

HAKSER 2001

A HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER
(HAKSER)
2001. évi jelentése

*ANNUAL REVIEW OF THE JOINT ENVIRONMENTAL
RADIATION MONITORING SYSTEM (JERMS) AROUND THE NUCLEAR
POWER PLANT PAKS, 2001~~0~~*

Készítették (*Authors*)

HAKSER Adatgyűjtő-, Feldolgozó
és Értékelő Központ

Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

Egészségügyi Minisztérium
szakintézményei

Déri Zsolt (OKK-OSSKI)

Guczi Judit (OKK-OSSKI)

Horváth Nikoletta (ÁNTSZ Tolna M. Int.)

Kelemen Mária (ÁNTSZ Tolna M. Int.)

Földművelésügyi és Vidékfejlesztési
Minisztérium szakintézményei

Tarján Sándor (OÉVI)

Környezetvédelmi Minisztérium
szakintézményei

Ivó Mária (ADV KVF)

Paksi Atomerőmű

Bujtás Tibor (PA Rt)

Feil Ferenc (PA Rt)

Germán Endre (PA Rt)

~~Volent Gábor (PA Rt)~~

Szerkesztette (*Compiled by*):

Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

OKK-OSSKI, Budapest, 20021. június

TARTALOMJEGYZÉK
(*CONTENTS*)

1. Bevezetés (<i>Introduction</i>)	3
<i>Introduction (in English)</i>	7
2. Kibocsátási eredmények (<i>Releases</i>).....	8
2.1. Légköri kibocsátás (<i>Airborne releases</i>).....	8
2.2. Folyékony kibocsátás (<i>Liquid releases</i>)	13
3. Radioaktív hulladékok (<i>Radioactive wastes</i>).....	20
3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok (<i>Operational waste of low and intermediate activities</i>).....	20
3.2. Feldolgozási eljárások (<i>Waste treatment</i>).....	22
3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása (<i>Interim storage of waste</i>).....	23
3.4. Végleges elhelyezés (<i>Disposal of waste</i>).....	23
4. Környezeti sugárvédelmi mérési eredmények (<i>Radioactivity of environmental samples</i>)	24
4.1. A légköri radioaktív koncentrációk (<i>Radioactive concentrations in air</i>)	24
4.2. A vízi környezetben mért radioaktív koncentrációk (<i>Radioactive concentrations in the aquatic environment</i>).....	25
4.3. A szárazföldi környezetben mért radioaktív koncentrációk (<i>Radioactive concentrations in the terrestrial environment</i>).....	30
4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása (<i>Radioactivity in drinking water and foods</i>)	36
4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében (<i>Outdoor dose rates in the environment</i>).....	38
5. Lakossági sugárterhelés járulékok (<i>Radiation impact of the population</i>)	39
5.1. Légköri kibocsátásból származó sugárterhelés (<i>Dose contribution from airborne releases</i>)	39
5.2. Vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (<i>Dose contribution from liquid releases</i>)	41
6. Összefoglalás, hatósági megállapítások (<i>Summary with the conclusions of the authorities</i>)	42
<i>Summary (in English)</i>	47
7. Hivatkozások (<i>References</i>)	50
Melléklet (<i>Annex</i>):	
A hatósági ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok.....	51
(<i>List of the governmental laboratories taking part in the monitoring</i>).....	52

1. BEVEZETÉS

A paksi atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek, radiológiai laboratóriumok az előző évekhez hasonlóan közös jelentésben számolnak be az 20010. évi eredményekről, megállapításokról. Az ellenőrzésben érdekelt hatóságok - az Egészségügyi Minisztérium (EüM), a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) és a Környezetvédelmi Minisztérium (KöM) - tevékenysége, együttműködése egymással és az atomerőmű üzemi környezeti ellenőrző rendszerével az Országos Atomenergia Hivatal koordinálása mellett kialakított Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER) keretében folyik.

