerel v roce 1903 Nobelovu cenu, bylo již známo, že radioaktivní záření vysílají i další prvky. Manželé Curieovi objevili radioaktivní polonium a radium, které

bylo podle tohoto jevu pojmenováno (Čechák, 1997). V roce 1903 jako první žena v historii dostala Maria Curie-Sklodovská titul doktora fyziky a ve stejném roce jí a jejímu manželovi Pierrovi byla udělena Nobelova cena za fyziku a v roce 1911 druhá za chemii, za objev a izolaci čistého radia.

Radioaktivita se běžně rozděluje na radioaktivitu přirozenou a umělou. Přirozeně radioaktivní je mnoho látek v přírodě, včetně tkání živých organismů. Umělou radioaktivitu získají prvky transmutací vlivem řetězové reakce nebo působením urychlených částic. Kvantová mechanika umožňuje pro každý izotop spočítat pravděpodobnost, že se jádro v daném časovém intervalu rozpadne. U těžkých prvků jsou produkty rozpadu rovněž nestabilní a rozpadají se dále. Tento proces popisují rozpadové řady.

Záření, které při radioaktivním rozpadu vzniká, je čtyř druhů, které označujeme jako α , β , γ a neutronové záření.

Záření α je složeno z jader helia (α -částic) a nese kladný náboj, má nejkratší dosah.

Záření β je proud záporně nabitých elektronů. Někdy se rozlišuje záření β^- (elektrony) a β^+ (kladně nabitě pozitrony).

Záření γ je elektromagnetické záření vysoké frekvence, neboli proud velmi energetických fotonů. Nemá elektrický náboj, a proto nereaguje na elektrické pole.

Neutronové záření je proud neutronů, rovněž bez náboje.

Radioaktivitou tedy rozumíme buď spontánní emisi subatomových částic (protonů, neutronů či elektronů), anebo vysokoenergetické záření o velmi krátké vlnové délce. Radioaktivní materiál může být složen z jednoho nebo více radionuklidů. Podrobný rozbor problematiky radioaktivity je objasněn např. v monografii Tykvy a Berga (2004).

2.1.1. Poločas rozpadu

Kromě druhu emitovaného záření a jeho energie se radionuklidy charakterizují poločasem rozpadu. Poločas rozpadu je definován jako časová perioda potřebná k poklesu aktivity právě na jednu polovinu výchozí hodnoty (Tykva a Berg, 2004).

2.1.2. Vyjadřování aktivity

Množství radionuklidu nebo směsi radionuklidů je vyjadřováno jako jeho aktivita. Jednotkou aktivity je Becquerel značí se Bq. Jeden Bq odpovídá jedné jaderné přeměně za jednu sekundu tj. $\text{Bq} = \text{s}^{-1}$.

Před zhruba 70 lety, když bylo nejdůležitějším radioaktivním zdrojem radium, se množství radioaktivity udávalo hmotnostmi, obvykle v gramech nebo miligramech radia. Dřívější jednotka aktivity, Curie (Ci), byla vztažena k poměru rozpadové rychlosti 1 gramu radia ^{226}Ra , pro kterou dřívější experimenty udávají hodnotu $3,7 \cdot 10^{10}$ rozpadů za sekundu tj. $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq.

V době kdy se jako jednotka používala Ci, malá množství radionuklidů byla vyjadřována pomocí normalizovaných prefixů jako např. femto- (10^{-15} , f), piko- (10^{-12} , p), nano- (10^{-9} , n), mikro- (10^{-6} , μ), nebo mili- (10^{-3} , m). To bylo zapříčiněno tím, že 1 Ci byla příliš velká jednotka, nejen pro nízké hladiny radioaktivity, ale i pro řadu dalších aplikací. S jednotkou Bq nastává situace opačná, dokonce i pro nízké hladiny radioaktivity je někdy považována za příliš malou a proto se často používají násobky (prefixy kilo- (10^3 , k), mega- (10^6 , M), giga- (10^9 , G), tera- (10^{12} , T), peta- (10^{15} , P), exa- (10^{18} , E)).

Radioaktivní zdroj může být někdy chápán jako bodový zdroj, jehož rozměr je tak malý, že může být zanedbán. Častěji má zdroj různou velikost, tvar a formu, proto může být

užitečnější jiné vyjádření množství. První dvě často používaná vyjádření jsou hmotnostní a_m a objemová a_m aktivita, které jsou definovány:

$$a_m = \frac{A}{m}$$

$$a_m = \frac{A}{V}$$

kde A je aktivita materiálu majícího hmotnost m resp. objem V .

Základní jednotkou hmotnostní a objemové aktivity jsou $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (někdy také $\text{Bq}\cdot\text{mol}^{-1}$) resp. $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (někdy také $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$). Koncentrace aktivity na jednotku objemu se používá hlavně pro radioaktivní plyny v podmínkách, kde se nemění ostatní parametry jako teplota a tlak.

2.2. Tritium

Problematice tritia v životním prostředí je věnována velká pozornost laické i odborné veřejnosti v souvislosti s provozem jaderných elektráren. Vypouštění tritia s odpadními vodami a plyny jaderných elektráren do životního prostředí je běžné v celosvětové praxi. Důvodem diskuse je i skutečnost, že hodnoty vypouštěných aktivit tritia do povrchových vod a dalších složek životního prostředí jsou ve srovnání s ostatními radionuklidy o několik řádů vyšší (Hanslík, 2006).

Tritium je radioaktivní izotop vodíku s poločasem rozpadu 12,3 roku, je čistý β^- zářič, který neemituje paprsky γ . Rozpadá se na ${}^3\text{He}$ za emise nízkoenergetického beta záření s průměrnou energií 5,7 keV a maximální energií 18,6 keV (IAEA, 2004): ${}^3\text{H} = {}^3\text{He} + \beta^-$

Kosmogenní tritium produkované působením kosmického záření v horních vrstvách atmosféry se stává součástí molekul vody v hydrosféře a s ní součástí koloběhu vody (Tykva a Berg, 2004).

Tritium se do okolí dostává z přírodních a umělých zdrojů. Tritium se na zemi vyskytuje jako součást tritiované vody (HTO, T₂O), ve formě plynu (³H₂), a také jako součást různých organických a anorganických sloučenin obsahujících vodík, kde nahrazuje atomy normálního (lehkého) vodíku – protia (Egorov, 2002).

Specifická aktivita tritia je vysoká a obvykle se vyjadřuje v tritiových jednotkách T.U. (tritium units): 1 T.U. odpovídá poměru 1 atomu tritia na 10¹⁸ atomů ¹H. To odpovídá 0,118 rozpadu za 1 sekundu v 1 litru vody, to znamená specifickou aktivitu 0,118 Bq.kg⁻¹. Dalším termínem je tritiový poměr T.R. (Tritium Ratio) upřednostňovaný některými autory před T.U. z toho důvodu, že termín jednotka nemůže být použit pro číselný poměr (IAEA, 1983). Pro názornost se např. uvádí, že hmotnost tritia o aktivitě 37 GBq váží pouze 0,103 mg a 1 mmol T₂ o objemu 22,414 ml má aktivitu 2,16 TBq (Greenwood, Earnshaw, 1993).

2.2.1. Přírodní zdroje

Přírodní tritium vzniká ve svrchních vrstvách atmosféry reakcí jader dusíku a kyslíku [¹⁴N (n, ³H) ¹²C, ¹⁶O (n, ³H) ¹⁴N] a je přítomno v atmosféře (jeden atom ³H na 10¹⁴ atomů protia) a ve vodě (jeden atom ³H na 10¹⁸ atomů vodíku, tj. 8,65.10⁻² Bq.L⁻¹) Podle různých odhadů, je celkové množství přírodního tritia na zemi 1- 2,5. 10¹⁸ Bq a je dlouhodobě v rovnovážném stavu (Egorov, 2002).

2.2.2. Umělé zdroje

Hlavním zdrojem uměle vytvořeného tritia na zemi jsou testy jaderných zbraní. V důsledku těchto testů aktivita tritia na zemi v roce 1970 mnohonásobně převýšila aktivitu přírodního tritia a činila zhruba 10²⁰ Bq. Protože tritium snadno oxiduje vyskytuje se nejčastěji ve formě tritiované vody ve vodních tělesech, kde se objemová aktivita v roce 1970

pohybovala v rozmezí 10 – 200 Bq.L⁻¹. Po přerušení testů jaderných zbraní se obsah tritia ve vodě snižuje a v současné době, činí globálně objemová aktivita tritia v rezervoárech pitné vody 5 – 175 Bq.L⁻¹ (Egorov, 2002).

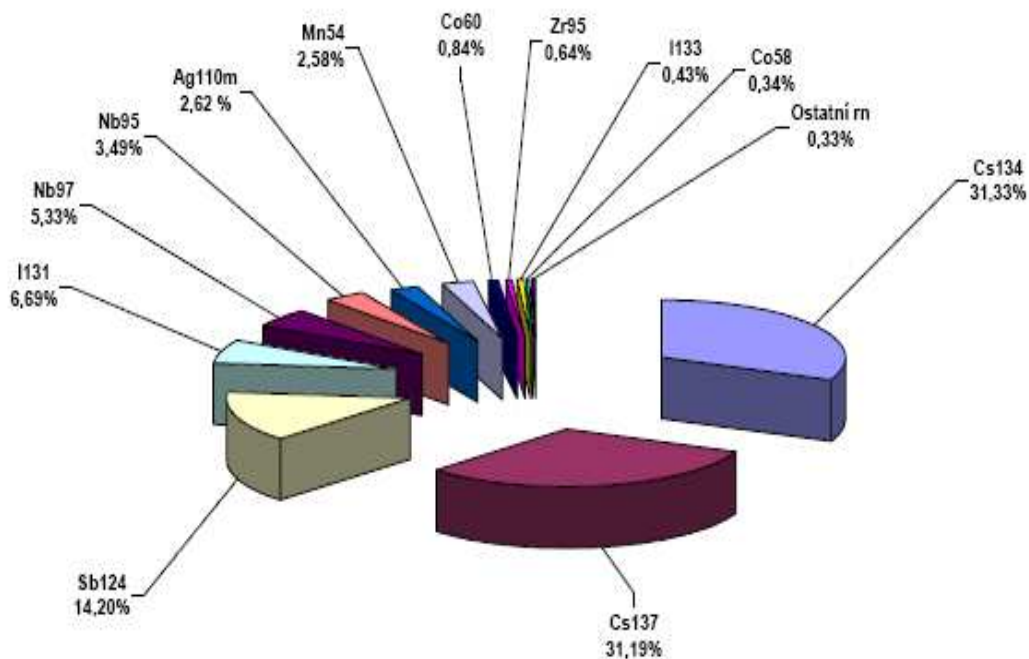
Emise tritia do prostředí do roku 1963, kdy byla uzavřena dohoda mocností o omezení zkoušek jaderných zbraní jsou odhadovány na 114,7 EBq. V roce 1980 představovala zbytková aktivita tritia z jaderných výbuchů 43,3 EBq, v roce 1990 24,6 EBq a v roce 2000 14,1 EBq (NCRP, 1979, in Hanslík, 2006).

Dalším zdrojem umělého tritia na Zemi jsou jaderné elektrárny. Tritium vzniká v reaktoru při provozu jaderných elektráren štěpením uranu ²³⁵U a (n, γ), (n, α), (n, p) a (n, ³H) reakcemi chemických prvků v konstrukčních a jiných (chladiiva, moderátory) materiálů v aktivní zóně a kontrolních tyčích (Badyaev, 1990; Egorov, 1982 in Egorov 2002).

Tritium je jednou z hlavních radioaktivních součástí kapalných a plyných výpustí jaderných elektráren. Jak ukazuje nedávná studie z JETE (Kurfírt, 2007) v kapalných výpustech bylo stanoveno více než deset různých radionuklidů aktivačních a štěpných produktů (dále AaŠP) viz obr. 1. Tyto radionuklidy tak mohou kontaminovat biosféru nejen v okolí jaderné elektrárny, ale také globálně.

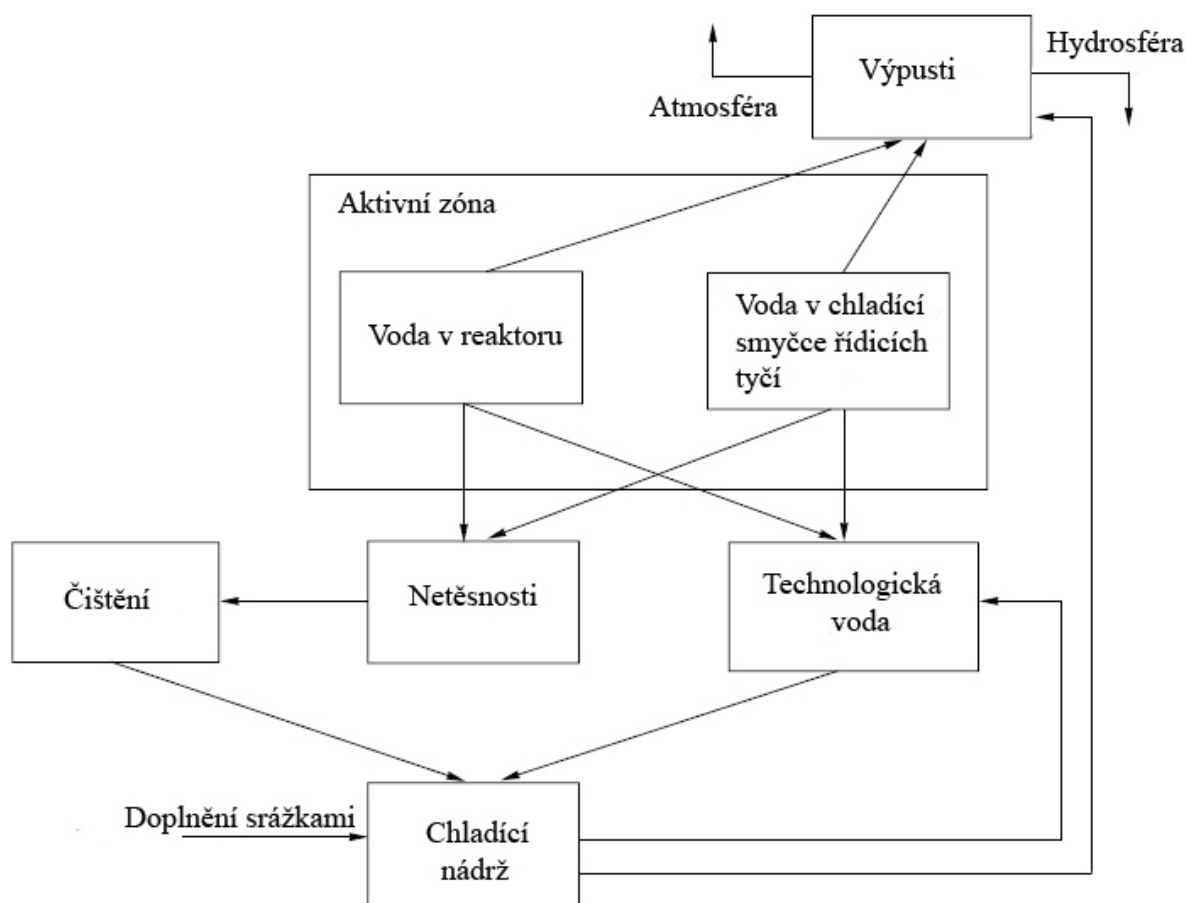
Nebezpečnost tritia spočívá v tom, že na rozdíl od všech ostatních radionuklidů se stává přímo součástí vypouštěné vody.

Příspěvek jednotlivých radionuklidů AaŠP k jejich celkové vypuštěné aktivitě z kapalných výpustí za rok 2006



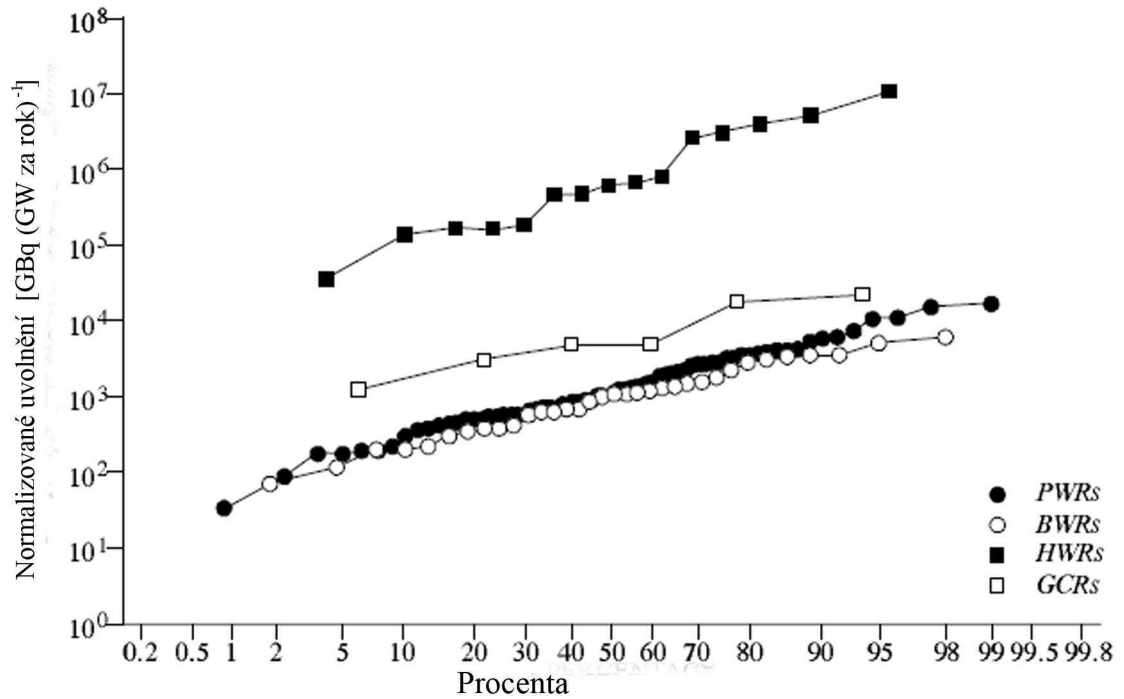
Obr. 1: Ostatní radionuklidy (kromě tritia) stanovené v kapalných výpustech JE Temelín (Kurfiřt, 2007)

Při normálním provozu jaderných elektráren z nich může tritium unikat a dostávat se do životního prostředí pouze pokud se dostane do plyných nebo kapalných odpadů (obr. 2). K tomu dochází při únicích chladiva (kontrolovaných i nekontrolovaných) a při jeho uvolňování z chladicího média. Výpary pocházející z netěsností a výpustí jsou vypouštěny do atmosféry. Odpadní vody jsou po minimalizaci obsahu ostatních radionuklidů (kromě tritia) buď znovu použity v elektrárně nebo vráceny do vodního zdroje (Egorov, 2002).

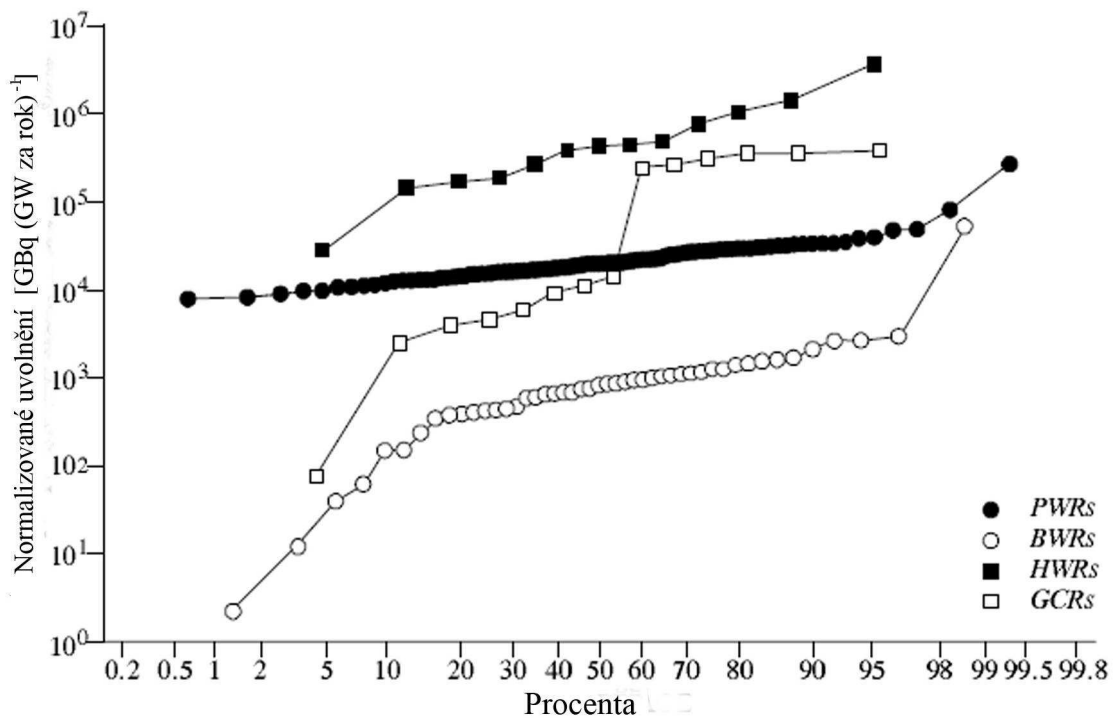


Obr. 2: Strukturní diagram přenosu tritia v rámci jaderné elektrárny a výměny s prostředím (Egorov, 2002)

Pro různé typy jaderných reaktorů se uvolňované aktivity tritia v plynných a kapalných výpustech liší dle typu reaktoru. Normalizovaná uvolnění tritia, pro jednotku generované elektrické energie (GW za rok), do plynných a kapalných výpustí pro jednotlivé typy jaderných reaktorů ukazují obrázky 3a a 3b (UNSCEAR, 2000), kde PWR označuje lehkou vodou moderovaný a chlazený tlakový reaktor, BWR lehkou vodou moderovaný a chlazený varný reaktor, HWR těžkou vodou moderovaný a chlazený reaktor a GCR grafitem moderovaný reaktor (např. jako Černobylský). Vodorovná osa je transformována na procentuální stupnici kde (0 = 50%, 1 SD = 84.14%, 2 SD = 97.73%, atd.) a svislá osa je logaritmická.



Obr. 3a: Normalizovaná uvolnění tritia do **plynných** výpustí jaderných elektráren (UNSCEAR, 2000)



Obr. 3b: Normalizovaná uvolnění tritia do **kapalných** výpustí jaderných elektráren (UNSCEAR, 2000)

2.3. Přenos do živých organismů

K inkorporaci tritia může dojít inhalací, nebo požitím ať už jako tritiovaného plynu, vody, nebo zabudovaného do organické hmoty. Ve formě tritiované vody vstupuje tritium ve velmi krátkém čase do intra i extracelulárních tekutin a biokineticky se podílí na vodním systému organismu s biologickým poločasem vyloučení 9,7 dne u člověka. Malá část je také vázána organicky. Pokud sloučenina obsahuje uhlík, poločas vyloučení v těle může být značně prodloužen až na 450 dní. V tomto případě zadržení závisí na stabilitě organické sloučeniny a jejím metabolismu, ale i v tomto případě může být tritium nahrazeno stabilním vodíkem a z organismu vyloučeno (Tykva a Berg, 2004). Pro různé organismy se biologický poločas tritia respektive HTO značně liší, např. pro myši byl nedávno zpřesněn na dvojnásobek dřívějších odhadů, tedy na 54 hodin (Kelsey et al., 2006).

Baumgärtner (2005) uvádí, že energetická bilance izotopů vodíku ve vodíkových vazbách vede k akumulativnímu přenosu tritia z vody do biomolekul. Testy na DNA rozpuštěné v tritiované vodě a na kukuřici a ječmenu, které byly pěstovány hydroponicky v tritiované vodě potvrzují nárůst aktivity tritia v molekulách DNA. Primární hydratační obal DNA vykazuje akumulací faktor asi 1,4 a vyměnitelné vodíky v DNA asi 2. Růstové analýzy kukuřice a ječmene odhalují skutečný nárůst poměru tritia 1,3 resp. 1,2 krát vyšší oproti vodíku. Vyšší poměr tritia než vodíku zabudovávaného do pevné biomasy je zapříčiněn hydratačním obalem, který je podstatnou součástí všech biomolekul.

Podle Baumgärtnera (2005) je akumulativní přenos tritia do pevných tkání rostlin a živočichů obecně platný, protože je založen na principu minimalizace volné energie izotopů ve vodíkových vazbách. Rychlé minimalizace volné energie je dosaženo vysokým poměrem přenosu vodíkových jader – mikrosekundy v porovnání s milisekundami potřebnými k strukturální přestavbě atomů. Vodíkové vazby jsou speciálním prvkem ve stavbě biomolekul. V

nukleotidech, proteinech a uhlohydrátech tvoří vodíkové vazby 17 – 30% z celkového počtu atomů. Toto množství narůstá molekulami vody v hydratačním obalu. V případě DNA roste poměr vodíků na vyměnitelných pozicích z 1,7 v rámci DNA na asi 22 v primárním hydratačním obalu. Molekuly vody primárního hydratačního obalu jsou podstatnou součástí nativních biomolekul. Ty jsou separovány z okolní vody vodíkovými vazbami do biomolekul. To vede ke zvláštnímu fenoménu rychlejšího nárůstu skutečného poměru tritia vůči vodíku v pevných tkáních v průběhu růstu rostlin – k tzv. bioakumulaci. Vysoké úrovně obsahu tritia v mořské vodě, ve fauně a flóře v jejich přirozeném životním prostředí byly nalezeny v blízkosti jaderných zařízení vypouštějících anorganické i organické tritium do mořského prostředí. Zde docházelo k akumulaci tritia uvnitř potravního řetězce (McCubbin et al., 2001). Existují další zprávy o biokoncentraci tritia a biomagnifikaci organicky vázaného tritia (OBT-tritium) na různých trofických úrovních v potravním řetězci pobřežních oblastí moří (ICRP, 1991). Biokoncentrací tritia v různých tkáních mořského mlže *Mytilus edulis* (slávky jedlé) se zabýval Jha (Jha et al., 2005). Zjistil, že akumulace obecně rostla se stoupající koncentrací HTO, a že nejvyšší koncentrace aktivity byly pozorovány ve střevě, následované žábrami, pláštěm a svalem nohy. Potvrdili se tím dřívější informace, že hemocyty škeblí mohou být využity pro detekci genotoxického působení látek v životním prostředí, a že dávky beta-záření pod $500 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ vyzařované tritiem, jsou schopné indukovat genetická poškození. Obecně se soudí, že tritium jako tzv. měkký zářič je méně biologicky škodlivé než gama-zářiče. Bylo ale také zjištěno, že relativní biologická účinnost (RBE) pro beta-záření může být větší pro některé vodní bezobratlé než pro savčí buňky (Straume & Carsten, 1993). A skutečně také byla beta-aktivita z HTO popsána jako účinnější než gama paprsky z izotopů ^{90}Sr a ^{90}Y i externí záření gama z ^{60}Co a rentgenové paprsky X v indukci chromosomálních aberací u embryolarválních stadiích ryb. Důsledkem byl zvýšený výskyt vývojových anomálií a

mortality (Suyama et al., 1981) . Předpokládá se, že tato zvýšená biologická účinnost tritia existuje v důsledku skutečnosti, že dochází k indukci 10-30x více ionizací na jednotku objemu tkáně ve srovnání s rentgenovými nebo gama paprsky (Moskalev et al., 1973).

2.4. Tritium v povrchových vodách ve světě

Před rokem 1952 v přírodních podmínkách se koncentrace tritia ve srážkách pohybovala mezi 5 a 20 T.U. ($0,59 - 2,36 \text{ Bq.kg}^{-1}$) v závislosti na zeměpisné poloze (Payne, 1983). Ve střední Evropě byla zhruba 6 T.U. ($0,708 \text{ Bq.kg}^{-1}$) (Roether, 1967).

Po roce 1952 v důsledku termonukleárních explozí koncentrace tritia na severní polokouli prudce vzrostla až asi na 6000 T.U. (708 Bq.kg^{-1}) v roce 1963. Od roku 1965 koncentrace ^3H v přírodních vodách klesá. V některých regionech roste obsah ^3H v důsledku provozu jaderných zařízení. (Thatcher et al., 1965, Sness, 1969, Nuti, 1991) měření tritia dospěli k těmto zjištěním:

- v průběhu roku se koncentrace ^3H mění. Vyšší je pozdě na jaře a v létě než v zimě. ^3H v atmosféře vzrůstá v důsledku tzv. „podzimní injekce“ ze stratosféry do troposféry.
- ^3H vzrůstá se zeměpisnou šířkou. Nejvíce se ho do troposféry dostává v polárních oblastech, kde je tropopauza blíže k zemskému povrchu
- v důsledku faktu, že se termonukleární exploze odehrály na severní polokouli, je na ní obsah tritia vyšší než na jižní. Výměna mezi polokoulemi je malá v důsledku oddělené cirkulace jejich vzdušných mas.

Za deště se tritiovaná voda dostává do běžného koloběhu vody a z něj do všech ekosystémů. Zásoba HTO je větší v moři než na souši, poněvadž tritium je dodatečně vyměňováno mezi vzduchem a povrchem vody.

V oceánu je tritiová voda velmi rychle promíchána s tenkou vrstvou teplé vody nazývanou “míchaná povrchová” vrstva. Ta zasahuje do hloubky 50 až 100 metrů. Níže podle teplotního gradientu roste čas potřebný pro promíchání a koncentrace ^3H je menší.

Jak bylo uvedeno výše, tritium je jednou z hlavních radioaktivních složek plyných a kapalných výpustí jaderných elektráren.

Bolsunovsky et al. (2002) zkoumali obsah tritia v povrchových vodách povodí řeky Jeniseje v blízkosti Důlní a chemické společnosti ruského Ministerstva pro atomovou energii. Tato společnost situovaná na břehu řeky Jeniseje v Krasnojarsku produkuje po mnoho let plutonium pro jaderné zbraně a v důsledku této výroby vyprodukovala značné množství radioaktivního odpadu. Tento odpad, je částečně uložen ve skladovacích zařízeních a otevřených nádržích v areálu společnosti. Větší část tohoto odpadu byla vypuštěna do podzemních vod v testovací oblasti “Severny”. Testovací oblast “Severny” leží 12 km severně od Důlní a chemické společnosti na rozvodí Jeniseje a řeky Bolshaya Tel.

Nejvyšší aktivity tritia naměřené v povodí řeky Jeniseje v roce 2001 Bolsunovskym et al., (2002) byly maximálně $4 \pm 1 \text{ Bq.L}^{-1}$, tato hodnota koresponduje s údaji naměřenými v letech 1998-99. Naproti tomu v dalších povrchových vodách byly zaznamenány vyšší aktivity tritia, než požadované hodnoty v Jeniseji: 1. při ústí potoku Ploskii a řeky Shumikha dosahovaly maximální naměřené aktivity tritia 168, resp. 81 Bq.L^{-1} . Zdrojem tritia v těchto povrchových vodách je poslední pracující reaktor Důlní a chemické společnosti ruského Ministerstva atomové energie, který používá vodu z Jeniseje jako chladivo. Naměřená data ukazují, že obsah tritia ve vzorcích vody a sedimentu z řeky Bolshaya Tel je 10 a vícekrát vyšší než požadované hodnoty v Jeniseji.

Mitchell et al. (2005) prováděl měření tritia ve studniční vodě, tocích a atomových jezerech v Sarzhalu, Tel'kemu, Balapanu a v pohoří Degelen ve východním Kazachstánu

oblasti Semipalatinské jaderné střelnice. Naměřené hodnoty ukazují, že aktivita tritia v domácí studniční vodě osad v Sarzhalu je extrémně nízká a v současnosti její střední hodnota činí $4,4 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Tato hodnota je pouze mírně vyšší než současný požadovaný obsah tritia v pitné vodě globálně. To potvrzují data shrnutá v tabulce 1, která např. ukazuje, že hladina tritia v různých regionech západní Evropy, v devadesátých letech, poklesla na $1 - 3 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Hladiny tritia v atomových kráterech Tel'kem 1 a Tel'kem 2 jsou o jeden až dva řády vyšší, aktivita v jezeře Balapa je průměrně $12600 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. Signifikantní byly aktivity tritia ve vodních tocích pramenících v Degelénském pohoří – místě 215 podzemních jaderných testů – zde se pohybovaly naměřené hodnoty v rozsahu $133 - 235,5 \text{ kBq} \cdot \text{L}^{-1}$.