A hatósági laboratóriumok kibocsátási és környezeti mérési eredményei, valamint a Paksi Atomerőmű (PAE) néhány fontos üzemi, meteorológiai és környezeti kibocsátásra vonatkozó adata rendszeresen, off-line, kisebbrészben on-line módon formában kerül számítógépes tárolásra, majd feldolgozásra. Az adatfeldolgozás az OKK Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetben (OKK-OSSKI) kialakított HAKSER Adatgyűjtő, Feldolgozó és Értékelő Központban (AFÉK) történik. Az ellenőrzésben résztvevő és adatot szolgáltató intézményeket, laboratóriumokat az 1. sz. melléklet tartalmazza.

Az érzékeny mérések ellenére is előfordul, hogy a mérendő aktivitás a kimutatási határnál kisebb. Megállapodás szerint a korlátozás alá eső radioaktív komponensek esetén a kimutatási határ alatti értékeknél a kimutatási határt jegyezzük fel, s a feldolgozás ezen értékkel történik. Az így kapott átlagérték a valódinál mindig nagyobb lesz, azaz felülbecslést végzünk. A hatóságilag szabályozott mennyiségeknél a kimutatási határ általában nagyságrendekkel a megállapított korlátnak megfelelő érték alatt van.

Az éves jelentések táblázatai, ábrái nagyrészt az AFÉK számítógépén tárolt adatok alapján készülnek, a kibocsátási értékek megállapításánál és a környezeti sugárvédelmi következtetések levonásánál viszont figyelembe vesszük az erőmű éves sugárvédelmi jelentését is. Ezért a hatósági jelentés összeállításában részt vesznek az atomerőmű szakemberei is.

Egyes környezeti elemeknél az 20010. évi eredmények értékelésénél is még kismértékben számolnunk kellett a csernobili reaktorbaleset hazai hatásával.

Az 1984-től megjelenő éves jelentések eredménytáblázatai csupán a tárgyévekre vonatkoznak, nem tartalmazznak több évet átfogó elemzéseket, trend vizsgálatot. Az elmúlt időszakban készültek több éves eredményeket összefoglaló és értékelő kiadványok is [1, 2].

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint a résztvevő hatósági laboratóriumok mintavételi helyeit szemléltető 1.1.a és 1.1.b ábra. Az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez ugyanis a mért eredményeket irány és távolság szerint is célszerű csoportosítani.

Az atomerőmű a Duna jobb partján, attól kb. 2 km távolságban helyezkedik el. A hűtésre használt dunavíz a hidegvíz csatornán (V1 mintavételi pont) kerül az atomerőműbe (vízforgalom: kb. $4 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{óra}$). A felhasznált hűtő- és más ipari víz a melegvíz csatornán (V2 mintavételi pont), míg a kutakból táplált vízellátásból származó kommunális (WC, mosoda, laboratórium stb.) szennyvíz (napi 1500 m^3 , V3 mintavételi pont) tisztítás után kerül a melegvíz csatorna torkolatába, s onnan a Dunába.

A légnemű radioaktív anyagok kibocsátása 2 db 100 m magas kéményen történik, ezek légforgalma egyenként $500\text{-}600 \text{ ezer m}^3/\text{óra}$.

A blokkok karbantartási ideje 200~~10~~-ben a következő volt:

1. blokk: jún. 16. – júl. 14.

3. blokk: júl. 21. – szept. 19.

2. blokk: már. 17. – ápr. 18.

4. blokk: ápr.29. – máj. 23.

Az éves villamosenergia termelés az indulástól kezdve az 1.1. táblázatban található, GWh egységben.

1.1. táblázat Az éves elektromosenergia termelés

Table 1.1. The annual electrical production

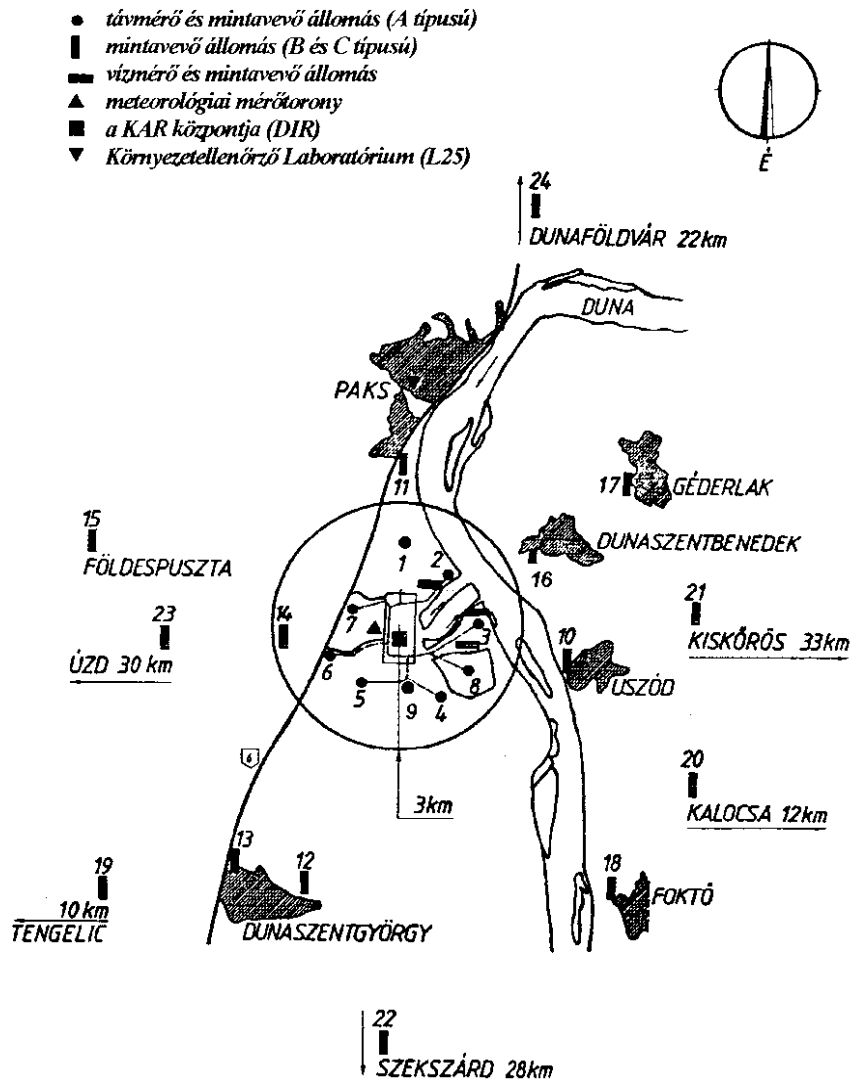
Év (y)	Energiatermelés [GWh]	Év (y)	Energiatermelés [GWh]
1983	2473	1993	13796
1984	3766	1994	14049
1985	6479	1995	14026
1986	7425	1996	14181
1987	10985	1997	13968
1988	13445	1998	13949
1989	13891	1999	14096
1990	13731	2000	14179
1991	13726	2001	<u>14126???</u>
1992	13964		

Az erőműben a többéves szekunderkörü teljesítményjavító fejlesztések eredményeképpen a blokkok névleges elektromos teljesítménye jelenleg összesen 18~~6654~~ MW.

A számítógépben tárolt hatósági mérési adatok, pontosabban a meghatározások száma az utóbbi években 5-6 ezer körül volt, a tervezett érték 3500.