Tabulka 1: Koncentrace tritia zaznamenané v některých typických povrchových a pitných vodách na Severní polokouli v minulých letech (Mitchell et al., 2005).

| Vodní systém | Koncentrace ($\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$) | Období | Zdroj |
|----------------------------|---|---------------|------------------------------|
| Jenisej, Sibiř | 2,4 – 2,8 | 2001 | Bolsunovsky (2003) |
| Jenisej a Lena, Sibiř | 3,7 – 4,3 | 1998-99 | Makhonko et al (2001) |
| Povodí Ebra, Španělsko | 3,3 – 6,7 | 1994 | Pujol and S.-Cabeza (2000) |
| Dunaj, Srbsko | 2,4 – 15,9 | 1976-90 | Hadziehovic et al (1987) |
| Ibaraki, Japonsko | 1,5 – 3,3 | 1981-83 | Tahala-Miyamoto et al (1987) |
| Vedavati, Indie | 1 – 10 | 1978-79 | Sukhija and Achutha (1983) |
| Pitná voda, V. Británie | 0,9 – 3,0 | 1987-95 | EC (2001) |
| Pitná voda, Brusel | 1 – 5 | 1987-95 | EC (2001) |
| Pitná voda, Castelo de Br. | 4,5 – 5,0 | 1991-95 | EC (2001) |
| Pitná voda, Madrid | 2 - 3 | 1994-95 | EC (2001) |

Průniky tritia do prostředí z nukleárních podzemních testů prováděných Spojenými státy v letech 1951 – 1992 na ostrově Amchitka na Aljašce ve své práci hodnotili Dasher et al. (2000). V povrchových vodách naměřili hodnoty od $0.41 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1} \pm 0.11 (2\sigma)$ do $0.74 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1} \pm$

0.126 (2σ). Toto tritium prosakuje z celkem třech lokalit podzemních jaderných výbuchů – Long Shot, Milrow, Cannikin. Pouze na lokalitě Long Shot byla v roce 1997 zaznamenána vyšší aktivita $5,8 \text{ Bq.L}^{-1} \pm 0.19 2\sigma$. Tato vyšší aktivita pochází z radioaktivních plynů, které se v roce 1965 dostaly blízko k povrchu.

Kakiuchi et al. (1998) měřili v období mezi prosincem 1996 a únorem 1997 na výzkumné plavbě z Tokia do Fremantle (Austrálie) aktivitu tritia v povrchových vodách Pacifiku a Indického oceánu a vodních parách v oceánském vzduchu ve výšce 10 m nad hladinou. Naměřená aktivita tritia v povrchové vrstvě vody byla v rozmezí $0,04 - 0,40 \text{ Bq.L}^{-1}$ s maximem na pobřeží Fremantle. Koncentrace tritia ve vodních parách oceánského vzduchu byla oproti koncentraci naměřené v povrchové vrstvě vody o řád vyšší a pohybovala se v rozsahu $0,46 - 1,15 \text{ Bq.L}^{-1}$.

Topova (1998) pozorování množství tritia v Černém moři indikují, že silná stratifikace ve svrchních vrstvách Černého moře, zapříčinila za poslední tři dekády průnik tritia pouze do malých hloubek okolo 300 m. V jihovýchodní části Černého moře však byly zaznamenány hlubší průniky. Protože tyto průniky jsou přírodního charakteru není ještě zřejmé zda dále porostou. Top (1998) dále odhaduje, že v průběhu let 1969 – 1995 se do 300 m silné povrchové vrstvy srážkami a řekami dostalo celkem asi 120 g tritia což odpovídá aktivitě $4,2 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$.

V prosinci 1999 v severozápadní části Černého moře zkoumali aktivitu tritia také Breban et al. (2003). V povrchových vodách v hloubce do 60 m se jím naměřená aktivita tritia pohybovala v rozmezí $0,83 - 2,83 \text{ Bq.L}^{-1}$.

Sanchez-Cabera et al. (1999) v řece Ebro na severovýchodě Španělska zaznamenali poměrně velkou variabilitu obsahu tritia. Hodnoty aktivity v letech 1990 – 1993 kolísaly mezi $< 1,4 - 117 \text{ Bq.L}^{-1}$ se střední hodnotou 14 ± 3 ($n = 59$). Původcem tohoto znečištění je jaderná

elektrárna Ascó, ležící na pravém břehu řeky Ebro 2 km proti proudu nad městem Ascó (Španělsko). Tato elektrárna je osazena dvěma tlakovodními reaktory (PWR) o výkonu 930 MW. Dále byla měřena aktivita ve vzorcích z řek Ribaroja a Fli, které se vlévají do Ebra nad Ascó. Všechny naměřené hodnoty z těchto dvou řek (ve vzorcích s detekovatelnou aktivitou) byly blízké 3 Bq.L^{-1} . Tato hodnota je porovnatelná s hodnotami naměřenými španělskými úřady (CSN, 1993, in Sanchez-Cabera et al. 1999), ale vyšší než aktivita naměřená ve srážkách v letech 1990 – 1992 jejíž střední hodnota činila $0,8 \pm 0,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ (IAEA-WHO, 1997 in Sanchez-Cabera et al. 1999). Tento rozdíl autor vysvětluje příspěvkem pyrenejských řek, které přinášejí vodu pocházející s ledovců a příspěvkem podzemních vod které jsou kontaminovány staršími spady tritia.

Baeza et al. (2002) měřili při výzkumu rezervoárů pitné vody Guadiloba a Alcantára ve Španělsku v letech 1994 - 1996 aktivitu tritia. Tyto dva rezervoáry jsou zásobárnou pitné vody pro Cáceres. Byl zkoumán vliv umělého propojení jejich povodí na radiologickou kvalitu pitné vody. Hlavním zdrojem vody pro rezervoár Alcantára je řeka Tagus, jejíž vodu používají k chlazení tři jaderné elektrárny. V řece Tagus byla naměřena aktivita tritia $15,9 \pm 9,2 \text{ (SD) Bq.L}^{-1}$ v rozmezí $1,4 - 36,5 \text{ Bq.L}^{-1}$.

Ueda et al. (2004) sledovali od května 2001 do listopadu 2004 pozadřovou koncentraci tritia ve vzorcích pitné, brakické a mořské vody. U těchto vod se předpokládá v budoucnu ovlivnění zařízením na přepracování vyhořelého paliva, které bude součástí závodu na zpracování jaderného paliva v Rokkasho-Village v prefektuře Aomori v Japonsku. Tento provoz zahrnuje zařízení na obohacování uranu, dále sklad vysoko a nízkoaktivních odpadů a zařízení na přepracování vyhořelého paliva. Spuštění zařízení na přepracování vyhořelého paliva bylo plánováno na rok 2006, ostatní součásti jsou již v provozu. Vzorky byly odebírány z řeky Futamata, z brakického jezera Obuchi a podél mořského pobřeží při ústí řeky Obuchi,

kteřá spojuje jezero Obuchi s Pacifikem. V řece Futamata byly naměřeny hodnoty 0,6 – 1,1 Bq.L⁻¹ střední hodnota 0,79 Bq.L⁻¹. Střední aktivita naměřená ve svrchní vrstvě jezera Obuchi byla 0,40 Bq.L⁻¹ a ve spodní vrstvě 0,31 Bq.L⁻¹. Podél pobřeží byla naměřena střední hodnota 0,16 Bq.L⁻¹. Naměřená data potvrzují klesající tendenci v horizontální distribuci tritia směrem k oceánu.

Aktivitu tritia ve 23 řekách na ostrově Hokkaido a 29 řekách na ostrově Kyushu měřili Momoshima et al. (1991). Naměřené hodnoty na ostrově Hokkaido se pohybovaly v rozmezí 1,24 – 5,59 Bq.L⁻¹ s průměrnou hodnotou 2,42 Bq.L⁻¹ ± 0,81 (SD) Bq.L⁻¹. Na ostrově Kyushu byly hodnoty v rozmezí 0,46 – 1,71 Bq.L⁻¹ s průměrnou hodnotou 1,0 Bq.L⁻¹ ± 0,36 (SD) Bq.L⁻¹.

Radan et al. (2000) sledovali aktivitu tritia v povrchových vodách, srážkách a pitné vodě v Polsku během let 1994 – 1999. Vzorke srážek byly sbírány na dvou místech: va Varšavě – Vidlany a na Sněžce. Povrchová voda byla vzorkována z Visly a Odry a jejich hlavních přítocích. Pitná voda, původem ze Zegrzynského rezervoáru byla odebírána ve Varšavě z vodovodního řádu. V říční vodě se naměřené hodnoty pohybovaly od limitu detekce 0,4 Bq.L⁻¹ do 2,5 ± 0,6 Bq.L⁻¹. V pitné vodě sbírané ve Varšavě byly koncentrace podobné koncentracím v povrchových vodách a pohybovaly se od 0,8 ± 0,2 Bq.L⁻¹ do 2,8 ± 0,7 Bq.L⁻¹. Kolísání koncentrací ve srážkách bylo vyšší, než v pitné vodě. Statistické analýzy ukazují na poměrně malou korelaci mezi koncentrací tritia a množstvím srážek. Koncentrace tritia ve srážkách vzorkovaných ve Varšavě kolísala od 0,8 ± 0,2 Bq.L⁻¹ do 3,6 ± 0,7 Bq.L⁻¹. Hodnoty naměřené na Sněžce se pohybovaly v rozmezí od 0,5 ± 0,1 Bq.L⁻¹ do 3,6 ± 0,8 Bq.L⁻¹. Minimální hodnoty byly sledovány v zimě a jejich nárůst během jara a léta.

2.5. Tritium v povrchových vodách v České republice

Vzhledem k tomu, že tritium patří k nejvýznamnějším radioaktivním izotopům uvolňovaným do životního prostředí z jaderných elektráren, byly již od roku 1980 aktivity tritia ve vodách České republiky monitorovány. Vzorky vody byly odebírány přibližně v měsíčních intervalech v průběhu roku.

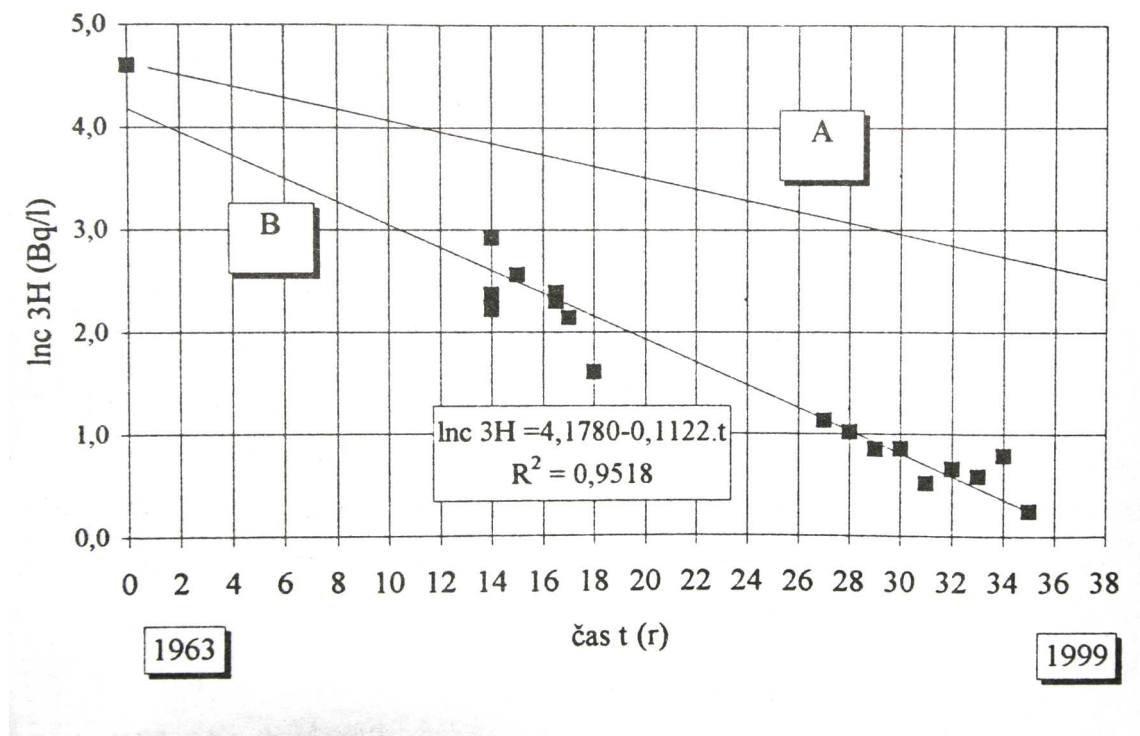
Průměrné hodnoty aktivit tritia v řece Jihlavě byly stanoveny v rozmezí 7 – 18 Bq.L⁻¹ (Žáková et al., 2006). Autoři dále uvádějí, že na základě naměřených hodnot objemových aktivit tritia lze jakost vody v nádržích Malešice, Mohelno a v řece Jihlavě (tyto vody jsou ovlivněny provozem Jaderné elektrárny Dukovany) ve sledovaném období pro ukazatel tritium charakterizovat II. třídou jakosti vody podle ČSN 757221 tj., jako vodu mírně znečištěnou. Nepravidelně odebírané vzorky z vertikálních profilů nádrže Malešice svědčily o pouze částečném promíchávání vody v této nádrži. Naproti tomu voda v nádrži Mohelno byla dokonale promíchávána a naměřené objemové aktivity tritia se lišily jen nepatrně vzhledem k hloubce odběru. Hodnoty objemových aktivit tritia ve Skryjském potoce (Skryjským potokem se vrací voda použitá v jaderné elektrárně ke chlazení zpátky do nádrže Mohelno) kolísaly až o dva řády, což souvisí s periodami vypouštění odpadních vod z Jaderné elektrárny Dukovany (2001: 73,5 – 5614 Bq.L⁻¹, 2002: 20,2 – 3745,8 Bq.L⁻¹, 2003: 71,1 – 1590 Bq.L⁻¹)

Aktivitu tritia ve vybraných tocích v okolí JETE před jejím uvedením do provozu měřili Tomášek a Wilhelmová (1996), tabulka 2 ukazuje, že v letech 1991 – 1994 se hodnoty naměřených aktivit ve vybraných lokalitách pohybovaly od 1,9 do 3,0 Bq.L⁻¹. Naměřené hodnoty, stejně jako sezonní proměnlivost hladin tritia v povrchových vodách studovaného regionu, ukazují, že množství tohoto radionuklidu je velkou měrou ovlivněno atmosférickým spadem.

Tabulka 2: Průměrné a extrémní koncentrace tritia ($\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$) v povrchových vodách v okolí JETE (Tomášek a Wilhelmová, 1996)

| Lokalita | Vltava | | Temelínský potok | Palečkův Potok | Potok Strouha |
|--------------|------------|------------|------------------|----------------|---------------|
| | Hladná | Podolí | | | |
| 1991 | 2,6 | 3,0 | 2,5 | 2,6 | 2,3 |
| 1992 | 2,9 | 3,0 | 2,3 | 2,6 | 2,4 |
| 1993 | 2,6 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,9 |
| 1994 | 2,4 | 2,3 | 1,9 | 2,1 | 2,0 |
| 1991-4 | 2,6 | 2,7 | 2,2 | 2,3 | 2,1 |
| Min.: 1991-4 | 1,4 (9/91) | 1,4 (3/94) | 1,2 (11/93) | 1,0 (3/93) | 1,2 (2/93) |
| Max.: 1991-4 | 4,3 (7/92) | 4,2 (9/92) | 3,3 (8/91) | 4,0 (3/91) | 3,5 (4/91) |

Aktivitu tritia v předprovozním období JETE v letech 1990 - 1998 dále podrobně sledoval Hanslík (1999), který uvádí že, rozhodujícím zdrojem tritia byly přibližně do roku 1990 testy jaderných zbraní z 60. let. Vývoj objemových aktivit tritia za předpokladu fyzikálního rozpadu na obrázku č. 4 zobrazuje lineární závislost A. Z hodnocení vývoje objemových aktivit tritia za období 1960 – 1998 podle lineární závislosti B je evidentní, že rychlost poklesu je větší ve srovnání s jeho úbytkem radioaktivní přeměnou. Z údajů sledování tritia za období 1966 – 1972 byl vyhodnocen efektivní poločas jeho ubývání 3,2 roku, pro další období přibližně do roku 1978 poločas 5 roků (Bogen D.C. et al., 1978, in Hanslík, 1999). Z rovnice popisující úbytek tritia na obrázku č. 4 byl odvozen o něco delší efektivní poločas 6,18 roku. Při ročních průměrných objemových aktivitách tritia v povrchových vodách v okolí JETE kolem $1,5 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ představuje významnou část přirozená složka tritia pro povrchovou vodu na úrovni $0,38 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ (Hanslík a Mansfeld, 1983), další představují imise jaderných zařízení.



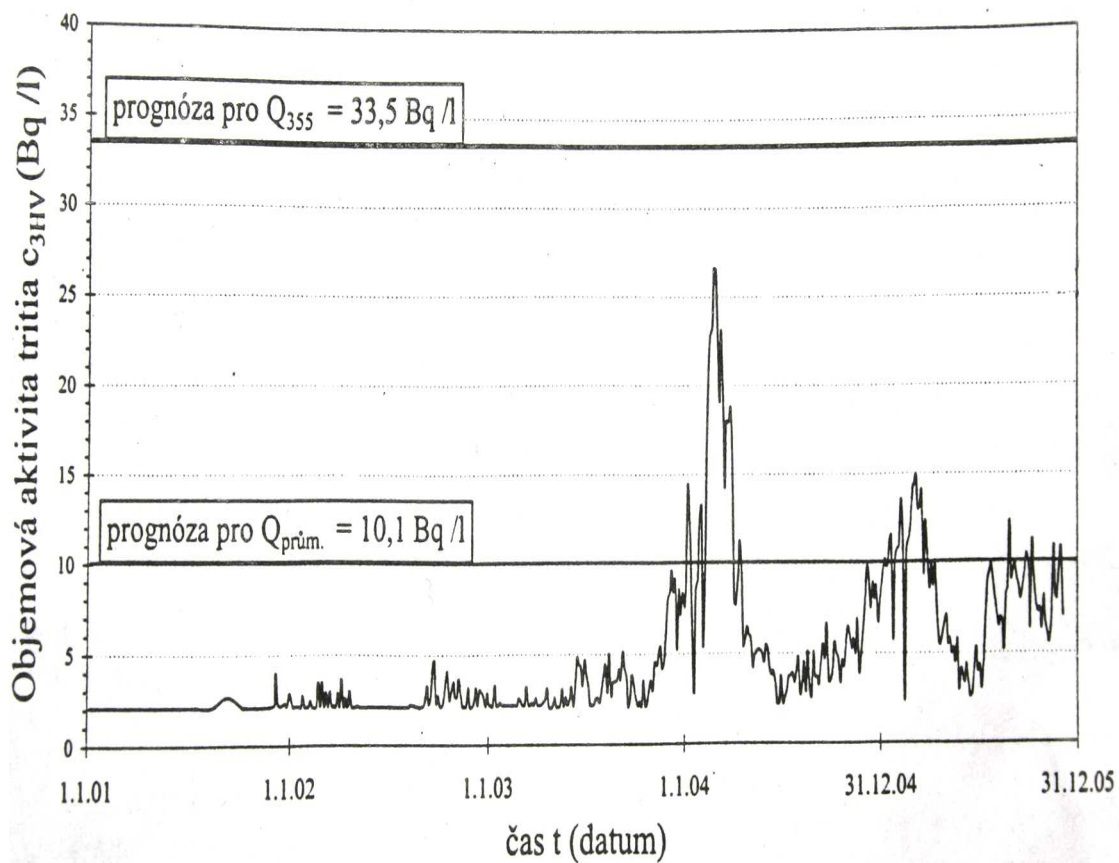
Obr. 4: Vývoj objemové aktivit tritia rozpadem (A) s experimentálně zjišťovanými objemovými aktivitami (B) v povrchových vodách za období 1963 – 1998 (Hanslík, 1999)

Hanslík (2005), sledoval aktivitu tritia ve Vltavě v průběhu zkušebního provozu JETE, v roce 2002 činila maximální koncentrace tritia pod hrází přehradní nádrže Orlik – Solenice $5,3 \text{ Bq.L}^{-1}$ a střední roční hodnota $2,7 \text{ Bq.L}^{-1}$. Podle tvrzení autora naměřené hodnoty korespondují s koncentracemi tritia v odpadní vodě JETE.

Povodí Vltavy ve zprávě pro období 2004 -2005 uvádí: Vzhledem k tomu, že Vltava slouží i jako recipient odpadních vod z Jaderné elektrárny Temelín, jsou ve vodním toku sledovány i radiologické ukazatele, zejména tritium. Obsah tritia ve vltavské vodě se logicky zvyšuje v profilu pod vodní nádrží Kořensko, do níž jsou odpadní vody z elektrárny vypouštěny (průměr 37 Bq/l , $C_{90} 216 \text{ Bq/l}$). V dalších úsecích vodního toku až po ústí do Labe koncentrace tritia postupně výrazně klesají (průměr $12,3$ až $6,8 \text{ Bq/l}$, $C_{90} 23$ až $9,8 \text{ Bq/l}$,

tj. z II. na I. třídu jakosti vody) a pohybují se tak hluboko pod limitní hodnotou nařízení vlády č. 61/2003 Sb. (Bartáček, 2006). Grafické znázornění dat naměřených Povodím Vltavy je obsaženo v příloze č. 12.

Hanslík (2006) dále sledoval aktivitu tritia v období 2000 – 2005. V roce 2001 ještě nebyly zjištěny koncentrace tritia ve Vltavě pod zaústěním odpadních vod větší než horní mez rozmezí hodnot za předchozí období. V roce 2002 se jednalo o začínající vliv zkušebního provozu JETE. V roce 2003 charakterizovaném podprůměrnými srážkami, a tím i nízkými průtoky vody, byl již vliv odpadních vod vypouštěných z JETE signifikantní a roční průměrná objemová aktivita tritia v ~~≠~~ profilu Vltava – Solenice byla $10,2 \text{ Bq.L}^{-1}$, v profilu Vltava – Štěchovice $5,3 \text{ Bq.L}^{-1}$, v profilu Praha – Podolí $3,4 \text{ Bq.L}^{-1}$ a v profilu Vltava – Zelčín $3,3 \text{ Bq.L}^{-1}$. V roce 2004 byla roční průměrná aktivita tritia v profilu Vltava – Hluboká (nad zaústěním odpadních vod JETE) méně než $1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$. V následujících profilech pod zaústěním odpadních vod v profilu Vltava – Solenice to bylo $13,5 \text{ Bq.L}^{-1}$, v profilu Vltava – Štěchovice $11,3 \text{ Bq.L}^{-1}$, v profilu Praha – Podolí $6,4 \text{ Bq.L}^{-1}$ a v profilu Vltava – Zelčín $7,1 \text{ Bq.L}^{-1}$ (do průměrných hodnot byly započteny výskyty tritia pod úrovní nejmenší významné aktivity C_{NV} na úrovni této hodnoty. Maximální objemová aktivita tritia na odtoku z VN Orlík v lednu 2004, byla $36,2 \text{ Bq.L}^{-1}$. Soustavná pozornost je věnována sledování vývoje objemové aktivity tritia v profilu Vltava Praha – Podolí. Vzorky jsou odebírány s četností 2krát týdně, vesměs v pondělí a ve čtvrtek. Vývoj objemové aktivity tritia, včetně roku 2005, je uveden na obrázku č. 5. Minimální detekovatelná aktivita v tomto profilu byla nastavena na cca $2,2 \text{ Bq.L}^{-1}$.



Obr. 5: Vývoj objemové aktivity tritia ve Vltavě v profilu Praha – Podolí za období 2001-05 a prognóza objemové aktivity tritia včetně pozadí za předpokladu průtoku vody Q_{355} a $Q_{prům.}$ a rovnoměrného vypouštění tritia s odpadními vodami JETE na úrovni limitu 40TBq/r

3. Metodika

3.1. Charakteristika území

3.1.1. Charakteristika řeky Vltavy

Řeka Vltava je levostranný přítok Labe u Mělníka, dlouhý 430,2 km, povodí 28090 km², průměrný průtok v ústí 149,9 m³.s⁻¹, specifický odtok 5,34 L.s⁻¹. km⁻². Pramení na Šumavě pod Černou horou v 1172 m n.m. Po soutoku se Studenou Vltavou se nazývá Teplá Vltava, v nejhořejším toku Černý potok. Protéká Vltavickou brázdou směrem k JV, pod Vyším Brodem se otáčí k S. Hlavní přítoky zprava: Řásnice, Malše, Lužnice, Mastník, Sázava, Botič, Rokytka,; zleva: Polečnice, Křemžský potok, Otava, Kocába, Berounka (Říman a kol., 1987).

3.1.2. Charakteristika odběrových míst

V rámci diplomové práce bylo v období 28.2. 2005 - 6.9. 2006 provedeno 33 sérií odběrů. Celkem bylo odebráno 257 vzorků na 13 odběrových místech. Vzorky byly odebírány z Vltavy a vodních nádrží v blízkém okolí JETE, jako srovnávací lokalita byla vzorkována řeka Blanice pod Husineckou přehradou. Odběrová místa jsou uvedena v tabulce č. 1, fotografická dokumentace odběrových míst je obsažena v příloze č. 14.

Tabulka č. 3: Odběrová místa

| Číslo odběrového místa | Lokalita | Počet odběrů |
|------------------------|--|--------------|
| 1 | Vltava nad VTOOV v Kořensku | 31 |
| 2 | VTOOV v Kořensku | 31 |
| 3 | Vltava pod VTOOV v Kořensku | 31 |
| 4 | Vltava pod Orlickou přehradou v Solenicích | 30 |
| 5 | Vltava ve Štěchovicích | 15 |
| 6 | Vltava v Davli | 15 |
| 7 | Vltava v Chuchli | 15 |
| 8 | Blanice pod Husineckou přehradou | 29 |
| 9 | Vltava pod Hněvkovickou přehradou | 20 |
| 10 | Vltava v Hluboké nad Vltavou | 17 |
| 11 | Jímka Knín | 11 |
| 12 | Výtok z pojistných nádrží dešťových vod (PNDV) Býšov | 10 |
| 13 | Retenční nádrž | 2 |

3.2. Odběr vzorků vody

Vzorky vody pro analýzu byly odebírány přibližně dvakrát měsíčně v období 28.2. 2005 - 6.9. 2006. Zpočátku byly odebírány na osmi lokalitách viz. 1 - 8 tab. č. 3. Posléze byl počet odběrových míst navýšen o dalších pět lokalit. Odběry probíhaly ve dvou variantách: 1x měsíčně celkový odběr na lokalitách 1 - 13 a 1x měsíčně tzv. "zahušťovací" odběr na lokalitách 1 - 13 bez lokalit 5, 6, 7.

Vzorky byly odebírány do PET lahví o objemu 1,5 L. Tyto lahve byly minimálně 24 hodin před odběrem naplněny destilovanou vodou s koncentrovanou kyselinou dusičnou (2 mL/L). Voda pro analýzu byla odebrána vždy 20cm pod hladinou v dostatečné vzdálenosti od břehu. Pro stanovení obsahu rtuti byly vzorky odebírány zvlášť do skleněných lahvíček o objemu 100 mL.

Při odběru bylo na místě, pomocí přístroje WTW MultiLine P4 stanoveno pH, teplota, množství rozpuštěného kyslíku a procento nasycení kyslíkem.

3.3. Laboratorní metody

V laboratoři byla stanovena pomocí přístroje WTW MultiLine P4 konduktivita vzorku. Dále byla titrátořem Mettler standardní metodou měřena alkalinita (KNK_{4,5}).

Vzoreky pro stanovení tritia byly odlity do lahvíček o objemu 100 mL. Tritium bylo stanovováno scintilačním spektrometrem Beckman 6500 s tekutým scintilátorem, nebo obdobným zařízením Tri – Carb 2900 TR v režimu pro nízké aktivity. Jako scintilační roztok byl použit komerčně vyráběný Rotiszint[®] eco plus vyráběný firmou Carl Roth GmbH, Karlsruhe. Tento roztok byl v objemu 10 mL smíchán s 6 mL vzorku, který nebyl zalkalizován ani předestilován (ČSN ISO 9698) především vzhledem k automatické korekci na zhášení u každého měřeného vzorku. Z každého odebraného vzorku byly paralelně připraveny tři vzorky pro měření. Připravené vzorky byly v tritiovém okně měřeny po dobu uvedenou v tabulce v příloze č. 1 při zajištění výsledků odlišujících se v rámci statistických odchylek ve dvou po sobě jdoucích měřeních. Ve výsledcích uváděných pro přehlednost získaných hodnot v Bq.L⁻¹ je vždy uvedena průměrná hodnota z uvedených tří měření. Pozadí bylo stanoveno ve stejném uspořádání s použitím vody získané z hlubinného vrtu nedaleko Loun. Tato voda byla při dřívějších radiochronologických analýzách na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy stanovena jako zdroj s nejnižší objemovou aktivitou ³H zjištěnou v České republice.

Scintilační spektrometr je řízen počítačem, zajišťujícím při automatické korekci na zhášení přímo vyjádření aktivity v Bq a zároveň vyhodnocování směrodatných odchylek. Vzorek v kyvetě se ze zásobníku automaticky zasouvá do olovem stíněné měřicí komory opatřené reflektorem pro omezení úniku scintilačních fotonů. Tato komora je vybavena fotokatodami dvou fotonásobičů, které jsou zapojeny v koincidenci. Měřicí kyvety jsou

vyrobeny ze skla s velmi nízkým zastoupením draslíku. Vnitřní objem standardně užívané kyvety činí 20 mL (Tykva a Berg, 2004).

Princip scintilace může být rozdělen do těchto částí (Tykva a Berg, 2004):

- absorpce záření scintilátorem
- scintilační proces - energie záření předaná scintilátoru vyvolá emisi fotonů
- přenos scintilačních fotonů a jejich absorpce katodou fotonásobiče
- emise fotoelektronů a jejich dopad na první dynodu fotonásobiče
- násobící proces ve fotonásobiči
- shromáždění celkového výsledného náboje na anodě
- akumulovaný náboj je převeden na odpovídající napětí, které je analyzováno a zaznamenáno

Podle ČSN ISO 9698 byla pro Tri – Carb 2900 TR v režimu pro nízké aktivity stanovena pro použité uspořádání minimální detekovatelná objemová aktivita (dále MDA) tritia $10,25 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ tj. zaokrouhлено $10 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$, což právě odpovídá mezní hodnotě pro první jakostní třídu dle ČSN 757221:

$$c_{\min} = \frac{3\left\{\overline{R}_0 / t_s (1 + t_s / t_0)\right\}^{0,5}}{\varepsilon V_2} e^{\lambda \Delta t}$$

kde c_{\min} je nejmenší významná detekovatelná objemová aktivita (**MDA**)

$$\overline{R}_0 = 0,283$$

$$t_s = 1800$$

$$t_0 = 9000$$

$$\varepsilon = 0,67$$

$$V_2 = 0,000006$$

Zohlednění výpočtu činitelem $e^{\lambda \Delta t}$ bylo zanedbáno vzhledem k poločas rozpadu tritia 12,26 let.

Vzorky pro stanovení aniontů a kationtů byly zfiltrány přes membránový filtr SARTORIUS, Celulose nitrate filter. Vzorky pro stanovení kationtů byly před filtrací okyseleny koncentrovanou kyselinou dusičnou 2 mL/L.