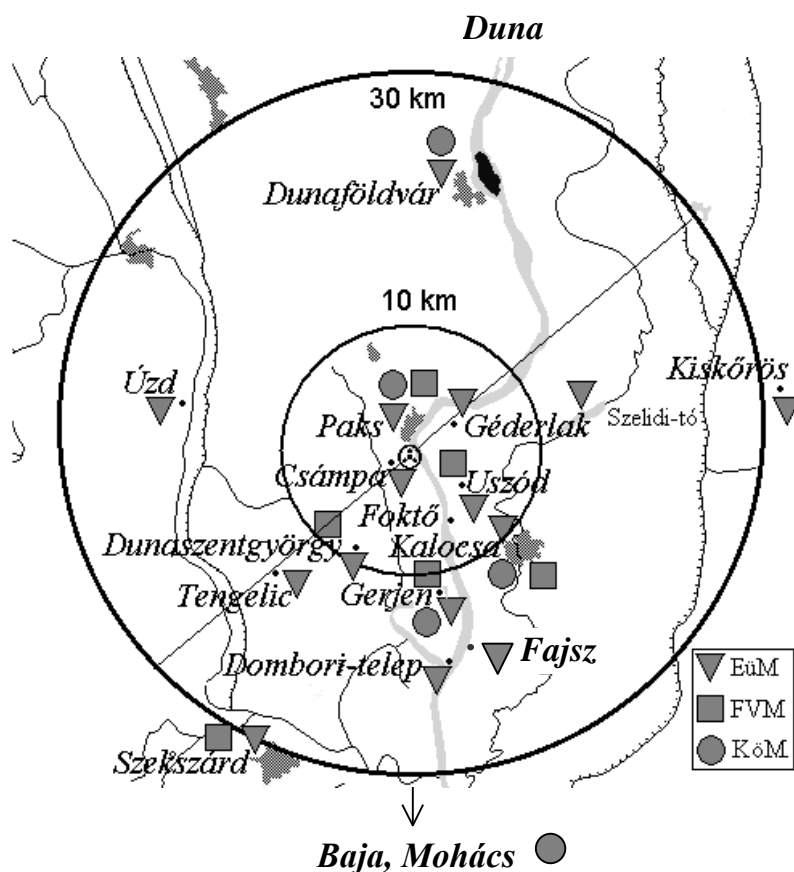
A meghatározások számának vizsgálati irányok szerinti megoszlását az 1.2. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön meghatározásnak számít és egy mintának az összes-béta, ⁴⁰K stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés 2 - 3 ezer mintából származik.

Általában megállapítható, hogy a nuklidspecifikus mérések aránya az utóbbi években már a meghatározások több mint kétharmadát teszi ki.



1.1.a ábra Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal
 Figure 1.1.a The environment of the NPP Paks with the monitoring system of the Plant

1.1.a ábra Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal
 Figure 1.1.a The environment of the NPP Paks with the monitoring system of the Plant



1.1.b ábra A HAKSER mérési és mintavételi helyei

Figure 1.1.b The measurement and sampling places of the JERMS

1.2. táblázat. A hatósági meghatározások száma (N) és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2001~~0~~-ben

Table 1.2. The number (N) and percentages of the different types of determinations of authorities in 2001~~0~~

Vizsgálati irány (types of determinations)	Meghatározások száma (no. of determ.)	[%]
Összes-béta aktivitás (gross-beta)	1450	21
K-40	70	1
I-131	127	2
HpGe det. gamma-spektrometria	4351	63
Trícium	271	4
Sr-89* + Sr-90*	416	6
Cs-137*	129	2
egyéb vizsgálatok (others)	107	1
összesen (sum):	6921	100

* kémiai elválasztással (by chemical separation)

INTRODUCTION

As earlier, the governmental radiological laboratories monitoring the environment of the Nuclear Power Plant of Paks have compiled a joint annual report on statements and results achieved in 20002001. The authorities involved are: Ministry of Health (MH), Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD) and Ministry of Environment (MOE). Their collaboration with each other and with the environmental radiation monitoring service of the Plant itself is on the prescriptions of the Joint Environmental Radiation Monitoring System (JERMS) worked out in collaboration with the National Atomic Energy Office. The survey data of the authorized laboratories and some important operational, meteorological and environmental emission data of the Nuclear Power Plant are transferred to and processed in the Computer Center of the JERMS in the OKK "Frédéric Joliot-Curie" National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene mainly in off-line form.

It may also happen that the measured values are lower than the detection limit of the method. In such cases the data obtained cannot directly be used for the appraisal of the environmental effect of the power plant. It is agreed that if the measured values are lower than the detection limit, then this limit is to be indicated and used for calculations. In these cases the mean value is always higher than the actual one, i.e. it is overestimated. Generally the detection limits are by some orders of magnitude lower than the limits accepted by the regulations.

Tables and figures of the annual reports are mainly based on data stored in the computer. However, when conclusions on the radioactive effluents and environmental pollution are reached, the measurements and annual reports of the Radiation Protection Department of the Nuclear Power Plant themselves are also considered to a great extent. Therefore, experts from the Plant contribute to the final, authorized report, too.

In the evaluation of the data in 20002001 the environmental pollution of some environmental media caused by the nuclear accident in Chernobyl is still to be recognised with.

Tables of the annual reports published since 1984 relate only to the periods under survey. They do not give a comprehensive picture over several years and do not analyse the trends, either. Volumes entitled "Effect of the Nuclear Power Plant of Paks on the Environmental Radiation Level" ("Prodinform" Műszaki Tanácsadó Vállalat, Budapest, Vol. I.:1987 and Vol. II.: 1989) and the Special issue of the Natl.Hungarian Committee of IRPA (Budapest, 1990) have analysed the cross-year tendencies [1, 2].

To help the better understanding of the data the environment together with the monitoring stations of the NPP and measuring and sampling places of the authorities are drawn in Figure 1.1.a and 1.1.b.

The plant is placed near the Danube 100 km south from Budapest. The water inflow (channel V1) and main outflow (channel V2) are about 0.4 million m³/h, the waste water outflow (channel V3) is 1500 m³/d. The airborne radioactivity is released by two stacks with airthrough put of 0.5-0.6 million m³/h each.

The yearly production of the electrical energy can be seen in Table 1.1.

The annual number of determinations - collected by the data center - is about 5000-6000, usually, the planned one is 3500. The number and percentages of the different types of determinations for the last year are presented in Table 1.2.

2. KIBOCSÁTÁSI EREDMÉNYEK

A hatósági szabályozásban foglalt előírások betartásának ellenőrzését a területileg illetékes elsőfokú környezetvédelmi hatóság, az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség (ADV KVF), Baja végzi.

Az ellenőrzés alapelvei a következők:

- Az ellenőrzés alapját a kibocsátott komponenseknek a hatóság, ill. a mérésre kötelezett üzemeltető által kapott értékei képezik.
- A hatóság ellenőrzi az üzemi méréseket és azok eredményeinek megbízhatóságát az üzemmenet figyelembevételével, és ennek során megállapítja a hivatalos kibocsátási értékeket.

A hatósági korlátozás alá eső mennyiségeken kívül a nuklidspecifikus aktivitásértékek is hasznosak, mivel

- részletezik és pontosítják a kibocsátásokról nyert információt,
- segítik a korlátozás alá eső komponensek mérési adatainak értékelését,
- alapul szolgálnak a lakossági dózisszámításokhoz (5. fejezet).

A párhuzamos mintavételezési ágak esetén a nagyobb mérési eredményt fogadják el. A hatóságilag korlátozott komponensek esetén a kimutatási határ alatti mérési eredmények a kimutatási határral kerülnek felhasználásra. Ezért a kibocsátási értékek rendszerint felülbecsültek.

2.1. Léggöri kibocsátás

Az atomerőmű léggöri kibocsátásaival kapcsolatos szabályozást az 1/1980.(II. 6.) OKTH sz. rendelkezés tartalmazza, melyből a határértékeket a 2.1. táblázat foglalja össze. A hatóság alapvetően e kibocsátási határértékek betartását ellenőrzi, az üzem két kéményén külön-külön (2 blokkhoz tartozik 1 kémény). A Paksi Atomerőmű Rt. (PA Rt.) és az ADV KVF között időszakosan megújított vonatkozó "Hatósági Felülvizsgálati Rend " az alábbiakat tartalmazza:

- határértékek betartása,
- üzemi naplók ellenőrzése,
- nem közös (csak üzemi) adatok felhasználása,
- párhuzamos adatokból a kibocsátás elfogadása,
- egyéb nuklidspecifikus adatok.

2.1.1 A mérési eredmények

A léggöri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 2.2. táblázatban látható. Az értékek az üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsléséhez felhasználtunk.

A Paksi Atomerőmű (PAE) és a hatóság 2.1. és 2.2. ábrán feltüntetett mérési eredményeihez megjegyezzük, hogy az üzem a három mintavevő ág közül a legnagyobb aktivitást mutató adatát adja meg, míg a hatóság a heti gyűjtésű mintákat méri. A két független adatsor az aeroszol összes-béta méréseknél is szisztematikus eltérést mutat, azonban a ¹³¹I egyenértéknél a kimutatási határ alatti méréseknél a kimutatási határ különbözősége, valamint a PAE által vizsgált napi mintavételezési ág nagyobb aktivitás adatai és az üzem rövidebb időn belül történő mérései miatt az eltérés általában egy, esetenként két nagyságrend. Az ellenőrzés módszereinek és a

kibocsátások mérésének részletes leírása, a lehetséges hibaforrásokkal az 1991. évi jelentés mellékletében található.