Kationty ve vzorku byly stanoveny metodou ICP-MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem), přístrojem PQ Ex-Cell od anglického výrobce f. VG-Elemental (dnes f. Thermo).

Zkratka je odvozena z angl. názvu „Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry“ (= hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem). Tato metoda patří v současné době k nejdynamičtěji se rozvíjejícím technikám elementární analýzy.

Metoda slouží nejčastěji k analýze kapalných vzorků, proto je třeba pevné vzorky před analýzou převést do roztoku (zmineralizovat). Kapalným vzorkem je ve zamlžovači převeden na aerosol v argonu, který je vnášen do plazmového výboje udržovaného vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem v proudu argonu. V plazmatu dojde k atomizaci vzorku a k ionizaci atomů, vznikají převážně jednonásobně kladně nabitě ionty, které jsou z plazmatu extrahovány do vlastního hmotnostního spektrometru. V něm jsou nejprve separovány v kvadrupólovém analyzátoru na základě poměru hmotnosti a náboje a poté je jejich množství detekováno vhodným detektorem.

Tato metoda nalezla široké pole využití především při analýze vod, ale i biologických a geologických materiálů. Metoda je velmi universální: kromě vzácných (dříve inertních) plynů a několika dalších nekovů lze stanovovat prakticky všechny prvky periodické tabulky. K přednostem ICP-MS patří zejména velice nízké meze detekce, často na koncentrační úrovni jednotek až desetin ng/l (=ppt), široký dynamický rozsah měřitelných koncentrací přesahující až osm řádů a především možnost stanovení izotopových poměrů stabilních přirozených

izotopů prvků – např. olova, kterou neumožňuje žádná jiná analytická metoda, kromě gamaspektrometrie.

Vzorky pro stanovení anionů byly po zfiltrování zmrazeny a posléze analyzovány metodou FIA (Flow Injection Analyse), tzv. průtokovou spektrofotometrií, přístrojem švédské firmy Tecator.

Rtuť byla v zakonzervovaných (HNO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) vzorcích vod stanovena na jednoúčelovém atomovém absorpčním spektrofotometru AMA 254 od české firmy ALTEC Praha. Tento přístroj je určen pro přímé stanovení obsahu rtuti v pevných a kapalných vzorcích bez potřeby chemické předúpravy vzorku. Využívá techniky generování studených par kovové rtuti s následným zachycením a zkoncentrováním na zlatém amalgamátoru.

Pro statistické výpočty stanovených parametrů byly hodnoty pod mezí stanovení (u tritia pod MDA) nahrazeny její jednou třetinou (3 sigma).

4. Výsledky

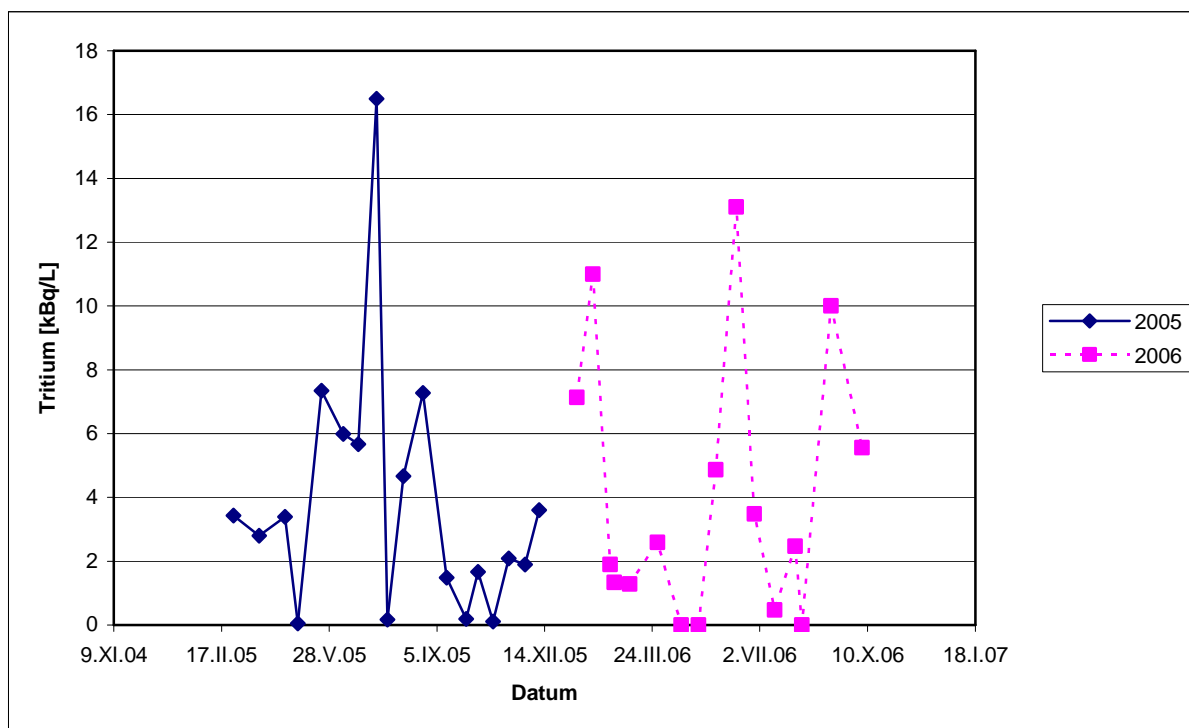
4.1. Tabele a grafické zpracování výsledků

Zjištěné aktivity tritia ve VTOOV v Kořensku za sledované období, včetně jejich průměrů a základních statistických parametrů jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 1. Dále jsou znázorněny graficky v příloze č. 2. Aktivity tritia vyšší než mez stanovení na dalších odběrových lokalitách jsou uvedeny v tabulce v příloze č. 3. Datum, čas odběru, teplota vody, rozpuštěný kyslík, nasycení kyslíkem, alkalinita a vodivost vzorků odebraných z VTOOV jsou uvedeny v tabulce v příloze č. 4. V této příloze jsou dále uvedeny další sledované prvky, anionty a korelace jejich obsahu s aktivitou tritia. V příloze č. 5 jsou tabelovány naměřené hodnoty ostatních parametrů, ve vzorcích u kterých byla naměřena objemová aktivita tritia vyšší než MDA. Pro odběry č. 510 a 532, kdy byla naměřena aktivita tritia vyšší než MDA na dalších odběrových místech v toku Vltavy pod VTOOV jsou korelace tritia a vybraných prvků uvedeny v příloze č. 6.

4.2. Aktivity tritia ve VTOOV v Kořensku

Ve výpusti tlumícího objektu odpadních vod (VTOOV) v Kořensku byla s výjimkou tří odběrů v roce 2006 objemová aktivita tritia vždy vyšší než MDA. Průměrná aktivita v roce 2005 činila 3796 Bq.L^{-1} s maximem 16498 Bq.L^{-1} a minimální hodnotou 47 Bq.L^{-1} . V roce 2006 byla zjištěna průměrná hodnota 4074 Bq.L^{-1} s maximální hodnotou 13106 Bq.L^{-1} a minimální hodnotou menší než 10 Bq.L^{-1} .

Jak je dobře patrné z grafu na obrázku č. 6 došlo v průběhu sledovaného období ke čtyřem výrazným zvýšením aktivity tritia ve VTOOV. Tyto zvýšené hodnoty pravděpodobně souvisí s palivovými kampaněmi případně s úniky tritiové vody, ke kterým došlo.



Obr. č. 6: Aktivity tritia ve VTOOV v období 2005 - 2006

Hodnoty naměřené ve VTOOV v průběhu období po výměně paliva jsou průměrně vyšší než hodnoty naměřené mimo období výměny paliva. Na prvním bloku JETE probíhala výměna paliva v období 15.7. 2005 – 10.10. 2005 a 2.6. 2006 – 14.8. 2006. Na druhém bloku JETE probíhala výměna paliva v období 9.4. 2005 – 17.7. 2005 a 25.8. 2006 – 13.11. 2006. Pro odběry z období výměny paliva v roce 2005 je hodnota průměrné aktivity tritia ve VTOOV 4794 Bq.L^{-1} oproti průměrné aktivitě 2722 Bq.L^{-1} v období mimo výměnu paliva za oba roky. Pro odběry z období výměny paliva v roce 2006 je hodnota průměrné aktivity tritia 5013 Bq.L^{-1} oproti výše uvedené hodnotě 2722 Bq.L^{-1} .

Nejvyšší naměřená hodnota 16498 Bq.L^{-1} naměřená v odběru z 11.7. 2005 mohla být také ovlivněna únikem 3000 litrů radioaktivní vody ke kterému došlo 27.5. 2005. Hodnota 10000 Bq.L^{-1} naměřená 6.9. 2006 může souviset s únikem 18000 litrů kondenzátu ke kterému

došlo 2.8. 2006. Aktivita 11000 Bq.L^{-1} , která byla naměřena ve vzorku z VTOOV z 28.1. 2006 koresponduje s odstávkou reaktoru v období 17.12. 2005 – 1.1. 2006. Časový rozdíl mezi úniky a naměřenou zvýšenou aktivitou je možné vysvětlit zdržením kontaminované vody v zádržných systémech JETE. Vzhledem k tomu, že tritium z odpadních vod nelze odstranit, lze předpokládat souvislost mezi zvýšenou aktivitou tritia ve VTOOV a těmito úniky.

4.3. Aktivity tritia ve Vltavě a na dalších odběrových lokalitách

Ve vzorcích Vltavy odebraných 28.2. 2005 byla naměřena aktivita tritia na odběrových lokalitách v Kořensku nad VTOOV, v Solenicích pod Orlickou přehradou a ve Štěchovicích. Tato aktivita a zřejmě i aktivita naměřená v Kořensku nad VTOOV 24.3. 2005 měla pravděpodobně souvislost s únikem 20 000 litrů radioaktivní vody z primárního okruhu, ke kterému došlo 20.12. 2004. Za normálních podmínek by se nad VTOOV aktivita tritia, vyšší než přirozené pozadí, neměla vyskytovat. V podkladech EIA (2001): JETE - podklady pro posouzení vlivů na životní prostředí se v kapitole Systém odvádění vod uvádí: Srážkové vody jsou odváděny gravitační kanalizací do hlavního kanalizačního sběrače a jím dále do dvou pojistných ($2 \times 5500 \text{ m}^3$) nádrží, ležících mimo oplocený areál elektrárny. Pojistné nádrže jsou na straně vtoku vybaveny normými stěnami (mobilní, 2 ks na každé nádrži) k zachycení plovoucích nečistot a ropných látek. Další betonová normá stěna je umístěna na konci nádrže před přepadovou hranou. Jedna z nádrží je provozní, druhá rezervní, aby bylo umožněno odstavení nádrže při čištění, opravě či případné havárii. Z pojistných nádrží voda odtéká do retenční nádrže Býšov o objemu $183\,000 \text{ m}^3$, která slouží k akumulaci případně zvýšených odtoků. Z retenční nádrže odtéká voda místním tokem Strouha do vzduť přehradní nádrže Hněvkovice.

Únikem zřejmě došlo ke kontaminaci srážkových vod a přes systém záchytných nádrží došlo k malému úniku tritia do Vltavy nad VTOOV. Systém propojení nádrží je patrný na mapě uvedené v příloze č. 7. Další aktivita tritia byla naměřena v odběru z 10.6. 2005 na lokalitách Vltava v Kořensku nad VTOOV, pod VTOOV, v Solenicích pod Orlickou přehradou a ve Štěchovicích. Uvedený odběr byl pravděpodobně ovlivněn únikem 3 000 litrů radioaktivní vody z 27.5. 2005.

Na těchto dvou odběrech je také dobře patrné postupné snižování aktivity tritia v průběhu toku. Dále byly sledovány korelace tritia a vybraných kationů u odběrů č. 510 a 532. Korelace se pro jednotlivé odběry liší a pro odběry z VTOOV nebyly významné korelace nalezeny, to poukazuje na proměnlivost znečištění vody v tomto místě. V odběru číslo 666 z 5.10. 2006 byl odebrán vzorek č. 2 z VTOOV v Kořensku a vzorek č. 2* z výpusti zaústěné v jezu. Ve vzorku č. 2 byla naměřena aktivita tritia 5560 Bq.L^{-1} a ve vzorku č. 2* nebyla naměřena signifikantní aktivita. Z toho vyplývá, že odpadní voda z JETE vypouštěná přes zaústění do jezu může mít pravděpodobně jiný původ a proto i charakter než voda vypouštěná z VTOOV (odběrové místo č. 2). Dále byla naměřena aktivita tritia v odběrech č. 615 z 29.3 2006 a č. 666 z 5.10. 2006 na odběrovém místě PNDV-Býšov a v odběru č. 666 z 5.10. na odběrovém místě jímka Knín. Zdroj této aktivity se nepodařilo objasnit.

Hodnoty naměřené v profilu Vltava Solenice jsou vyšší oproti hodnotám naměřeným v letech 2003 a 2004 Hanzlíkem (2006). Výrazný rozdíl byl i v maximální naměřené aktivitě. Hanzlík (2006) uvádí maximální objemovou aktivitu pod Orlickou přehradou v lednu 2004 $36,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ námi naměřená maximální hodnota v červnu 2006 činila 577 Bq.L^{-1} . V červnu 2006 byla naměřena hodnota přesahující 500 Bq.L^{-1} ještě i v profilu Vltava – Štěchovice.

Tabulka č. 4: Klasifikace vod odběrových lokalit do jakostních tříd dle ČSN757221:

| Lokalita | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Ukazatel | Třída | | | | | | | | | | | | | | |
| dis.O2 | I | I | I | I | III | II | III | V | I | I | I | IV | I | I | II |
| Vodivost | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 3H | I | I | I | I | I | V | II | II | II | I | I | II | II | I | I |
| 24Mg | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | II | I | I | I |
| 31P | I | II | I | II | II | III | II | II | I | II | II | III | I | II | II |
| 44Ca | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | III | I | I | I |
| 52Cr | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | II | II | I | I |
| 54Fe | I | II | I | II | III | II | II | II | I | I | I | I | III | III | II |
| 55Mn | I | II | I | I | II | I | II | II | I | I | I | II | II | II | I |
| 60Ni | I | I | I | I | II | II | II | I | I | I | I | II | II | II | I |
| 65Cu | II | III | II | III | III | III | III | III | II | II | II | II | III | II | III |
| 66Zn | I | III | I | III | III | III | II | III | I | I | I | I | III | II | II |
| 75As | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | I |
| 111Cd | I | II | I | I | II | II | II | II | I | I | I | I | II | II | II |
| 208Pb | I | I | I | II | II | II | II | IV | I | I | I | I | II | I | I |
| 238U | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | II | I | I | I |
| Hg | I | II | I | IV | IV | II | IV | III | I | I | II | I | III | I | I |
| NH4-N | I | II | I | II | II | II | II | I | I | I | I | III | II | I | I |
| NO3-N | I | I | I | I | I | IV | II | II | I | II | II | V | I | I | I |
| TP | II | II | II | II | III | III | III | III | II | II | II | III | II | II | II |
| SO4 | I | I | I | I | I | II | I | I | I | I | I | II | I | I | I |
| Cl | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |

Číslování odběrových lokalit v tabulce č. 4 pro zatřídění dle jakosti vody:

- 1 Vltava v Hluboké n. Vlt. 5.8. 2005 - 9.12. 2005
- 2 Vltava v Hluboké n. Vlt. 13.1. 2006 - 5.10. 2006
- 3 Vltava pod Hněvkovickou přehradou 14.9. 2005 - 9.12. 2005
- 4 Vltava pod Hněvkovickou přehradou 13.1. 2006 - 5.10. 2006
- 5 Vltava nad jezem - Kořensko 28.2. 2005 - 5.10.2006
- 6 VTOOV 28.2.2005 - 5.10. 2006
- 7 Vltava pod VTOOV v Kořensku 28.2.2005 - 5.10. 2006
- 8 Vltava pod Orlickou přehradou 28.2. 2005 - 6.9. 2006
- 9 Vltava u Štěchovic 28.2. 2005 - 10.8. 2006
- 10 Vltava v Davli 28.2. 2005 - 10.8. 2006
- 11 Vltava pod Berouňkou Chuchle 28.2. 2005 - 10.8. 2006
- 12 Jímka Knín 17.2 2006 - 6.9. 2006
- 13 PNDV-Bečyšov 17.2. 2006 - 6.9. 2006
- 14 Retenční nádrž 10.8. 2006 - 5.10. 2006
- 15 Výpusť z Husinecké přehrady 28.2. 2005 - 5.9. 2006

V porovnání se Žákovou (2006), která měřila tritium ve vodách zatížených odpadními vodami Jaderné elektrárny Dukovany jsou maximální aktivity tritia ve VTOOV až o řád vyšší. Žáková (2006) hodnotí jakost vody ve Skryjském potoce, do kterého jsou odváděny odpadní vody z Jaderné elektrárny Dukovany IV. třídou jakosti pro ukazatel tritium.

Jakost vody ve VTOOV zjištěná námi je hodnocena V. třídou jakosti. Ostatní sledované lokality zatížené odpadními vodami Jaderné elektrárny Dukovany hodnotí Žáková (2006) II. třídou jakosti. Vody Vltavy zatížené odpadními vodami JETE jsou v této práci pro ukazatel tritium hodnoceny I. a II. třídou jakosti.

Byla **zaznamenána zvýšená aktivita tritia též nad výpustí JETE**, t.j. v místech, kde by být neměla. Stalo se tak **ve dvou případech ve Vltavě** pod přehradou Hněvkovice (**36 Bq/L** u vzorku č.576/9 z odběru 26.11.2005 a **77 Bq/L** u vzorku č.652/9 z odběru 16.7.2006) a **ve třech případech v nejbližším okolí JETE** (**66 Bq/L** ve vzorku č.666/11 z jímky za kapličkou na místě bývalé obce Knín, **644 Bq/L** ve vzorku č.615/12 z výtoku PNDV-Býšov ze dne 29.3.2006 a **94 Bq/L** ve vzorku č.666/12 tamtéž dne 6.10.2006). Voda z jímky Knín (t.j. odběrové místo č. 11) vykazovala většinou také vysokou konduktivitu, neutralizační kapacitu, koncentrace boru, alkalických kovů ale také např. nejvyšší naměřenou koncentraci uranu ze všech zkoumaných míst. Podrobněji v příloze č.3 a 5.

4.4. Hodnocení jakosti vody v jednotlivých odběrových lokalitách

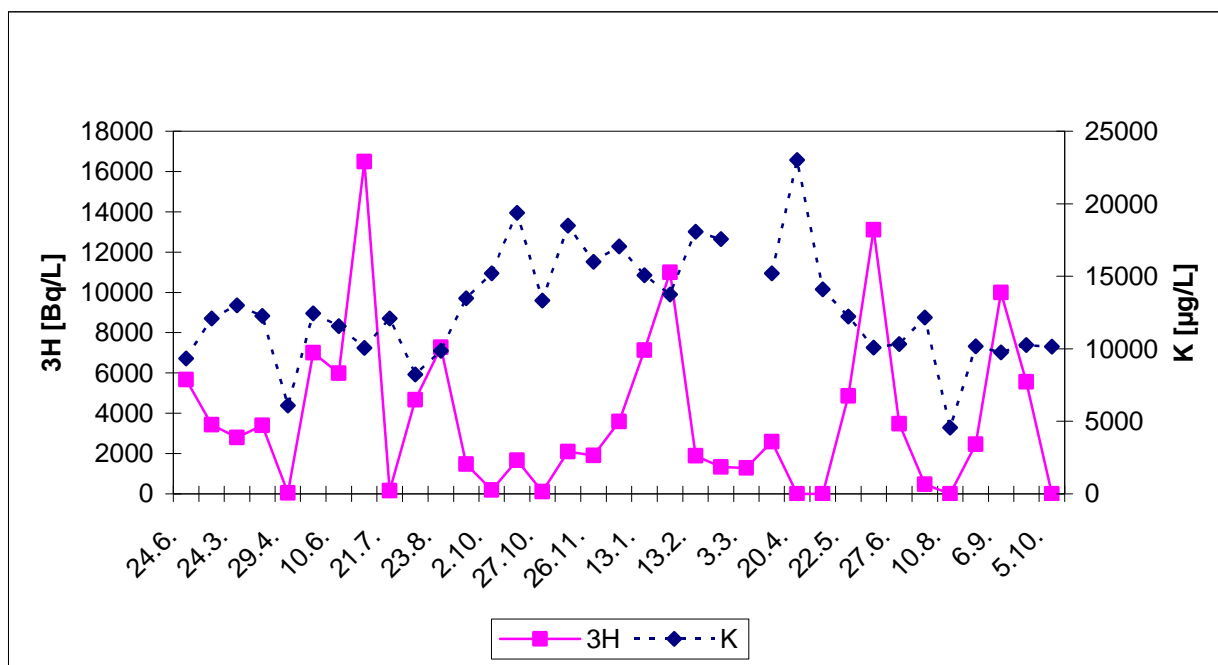
Podle ČSN 75 7221 „*Klasifikace povrchových vod podle jakosti*“ lze zařadit povrchové vody do tříd jakosti. Třídy jakosti vypočítané pro jednotlivé lokality ze sledovaných parametrů jsou uvedeny v tabulce č. 4. Další údaje ke klasifikaci podle jakosti a statistické údaje jsou uvedeny v příloze č. 8.

Jak je patrné z tabulky č. 4 vody na odběrových místech ve většině ukazatelů spadají do první až druhé jakostní třídy. Ve většině případů je ale zvýšený obsah mědi a zinku

posunuje do třetí třídy. Ve třech případech byla vlivem rtuti zařazena voda Vltavy do čtvrté třídy. Jedenkrát byl příčinou zařazení do páté třídy nízký obsah kyslíku.

Objemová aktivita tritia v pěti případech zařazovala vodu do druhé třídy, ale ve čtyřech z těchto případů byla kvalita vody zařazena vlivem dalších ukazatelů do třetí až páté třídy. Pouze ve VTOOV byla kvalita vody hodnocena stupněm pět vlivem tritia. Ani v případě VTOOV však nebyly překročeny mezní hodnoty kapalných výpustí z JE Temelín závazně stanovené v rozhodnutí, které vydal Okresní úřad v Českých Budějovicích podle §8 zákona č.138/73 Sb., o vodách, při respektování požadavků SÚJB.

Výsledky předkládané práce dále prokázaly (obr. 7), že ani při poměrně vysoké koncentraci draslíku (až více než 20 mg.L⁻¹ vody) neovlivní přirozeně zastoupený radionuklid ⁴⁰K měření aktivity tritia v užitém zařízení což odpovídá jeho zastoupení v přírodním draslíku a použitému měřicímu uspořádání.



Obr. č. 7: Graf časového průběhu tritia s draslíkem ve vodě z VTOOV

4.5. Analýza bentosu

Jako vedlejší téma byla v této práci zkoumána možnost biomonitoringu pomocí bentosu získaného jednak z VTOOV (při vhodném stavu hladiny Vltavy a jednak z vybraných míst na dně řeky na lokalitách Vltava v Hluboké nad Vltavou, Vltava pod hrází údolní nádrže v Hněvkovicích, VTOOV a Vltava pod Orlickou přehradou v Solenicích. V odebraných vzorcích bylo zjištěno druhové složení fyto-bentosu tj. zastoupení sinic, řas rozsivek, byla měřena aktivita tritia jednak v nativním stavu a jednak v sušině, dále bylo analyzováno prvkové složení metodou ICP-MS.

Druhové složení a zastoupení sinic, řas a rozsivek přítomných v bentosu je uvedeno v příloze č. 9, v příloze č. 10 jsou uvedeny průměrné obsahy prvků v analyzovaném bentosu.

Aktivita tritia v řasách v nativním stavu odpovídala aktivitě ve vodě naměřené nad řasami. V sušině nebyla detekována signifikantní aktivita, takže sinice, řasy a rozsivky přítomné v bentosu zřejmě neakumulují signifikantně tritium z okolní vody do biomasy sušiny.

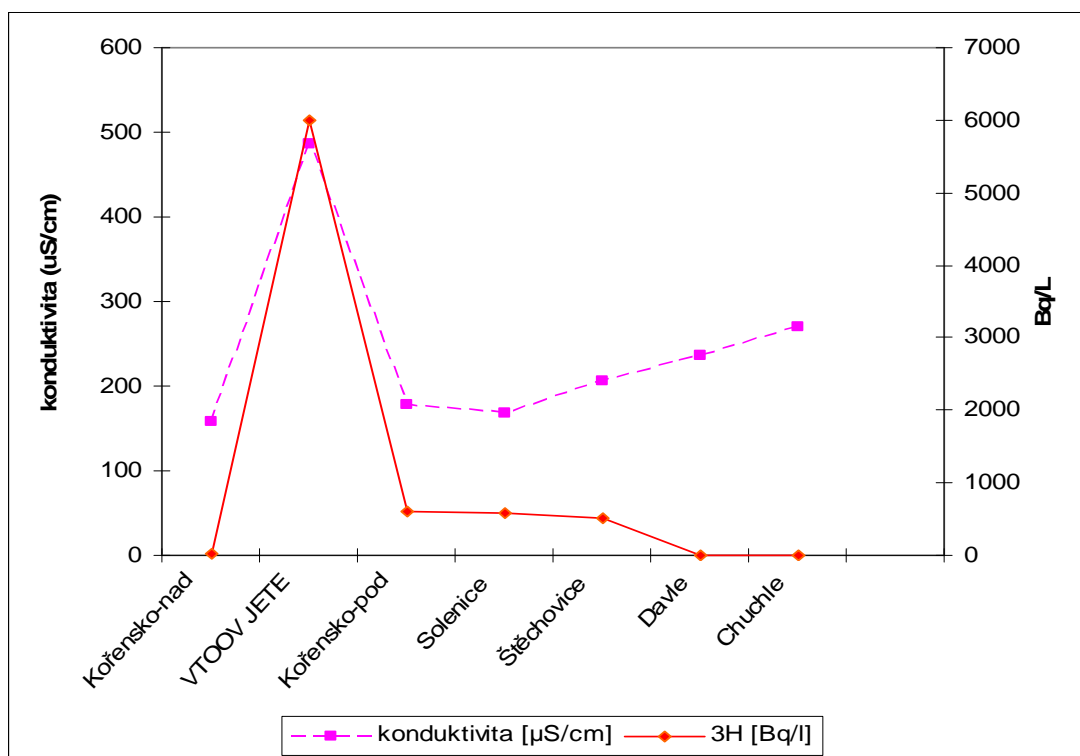
Z tabulek v příloze č.10 je patrná změna obsahu některých prvků v průběhu toku. Tyto prvky jsou řasami akumulovány a umožňují sledovat jednak vliv VTOOV na jejich obsah, jednak ovlivnění toku. Lokalita Vltava v Hluboké nad Vltavou jako neovlivněná VTOOV byla porovnávána s lokalitou Vltava pod Orlickou přehradou v Solenicích. Mezi Vltavou pod Hněvkovickou přehradou a Vltavou v Solenicích je kromě vlivu VTOOV tok ovlivněn přítokem Otavy a Lužnice, proto byly sledovány zejména prvky jejichž obsah v bentosu z VTOOV byl zvýšený oproti bentosu z lokality Hluboká a dále prvky, které lze zahrnout mezi aktivační a korozivní produkty vznikající při provozu jaderného reaktoru.

Pro B, Na, P, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Ba, Pb byl patrný nárůst obsahu uvedených prvků ve zkoumaném bentosu podél toku Vltavy v uvedeném

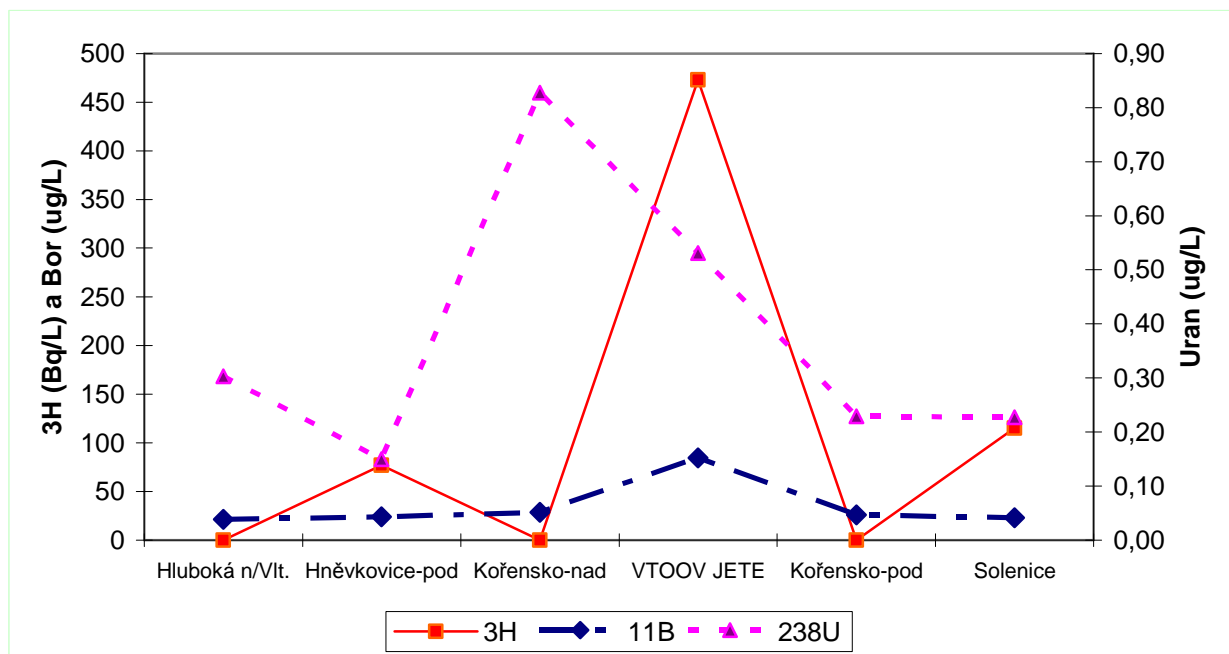
úseku. Naopak pokles obsahu byl pozorován u Li, Mg, Al, K, Cr, Be, Rb, Tl a U. Závislosti pro vybrané prvky jsou uvedeny na v příloze č.11. Pokles obsahu v bentosu byl pozorován také u uranu, avšak zdrojem tohoto prvku však není VTOOV, ale pravděpodobně průsaky z areálu MAPE-Mydlovary, které se dostávají Soudným potokem a výpustným potrubím přímo do Vltavy u Hluboké. Obsah některých prvků je snižován při úpravě vody pro použití v technologiích jaderné elektrárny. Vlivem této úpravy dojde ke snížení obsahu ve vodách vypouštěných z JETE a následně i snížení akumulace výše uvedených prvků v bentosu z výpusti VTOOV. Grafické porovnání vybraných sledovaných ukazatelů pro lokality Vltava nad VTOOV a Vltava pod VTOOV je obsaženo v příloze č. 13. Z tam uvedených grafů vyplývá, že např. teplota vody, amoniakální a též celkový dusík nad a pod VTOOV v Kořensku se vlivem JETE nemění. Naopak obsah rozpuštěných látek, vyjádřený jako el.konduktivita, koncentrace sodíku, chloridů, rubidia, draslíku, boru, arsenu, cínu, etc. vykazovaly velmi signifikantně vyšší četnosti zvýšených hodnot ve Vltavě pod VTOOV. Se zvýšeným obsahem alkalických kovů ve vodě pod VTOOV korespondovala též signifikantně vyšší alkalita (neutralizační kapacita $KNK_{4,5}$).

Zvýšenou aktivitu tritia v toku Vltavy většinou doprovázejí Na, As, B, Cr, Cu, Sb, Zn, Sn, Li, Ni, Mo, Se, NO_2^- , Cl^- a NH_4^+ . Průběh aktivity tritia a některých doprovodných prvků podél toku Vltavy ve vybraných odběrech uvádí následující grafy na obr. 8 a 9.

Vzhledem k tomu, že mezi obsahem uvedených prvků a tritiem ve VTOOV nebyla prokázána signifikantní korelace, nelze bentos použít pro přesnější monitorování zátěže toku tritiem je však velmi vhodný pro biomonitoring řady prvků.



Obr. č. 8: Průběh 3-H a konduktivity podél toku Vltavy z 10.6.2005



Obr. č. 9: Průběh 3-H, boru a uranu podél toku Vltavy z 16.7.2006

5. Závěr

V práci byla zkoumána možnost použití VTOOV k doplňkovému monitorování případných nadstandardních situací v JETE. Z naměřených dat a jejich porovnávání s dostupnými údaji o provozu JETE a případnými úniky radioaktivních látek vyplývá, že je možné vzorky VTOOV k tomuto účelu dobře využít. Kolísání objemové aktivity tritia odráží s určitým zpožděním, které je způsobeno zádržnými systémy elektrárny, jednak nadstandardní situace spojené s úniky radioaktivních látek a jednak také vypouštění těchto látek v souvislosti s palivovými cykly. V žádném z případů však v této práci nebyly naměřeny aktivity tritia, které by překročily mezní hodnoty kapalných výpusť z JE Temelín závazně stanovené v rozhodnutí, které vydal Okresní úřad v Českých Budějovicích podle §8 zákona č.138/73 Sb., o vodách, při respektování požadavků SÚJB.

Byla pozorována korelace mezi aktivitou tritia ve VTOOV a aktivitou v toku, kdy při nárůstu aktivity ve VTOOV byly naměřeny zvýšené aktivity v průběhu toku Vltavy na dalších odběrových místech pod zaústěním VTOOV. Na dalších odběrových místech byla stanovena pro parametr tritium I. a II. jakostní třída podle ČSN 75 7221 „*Klasifikace povrchových vod podle jakosti*“. Vlivem dalších parametrů byla v těchto lokalitách stanovena II. až V. třída jakosti. Výjimkou byla Vltava ve Štěchovicích, která byla zařazena do II. jakostní třídy podle tritia.

Byla **zaznamenána zvýšená aktivita tritia též nad výpusť JETE**, t.j. v místech, kde by být neměla. Stalo se tak **ve dvou případech ve Vltavě** pod přehradou Hněvkovice (**36 Bq/L** u vzorku č.576/9 z odběru 26.11.2005 a **77 Bq/L** u vzorku č.652/9 z odběru 16.7.2006) a **ve třech případech v nejbližším okolí JETE** (**66 Bq/L** ve vzorku č.666/11 z jímky za kapličkou na místě bývalé obce Knín, **644 Bq/L** ve vzorku č.615/12 z výtoku PNDV-Býšov ze dne 29.3.2006 a **94 Bq/L** ve vzorku č.666/12 tamtéž dne 6.10.2006). Voda z jímky Knín (t.j. odběrové místo č. 11) vykazovala většinou také vysokou

konduktivitu, neutralizační kapacitu, koncentrace boru, alkalických kovů ale také např. nejvyšší naměřenou koncentraci uranu (až 26 mikrogramů ^{238}U v litru) ze všech zkoumaných míst. Podrobněji v příloze č.3 a č.5.

V porovnání s ostatními autory byly ve vodách ovlivněných provozem JETE naměřeny objemové aktivity tritia vyšší. Hodnoty naměřené Hanslíkem (2006) byly v profilech Solenice a Štěchovice v letech 2003 a 2004 nižší, ale ve stejné jakostní třídě. Pouze maximální hodnota naměřená Hanslíkem (2006) v lednu 2004 pod VD Orlík v Solenicích se výrazně lišila od maximální hodnoty naměřené v rámci této práce: hodnota $36,2 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ naměřená v lednu 2004 oproti hodnotě $577 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ naměřené v červnu 2005.

Naměřené aktivity ve vodách ovlivněných JETE byly v maximálních hodnotách i o řád vyšší oproti hodnotám naměřeným Žákovou (2006) ve vodách ovlivněných Jadernou elektrárnou Dukovany. Údaje o aktivitách tritia ve Vltavě pod výpustí JETE v profilu Hladná (t.j. asi 3-4 km níže) uváděná provozovatelem (ČEZ) ve zprávě za rok 2006 (Kurfiřt a kol., 2007) dosahují ojediněle v maximech až cca 500 Bq/L ($487,5 \text{ Bq/L}$ z 12.12.2006) což je v řádové shodě s našimi výsledky. Naproti tomu však veřejně dostupná data v internetové online databázi ČHMÚ za stejné období jsou řádově nižší s maximální aktivitou $37,4 \text{ Bq/L}$ z 11.12.06 v Solenicích (www.chmi.cz). Správce toku Povodí Vltavy s.p. ve své „Zprávě o hodnocení jakosti povrchových vod v oblasti povodí Dolní Vltavy za období 2004-5“ uvádí, že: „Obsah tritia ve vltavské vodě se logicky zvyšuje v profilu pod vodní nádrží Kořensko, do níž jsou odpadní vody z JE Temelín vypouštěny s průměrem 37 Bq/L a charakteristickou hodnotou pro zatřídění $C_{90}=216 \text{ Bq/L}$. V dalších úsecích vodního toku až po ústí do Labe koncentrace tritia postupně výrazně klesají z II. na I. třídu jakosti vody a pohybují se tak hluboko pod limitní hodnotou nařízení vlády č.61/2003 Sb. – 4000 Bq/L .“ V tomto kontextu je velmi podivuhodné, že Povodí Vltavy ve své dřívější zprávě za dvojletí 2002-3, kdy ještě

neběžel 2. blok JETE na plný výkon, uvádělo koncentraci tritia pod výpustí JETE asi 70 Bq/L (viz.graf č.1.10 v Příloze č.13), tedy přibližně dvojnásobnou než nyní po najetí obou bloků na plný výkon.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že pro zařazování vod ovlivněných VTOOV do jakostních tříd dle ČSN 75 7221 není tritium kritickým parametrem. Je však potřeba brát v úvahu další látky, které jsou do vod vnášeny s odpadními vodami JETE. Mezi obsahem těchto prvků a aktivitami tritia v toku Vltavy nebyly až na výjimky (uvedené v příloze č. 6 z odběrů č.510 a 532) nalezeny signifikantní korelace, proto je nelze použít k posuzování ovlivnění toku tritiem. Nedostatek korelací mezi obsahem prvků a aktivitou tritia poukazuje na proměnlivý charakter znečištění vypouštěných vod.

Z dosažených výsledků vyplývá, že např. teplota vody, amoniakální a též celkový dusík nad a pod VTOOV v Kořensku se významně nemění. Naopak **obsah rozpuštěných látek**, vyjádřený jako elektolytická konduktivita, koncentrace sodíku, chloridů, rubidia, draslíku, boru, arsenu, cínu, etc. vykazovaly **velmi signifikantně vyšší četnosti zvýšených hodnot ve Vltavě pod VTOOV než nad.**

Použití bentosu jakožto bioindikátoru pro tritium se neosvědčilo, avšak je velmi dobře použitelný pro monitoring zatížení toku těžkými kovy i některými ostatními stanovovanými prvky.

6. Seznam použité literatury

Baeza A., et al.: Influence of interbasin transfers between the Alcantara and Guadiloba reservoirs on the radiological quality of the drinking water of the city of Caceres (Spain). J. Radioanal. Nucl. Chem., 252, 2002, č. 3, s. 441 – 449.

Bartáček J.: Zpráva o jakosti povrchových vod v oblasti povodí Horní Vltavy za období 2004 – 2005. Povodí Vltavy, Praha, 2006.

Baumgärtner F.: Accumulative tritium transfer from water into biosystems. International Conference on Tritium Science and Technology N^o7., 48, 2005, č. 1, s. 787 – 790.

Bolsunovsky A.Y., Bondareva L.G.: Tritium in surface waters of the Yenisei River basin. J. Environ. Radioact., 66, 2003, č. 3, s. 285 – 294.

Breban D. C., et al.: Activity concentrations of selected artificial and natural radionuclides in water and sediment samples from the North Western Black Sea. J. Radioanal. Nucl. Chem., 260, 2004, č. 3, s. 503 – 508.

Čechák T., 1997: In: Matějka K. a kol., Vybrané analytické metody pro životní prostředí., ČVUT Praha, 186 s.

Dasher D., et al.: An assessment of the reported leakage of anthropogenic radionuclides from the underground nuclear test sites at Amchitka Island, Alaska, USA to the surface environment. J. environ. radioact., 60, 2002, č. 1 – 2, s. 165 – 187.

Egorov Yu. A.: Tritium in a Natural-Technological System of Nuclear Power Plant-Cooling Pool. Water Resour., 29, 2002, č. 5, s. 567 – 572.

EIA: Posouzení vlivů Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí, předložené v návaznosti na dobrovolný a nadstandardní postup podle části V. protokolu z Melku, Praha, 2001, 113 s.

Greenwood N. N., Earnshaw A.: Chemie prvků, 1993, Informatorium, Praha s.68-69

Hanslík, E., Mansfeld, A.: Tritium v odpadech jaderného palivového cyklu a možnosti jeho odstranění. Práce a studie, sešit 159, VÚV Praha, 1983, 159 s.

Hanslík E.: Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství : sborník přednášek z 16. konference konané 3. - 4. listopadu 1999, České Budějovice., 1999, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, České Budějovice, 231 s.

Hanslík E., et al.: Observed half-lives of ³H, ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in hydrosphere in the Vltava River basin (Bohemia). J. environ. radioact., 81, 2005, s. 307 – 320.

Hanslík E.: Vliv odpadních vod z JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi. Vodní hospodářství, 2006, č. 2, s. 6 – 9.

Chang R.: Chemistry., The McGraw-Hill, USA, 1998, 991 s.

IAEA: Management of waste containing tritium and carbon – 14. Technical Report Series, 2004, č.: 421s.

ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Ann.ICRP 21 , Pergamon Press, Oxford, 1991, s. 1-3.

Jha A.N., Dogra Y., Turner A., Millward G.E. : Impact of low doses of tritium on the marine mussel, *Mytilus edulis*: Genotoxic effects and tissue-specific bioconcentration., Mutation Research 586, 2005, s.47-57

Kakiuchi H., et al.: Tritium concentration in ocean. J. Radioanal. Nucl. Chem., 239, 1999, č. 3, s. 523 – 526.

Kurfířt M., Janovský D., Kotková L., Portová B., Pospíchal J., Radová M., Šnedar M., Vedral J. : Výsledky monitorování výпустí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2006, ČEZ a.s., únor 2007, s. 97-98.

McCubbin D., Leonard K.S., Bailey T.A., Williams J., Tossell P: Incorporation of organic tritium (^3H) by marine organisms and sediment in the Severn estuary/Bristol Channel (UK), Mar. Pollut. Bull. 42, 2001, s. 852-863.

Mitchell P. I., et al.: Tritium in well waters, streams and atomic lakes in the East Kazakhstan Oblast of the Semipalatinsk Nuclear test site. J. Radiol. Prot., 25, 2005, č. 2, s. 141 – 148.

Momoshima N., et al.: Tritium concentrations of river water on northern and southern islands of Japan. J. Radioanal. Nucl. Chem., 150, 1991, č. 1, s. 163 – 169.

Moskalev Y. I., Zhuravlev V. F., Istomina A.G., Petrovich I. K., Kazbekova D. A., in: Moghissi A.A., Carter M.W. (Eds.), Relative biological effectiveness of tritium, Tritium, Messenger Graphic, Nevada, USA, 1973.

Nuti S.: Isotope techniques in geothermal studies. In: Applications of geochemistry in geothermal reservoir development, Series of the technical guides on the use of geothermal energy. D'Amore, F., coordinator, Rome, UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources, 1991, s. 215 – 251.

Payne B. R.: Introduction. In: Guidebook of nuclear techniques in hydrology, 1983 Edition, Technical Report Series, č. 91. Vienna, International Atomic Energy Agency, s. 1 – 18.

Radwan I., et al.: Tritium in surface waters, tap water and in precipitation in Poland during the 1994 – 1999 period. J. Radioanal. Nucl. Chem., 247, 2001, č. 1, s. 71 – 77.

Roether W.: Estimating the tritium input to groundwater from wine samples: groundwater and direct runoff contribution to Central European waters. In: Isotopes in hydrology. Vienna, International Atomic Energy Agency, s. 73 – 91.

Říman J., et al.: Malá československá encyklopedie. Vol. Š – Ž., Praha, Academia, 1987, 928 s.

Sanchez-Cabeza J. A., et al.: Artificial radionuclides in waters of the lower section of the river Ebro (Northeast Spain). *Water, Air, Soil Pollut.*, 118, 2004, č. 3 – 4, s. 339 – 356.

Suyama I., Etoh H., Maruyama T., Kato Y., Ichikawa R.: Effects of ionising radiation on early development of *Oryzias* eggs, *J. Radiat. Res.* 22, 1981, s. 125-133.

Straume L., Carsten A. L.: Tritium radiobiology and relative biological effectiveness, *Health Phys.* 65, 1993, s. 657-672.

Thatcher, L. L., Payne, B. R.: The distribution of tritium and its significance to groundwater dating. In: *Radiocarbon and tritium dating*. Wash., Washington State University, Pullman, 1965, s. 604 – 629.

Tomášek M., Wilhelmová L.: Tritium volume activity in natural waters of the NPP Temelín region. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 209, 1996, č. 2, s. 387 – 390.

Top Z.: Tritium inventory of the Black sea. *J. Environ. Radioact.*, 43, 1999, č. 2, s. 221 – 229.

Tykva R., Berg D. (Eds.): *Man-Made and Natural Radioactivity in Environmental Pollution and Radiotechnology*, Dordrecht, Kluwer Academic Publisher, 2004, 416 s.

Ueda S, et al.: Tritium concentration in fresh, brackish and sea-water samples in Rokkasho-Village, Japan, bordered by nuclear fuel cycle facilities. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 267, 2005, č. 1, s. 29 – 33.

UNSCEAR: Exposures to the public from man-made sources of radiation. Annex C, 2000, 193 s.

Žáková Z., et al.: Bioakumulace těžkých kovů a radionuklidů ve sladkovodních houbách a sedimentech v nádrži Mohelno, ovlivněné provozem jaderné elektrárny Dukovany. V tisku.

7. PŘÍLOHY

Seznam příloh

Tabelární a grafické přílohy

1. Aktivity tritia ve VTOOV v Kořensku
2. Grafické znázornění aktivit tritia ve VTOOV v Kořensku
3. Aktivity tritia vyšší než mez stanovení na dalších lokalitách
4. Korelační tabulka pro VTOOV
5. Koncentrace vybraných prvků pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA
6. Korelační tabulka pro odběry č. 510 a č. 532
7. Mapa širších vztahů JETE k okolí
8. Údaje ke klasifikaci vod dle jakosti
9. Druhové složení a zastoupení sinic, řas a rozsivek v odebraném bentosu
10. Průměrné obsahy prvků v analyzovaném bentosu
11. Grafické znázornění obsahu vybraných prvků v bentosu
12. Grafické znázornění aktivity tritia naměřené Povodím Vltavy ve Vltavě
13. Porovnání vybraných ukazatelů pro lokality Vltava nad VTOOV a Vltava pod VTOOV

Fotodokumentace

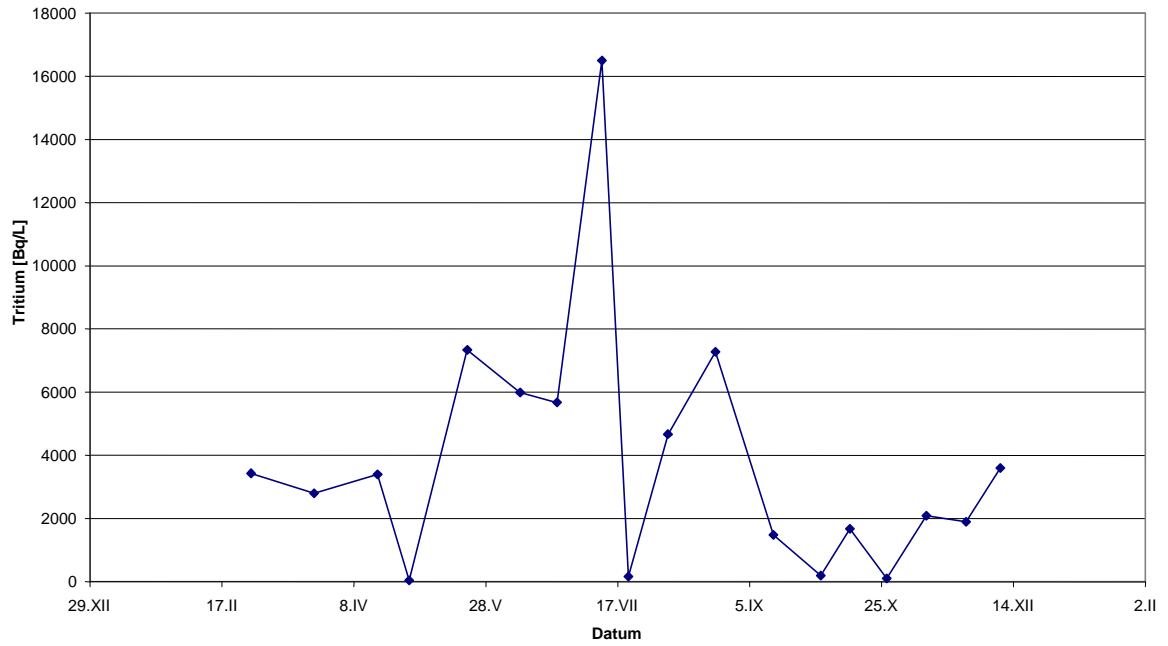
14. Odběrové lokality

Tabulka č. 5: Aktivity tritia ve VTOOV v Kořensku

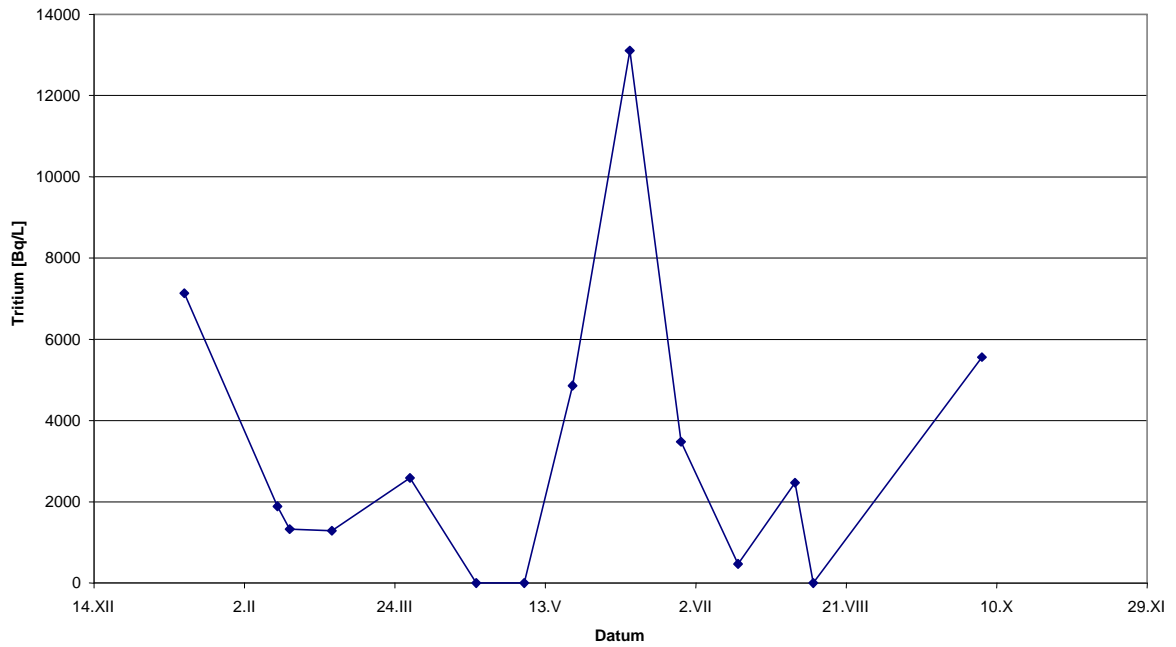
| Tritium ve výpusti JETE v roce 2005 | | | | | |
|-------------------------------------|---------|----------------|-----------------------------|------------|-------------|
| Číslo odběru | Datum | Tritium [Bq/L] | celk.počet Σ CPM/60' | průměr DPM | rozmezí |
| 510 | 28.II | 3435 | 18840 | 1408 | 1464 - 1337 |
| 513 | 24.III | 2800 | 16380 | 1182 | 1188 - 1172 |
| 517 | 17.IV | 3396 | 18768 | 1394 | 1406 - 1372 |
| 523 | 29.IV | 47 | 2460 | 178 | 182 - 174 |
| 527 | 21.V | 7342 | 37380 | 2746 | 2769 - 2727 |
| 532 | 10.VI | 5988 | 31320 | 2260 | 2284 - 2237 |
| | | | celk.počet Σ CPM/30' | | |
| 537 | 24.VI | 5673 | 14850 | 2151 | 2163 - 2142 |
| | | | celk.počet Σ CPM/60' | | |
| 538 | 11.VII | 16498 | 81060 | 5956 | 5975 - 5934 |
| | | | celk.počet Σ CPM/30' | | |
| 541 | 21.VII | 166 | 1110 | 163 | 164 - 160 |
| 544 | 5.VIII | 4670 | 12140 | 1789 | 1792 - 1786 |
| 548 | 23.VIII | 7277 | 18090 | 2732 | 2758 - 2716 |
| 556 | 14.IX | 1482 | 4080 | 640 | 648 - 631 |
| | | | celk.počet Σ CPM/10' | | |
| 564 | 2.X | 194 | 380 | 183 | 186 - 181 |
| | | | celk.počet Σ CPM/30' | | |
| 568 | 13.X | 1670 | 4650 | 707 | 716 - 703 |
| | | | celk.počet Σ CPM/10' | | |
| 571 | 27.X | 108 | 320 | 152 | 157 - 145 |
| 572 | 11.XI | 2091 | 1770 | 868 | 887 - 850 |
| 576 | 26.XI | 1900 | 1630 | 802 | 821 - 784 |
| 577 | 9.XII | 3598 | 2820 | 1415 | 1423 - 1410 |

| Tritium ve výpusti JETE v roce 2006 | | | | | |
|-------------------------------------|---------|----------------|-----------------------------|------------|-------------|
| Číslo odběru | Datum | Tritium [Bq/L] | celk.počet Σ CPM/30' | průměr DPM | rozmezí |
| 603 | 13.I | 7133 | 16080 | 2687 | 2704 - 2667 |
| 607 | 28.I | 11000 | | | |
| 609 | 13.II | 1892 | 3750 | 446 | 448 - 444 |
| 610 | 17.II | 1331 | 2760 | 344 | 346 - 341 |
| 614 | 3.III | 1287 | 1770 | 368 | 380 - 358 |
| | | | celk.počet Σ CPM/10' | | |
| 615 | 29.III | 2585 | 840 | 482 | 491 - 156 |
| 621 | 20.IV | <10 | 160 | 94 | 102 - 87 |
| 624 | 6.V | <10 | 170 | 94 | 103 - 87 |
| 627 | 22.V | 4862 | 1750 | 959 | 971 - 946 |
| 633 | 10.VI | 13106 | 4260 | 2488 | 2524 - 2458 |
| 647 | 27.VI | 3480 | 1170 | 708 | 725 - 685 |
| 652 | 16.VII | 473 | 310 | 191 | 195 - 186 |
| 656A | 4.VIII | 2470 | 900 | 554 | 581 - 540 |
| 656 | 10.VIII | <10 | 160 | 101 | 111- 90 |
| 661 | 6.IX | 10000 | | | |
| 666 | 5.X | 5560 | 1880 | 1131 | 1153 - 1117 |

| Průměrná aktivita tritia ve výpusti JETE [Bq/L] | | | |
|---|---------|---------|---------|
| Rok | 2005 | 2006 | Celkem |
| Průměr | 3796,39 | 4074,25 | 3927,15 |
| Maximum | 16498 | 13106 | 16498 |
| Minimum | 47 | <10 | <10 |
| SD | 3848,74 | 4067,65 | 3955,70 |



Obr. č. 10: Tritium ve VTOOV v roce 2005



Obr. č. 11: Tritium ve VTOOV v roce 2006

Tabulka č. 6: Aktivita tritia na dalších odběrových lokalitách

| Číslo odběru | Místo odběru | Datum | Tritium [Bq/L] | celk.počet Σ CPM/30' | průměr DPM | rozmezí |
|--------------|--------------------------------|--------|----------------|-----------------------------|------------|-----------|
| 510/1 | Vltava nad VTOOV v Kořensku | 28.II | 15 | 2460 | 176,5 | 189 - 167 |
| 510/4 | Vltava pod Orlickou přehradou | 28.II | 81 | 1820 | 200 | 213 - 181 |
| 510/5 | Vltava ve Štěchovicích | 28.II | 17 | 2520 | 177 | 187 - 172 |
| 513/1 | Vltava nad VTOOV v Kořensku | 24.III | 28 | 2310 | 181 | 199 - 168 |
| 532/1 | Vltava nad VTOOV v Kořensku | 10.VI | 20 | 1560 | 109 | 111 - 105 |
| 532/3 | Vltava pod VTOOV v Kořensku | 10.VI | 604 | 4500 | 320 | 329 - 311 |
| 532/4 | Vltava pod Orlickou přehradou | 10.VI | 577 | 4500 | 310 | 318 - 306 |
| 532/5 | Vltava ve Štěchovicích | 10.VI | 502 | 4020 | 283 | 290 - 277 |
| 538/3 | Vltava pod VTOOV v Kořensku | 11.VII | 80 | 1620 | 138 | 141 - 133 |
| | | | | celk.počet Σ CPM/30' | | |
| 556/3 | Vltava pod VTOOV v Kořensku | 14.IX | 28 | 780 | 115 | 117 - 114 |
| 576/9 | Vltava pod Hněvkovickou přehr. | 26.XI | 36 | 780 | 125 | 132 - 121 |
| 610/3 | Vltava pod VTOOV v Kořensku | 17.II | 44 | 900 | 110 | 113 - 107 |
| 615/12 | Výtok z PNDV Býšov | 29.III | 644 | 220 | 126 | 138 - 120 |
| | | | | celk.počet Σ CPM/10' | | |
| 652/4 | Vltava pod Orlickou přehradou | 16.VII | 115 | 190 | 126 | 141 - 112 |
| 652/9 | Vltava pod Hněvkovickou přehr | 16.VII | 77 | 200 | 119 | 132 - 100 |
| 666/11 | Jímka Knín | 5.X | 66 | 180 | 127 | 132 - 119 |
| 666/12 | Výtok z PNDV Býšov | 6.X | 94 | 190 | 132 | 139 - 126 |

Tabulka č. 7: Korelační tabulka pro VTOOV

| Teplota, obsah kyslíku, pH, vodivost a alkalita ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | |
|---|--------------|-----------|--------|---------------|------------|------|------------------|--------------------|
| Číslo odběru | Datum odběru | 3H [Bq/L] | t [°C] | dis.O2 [mg/l] | dis.O2 [%] | pH | Vodivost [μS/cm] | KNK (Alk) [mmol/l] |
| 510 | 28.2. | 3435 | 11,5 | 12,00 | 115,0 | 8,20 | 264 | 2,084 |
| 513 | 24.3. | 2800 | 16,2 | 10,00 | 106,0 | 6,80 | 696 | 1,316 |
| 517 | 17.4. | 3396 | 15,9 | 12,60 | 134,4 | 8,26 | 552 | 1,625 |
| 523 | 29.4. | 47 | 14,5 | 15,41 | 152,9 | 7,52 | 297 | 1,019 |
| 527 | 21.5. | 7000 | 19,1 | 3,51 | 38,6 | 8,28 | 515 | 1,657 |
| 532 | 10.6. | 5988 | 18,6 | 6,61 | 74,9 | 7,70 | 487 | 1,615 |
| 237 | 24.6. | 5673 | 21,0 | 6,59 | 77,0 | 8,30 | 541 | 2,098 |
| 538 | 11.7. | 16498 | 20,2 | 7,84 | 91,7 | 8,26 | 569 | 1,958 |
| 541 | 21.7. | 166 | 21,1 | 6,52 | 76,6 | 8,05 | 605 | 1,294 |
| 544 | 5.8. | 4670 | 15,3 | 6,30 | 65,0 | 6,82 | 576 | 1,602 |
| 548 | 23.8. | 7277 | 16,7 | 6,50 | 71,0 | 7,92 | n | 1,786 |
| 556 | 14.9. | 1482 | 21,4 | 7,11 | 83,5 | 7,38 | 636 | 2,132 |
| 564 | 2.10. | 194 | 17,9 | 7,54 | 82,2 | 8,14 | 603 | 2,471 |
| 568 | 13.10. | 1670 | 17,3 | 9,29 | 100,5 | 8,10 | 772 | 2,870 |
| 571 | 27.10. | 108 | 12,5 | 8,57 | 89,7 | 6,93 | 535 | 2,181 |
| 572 | 11.11. | 2091 | 15,3 | 10,06 | 103,7 | 8,28 | 723 | 2,657 |
| 576 | 26.11. | 1900 | 15,2 | 9,89 | 103,6 | 8,17 | 674 | 2,622 |
| 577 | 9.12. | 3598 | 15,1 | 9,35 | 95,1 | 7,89 | 787 | 2,729 |
| 603 | 13.1. | 7133 | 13,3 | 9,03 | 89,0 | 7,89 | 666 | 2,496 |
| 607 | 28.1. | 11000 | 13,0 | 9,05 | 89,3 | 6,60 | 776 | 2,460 |
| 609 | 13.2. | 1892 | 11,9 | 7,70 | 73,0 | 7,83 | 752 | 2,791 |
| 610 | 17.2. | 1331 | 13,2 | n | n | 8,28 | 743 | 3,179 |
| 615 | 29.3. | 2585 | 16,5 | 11,07 | 119,3 | 8,01 | 788 | 2,950 |
| 621 | 20.4. | <10 | 17,0 | 10,29 | 111,1 | 7,92 | 760 | 1,774 |
| 624 | 6.5. | <10 | 19,3 | 14,48 | 161,9 | 7,92 | n | n |
| 627 | 22.5. | 4862 | 18,4 | 9,24 | 103,0 | 7,87 | 539 | 1,642 |
| 633 | 10.6. | 13106 | 17,4 | 9,13 | 98,7 | 7,78 | 465 | 1,303 |
| 647 | 27.6. | 3480 | 24,1 | 7,34 | 88,3 | 7,82 | 486 | n |
| 652 | 16.7. | 473 | 22,2 | 10,32 | 123,3 | 7,68 | 513 | 1,838 |
| 656 | 10.8. | <10 | 19,1 | 9,37 | 103,1 | 6,98 | 177 | 0,825 |
| 656 | 4.8. | 2470 | n | n | n | n | 460 | 2,815 |
| 661 | 6.9. | 10000 | 17,4 | 8,57 | 101,9 | 7,95 | 448 | 1,832 |
| 666 | 5.10. | 5560 | 20,7 | 7,10 | 73,0 | 8,03 | 519 | n |
| 666* | 5.10. | <10 | 19,5 | 7,80 | 88,0 | 8,12 | 513 | n |
| Korelační koeficient | | | 0,02 | -0,31 | -0,3 | 0,03 | -0,02 | -0,101 |