2.1. táblázat A paksi atomerőmű légköri radioaktív kibocsátásaira vonatkozó hatósági határértékek (kivonat az 1/1980. (II.6.) OKTH sz. rendelkezéséből)

Table 2.1. The authorized limits of airborne effluents

Radioaktív anyagok (<i>components</i>)	Határértékek [Bq/nap] (<i>limits, Bq/d</i>)
Sr-89 + Sr-90	$5,6 \cdot 10^4$
Radioaktív jódizotópok, I-131 egyenértékben (<i>I-131 equivalent</i>)	$1,1 \cdot 10^9$
Radioaktív aeroszolok, összes-béta mérés alapján ($T_{1/2} > 24$ h) (<i>aerosols, gross-beta activity</i>)	$1,1 \cdot 10^9$
Radioaktív nemesgázok, összes-béta mérés alapján (<i>noble gases, gross-beta activity</i>)	$1,9 \cdot 10^{13}$

Megjegyzések a táblázathoz:

A megadott értékek legfeljebb 1000 MW elektromos teljesítményű atomerőművi egységekből 100 m magas szellőző kéményen normálüzemi körülmények között kibocsátható sugárzó anyagok aktivitásának határértékei.

A megadott értékeket 30 napi kibocsátás átlagára kell vonatkoztatni.

A ^{131}I egyenérték a kibocsátott radioaktív jódizotópok keverékével azonos pajzsmirigy dózist adó ^{131}I aktivitást jelenti.

Két reaktor egyidejű bóros szabályozása esetén a nemesgáz kibocsátás hetenként egyszeri gyakorisággal maximálisan $6,5 \cdot 10^{13}$ Bq/nap lehet.

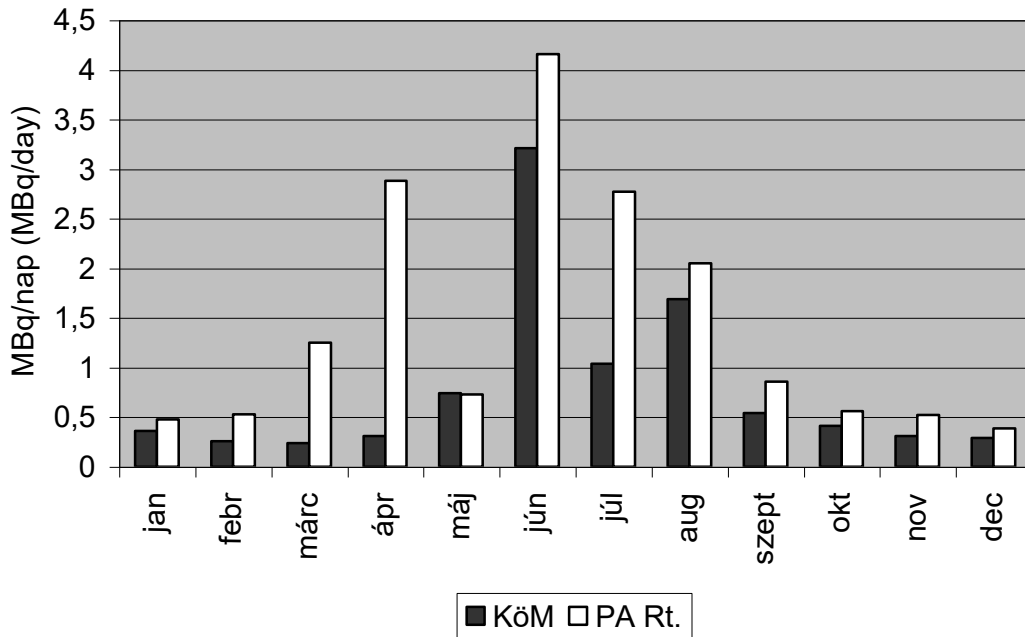
2.2. táblázat A sugárterhelés becslésére felhasznált nuklidspecifikus kibocsátások a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések alapján

Table 2.2. The radionuclide releases used for the assessment of doses based on the results of the NPP approved by the authority