Tabulka č. 8: Korelační tabulka pro VTOOV

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | |
|--|-----------|--------|-------|---------|-------|-------|---------|---------|
| Číslo odběru | 3H [Bq/L] | 7Li | 9Be | 11B | 23Na | 24Mg | 27Al | 31P |
| 510 | 3435 | 9,417 | 0,015 | 78,620 | 39710 | 12990 | 40,460 | 474,100 |
| 513 | 2800 | 11,300 | 0,060 | 83,740 | 46120 | 17520 | 19,400 | 173,900 |
| 517 | 3396 | 8,350 | 0,042 | 56,900 | 33560 | 15340 | 38,870 | 160,100 |
| 523 | 47 | 4,683 | 0,015 | 54,950 | 15660 | 7019 | 13,660 | 186,900 |
| 527 | 7000 | 11,460 | 0,080 | 70,580 | 40680 | 16380 | 87,480 | 333,800 |
| 532 | 5988 | 10,590 | 0,016 | 75,240 | 46740 | 14380 | 67,950 | 299,100 |
| 237 | 5673 | 9,930 | 0,015 | 68,940 | 32390 | 10170 | 41,690 | 349,800 |
| 538 | 16498 | 11,120 | 0,015 | 81,280 | 36950 | 10490 | 92,380 | 291,900 |
| 541 | 166 | 12,720 | 0,015 | 84,050 | 30110 | 12760 | 38,830 | 177,200 |
| 544 | 4670 | 10,400 | 0,015 | 51,310 | 31140 | 11310 | 41,670 | 191,500 |
| 548 | 7277 | 9,270 | 0,015 | 81,620 | 44050 | 10730 | 0,705 | 202,900 |
| 556 | 1482 | 11,030 | 0,015 | 83,570 | 52760 | 14930 | 49,480 | 277,100 |
| 564 | 194 | 13,180 | 0,015 | 95,180 | 39000 | 17540 | 66,710 | 348,700 |
| 568 | 1670 | 16,170 | 0,011 | 126,500 | 62460 | 22440 | 37,960 | 316,700 |
| 571 | 108 | 11,420 | 0,071 | 70,410 | 31070 | 16170 | 39,490 | 143,900 |
| 572 | 2091 | 17,680 | 0,082 | 103,700 | 56960 | 22480 | 23,250 | 261,700 |
| 576 | 1900 | 15,640 | 0,063 | 96,380 | 52350 | 19850 | 30,160 | 179,800 |
| 577 | 3598 | 18,690 | 0,136 | 119,300 | 79890 | 22100 | 23,220 | 261,900 |
| 603 | 7133 | 13,870 | 0,057 | 86,590 | 51910 | 19150 | 30,090 | 148,900 |
| 607 | 11000 | 11,270 | 0,069 | 74,120 | 70460 | 18810 | 24,740 | 235,900 |
| 609 | 1892 | 14,450 | 0,048 | 100,100 | 64700 | 23430 | 63,860 | 291,700 |
| 610 | 1331 | 14,160 | 0,036 | 94,980 | 59390 | 22990 | 21,070 | 256,800 |
| 615 | 2585 | 11,950 | 0,017 | 75,210 | 44670 | 21510 | 21,260 | 134,300 |
| 621 | <10 | 15,540 | 0,078 | 88,220 | 49930 | 26340 | 126,800 | 189,200 |
| 624 | <10 | 11,680 | 0,124 | 68,190 | 30650 | 17600 | 65,550 | 149,600 |
| 627 | 4862 | 11,770 | 0,064 | 73,400 | 33790 | 15990 | 22,510 | 117,100 |
| 633 | 13106 | 8,332 | 0,052 | 48,250 | 33610 | 13140 | 34,710 | 157,800 |
| 647 | 3480 | 12,690 | 0,015 | 71,560 | 30200 | 13170 | 41,590 | 303,300 |
| 652 | 473 | 12,560 | 0,049 | 84,500 | 28660 | 13490 | 55,290 | 235,800 |
| 656 | <10 | 3,729 | 0,130 | 26,900 | 7750 | 4276 | 90,890 | 117,500 |
| 656 | 2470 | 11,060 | 0,074 | 72,370 | 25300 | 12050 | 62,130 | 284,900 |
| 661 | 10000 | 11,520 | 0,060 | 77,620 | 28540 | 12010 | 135,800 | 281,900 |
| 666 | 5560 | 12,360 | 0,041 | 91,290 | 33650 | 12470 | 22,600 | 256,700 |
| 666* | <10 | 12,560 | 0,069 | 93,910 | 29600 | 12930 | 226,700 | 225,500 |
| Korelační koeficient | | -0,14 | -0,15 | -0,16 | 0,11 | -0,20 | -0,04 | 0,13 |

Tabulka č. 9: Korelační tabulka pro VTOOV

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | |
|--|-----------|-------|--------|-------|-------|---------|--------|-------|
| Číslo odběru | 3H [Bq/L] | 39K | 44Ca | 51V | 52Cr | 54Fe | 55Mn | 59Co |
| 510 | 3435 | 12100 | 54620 | 5,349 | 1,585 | 62,550 | 14,700 | 0,536 |
| 513 | 2800 | 12990 | 46660 | 1,633 | 1,295 | 55,940 | 38,520 | 1,200 |
| 517 | 3396 | 12270 | 52560 | 2,655 | 1,251 | 161,300 | 19,920 | 0,518 |
| 523 | 47 | 6101 | 27350 | 1,255 | 1,868 | 89,100 | 7,364 | 0,249 |
| 527 | 7000 | 12440 | 63970 | 2,655 | 1,635 | 174,900 | 10,020 | 0,777 |
| 532 | 5988 | 11570 | 55790 | 2,672 | 1,714 | 243,100 | 14,840 | 0,664 |
| 237 | 5673 | 9335 | 53560 | 3,286 | 1,695 | 347,500 | 26,480 | 0,550 |
| 538 | 16498 | 10060 | 56690 | 3,586 | 1,199 | 381,100 | 64,420 | 0,748 |
| 541 | 166 | 12090 | 70640 | 2,636 | 1,294 | 375,100 | 26,680 | 0,783 |
| 544 | 4670 | 8238 | 59580 | 2,273 | 1,196 | 290,100 | 29,200 | 0,726 |
| 548 | 7277 | 9867 | 25140 | 2,203 | 7,963 | 7,197 | 0,246 | 0,506 |
| 556 | 1482 | 13490 | 32850 | 2,825 | 1,267 | 136,800 | 16,530 | 0,714 |
| 564 | 194 | 15210 | 37560 | 2,819 | 2,107 | 156,400 | 25,840 | 0,947 |
| 568 | 1670 | 19380 | 50320 | 3,606 | 4,285 | 177,700 | 29,340 | 1,249 |
| 571 | 108 | 13330 | 66240 | 2,651 | 1,445 | 241,700 | 36,720 | 0,485 |
| 572 | 2091 | 18480 | 96220 | 2,923 | 1,808 | 159,400 | 21,500 | 0,674 |
| 576 | 1900 | 16000 | 88010 | 2,706 | 1,674 | 188,400 | 20,070 | 0,633 |
| 577 | 3598 | 17050 | 94490 | 2,878 | 1,847 | 225,100 | 20,170 | 0,832 |
| 603 | 7133 | 15060 | 81680 | 5,260 | 1,668 | 321,700 | 78,000 | 1,380 |
| 607 | 11000 | 13740 | 80560 | 3,376 | 0,820 | 264,100 | 61,050 | 1,212 |
| 609 | 1892 | 18080 | 98210 | 3,170 | 2,287 | 371,400 | 31,670 | 0,780 |
| 610 | 1331 | 17560 | 97480 | 2,974 | 2,051 | 147,400 | 9,159 | 0,543 |
| 615 | 2585 | 15210 | 76140 | 2,263 | 0,806 | 112,100 | 15,210 | 0,543 |
| 621 | <10 | 23020 | 114000 | 3,199 | 3,121 | 595,300 | 24,940 | 0,879 |
| 624 | <10 | 14100 | 62640 | 2,730 | 2,072 | 305,700 | 30,680 | 0,594 |
| 627 | 4862 | 12230 | 55010 | 1,959 | 1,766 | 82,200 | 14,680 | 0,974 |
| 633 | 13106 | 10090 | 50970 | 1,713 | 1,578 | 114,200 | 18,560 | 0,560 |
| 647 | 3480 | 10320 | 55320 | 7,404 | 2,095 | 200,600 | 27,860 | 0,448 |
| 652 | 473 | 12160 | 53810 | 2,942 | 2,995 | 38,240 | 3,243 | 0,695 |
| 656 | <10 | 4565 | 17360 | 2,255 | 1,578 | 49,300 | 9,146 | 0,449 |
| 656 | 2470 | 10170 | 48230 | 3,774 | 2,563 | 98,400 | 9,375 | 0,682 |
| 661 | 10000 | 9748 | 45970 | 4,184 | 2,518 | 51,110 | 6,369 | 0,671 |
| 666 | 5560 | 10270 | 51050 | 2,276 | 1,277 | 45,950 | 6,035 | 0,506 |
| 666* | <10 | 10160 | 53510 | 2,590 | 6,702 | 379,100 | 26,070 | 0,999 |
| Korelační koeficient | | -0,25 | -0,07 | 0,12 | -0,13 | -0,02 | 0,34 | 0,12 |

Tabulka č. 10: Korelační tabulka pro VTOOV

| Kationy [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | |
|---|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Číslo odběru | ^3H [Bq/L] | ^{60}Ni | ^{65}Cu | ^{66}Zn | ^{69}Ga | ^{75}As | ^{82}Se | ^{85}Rb |
| 510 | 3435 | 5,752 | 12,670 | 56,440 | 3,127 | 3,497 | 2,243 | 15,930 |
| 513 | 2800 | 7,675 | 14,360 | 49,490 | 7,178 | 1,756 | 1,347 | 15,330 |
| 517 | 3396 | 5,725 | 19,380 | 28,400 | 5,008 | 2,706 | 0,028 | 12,170 |
| 523 | 47 | 3,944 | 11,490 | 9,069 | 2,878 | 1,884 | 0,485 | 6,796 |
| 527 | 7000 | 5,588 | 15,110 | 26,570 | 6,476 | 3,440 | 2,219 | 4,576 |
| 532 | 5988 | 5,188 | 13,940 | 36,170 | 5,758 | 4,017 | 3,607 | 4,964 |
| 237 | 5673 | 5,548 | 11,460 | 52,290 | 7,348 | 4,712 | 4,834 | 15,690 |
| 538 | 16498 | 6,171 | 13,030 | 29,780 | 8,568 | 4,942 | 2,257 | 16,190 |
| 541 | 166 | 9,060 | 14,040 | 14,250 | 9,248 | 2,884 | 0,670 | 15,930 |
| 544 | 4670 | 10,690 | 33,810 | 20,400 | 5,879 | 3,016 | 1,949 | 11,810 |
| 548 | 7277 | 6,235 | 5,291 | 7,057 | 9,332 | 4,038 | 2,821 | 14,610 |
| 556 | 1482 | 7,871 | 4,763 | 54,550 | 12,520 | 4,706 | 2,782 | 16,480 |
| 564 | 194 | 10,240 | 7,142 | 70,300 | 14,340 | 5,251 | 3,979 | 17,270 |
| 568 | 1670 | 11,090 | 5,708 | 53,020 | 17,130 | 5,986 | 3,179 | 19,930 |
| 571 | 108 | 8,269 | 16,640 | 16,700 | 6,313 | 3,710 | 1,219 | 13,490 |
| 572 | 2091 | 9,036 | 12,130 | 22,840 | 7,661 | 4,933 | 2,510 | 18,680 |
| 576 | 1900 | 7,722 | 12,300 | 10,660 | 7,698 | 4,251 | 1,892 | 17,370 |
| 577 | 3598 | 8,955 | 13,630 | 9,167 | 7,953 | 4,804 | 2,451 | 18,520 |
| 603 | 7133 | 8,590 | 63,850 | 119,300 | 7,105 | 4,241 | 1,886 | 17,430 |
| 607 | 11000 | 7,067 | 58,000 | 88,650 | 5,732 | 3,457 | 1,874 | 15,320 |
| 609 | 1892 | 11,660 | 25,290 | 42,730 | 8,825 | 4,837 | 1,803 | 19,010 |
| 610 | 1331 | 9,298 | 16,310 | 20,270 | 7,601 | 4,297 | 1,375 | 19,180 |
| 615 | 2585 | 6,761 | 13,650 | 8,661 | 7,750 | 3,365 | 0,866 | 16,760 |
| 621 | <10 | 10,690 | 59,430 | 35,410 | 11,440 | 3,472 | 1,403 | 17,780 |
| 624 | <10 | 9,721 | 20,210 | 16,390 | 8,320 | 3,696 | 0,870 | 16,590 |
| 627 | 4862 | 6,848 | 13,210 | 7,170 | 6,567 | 3,034 | 1,324 | 15,590 |
| 633 | 13106 | 5,415 | 7,931 | 11,940 | 6,563 | 2,362 | 0,790 | 11,650 |
| 647 | 3480 | 5,710 | 11,390 | 35,190 | 6,835 | 4,391 | 3,617 | 15,810 |
| 652 | 473 | 11,650 | 39,260 | 51,590 | 1,948 | 4,693 | 4,001 | 2,312 |
| 656 | <10 | 4,461 | 14,700 | 6,689 | 1,053 | 1,912 | 0,164 | 0,817 |
| 656 | 2470 | 9,296 | 23,200 | 31,380 | 1,778 | 5,691 | 3,019 | 1,998 |
| 661 | 10000 | 8,389 | 14,360 | 8,857 | 1,513 | 4,721 | 2,228 | 2,127 |
| 666 | 5560 | 6,862 | 10,480 | 15,190 | 6,888 | 4,486 | 3,378 | 17,590 |
| 666* | <10 | 11,780 | 13,240 | 43,740 | 7,516 | 4,485 | 2,776 | 16,120 |
| Korelační koeficient | | -0,40 | 0,07 | 0,09 | -0,13 | 0,02 | 0,09 | -0,08 |

Tabulka č. 11: Korelační tabulka pro VTOOV

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | |
|--|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Číslo odběru | ^3H [Bq/L] | ^{88}Sr | ^{95}Mo | ^{101}Ru | ^{103}Rh | ^{105}Pd | ^{107}Ag | ^{111}Cd |
| 510 | 3435 | 245,700 | 0,317 | 0,001 | 0,012 | 0,457 | 0,006 | 0,069 |
| 513 | 2800 | 262,100 | 0,009 | 0,007 | 0,030 | 1,284 | 0,006 | 0,089 |
| 517 | 3396 | 221,400 | 0,412 | 0,002 | 0,016 | 0,645 | 0,006 | 0,093 |
| 523 | 47 | 125,900 | 0,427 | 0,001 | 0,008 | 0,324 | 0,006 | 0,029 |
| 527 | 7000 | 238,400 | 0,638 | 0,001 | 0,013 | 0,419 | 0,006 | 0,078 |
| 532 | 5988 | 205,100 | 4,420 | 0,001 | 0,012 | 0,356 | 0,006 | 0,058 |
| 237 | 5673 | 378,400 | 1,000 | 0,002 | 0,015 | 0,417 | 0,006 | 0,053 |
| 538 | 16498 | 385,400 | 0,745 | 0,001 | 0,018 | 0,481 | 0,006 | 0,070 |
| 541 | 166 | 463,500 | 0,264 | 0,004 | 0,018 | 0,552 | 0,006 | 0,050 |
| 544 | 4670 | 383,800 | 0,316 | <0,003 | 0,016 | 0,410 | 0,006 | 0,063 |
| 548 | 7277 | 112,800 | 1,433 | 0,002 | 0,017 | 0,782 | 0,022 | 0,009 |
| 556 | 1482 | 133,100 | 0,783 | 0,004 | 0,019 | 0,817 | 0,006 | 0,035 |
| 564 | 194 | 145,100 | 0,672 | 0,002 | 0,022 | 1,005 | 0,145 | 0,082 |
| 568 | 1670 | 172,200 | 1,902 | 0,002 | 0,026 | 1,231 | 0,155 | 0,219 |
| 571 | 108 | 253,500 | 0,402 | 0,002 | 0,013 | 0,441 | 0,021 | 0,064 |
| 572 | 2091 | 331,900 | 0,759 | 0,001 | 0,015 | 0,548 | 0,006 | 0,012 |
| 576 | 1900 | 314,400 | 0,839 | 0,001 | 0,016 | 0,476 | 0,006 | 0,012 |
| 577 | 3598 | 319,300 | 0,848 | <0,003 | 0,016 | 0,585 | 0,006 | 0,012 |
| 603 | 7133 | 312,600 | 0,512 | 0,001 | 0,014 | 0,423 | 0,006 | 0,012 |
| 607 | 11000 | 228,200 | 1,018 | <0,003 | 0,012 | 0,403 | 0,006 | 0,041 |
| 609 | 1892 | 353,000 | 0,604 | 0,003 | 0,017 | 0,535 | 0,006 | 0,085 |
| 610 | 1331 | 355,900 | 0,539 | 0,002 | 0,014 | 0,468 | 0,006 | 0,018 |
| 615 | 2585 | 290,300 | 0,551 | <0,003 | 0,016 | 0,411 | 0,006 | 0,058 |
| 621 | <10 | 431,100 | 0,461 | 0,003 | 0,018 | 0,586 | 0,302 | 0,672 |
| 624 | <10 | 266,800 | 0,531 | 0,001 | 0,016 | 0,412 | 0,006 | 0,070 |
| 627 | 4862 | 232,500 | 0,591 | <0,003 | 0,015 | 0,474 | 0,006 | 0,030 |
| 633 | 13106 | 170,400 | 0,425 | 0,002 | 0,016 | 0,268 | 0,006 | 0,038 |
| 647 | 3480 | 204,100 | 0,558 | 0,001 | 0,013 | 0,328 | 0,001 | 0,059 |
| 652 | 473 | 179,100 | 0,592 | 0,005 | 0,019 | 1,512 | 0,022 | 0,080 |
| 656 | <10 | 66,520 | 0,217 | 0,002 | 0,007 | 0,344 | 0,006 | 0,051 |
| 656 | 2470 | 159,100 | 0,621 | 0,004 | 0,020 | 1,444 | 0,006 | 0,019 |
| 661 | 10000 | 163,500 | 0,630 | 0,002 | 0,019 | 1,561 | 0,006 | 0,071 |
| 666 | 5560 | 204,700 | 0,667 | 0,001 | 0,019 | 2,189 | 0,228 | 0,018 |
| 666* | <10 | 196,000 | 0,508 | 0,001 | 0,019 | 2,074 | 0,006 | 0,156 |
| Korelační koeficient | | 0,03 | 0,17 | -0,28 | -0,05 | -0,12 | -0,18 | -0,22 |

Tabulka č. 12: Korelační tabulka pro VTOOV

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | |
|--|-----------|--------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|
| Číslo odběru | 3H [Bq/L] | 118Sn | 121Sb | 125Te | 137Ba | 178Hf | 195Pt | 197Au |
| 510 | 3435 | 0,095 | 1,078 | 0,012 | 92,550 | 1,927 | 0,001 | 0,006 |
| 513 | 2800 | 0,045 | 0,485 | 0,005 | 89,590 | 1,099 | 0,001 | <0,006 |
| 517 | 3396 | 0,053 | 0,454 | 0,012 | 60,570 | 0,115 | 0,002 | 0,006 |
| 523 | 47 | 0,023 | 0,445 | <0,012 | 34,630 | 0,013 | 0,001 | 0,006 |
| 527 | 7000 | 0,031 | 0,393 | 0,002 | 57,440 | 0,363 | n | 0,001 |
| 532 | 5988 | 0,003 | 0,805 | 0,007 | 49,840 | 0,131 | n | 0,006 |
| 237 | 5673 | 0,621 | 0,640 | <0,012 | 61,610 | 0,100 | 0,009 | 0,006 |
| 538 | 16498 | 0,197 | 0,628 | 0,003 | 71,060 | 0,043 | 0,003 | 0,006 |
| 541 | 166 | 0,144 | 0,666 | 0,014 | 75,910 | 0,007 | 0,008 | 0,006 |
| 544 | 4670 | 0,058 | 0,416 | 0,007 | 50,190 | 0,036 | 0,004 | 0,006 |
| 548 | 7277 | 0,057 | 0,519 | 0,008 | 44,000 | 0,091 | 0,008 | 0,006 |
| 556 | 1482 | 0,036 | 0,546 | 0,004 | 57,640 | 0,102 | n | <0,006 |
| 564 | 194 | 0,115 | 0,722 | 0,004 | 63,740 | 0,704 | 0,004 | <0,006 |
| 568 | 1670 | 0,009 | 0,662 | 0,012 | 73,500 | 0,139 | 0,002 | 0,006 |
| 571 | 108 | 0,080 | 0,400 | 0,004 | 61,600 | 0,047 | 0,010 | 0,001 |
| 572 | 2091 | 0,050 | 0,764 | 0,002 | 72,350 | 0,016 | 0,002 | 0,002 |
| 576 | 1900 | 0,008 | 0,573 | 0,009 | 71,980 | 0,031 | 0,007 | 0,006 |
| 577 | 3598 | 0,067 | 0,895 | 0,007 | 74,620 | 0,057 | 0,001 | 0,006 |
| 603 | 7133 | 0,042 | 0,493 | 0,006 | 65,240 | 0,010 | 0,003 | 0,006 |
| 607 | 11000 | 0,087 | 0,448 | 0,012 | 62,370 | 0,015 | 0,002 | 0,015 |
| 609 | 1892 | 0,107 | 0,517 | 0,008 | 81,070 | 0,084 | 0,018 | <0,006 |
| 610 | 1331 | 0,043 | 0,541 | 0,008 | 69,270 | 0,019 | 0,005 | 0,006 |
| 615 | 2585 | <0,009 | 0,495 | <0,012 | 81,260 | 0,050 | 0,002 | 0,007 |
| 621 | <10 | 0,115 | 0,502 | 0,003 | 100,600 | 0,034 | 0,001 | 0,006 |
| 624 | <10 | 0,034 | 1,428 | 0,006 | 87,010 | 0,052 | 0,004 | 0,022 |
| 627 | 4862 | 0,009 | 1,585 | 0,007 | 70,920 | 0,005 | 0,002 | 0,005 |
| 633 | 13106 | 0,009 | 1,131 | 0,006 | 58,770 | 0,084 | 0,002 | 0,002 |
| 647 | 3480 | 0,060 | 0,510 | <0,012 | 65,170 | 0,021 | 0,003 | 0,003 |
| 652 | 473 | 0,130 | 0,461 | 0,007 | 70,040 | 0,021 | n | 0,001 |
| 656 | <10 | 0,087 | 0,485 | 0,001 | 39,620 | 0,051 | n | <0,006 |
| 656 | 2470 | 0,036 | 0,492 | 0,004 | 65,890 | 0,061 | n | 0,003 |
| 661 | 10000 | 0,050 | 0,456 | 0,012 | 55,380 | 0,028 | n | 0,004 |
| 666 | 5560 | 0,019 | 0,507 | 0,005 | 63,300 | 0,042 | 0,002 | 0,003 |
| 666* | <10 | 0,009 | 0,493 | 0,003 | 68,510 | 0,030 | 0,001 | 0,001 |
| Korelační koeficient | | 0,12 | 0,07 | 0,13 | -0,21 | -0,06 | -0,04 | 0,13 |

Tabulka č. 13: Korelační tabulka pro VTOOV

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | |
|--|-----------|-------|--------|-------|--------|
| Číslo odběru | 3H [Bq/L] | 205Tl | 208Pb | 238U | Hg |
| 510 | 3435 | 0,018 | 1,717 | 0,600 | 0,0648 |
| 513 | 2800 | 0,024 | 0,839 | 0,213 | 0,1130 |
| 517 | 3396 | 0,017 | 1,291 | 0,532 | 0,0095 |
| 523 | 47 | 0,013 | 0,258 | 0,220 | 0,0248 |
| 527 | 7000 | 0,018 | 1,797 | 0,640 | 0,0216 |
| 532 | 5988 | 0,017 | 0,993 | 0,536 | 0,0153 |
| 237 | 5673 | 0,022 | 4,493 | 0,704 | 0,0260 |
| 538 | 16498 | 0,024 | 1,017 | 0,626 | 0,0081 |
| 541 | 166 | 0,019 | 1,445 | 0,433 | n |
| 544 | 4670 | 0,016 | 0,755 | 0,449 | 0,0119 |
| 548 | 7277 | 0,016 | 0,012 | 0,317 | n |
| 556 | 1482 | 0,022 | 0,881 | 0,618 | 0,0001 |
| 564 | 194 | 0,019 | 1,501 | 0,941 | n |
| 568 | 1670 | 0,144 | 0,896 | 1,417 | 0,1526 |
| 571 | 108 | 0,020 | 2,569 | 0,836 | 0,0185 |
| 572 | 2091 | 0,024 | 0,900 | 0,920 | 0,0807 |
| 576 | 1900 | 0,023 | 2,810 | 0,780 | 0,1113 |
| 577 | 3598 | 0,029 | 2,915 | 0,700 | 0,0268 |
| 603 | 7133 | 0,017 | 1,113 | 0,359 | 0,0623 |
| 607 | 11000 | 0,023 | 0,906 | 0,456 | 0,0274 |
| 609 | 1892 | 0,020 | 3,992 | 0,637 | 0,0498 |
| 610 | 1331 | 0,018 | 1,211 | 0,619 | 0,0124 |
| 615 | 2585 | 0,020 | 0,457 | 0,870 | 0,0362 |
| 621 | <10 | 0,028 | 10,170 | 0,687 | 0,0506 |
| 624 | <10 | 0,026 | 2,336 | 0,688 | 0,0078 |
| 627 | 4862 | 0,020 | 0,136 | 0,386 | 0,0082 |
| 633 | 13106 | 0,018 | 0,478 | 0,437 | 0,0229 |
| 647 | 3480 | 0,021 | 1,692 | 0,467 | 0,0675 |
| 652 | 473 | 0,024 | 1,480 | 0,531 | 0,0428 |
| 656 | <10 | 0,009 | 3,515 | 0,287 | 0,0101 |
| 656 | 2470 | 0,028 | 1,725 | 0,560 | 0,0170 |
| 661 | 10000 | 0,019 | 12,360 | 0,617 | 0,0055 |
| 666 | 5560 | 0,017 | 0,401 | 0,368 | 0,0167 |
| 666* | <10 | 0,022 | 48,670 | 0,352 | 0,0190 |
| Korelační koeficient | | -0,10 | -0,17 | -0,17 | -0,21 |

Tabulka č. 14: Korelační tabulka pro VTOOV

| Anionty [mg/L] ve vzorcích z VTOOV 2005 - 2006 a jejich korelace s tritiem | | | | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|---------|--------|
| Číslo odběru | 3H [Bq/L] | NH4-N | NO2-N | NO3-N | TN | PO4-P | TP | SO4 | Cl |
| 510 | 3435 | 0,013 | 0,009 | 9,685 | 10,120 | 0,196 | 0,201 | 99,989 | 46,127 |
| 513 | 2800 | 0,043 | 0,027 | 12,356 | 13,613 | 0,097 | 0,095 | 217,774 | 46,397 |
| 517 | 3396 | 0,086 | 0,008 | 9,616 | 12,706 | 0,159 | 0,164 | 69,089 | 36,229 |
| 523 | 47 | 0,037 | 0,060 | 5,140 | 6,530 | 0,190 | 0,198 | 52,768 | 17,132 |
| 527 | 7000 | 0,018 | 0,006 | 7,258 | 9,430 | 0,172 | 0,166 | 102,027 | 30,408 |
| 532 | 5988 | 0,080 | 0,160 | 5,590 | 8,465 | 0,213 | 0,235 | 86,141 | 32,451 |
| 237 | 5673 | 0,081 | 0,019 | 6,256 | 9,141 | 0,267 | 0,298 | 93,128 | 39,690 |
| 538 | 16498 | 0,162 | 0,006 | 6,872 | 9,994 | 0,203 | 0,215 | 68,366 | 35,878 |
| 541 | 166 | 0,045 | 0,005 | 7,586 | 10,722 | 0,128 | 0,135 | 124,777 | 30,863 |
| 544 | 4670 | 0,115 | 0,005 | 7,254 | 10,854 | 0,142 | 0,156 | 158,886 | 25,937 |
| 548 | 7277 | n | n | n | n | n | n | n | n |
| 556 | 1482 | 0,046 | 0,053 | 14,680 | 18,532 | 0,191 | 0,213 | 94,424 | 30,253 |
| 564 | 194 | 0,141 | 0,005 | 4,872 | 7,999 | 0,188 | 0,196 | 84,797 | 34,906 |
| 568 | 1670 | 0,024 | 0,043 | 8,025 | 10,019 | 0,196 | 0,200 | 123,152 | 38,865 |
| 571 | 108 | 0,057 | 0,041 | 5,166 | 8,195 | 0,103 | 0,123 | 79,776 | 31,699 |
| 572 | 2091 | 0,064 | 0,060 | 6,418 | 10,567 | 0,186 | 0,193 | 103,958 | 41,081 |
| 576 | 1900 | 0,712 | 0,123 | 17,840 | 19,541 | 0,148 | 0,156 | 128,524 | 33,751 |
| 577 | 3598 | 0,412 | 0,100 | 8,451 | 14,064 | 0,110 | 0,151 | 81,557 | 48,342 |
| 603 | 7133 | 0,200 | 0,003 | 8,214 | 9,820 | 0,103 | 0,118 | 68,143 | 42,034 |
| 607 | 11000 | 0,016 | 0,005 | 6,682 | 11,826 | 0,172 | 0,234 | 98,668 | 50,537 |
| 609 | 1892 | 0,140 | 0,007 | 8,670 | 12,836 | 0,165 | 0,238 | 85,519 | 33,549 |
| 610 | 1331 | 0,051 | 0,018 | 8,518 | 11,663 | 0,106 | 0,155 | 69,155 | 51,481 |
| 615 | 2585 | 0,183 | 0,026 | 9,588 | 11,823 | 0,057 | 0,169 | 76,590 | 57,394 |
| 621 | <10 | 0,005 | 0,020 | 13,076 | 15,232 | 0,128 | 0,163 | 104,081 | 48,985 |
| 624 | <10 | 0,143 | 0,022 | 10,950 | 12,539 | 0,055 | 0,119 | 67,337 | 38,954 |
| 627 | 4862 | 0,003 | 0,038 | 7,360 | 10,133 | 0,092 | 0,174 | 95,167 | 54,905 |
| 633 | 13106 | 0,006 | 0,007 | 6,542 | 6,992 | 0,057 | 0,092 | 88,951 | 18,672 |
| 647 | 3480 | n | n | n | n | n | n | n | n |
| 652 | 473 | 0,084 | 0,096 | 5,406 | 12,304 | 0,080 | 0,085 | 76,472 | 34,354 |
| 656 | <10 | 0,295 | 0,087 | 1,420 | 2,574 | 0,061 | 0,068 | 18,535 | 9,908 |
| 656 | 2470 | 0,189 | 0,004 | 5,816 | 7,475 | 0,145 | 0,149 | 39,139 | 26,431 |
| 661 | 10000 | 0,029 | 0,009 | 4,561 | 5,854 | 0,116 | 0,119 | 56,604 | 21,936 |
| 666 | 5560 | 0,713 | 0,066 | 4,705 | 7,730 | 0,127 | 0,207 | 60,858 | 22,925 |
| 666* | <10 | 0,260 | 0,188 | 3,897 | 6,882 | 0,038 | 0,167 | 53,900 | 24,050 |
| Korelační koeficient | | -0,08 | -0,30 | -0,15 | -0,17 | 0,18 | 0,16 | -0,01 | -0,01 |

Tabulka č. 15: Fyzikální a chemické parametry pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA

| Teplota, obsah kyslíku, pH, vodivost a alkalita ve vzorcích Vltavy a dalších míst, kde byla v období 2005 - 2006 zjištěna aktivita tritia větší než 10 Bq/L | | | | | | | | |
|---|--------|-------|--------|---------------------|--------------------|------|----------|------------|
| Číslo odběru | Datum | Čas | t [°C] | O ₂ [mg] | O ₂ [%] | pH | Vod [μS] | Alk [mmol] |
| 510/1 | 28.II | 9:05 | 0,5 | 17,0 | 130,0 | 6,50 | 197 | 0,700 |
| 510/4 | 28.II | 10:35 | 2,5 | 10,5 | 79,0 | 6,79 | 220 | 0,920 |
| 510/5 | 28.II | 12:00 | 2,9 | 17,0 | 120,0 | 6,50 | 234 | 0,970 |
| 513/1 | 24.III | 7:15 | 4,0 | 14,0 | 110,0 | 6,93 | 197 | 0,570 |
| 532/1 | 10.VI | 8:00 | 15,8 | 6,0 | 62,0 | 7,47 | 159 | 0,645 |
| 532/3 | 10.VI | 7:39 | 15,7 | 6,3 | 63,6 | 7,04 | 179 | 0,705 |
| 532/4 | 10.VI | 9:20 | 9,7 | 6,4 | 39,9 | 7,05 | 168 | 0,507 |
| 532/5 | 10.VI | 10:30 | 9,4 | 6,2 | 54,3 | 6,95 | 206 | 0,590 |
| 538/3 | 11.VII | 7:30 | 17,4 | 7,0 | 75,0 | 6,96 | 199 | 0,852 |
| 556/3 | 14.IX | 7:50 | 18,1 | 6,0 | 65,8 | 6,97 | 224 | 0,892 |
| 576/9 | 26.XI | 14:55 | 3,3 | 11,0 | 87,6 | 8,26 | 177 | 0,822 |
| 610/3 | 17.II | 9:00 | 0,4 | n | n | 7,50 | 273 | 1,005 |
| 615/12 | 29.III | 14:05 | 6,8 | 11,2 | 97,1 | 7,78 | 411 | 1,205 |
| 652/4 | 16.VII | 13:25 | 17,6 | 3,5 | 37,4 | 6,91 | 175 | 0,764 |
| 652/9 | 16.VII | 10:50 | 21,2 | 6,5 | 75,1 | 6,87 | 168 | 0,896 |
| 666/11 | 5.X | 8:20 | 11,5 | 2,1 | 20,0 | 7,16 | 1522 | n |
| 666/12 | 6.X | 9:00 | 14,0 | 6,6 | 67,0 | 6,93 | 237 | n |

Tabulka č. 16: Koncentrace vybraných prvků pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA

| Vybrané kationty [μg/L] ve vzorcích Vltavy a dalších míst, kde byla v období 2005 - 2006 zjištěna aktivita tritia větší než 10 Bq/L | | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|-------|-------|---------|---------|
| Číslo odběru | 7Li | 9Be | 11B | 23Na | 24Mg | 27Al | 31P |
| 510/1 | 2,748 | <0,015 | 19,930 | 11670 | 5029 | 45,570 | 40,660 |
| 510/4 | 3,206 | <0,015 | 27,350 | 11940 | 5238 | 17,360 | 77,280 |
| 510/5 | 3,086 | <0,015 | 28,540 | 12030 | 5618 | 9,744 | 92,650 |
| 513/1 | 2,996 | 0,159 | 16,710 | 8690 | 4862 | 131,700 | 154,600 |
| 532/1 | 3,360 | 0,007 | 23,490 | 13360 | 5241 | 52,820 | 95,540 |
| 532/3 | 3,666 | 0,021 | 25,750 | 14520 | 5672 | 80,760 | 77,190 |
| 532/4 | 2,434 | <0,015 | 15,210 | 11240 | 6069 | 26,840 | 43,120 |
| 532/5 | 2,713 | <0,015 | 17,380 | 12520 | 7222 | 87,100 | 46,670 |
| 538/3 | 3,410 | <0,015 | 24,280 | 10230 | 4373 | 77,990 | 151,000 |
| 556/3 | 3,000 | 0,009 | 27,040 | 11230 | 4868 | 156,600 | 217,900 |
| 576/9 | 3,329 | 0,017 | 21,350 | 9468 | 4124 | 35,600 | 17,540 |
| 610/3 | 3,561 | 0,005 | 22,100 | 17900 | 5655 | 31,990 | 67,190 |
| 615/12 | 9,086 | <0,015 | 20,830 | 23470 | 8140 | 44,070 | 27,980 |
| 652/4 | 3,012 | 0,050 | 23,100 | 8170 | 4412 | 47,990 | 93,020 |
| 652/9 | 3,283 | 0,046 | 24,020 | 7361 | 4546 | 42,840 | 76,580 |
| 666/11 | 17,280 | 0,012 | 173,500 | 72900 | 50530 | <0,099 | 155,200 |
| 666/12 | 7,380 | 0,063 | 21,270 | 10260 | 4882 | 234,900 | <5,427 |

Tabulka č. 17: Koncentrace vybraných prvků pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA

| Vybrané kationty [µg/L] ve vzorcích Vltavy a dalších míst, kde byla v období 2005 - 2006 zjištěna aktivita tritia větší než 10 Bq/L | | | | | | | |
|--|-------|--------|-------|--------|----------|----------|-------|
| Číslo odběru | 39K | 44Ca | 51V | 52Cr | 54Fe | 55Mn | 59Co |
| 510/1 | 3739 | 16800 | 1,933 | 1,200 | 48,450 | 44,760 | 0,316 |
| 510/4 | 4208 | 20000 | 2,096 | 0,505 | <7,197 | 32,820 | 0,221 |
| 510/5 | 4267 | 21380 | 2,147 | 0,275 | <7,197 | 16,650 | 0,176 |
| 513/1 | 3756 | 16880 | 1,504 | 0,694 | 1095,000 | 133,200 | 0,935 |
| 532/1 | 4188 | 18080 | 1,200 | 8,276 | 151,500 | 26,090 | 0,427 |
| 532/3 | 4749 | 20060 | 1,458 | 0,485 | 235,800 | 134,400 | 0,615 |
| 532/4 | 4045 | 19680 | 0,819 | 0,029 | 26,720 | 24,190 | 0,187 |
| 532/5 | 4743 | 23720 | 0,933 | 0,005 | 114,900 | 17,990 | 0,325 |
| 538/3 | 4739 | 19630 | 1,828 | 0,241 | 223,200 | 57,270 | 0,408 |
| 556/3 | 4886 | 11470 | 2,018 | 0,469 | 450,900 | 147,400 | 2,273 |
| 576/9 | 3048 | 16030 | 0,615 | 0,359 | 178,600 | 40,340 | 0,172 |
| 610/3 | 5022 | 23890 | 0,865 | 0,390 | 137,500 | 33,220 | 0,209 |
| 615/12 | 7319 | 34970 | 1,598 | 5,311 | 118,600 | 44,530 | 0,584 |
| 652/4 | 3506 | 16260 | 1,746 | 1,599 | 24,010 | 6,393 | 0,442 |
| 652/9 | 3556 | 16390 | 2,058 | 1,458 | 26,410 | 6,266 | 0,310 |
| 666/11 | 73050 | 180300 | 9,018 | 11,800 | <7,197 | 2643,000 | 2,970 |
| 666/12 | 3530 | 20360 | 2,374 | 1,045 | 481,900 | 38,900 | 0,365 |

Tabulka č. 18: Koncentrace vybraných prvků pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA

| Vybrané kationty [µg/L] ve vzorcích Vltavy a dalších míst, kde byla v období 2005 - 2006 zjištěna aktivita tritia větší než 10 Bq/L | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| Číslo odběru | 60Ni | 65Cu | 66Zn | 69Ga | 75As | 82Se | 85Rb |
| 510/1 | 2,326 | 11,710 | 11,680 | 1,079 | 0,626 | 0,165 | 4,057 |
| 510/4 | 2,216 | 8,591 | 6,170 | 0,955 | 1,598 | 0,441 | 4,105 |
| 510/5 | 1,935 | 4,277 | 6,046 | 0,930 | 2,081 | 0,394 | 4,133 |
| 513/1 | 3,055 | 7,900 | 12,730 | 3,632 | 1,193 | 0,215 | 3,814 |
| 532/1 | 3,556 | 12,680 | 8,934 | 3,418 | 1,352 | 0,096 | 1,657 |
| 532/3 | 2,479 | 7,509 | 6,791 | 3,946 | 1,569 | 0,325 | 1,861 |
| 532/4 | 1,482 | 5,676 | 2,749 | 2,870 | 0,943 | 0,144 | 1,169 |
| 532/5 | 2,025 | 7,903 | 4,563 | 3,391 | 1,166 | 0,380 | 1,245 |
| 538/3 | 2,868 | 11,470 | 9,377 | 4,883 | 2,093 | 0,236 | 5,010 |
| 556/3 | 4,868 | 5,122 | 39,280 | 9,090 | 2,749 | 0,258 | 6,963 |
| 576/9 | 1,729 | 4,189 | <0,222 | 2,364 | 1,080 | 0,400 | 4,126 |
| 610/3 | 21,700 | 8,449 | 24,680 | 3,469 | 0,962 | 0,198 | 6,023 |
| 615/12 | 5,742 | 9,518 | 26,940 | 4,937 | 1,774 | 0,441 | 7,749 |
| 652/4 | 3,892 | 25,340 | 57,150 | 0,770 | 2,395 | 0,144 | 0,563 |
| 652/9 | 4,027 | 12,010 | 10,720 | 0,796 | 2,274 | 0,235 | 0,606 |
| 666/11 | 10,800 | 4,847 | <0,222 | 11,230 | 3,591 | 1,742 | 30,590 |
| 666/12 | 4,667 | 6,472 | 36,560 | 4,441 | 1,590 | 0,551 | 5,796 |

Tabulka č. 19: Koncentrace vybraných prvků pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích Vltavy a dalších míst, kde byla v období 2005 - 2006 zjištěna aktivita tritia větší než 10 Bq/L | | | | | | | |
|--|---------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Číslo odběru | 88Sr | 95Mo | 103Rh | 105Pd | 107Ag | 111Cd | 118Sn |
| 510/1 | 76,950 | <0,009 | 0,003 | 0,167 | <0,006 | 0,031 | 0,096 |
| 510/4 | 86,950 | <0,009 | 0,005 | 0,141 | <0,006 | 0,015 | 0,051 |
| 510/5 | 91,550 | <0,009 | 0,005 | 0,171 | <0,006 | 0,019 | 0,160 |
| 513/1 | 80,860 | <0,009 | 0,009 | 0,377 | 0,021 | 0,119 | 0,115 |
| 532/1 | 26,270 | 0,328 | 0,003 | 0,110 | 0,014 | 0,049 | <0,009 |
| 532/3 | 29,130 | 0,367 | 0,006 | 0,145 | <0,006 | 0,043 | <0,009 |
| 532/4 | 83,630 | 0,156 | 0,005 | 0,119 | 0,008 | 0,019 | <0,009 |
| 532/5 | 116,500 | 0,200 | 0,006 | 0,147 | <0,006 | 0,024 | <0,009 |
| 538/3 | 80,280 | 0,085 | 0,007 | 0,192 | <0,006 | 0,170 | 0,040 |
| 556/3 | 52,490 | 0,216 | 0,008 | 0,272 | 0,068 | 0,047 | 0,120 |
| 576/9 | 67,260 | 0,130 | 0,004 | 0,071 | <0,006 | <0,012 | 0,017 |
| 610/3 | 93,980 | 0,124 | 0,005 | 0,137 | <0,006 | 0,121 | 0,029 |
| 615/12 | 159,600 | 0,719 | 0,008 | 0,162 | <0,006 | 0,051 | <0,009 |
| 652/4 | 61,320 | 0,203 | 0,008 | 0,410 | 0,041 | 0,218 | 0,198 |
| 652/9 | 59,300 | 0,171 | 0,006 | 0,294 | 0,001 | 0,039 | 0,066 |
| 666/11 | 623,600 | 5,946 | 0,054 | 7,018 | <0,006 | 0,028 | 0,129 |
| 666/12 | 92,200 | 0,263 | 0,009 | 0,939 | <0,006 | 0,230 | <0,009 |

Tabulka č. 20: Koncentrace vybraných prvků pro odběry s aktivitou tritia vyšší než MDA

| Vybrané kationty [$\mu\text{g/L}$] ve vzorcích Vltavy a dalších míst, kde byla v období 2005 - 2006 zjištěna aktivita tritia větší než 10 Bq/L | | | | | | |
|--|-------|---------|--------|-------|--------|--------|
| Číslo odběru | 121Sb | 137Ba | 178Hf | 205Tl | 208Pb | 238U |
| 510/1 | 0,222 | 30,050 | 0,957 | 0,007 | 2,409 | 0,198 |
| 510/4 | 0,304 | 26,890 | 0,120 | 0,004 | 0,553 | 0,337 |
| 510/5 | 0,436 | 27,330 | <0,021 | 0,005 | 0,275 | 0,541 |
| 513/1 | 0,233 | 44,060 | 2,802 | 0,009 | 3,788 | 0,368 |
| 532/1 | 0,934 | 29,540 | 0,073 | 0,007 | 1,363 | 0,241 |
| 532/3 | 1,277 | 33,790 | 0,071 | 0,007 | 1,310 | 0,271 |
| 532/4 | 0,248 | 25,520 | 0,015 | 0,007 | 0,433 | 0,171 |
| 532/5 | 0,285 | 29,860 | 0,055 | 0,005 | 0,611 | 0,394 |
| 538/3 | 0,252 | 39,450 | 0,014 | 0,008 | 14,660 | 0,297 |
| 556/3 | 0,354 | 43,360 | <0,021 | 0,014 | 1,347 | 0,307 |
| 576/9 | 0,160 | 24,080 | 0,007 | 0,005 | 1,189 | 0,190 |
| 610/3 | 0,214 | 36,110 | 0,000 | 0,008 | 2,742 | 0,147 |
| 615/12 | 0,286 | 49,350 | <0,021 | 0,008 | 0,770 | 0,724 |
| 652/4 | 0,216 | 28,550 | 0,029 | 0,008 | 33,940 | 0,227 |
| 652/9 | 0,175 | 30,470 | <0,021 | 0,007 | 0,709 | 0,150 |
| 666/11 | 1,550 | 111,300 | 0,096 | 0,009 | <0,012 | 25,930 |
| 666/12 | 0,168 | 39,070 | 0,010 | 0,004 | 10,920 | 0,826 |

Tabulka č. 21: Korelační tabulka pro odběr č. 510

Korelace tritia a vybraných kationů [µg/L] pro odběr č.: 510

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 7Li | 11B | 23Na | 24Mg | 27Al | 31P | 39K | 44Ca | 51V | 52Cr |
|--------------|----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 510/1 | 15 | 2,75 | 19,9 | 11670 | 5029 | 45,57 | 40,7 | 3739 | 16800 | 1,933 | 1,200 |
| 510/2 | 3435 | 9,42 | 78,6 | 39710 | 12990 | 40,46 | 474,1 | 12100 | 54620 | 5,349 | 1,585 |
| 510/4 | 80,5 | 3,21 | 27,4 | 11940 | 5238 | 17,36 | 77,3 | 4208 | 20000 | 2,096 | 0,505 |
| 510/5 | 17 | 3,09 | 28,5 | 12030 | 5618 | 9,74 | 92,7 | 4267 | 21380 | 2,147 | 0,275 |
| Korelace | | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,46 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 0,76 |

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 55Mn | 59Co | 60Ni | 65Cu | 66Zn | 69Ga | 75As | 82Se | 85Rb | 82Se |
|--------------|----------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 510/1 | 15 | 44,8 | 0,32 | 2,33 | 11,71 | 11,68 | 1,079 | 0,626 | 0,165 | 4,057 | 0,165 |
| 510/2 | 3435 | 14,7 | 0,54 | 5,75 | 12,67 | 56,44 | 3,127 | 3,497 | 2,243 | 15,930 | 2,243 |
| 510/4 | 80,5 | 32,8 | 0,22 | 2,22 | 8,59 | 6,17 | 0,955 | 1,598 | 0,441 | 4,105 | 0,441 |
| 510/5 | 17 | 16,7 | 0,18 | 1,94 | 4,28 | 6,05 | 0,930 | 2,081 | 0,394 | 4,133 | 0,394 |
| Korelace | | -0,59 | 0,93 | 1,00 | 0,59 | 0,99 | 1,00 | 0,86 | 0,99 | 1,00 | 0,99 |

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 85Rb | 88Sr | 103Rh | 105Pd | 111Cd | 118Sn | 121Sb | 137Ba | 195Pt | 205Tl |
|--------------|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 510/1 | 15 | 4,057 | 76,95 | 0,003 | 0,167 | 0,031 | 0,096 | 0,222 | 30,05 | 0,002 | 0,007 |
| 510/2 | 3435 | 15,930 | 245,70 | 0,012 | 0,457 | 0,069 | 0,095 | 1,078 | 92,55 | 0,001 | 0,018 |
| 510/4 | 80,5 | 4,105 | 86,95 | 0,005 | 0,141 | 0,015 | 0,051 | 0,304 | 26,89 | 0,001 | 0,004 |
| 510/5 | 17 | 4,133 | 91,55 | 0,005 | 0,171 | 0,019 | 0,160 | 0,436 | 27,33 | 0,002 | 0,005 |
| Korelace | | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 0,99 | 0,96 | -0,10 | 0,97 | 1,00 | -0,59 | 0,98 |

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 208Pb | 238U |
|--------------|----------------|-------|-------|
| 510/1 | 15 | 2,409 | 0,198 |
| 510/2 | 3435 | 1,717 | 0,600 |
| 510/4 | 80,5 | 0,553 | 0,337 |
| 510/5 | 17 | 0,275 | 0,541 |
| Korelace | | 0,31 | 0,65 |

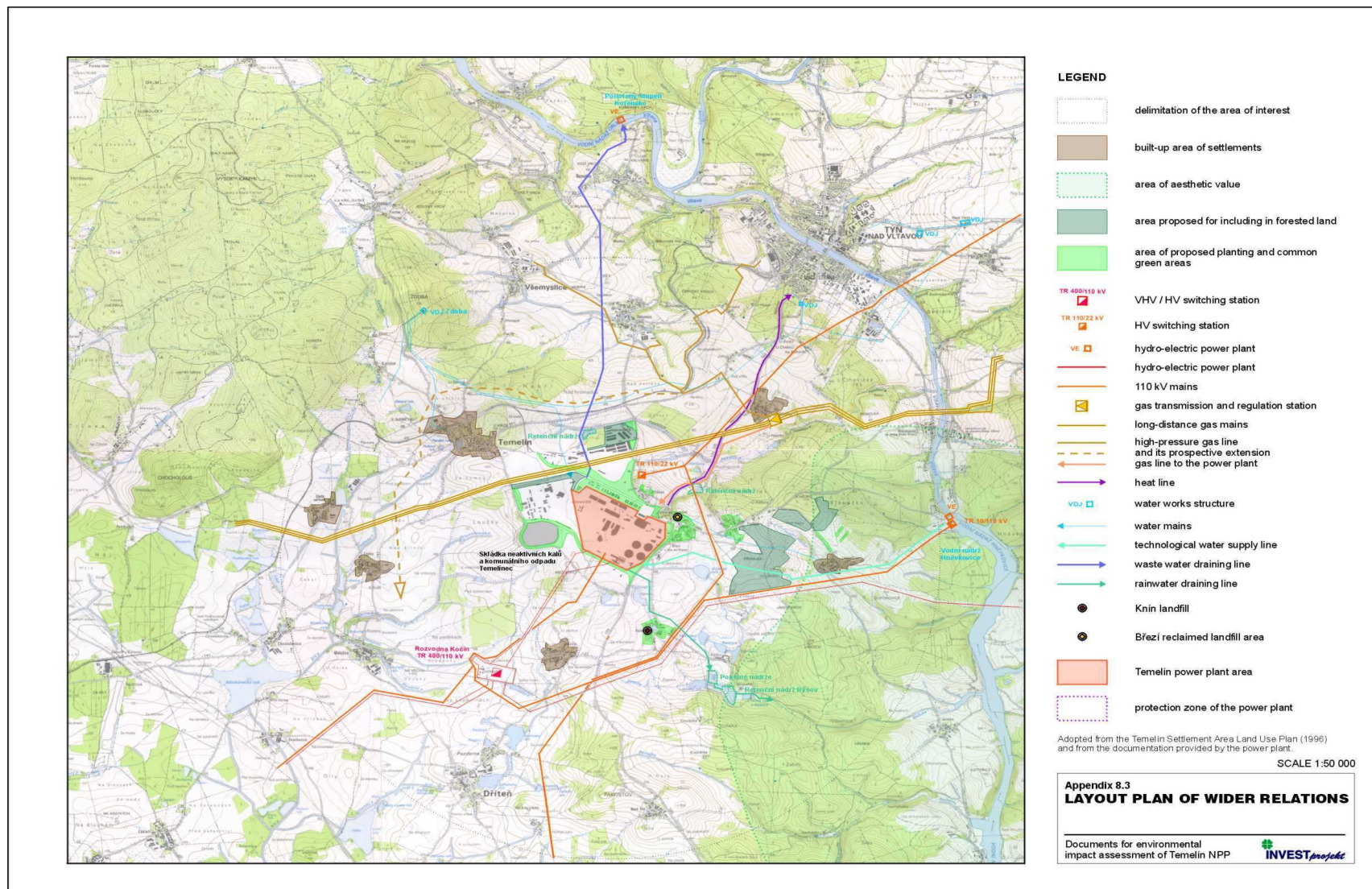
Tabulka č. 22: Korelační tabulka pro odběr č. 532

Korelace tritia a vybraných kationtů [µg/L] pro odběr č.: 532

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 7Li | 11B | 23Na | 24Mg | 27Al | 31P | 39K | 44Ca | 51V | 52Cr | 54Fe |
|--------------|----------------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|--------|---------|---------|
| 532/1 | 20 | 3,3600 | 23,4900 | 13360,00 | 5241,00 | 52,8200 | 95,5400 | 4188,00 | 18080,00 | 1,2000 | 8,2760 | 151,500 |
| 532/2 | 5988 | 10,5900 | 75,2400 | 46740,00 | 14380,00 | 67,9500 | 299,1000 | 11570,00 | 55790,00 | 2,6720 | 1,7140 | 243,100 |
| 532/3 | 604 | 3,6660 | 25,7500 | 14520,00 | 5672,00 | 80,7600 | 77,1900 | 4749,00 | 20060,00 | 1,4580 | 0,4850 | 235,800 |
| 532/4 | 577 | 2,4340 | 15,2100 | 11240,00 | 6069,00 | 26,8400 | 43,1200 | 4045,00 | 19680,00 | 0,8190 | 0,0290 | 26,720 |
| 532/5 | 502 | 2,7130 | 17,3800 | 12520,00 | 7222,00 | 87,1000 | 46,6700 | 4743,00 | 23720,00 | 0,9330 | 0,0050 | 114,900 |
| Korelace | | 0,9811 | 0,9752 | 0,99 | 0,99 | 0,1271 | 0,9605 | 0,99 | 0,9936 | 0,9345 | -0,1541 | 0,5413 |

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 55Mn | 59Co | 60Ni | 65Cu | 66Zn | 69Ga | 75As | 82Se | 85Rb | 88Sr | 95Mo |
|--------------|----------------|----------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| 532/1 | 20 | 26,0900 | 0,4270 | 3,5560 | 12,6800 | 8,9340 | 3,4180 | 1,3520 | 0,0960 | 1,6570 | 26,2700 | 0,3280 |
| 532/2 | 5988 | 14,8400 | 0,6640 | 5,1880 | 13,9400 | 36,1700 | 5,7580 | 4,0170 | 3,6070 | 4,9640 | 205,1000 | 4,4200 |
| 532/3 | 604 | 134,4000 | 0,6150 | 2,4790 | 7,5090 | 6,7910 | 3,9460 | 1,5690 | 0,3250 | 1,8610 | 29,1300 | 0,3670 |
| 532/4 | 577 | 24,1900 | 0,1870 | 1,4820 | 5,6760 | 2,7490 | 2,8700 | 0,9430 | 0,1440 | 1,1690 | 83,6300 | 0,1560 |
| 532/5 | 502 | 17,9900 | 0,3250 | 2,0250 | 7,9030 | 4,5630 | 3,3910 | 1,1660 | 0,3800 | 1,2450 | 116,5000 | 0,2000 |
| Korelace | | -0,2766 | 0,6115 | 0,8080 | 0,6200 | 0,9693 | 0,9369 | 0,9755 | 0,9970 | 0,9747 | 0,8747 | 0,9928 |

| Číslo odběru | Tritium [Bq/L] | 103Rh | 105Pd | 111Cd | 121Sb | 137Ba | 178Hf | 205Tl | 208Pb | 238U |
|--------------|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 532/1 | 20 | 0,0030 | 0,1100 | 0,0490 | 0,9340 | 29,5400 | 0,0730 | 0,0070 | 1,3630 | 0,2410 |
| 532/2 | 5988 | 0,0120 | 0,3560 | 0,0580 | 0,8050 | 49,8400 | 0,1310 | 0,0170 | 0,9930 | 0,5360 |
| 532/3 | 604 | 0,0060 | 0,1450 | 0,0430 | 1,2770 | 33,7900 | 0,0710 | 0,0070 | 1,3100 | 0,2710 |
| 532/4 | 577 | 0,0050 | 0,1190 | 0,0190 | 0,2480 | 25,5200 | 0,0150 | 0,0070 | 0,4330 | 0,1710 |
| 532/5 | 502 | 0,0060 | 0,1470 | 0,0240 | 0,2850 | 29,8600 | 0,0550 | 0,0050 | 0,6110 | 0,3940 |
| Korelace | | 0,9588 | 0,9933 | 0,6054 | 0,0994 | 0,9487 | 0,8010 | 0,9758 | 0,0184 | 0,8292 |



Obr. č. 12: Mapa širších vztahů JETE k okolí (EIA, 2001)

Tabulka č. 23: Klasifikace vod dle jakosti

| Vltava v Hluboké nad Vltavou 5.8. 2005 - 9.12. 2005 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 4 | 10,94 | 11,21 | 10,94 | I |
| Vod | [μS/cm] | 5 | 165 | 159 | 165 | I |
| 3H | [Bq/L] | 4 | 3 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 5 | 3975 | 3921 | 3975 | I |
| 31P | μg/L | 5 | 37 | 22 | 37 | I |
| 44Ca | μg/L | 5 | 12652 | 12960 | 12652 | I |
| 52Cr | μg/L | 5 | 0,57 | 0,50 | 0,57 | I |
| 54Fe | μg/L | 5 | 469 | 383 | 469 | I |
| 55Mn | μg/L | 5 | 43 | 39 | 43 | I |
| 60Ni | μg/L | 5 | 2,00 | 1,96 | 2,00 | I |
| 65Cu | μg/L | 5 | 18,93 | 3,10 | 18,93 | II |
| 66Zn | μg/L | 5 | 8,88 | 0,22 | 8,88 | I |
| 75As | μg/L | 5 | 1,16 | 0,96 | 1,16 | II |
| 111Cd | μg/L | 5 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | I |
| 208Pb | μg/L | 5 | 2,01 | 1,52 | 2,01 | I |
| 235U | μg/L | 5 | 0,69 | 0,35 | 0,69 | I |
| 238U | μg/L | 5 | 0,30 | 0,23 | 0,30 | I |
| Hg | μg/L | 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | I |
| NH4-N | mg/L | 5 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | I |
| NO3-N | mg/L | 5 | 1,26 | 1,10 | 1,26 | I |
| TP | mg/L | 5 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | II |
| SO4 | mg/L | 5 | 19,40 | 17,77 | 19,40 | I |
| Cl | mg/L | 5 | 9,12 | 9,48 | 9,12 | I |

| Vltava v Hluboké nad Vltavou 13.1. 2006 - 5.10. 2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 13 | 8,69 | 7,94 | 13,03 | I |
| Vod | [μS/cm] | 13 | 167 | 159 | 199 | I |
| 3H | [Bq/L] | 12 | 3 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 13 | 4113 | 3878 | 4550 | I |
| 31P | μg/L | 13 | 25 | 10 | 64 | II |
| 44Ca | μg/L | 13 | 15234 | 15320 | 17810 | I |
| 52Cr | μg/L | 13 | 0,63 | 0,39 | 1,51 | I |
| 54Fe | μg/L | 13 | 374 | 320 | 534 | II |
| 55Mn | μg/L | 13 | 56 | 60 | 105 | II |
| 60Ni | μg/L | 13 | 2,71 | 2,42 | 3,78 | I |
| 65Cu | μg/L | 13 | 16,55 | 9,50 | 47,90 | III |
| 66Zn | μg/L | 13 | 17,18 | 5,12 | 68,20 | III |
| 75As | μg/L | 13 | 1,36 | 1,27 | 1,89 | II |
| 111Cd | μg/L | 13 | 0,08 | 0,04 | 0,25 | II |
| 208Pb | μg/L | 13 | 1,66 | 1,39 | 2,93 | I |
| 235U | μg/L | 7 | 0,35 | 0,40 | 0,35 | I |
| 238U | μg/L | 13 | 0,17 | 0,18 | 0,30 | I |
| Hg | μg/L | 12 | 0,15 | 0,02 | 0,09 | II |
| NH4-N | mg/L | 14 | 0,22 | 0,18 | 0,48 | II |
| NO3-N | mg/L | 14 | 1,07 | 1,00 | 1,64 | I |
| TP | mg/L | 14 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | II |
| SO4 | mg/L | 14 | 16,70 | 15,39 | 22,16 | I |
| Cl | mg/L | 14 | 9,87 | 7,99 | 15,01 | I |

Tabulka č. 24: Klasifikace vod dle jakosti

| Vltava pod Hněvkovickou přehradou 14.9. 2005 - 9.12. 2005 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 5 | 9,33 | 9,30 | 9,33 | I |
| Vod | [μS/cm] | 6 | 179 | 176 | 179 | I |
| 3H | [Bq/L] | 5 | 10 | 3 | 10 | I |
| 24Mg | μg/L | 6 | 4353 | 4332 | 4353 | I |
| 31P | μg/L | 6 | 21 | 14 | 21 | I |
| 44Ca | μg/L | 6 | 13256 | 12605 | 13256 | I |
| 52Cr | μg/L | 6 | 0,52 | 0,39 | 0,52 | I |
| 54Fe | μg/L | 6 | 312 | 273 | 312 | I |
| 55Mn | μg/L | 6 | 44 | 40 | 44 | I |
| 60Ni | μg/L | 6 | 2,58 | 2,34 | 2,58 | I |
| 65Cu | μg/L | 6 | 5,12 | 4,14 | 5,12 | II |
| 66Zn | μg/L | 6 | 6,30 | 5,85 | 6,30 | I |
| 75As | μg/L | 6 | 1,19 | 1,20 | 1,19 | II |
| 111Cd | μg/L | 6 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | I |
| 208Pb | μg/L | 6 | 1,05 | 0,94 | 1,05 | I |
| 238U | μg/L | 6 | 0,28 | 0,26 | 0,28 | I |
| Hg | μg/L | 3 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | I |
| NH4-N | mg/L | 5 | 0,16 | 0,14 | 0,16 | I |
| NO3-N | mg/L | 5 | 1,14 | 1,06 | 1,14 | I |
| TP | mg/L | 5 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | II |
| SO4 | mg/L | 5 | 20,47 | 20,77 | 20,47 | I |
| Cl | mg/L | 6 | 8,33 | 9,12 | 8,33 | I |

| Vltava pod Hněvkovickou přehradou 13.1. 2006 - 5.10. 2006 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 13 | 9,28 | 9,62 | 12,04 | I |
| Vod | [μS/cm] | 12 | 163 | 168 | 192 | I |
| 3H | [Bq/L] | 11 | 10 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 13 | 3829 | 3931 | 4583 | I |
| 31P | μg/L | 13 | 21 | 8 | 77 | II |
| 44Ca | μg/L | 13 | 14531 | 14470 | 17510 | I |
| 52Cr | μg/L | 13 | 0,63 | 0,43 | 1,46 | I |
| 54Fe | μg/L | 13 | 285 | 283 | 527 | II |
| 55Mn | μg/L | 13 | 50 | 48 | 92 | I |
| 60Ni | μg/L | 13 | 2,59 | 2,52 | 4,03 | I |
| 65Cu | μg/L | 13 | 14,05 | 7,08 | 47,30 | III |
| 66Zn | μg/L | 13 | 18,50 | 3,80 | 69,70 | III |
| 75As | μg/L | 13 | 1,17 | 0,98 | 1,79 | II |
| 111Cd | μg/L | 13 | 0,05 | 0,03 | 0,06 | I |
| 208Pb | μg/L | 13 | 2,50 | 1,12 | 4,46 | II |
| 238U | μg/L | 13 | 0,10 | 0,10 | 0,17 | I |
| Hg | μg/L | 11 | 0,03 | 0,02 | 0,57 | IV |
| NH4-N | mg/L | 13 | 0,21 | 0,15 | 0,45 | II |
| NO3-N | mg/L | 13 | 1,17 | 1,17 | 1,80 | I |
| TP | mg/L | 13 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | II |
| SO4 | mg/L | 13 | 17,17 | 17,49 | 19,90 | I |
| Cl | mg/L | 13 | 8,92 | 7,99 | 13,57 | I |

Tabulka č. 25: Klasifikace vod dle jakosti

| Vltava nad jezem - Kořensko 28.2. 2005 - 5.10.2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 31 | 10,66 | 10,14 | 6,14 | III |
| Vod | [μS/cm] | 31 | 190 | 191 | 227 | I |
| 3H | [Bq/L] | 31 | 4,74 | 3,00 | 9,72 | I |
| 24Mg | μg/L | 33 | 4492 | 4515 | 5538 | I |
| 31P | μg/L | 33 | 59 | 46 | 131 | II |
| 44Ca | μg/L | 33 | 17883 | 16800 | 21592 | I |
| 52Cr | μg/L | 33 | 0,98 | 0,46 | 1,93 | I |
| 54Fe | μg/L | 33 | 394 | 224 | 1015 | III |
| 55Mn | μg/L | 33 | 56 | 48 | 108 | II |
| 60Ni | μg/L | 33 | 3,51 | 2,84 | 5,32 | II |
| 65Cu | μg/L | 33 | 12,91 | 8,12 | 34,28 | III |
| 66Zn | μg/L | 33 | 16,73 | 9,53 | 61,36 | III |
| 75As | μg/L | 33 | 1,39 | 1,30 | 2,19 | II |
| 111Cd | μg/L | 33 | 0,09 | 0,03 | 0,21 | II |
| 208Pb | μg/L | 33 | 3,23 | 1,36 | 6,82 | II |
| 238U | μg/L | 33 | 0,21 | 0,20 | 0,36 | I |
| Hg | μg/L | 30 | 0,03 | 0,02 | 0,64 | IV |
| NH4-N | mg/L | 33 | 0,31 | 0,27 | 0,55 | II |
| NO3-N | mg/L | 33 | 1,62 | 1,44 | 2,68 | I |
| TP | mg/L | 33 | 0,10 | 0,08 | 0,17 | III |
| SO4 | mg/L | 33 | 23,61 | 24,07 | 27,46 | I |
| Cl | mg/L | 33 | 12,07 | 12,18 | 14,90 | I |

| Výpusť JETE 28.2.2005 - 5.10. 2006 | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 32 | 8,94 | 9,04 | 6,50 | II |
| Vod | [μS/cm] | 32 | 576 | 561 | 774 | I |
| 3H | [Bq/L] | 34 | 3879 | 2693 | 10260 | V |
| 24Mg | μg/L | 34 | 15705 | 15135 | 22613 | I |
| 31P | μg/L | 34 | 236 | 236 | 321 | III |
| 44Ca | μg/L | 34 | 61006 | 55165 | 96548 | I |
| 52Cr | μg/L | 34 | 2,15 | 1,70 | 3,41 | I |
| 54Fe | μg/L | 34 | 430 | 319 | 911 | II |
| 55Mn | μg/L | 34 | 23 | 20 | 38 | I |
| 60Ni | μg/L | 34 | 7,91 | 7,80 | 11,24 | II |
| 65Cu | μg/L | 34 | 18,86 | 13,80 | 44,16 | III |
| 66Zn | μg/L | 34 | 32,66 | 27,49 | 60,04 | III |
| 75As | μg/L | 34 | 3,93 | 4,14 | 5,02 | II |
| 111Cd | μg/L | 34 | 0,08 | 0,06 | 0,11 | II |
| 208Pb | μg/L | 34 | 3,46 | 1,37 | 5,97 | II |
| 238U | μg/L | 34 | 0,58 | 0,58 | 0,88 | I |
| Hg | μg/L | 31 | 0,04 | 0,02 | 0,10 | II |
| NH4-N | mg/L | 32 | 0,14 | 0,08 | 0,35 | II |
| NO3-N | mg/L | 32 | 7,76 | 7,26 | 12,69 | IV |
| TP | mg/L | 32 | 0,17 | 0,16 | 0,23 | III |
| SO4 | mg/L | 32 | 88,38 | 85,16 | 126,51 | II |
| Cl | mg/L | 32 | 35,50 | 34,63 | 50,97 | I |

Tabulka č. 26: Klasifikace vod dle jakosti

| Vltava pod výpustí Kořensko 28.2.2005 - 5.10. 2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 31 | 10,34 | 10,60 | 6,24 | III |
| Vod | [μS/cm] | 31 | 212 | 203 | 273 | I |
| 3H | [Bq/L] | 31 | 55 | 3 | 143 | II |
| 24Mg | μg/L | 33 | 4902 | 4855 | 6320 | I |
| 31P | μg/L | 33 | 58 | 41 | 131 | II |
| 44Ca | μg/L | 33 | 22948 | 18270 | 24138 | I |
| 52Cr | μg/L | 33 | 0,64 | 0,48 | 1,55 | I |
| 54Fe | μg/L | 33 | 386 | 279 | 712 | II |
| 55Mn | μg/L | 33 | 65 | 51 | 118 | II |
| 60Ni | μg/L | 33 | 3,65 | 2,69 | 5,08 | II |
| 65Cu | μg/L | 33 | 11,78 | 6,73 | 33,82 | III |
| 66Zn | μg/L | 33 | 14,85 | 9,38 | 34,72 | II |
| 75As | μg/L | 33 | 1,47 | 1,42 | 2,39 | II |
| 111Cd | μg/L | 33 | 0,06 | 0,05 | 0,14 | II |
| 208Pb | μg/L | 33 | 1,98 | 1,34 | 3,48 | II |
| 238U | μg/L | 33 | 0,31 | 0,23 | 0,41 | I |
| Hg | μg/L | 25 | 0,03 | 0,02 | 0,74 | IV |
| NH4-N | mg/L | 32 | 0,26 | 0,22 | 0,59 | II |
| NO3-N | mg/L | 32 | 1,72 | 1,50 | 3,05 | II |
| TP | mg/L | 32 | 0,09 | 0,07 | 0,16 | III |
| SO4 | mg/L | 32 | 24,36 | 24,09 | 29,63 | I |
| Cl | mg/L | 32 | 13,86 | 12,67 | 21,07 | I |

| Vltava pod Orlickou přehradou 28.2. 2005 - 6.9. 2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 30 | 6,33 | 5,49 | 1,93 | V |
| Vod | [μS/cm] | 28 | 196 | 199 | 223 | I |
| 3H | [Bq/L] | 28 | 30 | 3 | 70 | II |
| 24Mg | μg/L | 30 | 4924 | 4869 | 5982 | I |
| 31P | μg/L | 30 | 52 | 44 | 111 | II |
| 44Ca | μg/L | 30 | 17746 | 18170 | 21766 | I |
| 52Cr | μg/L | 30 | 1,84 | 0,44 | 1,58 | I |
| 54Fe | μg/L | 30 | 291 | 155 | 518 | II |
| 55Mn | μg/L | 30 | 61 | 52 | 118 | II |
| 60Ni | μg/L | 30 | 3,78 | 2,54 | 4,73 | I |
| 65Cu | μg/L | 30 | 12,80 | 7,69 | 40,83 | III |
| 66Zn | μg/L | 30 | 18,03 | 6,07 | 60,57 | III |
| 75As | μg/L | 30 | 1,87 | 1,87 | 2,89 | II |
| 111Cd | μg/L | 30 | 0,90 | 0,03 | 0,35 | II |
| 208Pb | μg/L | 30 | 5,70 | 1,03 | 25,45 | IV |
| 238U | μg/L | 30 | 0,28 | 0,23 | 0,51 | I |
| Hg | μg/L | 23 | 0,09 | 0,02 | 0,13 | III |
| NH4-N | mg/L | 29 | 0,10 | 0,07 | 0,26 | I |
| NO3-N | mg/L | 29 | 2,33 | 2,19 | 3,96 | II |
| TP | mg/L | 29 | 0,09 | 0,07 | 0,16 | III |
| SO4 | mg/L | 29 | 23,43 | 23,28 | 27,70 | I |
| Cl | mg/L | 29 | 11,93 | 11,18 | 15,60 | I |

Tabulka č. 27: Klasifikace vod dle jakosti

| Vltava u Štěchovic 28.2. 2005 - 10.8. 2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 15 | 8,44 | 6,39 | 8,44 | I |
| Vod | [μS/cm] | 15 | 205 | 203 | 205 | I |
| 3H | [Bq/L] | 14 | 40 | 3 | 40 | II |
| 24Mg | μg/L | 14 | 5127 | 4714 | 5127 | I |
| 31P | μg/L | 14 | 46 | 48 | 46 | I |
| 44Ca | μg/L | 14 | 18320 | 18920 | 18320 | I |
| 52Cr | μg/L | 14 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | I |
| 54Fe | μg/L | 14 | 156 | 133 | 156 | I |
| 55Mn | μg/L | 14 | 49 | 44 | 49 | I |
| 60Ni | μg/L | 14 | 2,49 | 2,31 | 2,49 | I |
| 65Cu | μg/L | 14 | 11,23 | 5,48 | 11,23 | II |
| 66Zn | μg/L | 14 | 9,36 | 4,91 | 9,36 | I |
| 75As | μg/L | 14 | 1,89 | 1,70 | 1,89 | II |
| 111Cd | μg/L | 14 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | I |
| 208Pb | μg/L | 14 | 0,88 | 0,77 | 0,88 | I |
| 238U | μg/L | 14 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | I |
| Hg | μg/L | 13 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | I |
| NH4-N | mg/L | 15 | 0,09 | 0,06 | 0,09 | I |
| NO3-N | mg/L | 15 | 2,66 | 2,51 | 2,66 | I |
| TP | mg/L | 15 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | II |
| SO4 | mg/L | 15 | 24,07 | 23,29 | 24,07 | I |
| Cl | mg/L | 15 | 12,63 | 11,93 | 12,63 | I |

| Vltava v Davli 28.2. 2005 - 10.8. 2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 15 | 9,42 | 7,22 | 9,42 | I |
| Vod | [μS/cm] | 15 | 237 | 231 | 237 | I |
| 3H | [Bq/L] | 14 | 3 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 14 | 5920 | 5597 | 5920 | I |
| 31P | μg/L | 14 | 65 | 69 | 65 | II |
| 44Ca | μg/L | 14 | 22098 | 22635 | 22098 | I |
| 52Cr | μg/L | 14 | 0,55 | 0,56 | 0,55 | I |
| 54Fe | μg/L | 14 | 289 | 151 | 289 | I |
| 55Mn | μg/L | 14 | 49 | 48 | 49 | I |
| 60Ni | μg/L | 14 | 2,71 | 2,64 | 2,71 | I |
| 65Cu | μg/L | 14 | 11,81 | 8,80 | 11,81 | II |
| 66Zn | μg/L | 14 | 10,44 | 6,18 | 10,44 | I |
| 75As | μg/L | 14 | 2,33 | 2,15 | 2,33 | II |
| 111Cd | μg/L | 14 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | I |
| 208Pb | μg/L | 14 | 1,76 | 1,21 | 1,76 | I |
| 238U | μg/L | 14 | 0,37 | 0,38 | 0,37 | I |
| Hg | μg/L | 11 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | I |
| NH4-N | mg/L | 15 | 0,27 | 0,07 | 0,27 | I |
| NO3-N | mg/L | 15 | 3,11 | 2,90 | 3,11 | II |
| TP | mg/L | 15 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | II |
| SO4 | mg/L | 15 | 26,48 | 23,53 | 26,48 | I |
| Cl | mg/L | 15 | 14,15 | 14,61 | 14,15 | I |

Tabulka č. 28: Klasifikace vod dle jakosti

| Vltava v Chuchi 28.2. 2005 - 10.8. 2006 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 13 | 9,69 | 8,02 | 9,69 | I |
| Vod | [μS/cm] | 14 | 272 | 273 | 272 | I |
| 3H | [Bq/L] | 14 | 3 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 13 | 6846 | 6478 | 6846 | I |
| 31P | μg/L | 13 | 62 | 56 | 62 | II |
| 44Ca | μg/L | 13 | 24063 | 24900 | 24063 | I |
| 52Cr | μg/L | 13 | 0,52 | 0,47 | 0,52 | I |
| 54Fe | μg/L | 13 | 213 | 109 | 213 | I |
| 55Mn | μg/L | 13 | 54 | 61 | 54 | I |
| 60Ni | μg/L | 13 | 3,02 | 2,82 | 3,02 | I |
| 65Cu | μg/L | 13 | 12,60 | 8,23 | 12,60 | II |
| 66Zn | μg/L | 13 | 13,14 | 10,73 | 13,14 | I |
| 75As | μg/L | 13 | 2,01 | 1,98 | 2,01 | II |
| 111Cd | μg/L | 13 | 0,08 | 0,06 | 0,08 | I |
| 208Pb | μg/L | 13 | 1,89 | 1,59 | 1,89 | I |
| 238U | μg/L | 13 | 0,41 | 0,45 | 0,41 | I |
| Hg | μg/L | 10 | 0,07 | 0,04 | 0,07 | II |
| NH4-N | mg/L | 14 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | I |
| NO3-N | mg/L | 14 | 3,07 | 2,79 | 3,07 | II |
| TP | mg/L | 14 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | II |
| SO4 | mg/L | 14 | 31,84 | 30,89 | 31,84 | I |
| Cl | mg/L | 14 | 18,57 | 18,54 | 18,57 | I |

| Výpust' z Husinecké přehrady 28.2. 2005 - 5.9. 2006 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 26 | 10,30 | 10,23 | 6,65 | II |
| Vod | [μS/cm] | 26 | 107 | 107 | 134 | I |
| 3H | [Bq/L] | 24 | 3 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 27 | 3115 | 3106 | 3707 | I |
| 31P | μg/L | 27 | 25 | 11 | 53 | II |
| 44Ca | μg/L | 27 | 8268 | 8578 | 10843 | I |
| 52Cr | μg/L | 27 | 0,72 | 0,56 | 1,40 | I |
| 54Fe | μg/L | 27 | 308 | 195 | 922 | II |
| 55Mn | μg/L | 27 | 34 | 25 | 77 | I |
| 60Ni | μg/L | 27 | 1,69 | 1,47 | 2,76 | I |
| 65Cu | μg/L | 27 | 11,25 | 8,36 | 22,18 | III |
| 66Zn | μg/L | 27 | 12,09 | 5,51 | 45,10 | II |
| 75As | μg/L | 27 | 0,55 | 0,48 | 0,87 | I |
| 111Cd | μg/L | 27 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | II |
| 208Pb | μg/L | 27 | 1,34 | 1,01 | 2,40 | I |
| 238U | μg/L | 27 | 0,05 | 0,06 | 0,10 | I |
| Hg | μg/L | 15 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | I |
| NH4-N | mg/L | 26 | 0,08 | 0,05 | 0,18 | I |
| NO3-N | mg/L | 26 | 1,22 | 1,16 | 1,88 | I |
| TP | mg/L | 26 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | II |
| SO4 | mg/L | 26 | 15,45 | 15,95 | 17,53 | I |
| Cl | mg/L | 26 | 5,16 | 4,49 | 9,28 | I |

Tabulka č. 29: Klasifikace vod dle jakosti

| Jímka Knín 17.2.2006 - 6.9.2006 | | | | | | |
|------------------------------------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 12 | 10,10 | 9,14 | 3,30 | IV |
| Vod | [μS/cm] | 11 | 1423 | 1552 | 1623 | I |
| 3H | [Bq/L] | 11 | 12 | 3 | 44 | II |
| 24Mg | μg/L | 10 | 55570 | 53585 | 55570 | II |
| 31P | μg/L | 10 | 247 | 188 | 247 | III |
| 44Ca | μg/L | 10 | 209530 | 192100 | 209530 | III |
| 52Cr | μg/L | 10 | 15,22 | 9,39 | 15,22 | II |
| 54Fe | μg/L | 10 | 203 | 40 | 203 | I |
| 55Mn | μg/L | 10 | 301 | 35 | 301 | II |
| 60Ni | μg/L | 10 | 9,50 | 8,58 | 9,50 | II |
| 65Cu | μg/L | 10 | 10,90 | 8,55 | 10,90 | II |
| 66Zn | μg/L | 10 | 8,56 | 8,34 | 8,56 | I |
| 75As | μg/L | 10 | 3,12 | 2,98 | 3,12 | II |
| 111Cd | μg/L | 10 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | I |
| 208Pb | μg/L | 10 | 1,09 | 0,50 | 1,09 | I |
| 238U | μg/L | 10 | 24,17 | 25,47 | 24,17 | II |
| Hg | μg/L | 9 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | I |
| NH4-N | mg/L | 11 | 0,35 | 0,20 | 0,96 | III |
| NO3-N | mg/L | 11 | 9,69 | 8,65 | 16,37 | V |
| TP | mg/L | 11 | 0,17 | 0,13 | 0,27 | III |
| SO4 | mg/L | 11 | 110,31 | 110,62 | 123,96 | II |
| Cl | mg/L | 11 | 22,61 | 23,07 | 32,92 | I |

| ČOV Bejšov 17.2.2006 - 6.9.2006 | | | | | | |
|------------------------------------|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 11 | 9,38 | 8,32 | 7,91 | I |
| Vod | [μS/cm] | 12 | 300 | 277 | 411 | I |
| 3H | [Bq/L] | 12 | 64 | 3 | 94 | II |
| 24Mg | μg/L | 12 | 6070 | 6014 | 8140 | I |
| 31P | μg/L | 12 | 44 | 22 | 48 | I |
| 44Ca | μg/L | 12 | 26042 | 24335 | 34970 | I |
| 52Cr | μg/L | 12 | 3,24 | 3,00 | 5,31 | II |
| 54Fe | μg/L | 12 | 522 | 414 | 1066 | III |
| 55Mn | μg/L | 12 | 51 | 42 | 109 | II |
| 60Ni | μg/L | 12 | 5,24 | 5,40 | 6,86 | II |
| 65Cu | μg/L | 12 | 13,74 | 10,77 | 23,74 | III |
| 66Zn | μg/L | 12 | 36,93 | 32,82 | 64,40 | III |
| 75As | μg/L | 12 | 1,93 | 1,42 | 3,18 | II |
| 111Cd | μg/L | 12 | 0,08 | 0,05 | 0,23 | II |
| 208Pb | μg/L | 12 | 2,76 | 1,68 | 4,91 | II |
| 238U | μg/L | 12 | 0,55 | 0,53 | 0,83 | I |
| Hg | μg/L | 9 | 0,11 | 0,01 | 0,11 | III |
| NH4-N | mg/L | 13 | 0,27 | 0,18 | 0,62 | II |
| NO3-N | mg/L | 13 | 1,83 | 1,99 | 2,44 | I |
| TP | mg/L | 13 | 0,13 | 0,07 | 0,10 | II |
| SO4 | mg/L | 13 | 47,52 | 52,99 | 65,87 | I |
| Cl | mg/L | 13 | 22,30 | 16,21 | 45,50 | I |

Tabulka č. 30 Klasifikace vod dle jakosti

| Retenční nádrž 10.8. 2006 - 5.10. 2006 | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | počet | průměr | medián | C90 | třída |
| dis.O2 | [mg/L] | 2 | 8,77 | 8,77 | 8,77 | I |
| Vod | [μS/cm] | 3 | 273 | 272 | 273 | I |
| 3H | [Bq/L] | 3 | 3 | 3 | 3 | I |
| 24Mg | μg/L | 3 | 6700 | 6676 | 6700 | I |
| 31P | μg/L | 3 | 85 | 44 | 85 | II |
| 44Ca | μg/L | 3 | 28013 | 27570 | 28013 | I |
| 52Cr | μg/L | 3 | 2,66 | 2,64 | 2,66 | I |
| 54Fe | μg/L | 3 | 1118 | 875 | 1118 | III |
| 55Mn | μg/L | 3 | 182 | 259 | 182 | II |
| 60Ni | μg/L | 3 | 5,70 | 5,44 | 5,70 | II |
| 65Cu | μg/L | 3 | 14,01 | 16,55 | 14,01 | II |
| 66Zn | μg/L | 3 | 27,00 | 18,51 | 27,00 | II |
| 75As | μg/L | 3 | 2,66 | 2,88 | 2,66 | II |
| 111Cd | μg/L | 3 | 0,18 | 0,05 | 0,18 | II |
| 208Pb | μg/L | 3 | 2,85 | 2,84 | 2,85 | I |
| 238U | μg/L | 3 | 0,28 | 0,27 | 0,28 | I |
| Hg | μg/L | 2 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | I |
| NH4-N | mg/L | 3 | 0,20 | 0,10 | 0,20 | I |
| NO3-N | mg/L | 3 | 0,77 | 0,78 | 0,77 | I |
| TP | mg/L | 3 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | II |
| SO4 | mg/L | 3 | 35,67 | 35,30 | 35,67 | I |
| Cl | mg/L | 3 | 13,61 | 12,94 | 13,61 | I |

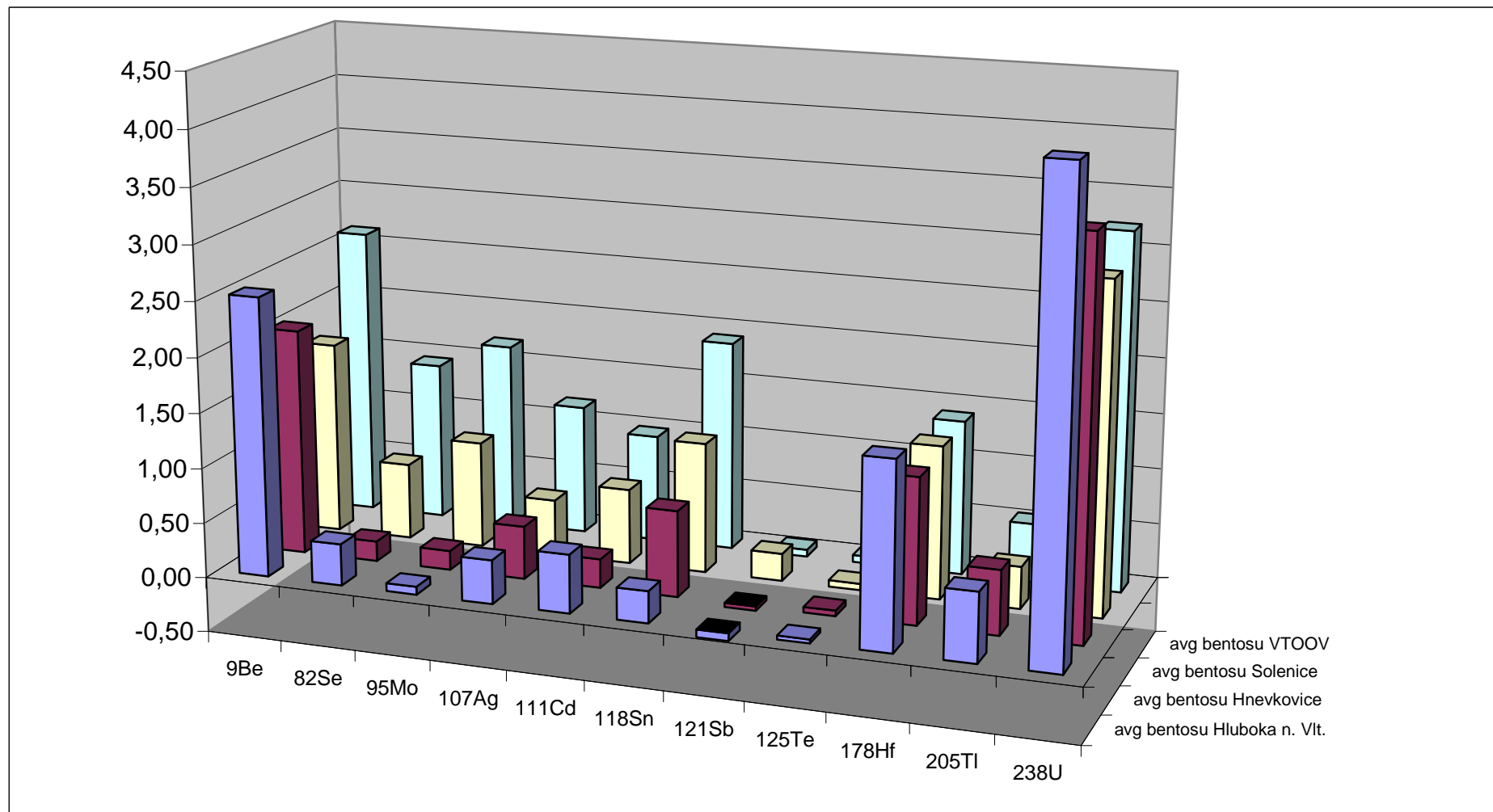
Tabulka č. 31: Druhové složení sinic, řas a rozsivek v odebraném bentosu

| Druhové složení a zastoupení jednotlivých sinic, řas a rozsivek na jednotlivých lokalitách | | | | | | | |
|--|------------|--------|-------|----------------------------------|------------|--------|-------|
| | Hněvkovice | Výpusť | Orlík | | Hněvkovice | Výpusť | Orlík |
| Rozsivky (Bacillariophyceae) | | | | Zelené řasy (Chlorophyta) | | | |
| Achnanthes sp. | | 1 | | Ankistrodesmus fusiformis | + | | |
| Amphipleura pelucida | + | + | | Closteriopsis acicularis | | | + |
| Aulacoseira ambigua | 1 | 1 | 1 | Coelastrum pseudomicroporum | | + | |
| Aulacoseira cf. granulata | | 1 | 1 | Crucigenia fenestrata | | + | |
| Cocconeis placentula | + | | | Microspora cf. amoena | | 2 | |
| Cyclotella meneghiniana | + | + | | Monoraphidium arcuatum | | + | |
| Cymbella prostrata | + | | | Mougeotia sp. steril. | | 1 | 1 |
| Cymbella silesiaca | | | + | Oocystis marsonii | | | + |
| Cymbella ventricosa | 1 | 1 | 1 | Pediastrum boryanum | + | | + |
| Diatoma vulgare | 1 | 1 | 1 | Pediastrum duplex | + | + | |
| Fragillaria capucina | + | | 1 | Pediastrum simplex | 1 | + | |
| Fragillaria crotonensis | 1 | 1 | 1 | Pediastrum tetras | + | 1 | 1 |
| Fragillaria ulna | 1 | 1 | 1 | Scenedesmus acutus | | + | |
| Gomphonema angustata | | 1 | | Scenedesmus ecornis | | + | |
| Gomphonema augur | | | 1 | Scenedesmus gutwinski | | | + |
| Gomphonema olivaceum | 1 | | | Scenedesmus opoliensis | | + | |
| Hantzschia amphioxys | | 1 | | Scenedesmus panonicus | | | + |
| Melosira varians | 3 | 2 | 3 | Scenedesmus quadricauda | + | 1 | 1 |
| Navicula lanceolata | | 1 | 1 | Staurastrum planctonicum | | | + |
| Navicula rhynchocephala | 1 | 1 | 1 | Tetrastrum glabrum | + | | |
| Navicula sp. | 1 | 1 | | | | | |
| Neidium productum | + | | | | Hněvkovice | Výpusť | Orlík |
| Nitzschia acicularis | | | 1 | Sinice (Cyanobacteria) | | | |
| Nitzschia gracilis | 1 | 1 | | Oscillatoria limosa | 3 | | 3 |
| Nitzschia sigmoidea | + | | | Phormidium autumnale | | 3 | 3 |
| Nitzschia sp. | | | 1 | Phormidium 3 | | 3 | |

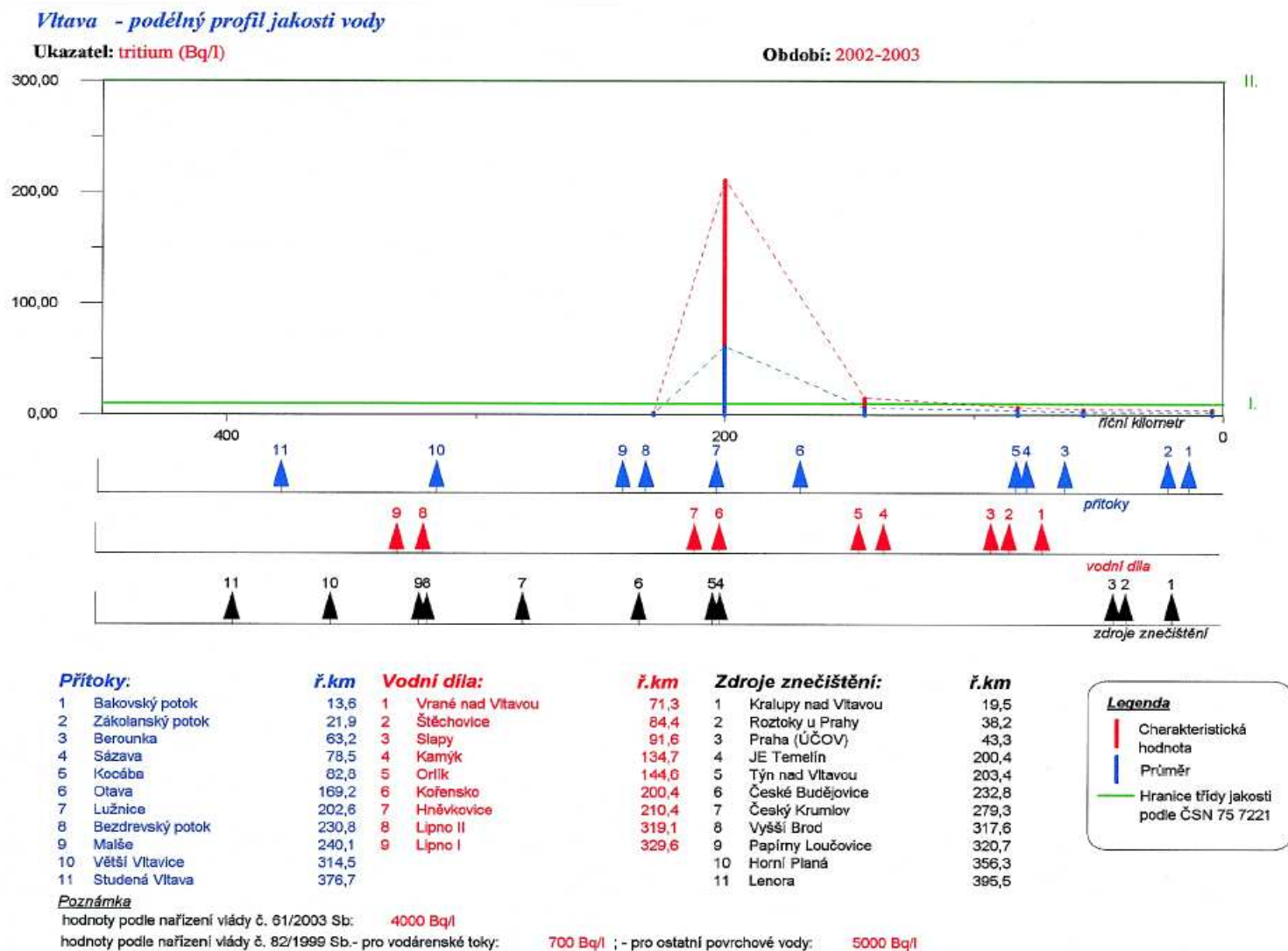
"+ - vzácný druh, 1 - běžný, 2 - hojný, 3 - subdominantní, 4 - dominantní

Tabulka č. 32: Obsah vybraných prvků v bentosu

| Průměrný obsah prvků v bentosu na jednotlivých lokalitách [mg.kg ⁻¹ sušiny] | | | | | | | | | | | |
|--|------------|-----------|--------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Prvek | 7Li | 9Be | 11B | 23Na | 24Mg | 27Al | 31P | 39K | 44Ca | 51V | 52Cr |
| Hluboká n. Vlt | 46,051 | 2,530 | 15,369 | 712,712 | 8931,872 | 72623,417 | 1290,482 | 10686,128 | 4756,122 | 57,751 | 72,670 |
| Hněvkovice | 40,733 | 2,052 | 10,445 | 699,000 | 10223,392 | 63813,825 | 1430,824 | 12782,814 | 5617,878 | 64,355 | 75,084 |
| Solenice | 23,057 | 1,746 | 17,596 | 1212,285 | 7406,157 | 38278,604 | 3806,681 | 8806,931 | 17037,570 | 57,779 | 47,632 |
| VTOOV | 34,803 | 2,623 | 21,849 | 1343,245 | 6913,580 | 56580,584 | 4125,482 | 9389,438 | 15172,428 | 70,563 | 68,025 |
| Prvek | 54Fe | 55Mn | 59Co | 60Ni | 65Cu | 66Zn | 69Ga | 75As | 82Se | 85Rb | 88Sr |
| Hluboká n. Vlt | 53059,420 | 1819,403 | 15,334 | 47,301 | 30,569 | 192,634 | 32,833 | 9,479 | 0,377 | 49,450 | 20,911 |
| Hněvkovice | 58023,982 | 2938,991 | 14,221 | 50,357 | 27,916 | 138,250 | 32,206 | 10,581 | 0,180 | 54,868 | 18,876 |
| Solenice | 67003,221 | 10505,508 | 46,379 | 78,670 | 51,641 | 617,071 | 52,303 | 32,969 | 0,692 | 33,097 | 41,765 |
| VTOOV | 182186,131 | 6941,331 | 50,456 | 91,737 | 68,011 | 966,980 | 45,760 | 28,205 | 1,438 | 42,777 | 43,460 |
| Prvek | 95Mo | 107Ag | 111Cd | 118Sn | 121Sb | 125Te | 137Ba | 178Hf | 205Tl | 208Pb | |
| Hluboká n. Vlt | 0,072 | 0,395 | 0,528 | 0,286 | <0,003 | 0,036 | 247,154 | 1,672 | 0,623 | 35,663 | |
| Hněvkovice | 0,174 | 0,480 | 0,260 | 0,780 | <0,003 | 0,049 | 244,516 | 1,311 | 0,580 | 24,062 | |
| Solenice | 0,967 | 0,508 | 0,683 | 1,179 | 0,249 | 0,058 | 497,091 | 1,377 | 0,378 | 49,467 | |
| VTOOV | 1,681 | 1,177 | 0,975 | 1,907 | 0,063 | 0,064 | 415,811 | 1,400 | 0,536 | 53,559 | |



Obr. č. 13: Průměrný obsah vybraných prvků v bentosu

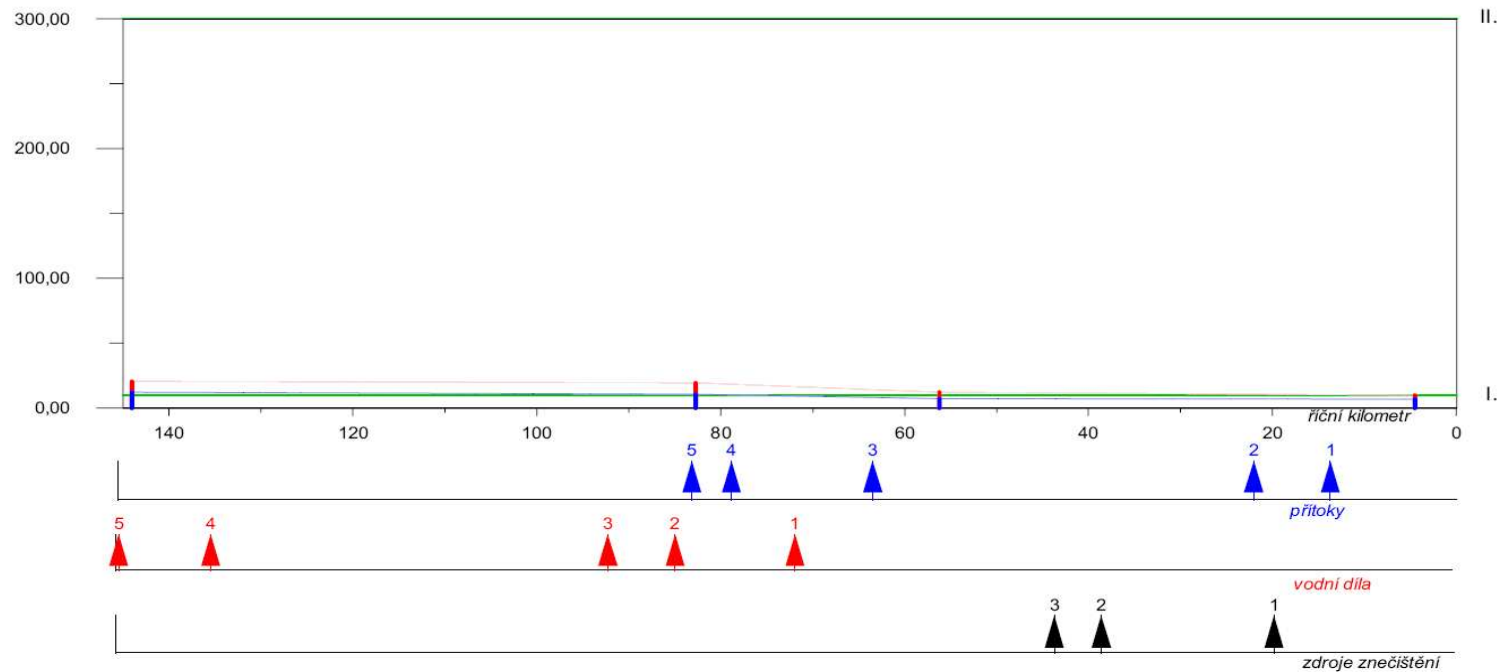


Obr. č. 14: Aktivita tritia naměřená ve Vltavě Povodím Vltavy (Povodí Vltavy)

Vltava - podélný profil jakosti vody

Ukazatel: tritium (Bq/l)

Období: 2004-2005



Přítoky:

- 1 Bakovský potok
- 2 Zákolanský potok
- 3 Berounka
- 4 Sázava
- 5 Kocába

ř.km Vodní díla:

- 13,6 1 Vrané nad Vltavou
- 21,9 2 Štěchovice
- 63,2 3 Slapy
- 78,5 4 Kamýk
- 82,8 5 Orlík

ř.km Zdroje znečištění:

- 71,3 1 Kralupy nad Vltavou
- 84,3 2 Roztoky u Prahy
- 91,6 3 Praha (ÚČOV)
- 134,7
- 144,7

ř.km

- 19,5
- 38,2
- 43,3

Poznámka

hodnota podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb.: 4000 Bq/l

hodnoty podle nařízení vlády č. 82/1999 Sb.- pro vodárenské toky: 700 Bq/l ; - pro ostatní povrchové vody: 5000 Bq/l

Legenda

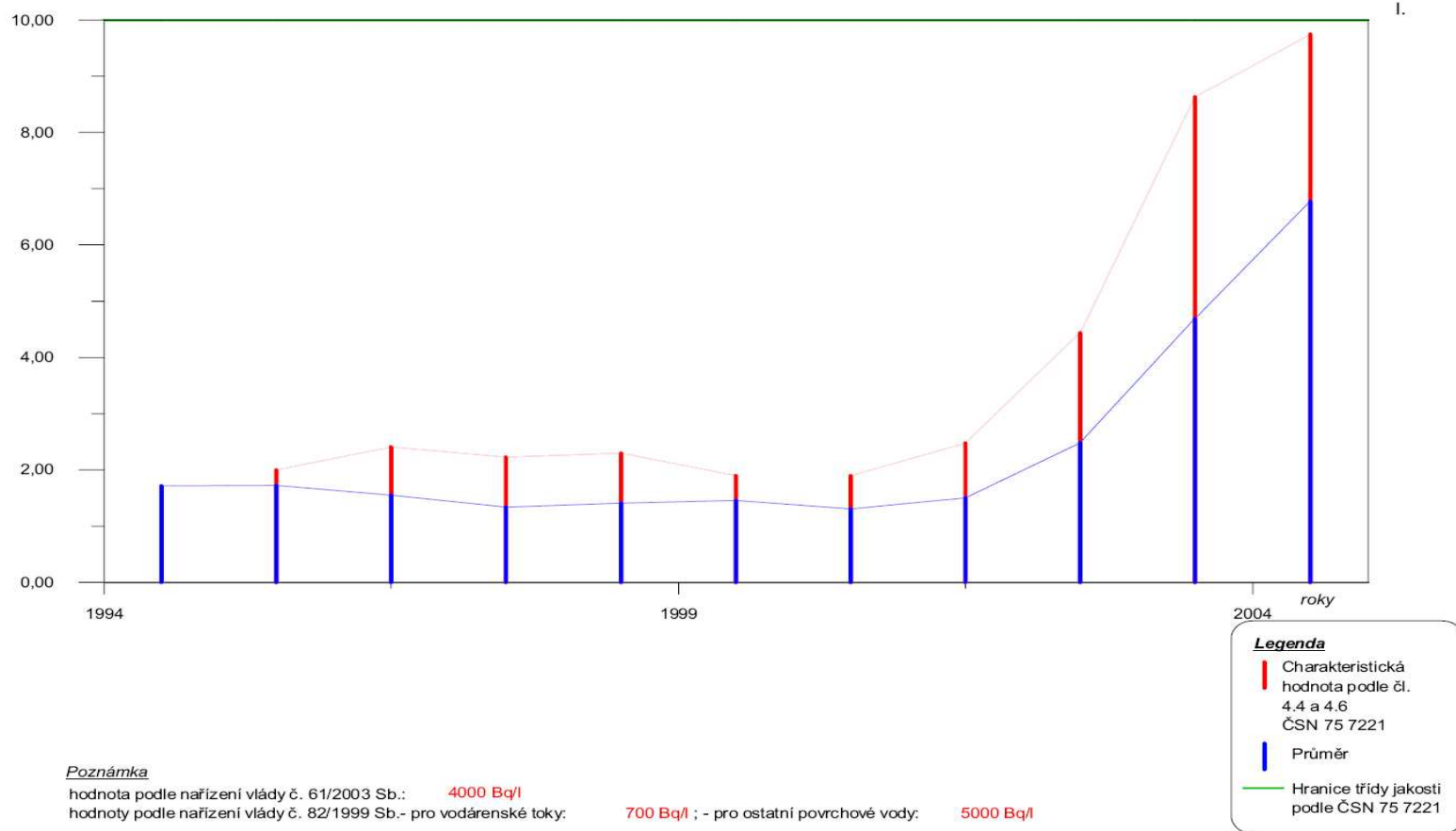
- | Charakteristická hodnota podle čl. 4,4 a 4,6 ČSN 75 7221
- | Průměr
- Hranice třídy jakosti podle ČSN 75 7221

Obr. č. 15: Aktivita tritia naměřená ve Vltavě Povodím Vltavy (Povodí Vltavy)

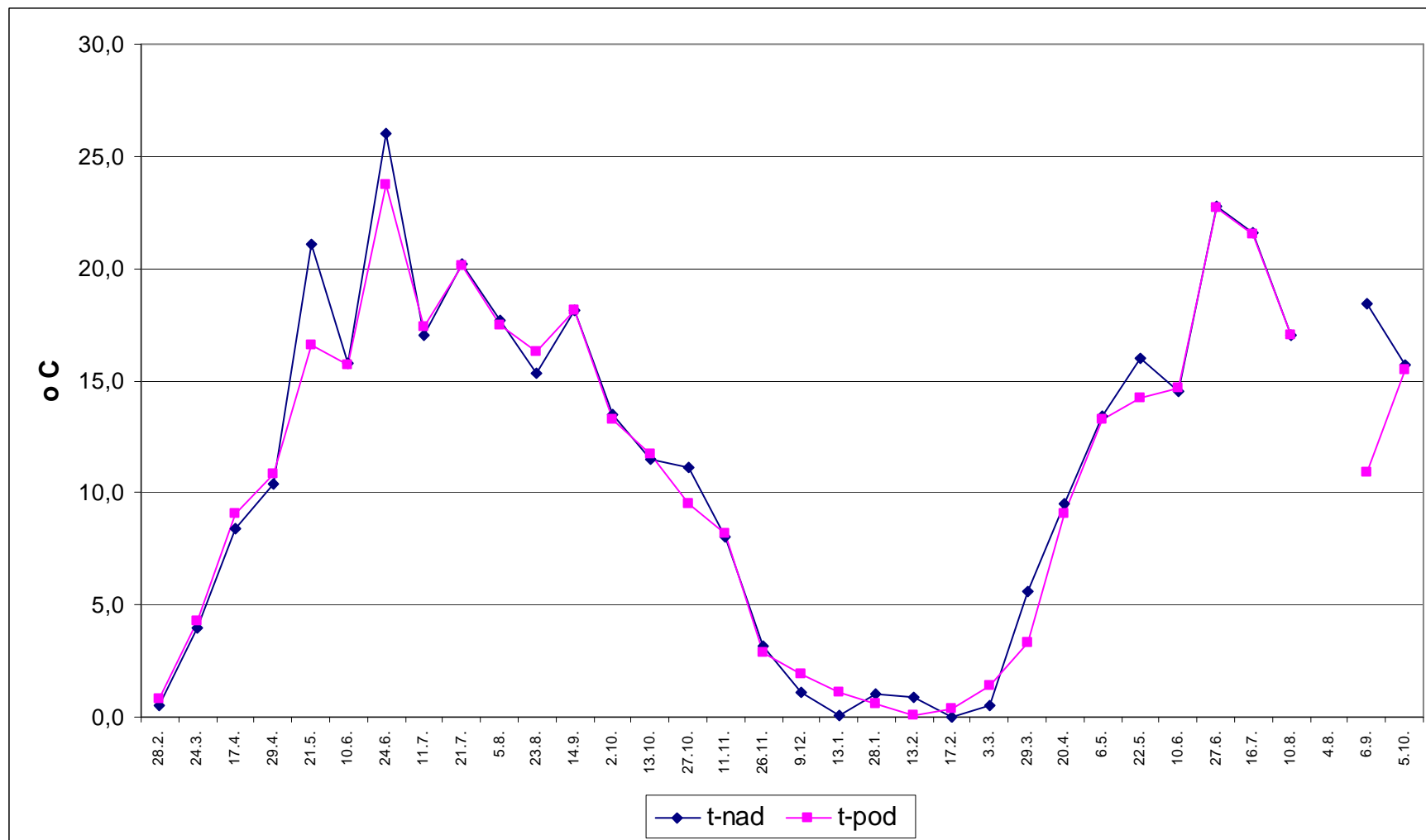
Vltava - vývoj jakosti vody v profilu Zelčín - R, říční km 4.50

Ukazatel: tritium (Bq/l)

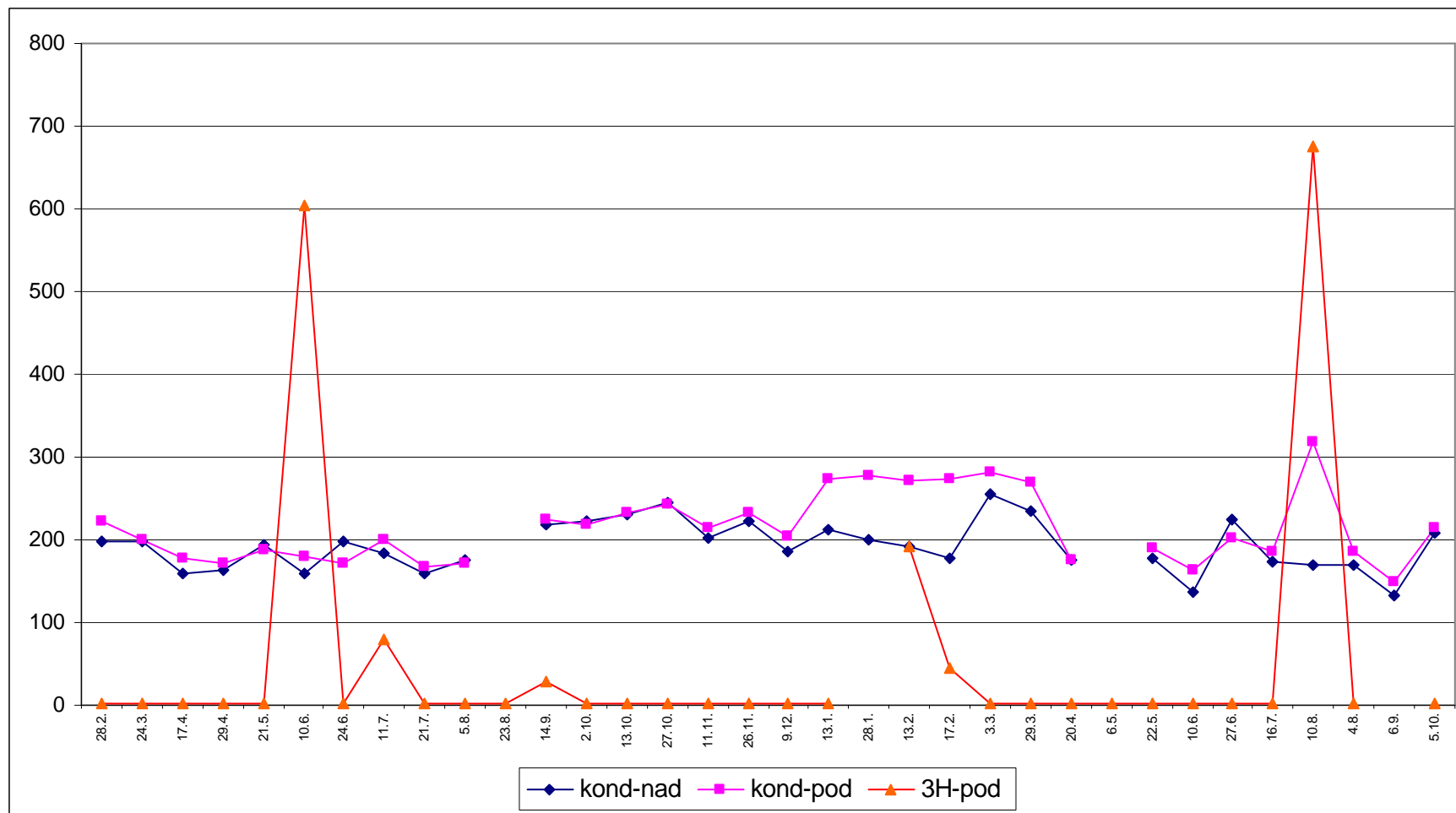
Období: 1994-2005



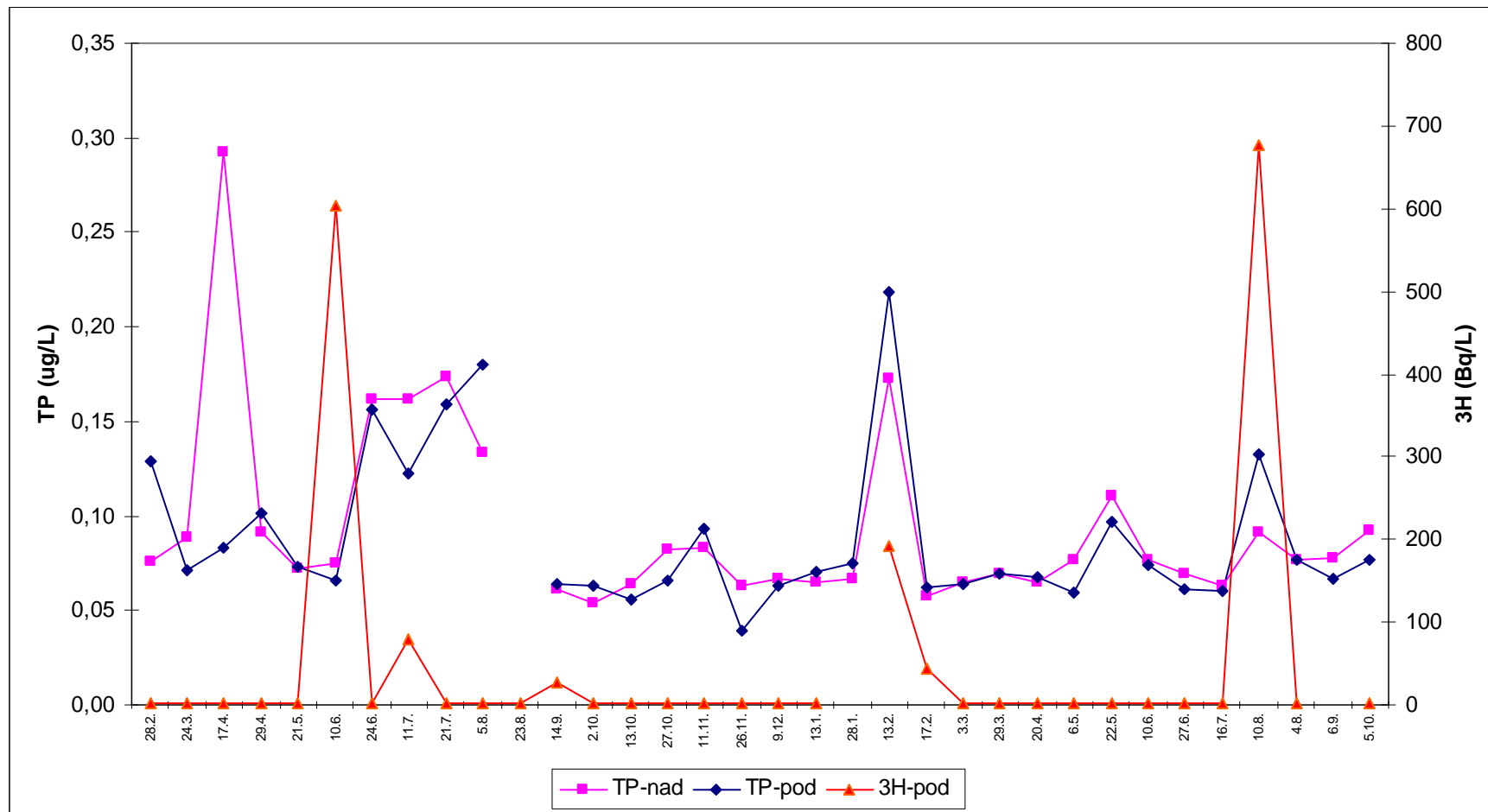
Obr. č. 16: Aktivita tritia naměřená ve Vltavě Povodím Vltavy (Povodí Vltavy)



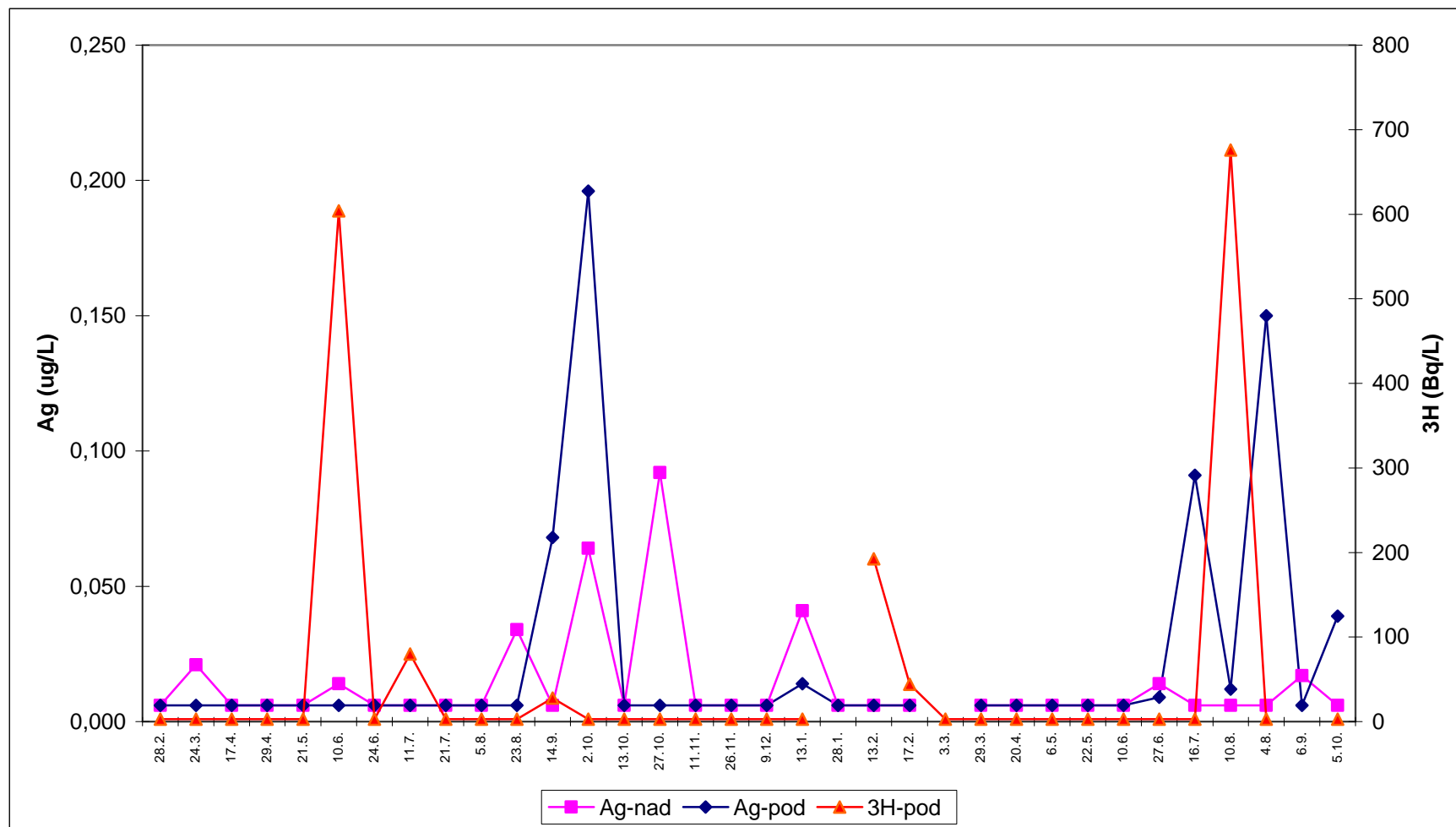
Obr. č. 17: Porovnání teploty ve Vltavě nad VTOOV s teplotou ve Vltavě pod VTOOV



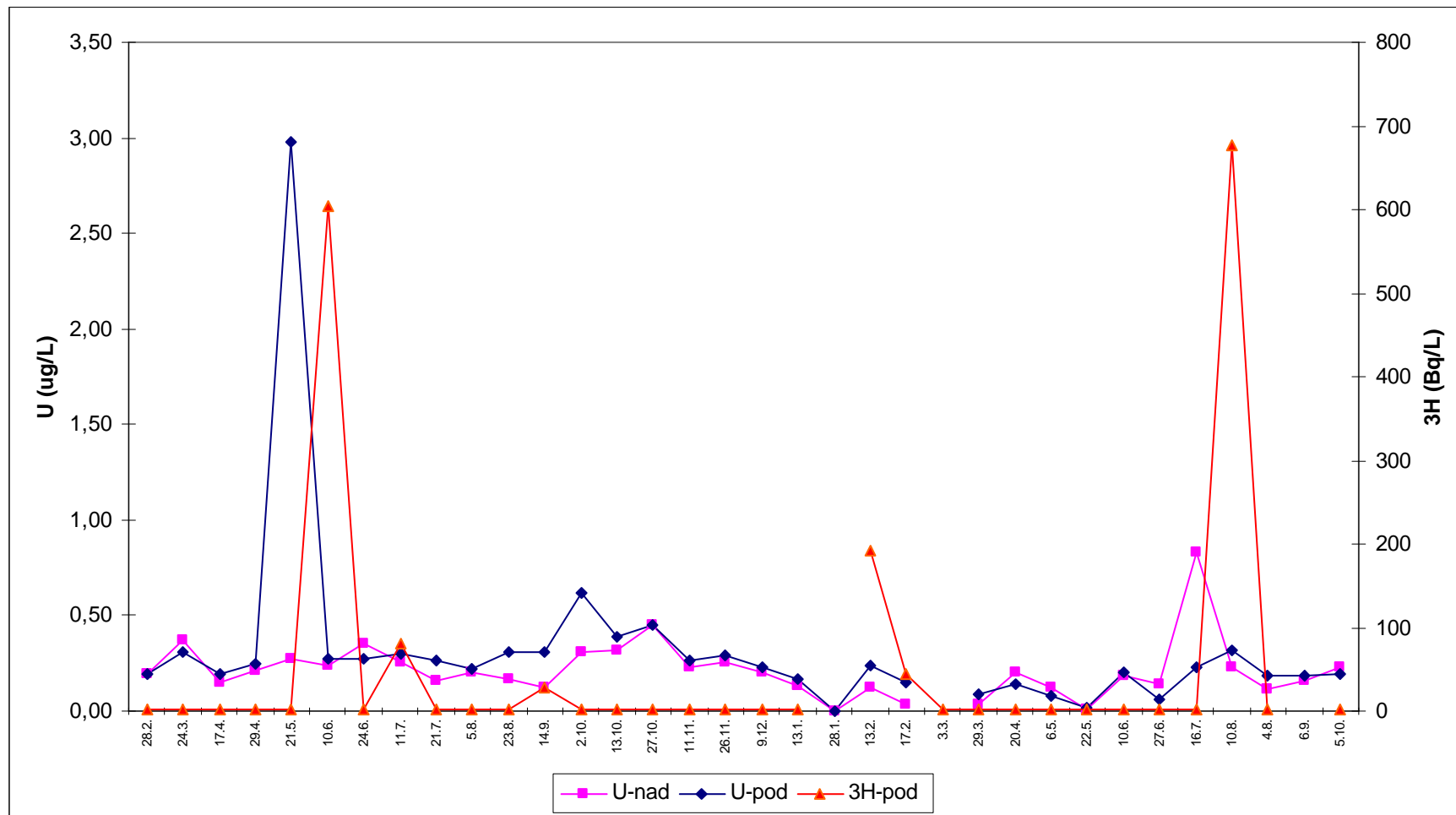
Obr. č. 18: Porovnání elektrolytické vodivosti ve Vltavě nad VTOOV s elektrolytickou vodivostí a aktivitou tritia ve Vltavě pod VTOOV



Obr. č. 19: Porovnání obsahu fosforu ve Vltavě nad VTOOV s obsahem fosforu a aktivitou tritia ve Vltavě pod VTOOV



Obr. č. 20: Porovnání obsahu stříbra ve Vltavě nad VTOOV s obsahem stříbra a aktivitou tritia ve Vltavě pod VTOOV



Obr. č. 21: Porovnání obsahu uranu ve Vltavě nad VTOOV s obsahem uranu a aktivitou tritia ve Vltavě pod VTOOV



Obr. č. 22: Odběrové místo č. 1 – Vltava nad VTOOV v Kořensku



Obr. č. 23: Odběrové místo č. 2 – VTOOV v Kořensku



Obr. č. 24: Odběrové místo č. 2 – Detail VTOOV



Obr. č. 25: Odběrové místo č. 3 – Vltava pod VTOOV v Kořensku



Obr. č. 26: Odběrové místo č. 4 – Vltava pod Orlickou přehradou v Solenicích



Obr. č. 27: Odběrové místo č. 5 – Vltava ve Štěchovicích



Obr. č. 28: Odběrové místo č. 6 – Vltava v Davli



Obr. č. 29: Odběrové místo č. 7 – Vltava v Chuchli



Obr. č. 30: Odběrové místo č. 8 – Blanice pod Husineckou přehradou



Obr. č. 31: Odběrové místo č. 9 – Vltava pod Hněvkovickou přehradou



Obr. č. 32: Odběrové místo č. 10 – Vltava v Hluboké nad Vltavou



Obr. č. 33: Odběrové místo č. 11 – Jímka Knín



Obr. č. 34: Odběrové místo č. 12 – Výtok z ČOV Býšov



Obr. č. 35: Odběrové místo č. 13 – Retenční nádrž Býšov