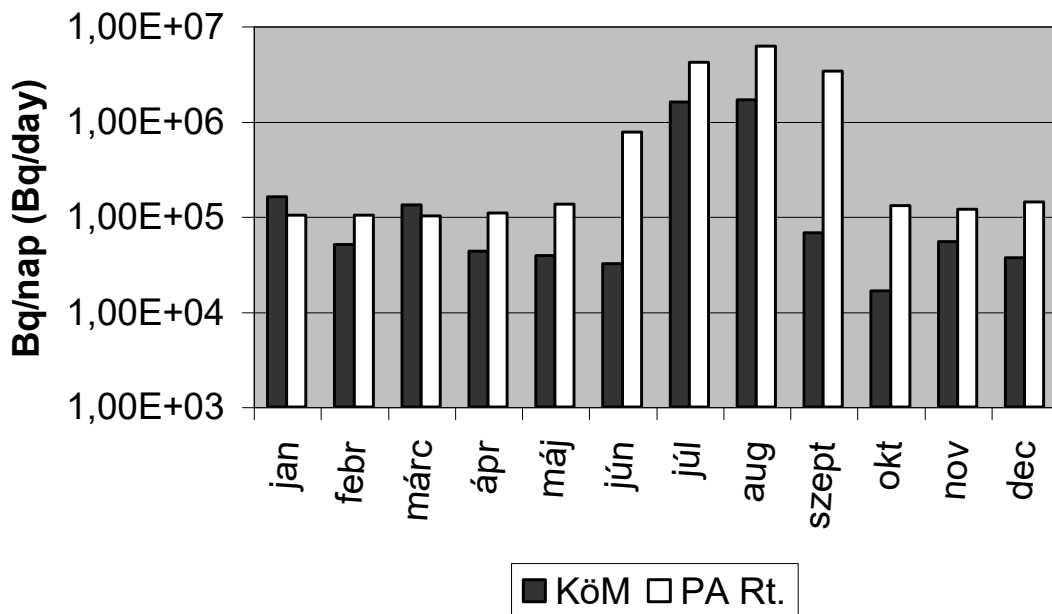
Komponens (Components)	Éves légtörési kibocsátás (Annual airborne releases) ÜKSER 2.12 (4.10)
Nemesgázok* (Noble gases) (TBq)	
Ar-41	14,3 ??? (16,63)
Kr-85	0,129
Kr-85m	2,95 ??? (3,62)
Kr-88	1,77 ??? (2,08)
Xe-133	1,56 ??? (1,68)
Xe-135	1,92 ??? (2,04)
Aeroszolok (Aerosols) (MBq)	
Cr-51	9,0
Mn-54	191
Fe-59	4,6
Co-58	264
Co-60	298
Se-75	0,9
As-76	312
Sr-89 + Sr-90	0,18
Zr-95	2,5
Nb-95	3,9
Ag-110m	112
Sb-124	0,3
Cs-134	17,4
Cs-137	111
Jódok (Iodines) (MBq)	
I-131 egyenérték	384 ??? (213+17,7+2,2)
Egyéb (Others) (TBq)	
H-3	5,95 ??? (5,96)
C-14	0,81 ??? (0,808)

☐* a félvezető detektoros mérőrendszer rendelkezésre állásának megfelelő korrekció után

Az aeroszol kibocsátás összes-béta aktivitása, valamint a jódmérés eredményei a hatósági és üzemi laboratórium esetén a 2.1. és 2.2. ábrákon láthatók.



2.1 ábra Aeroszollal kibocsátott összes-béta aktivitás a KöM és a PAE mérései alapján.
Figure 2.1. Aerosol gross beta releases. (KöM: authority, labs of MOE, PAE : NPP). The authority results are provided from weekly, the PAE ones from daily collections of samples. Therefore the releases measured by PAE are higher



2.2. ábra A radioaktív jódkibocsátás átlagértékei ¹³¹I-egyenértékben
Figure 2.2. The releases of radioiodine transformed to ¹³¹I equivalent. The releases measured by PAE are higher because of the difference in the detection limit and the shorter time lag between the sampling and measurement

Az üzem általában korábban méri az aeroszol mintát - így a rövid élettartamú izotópokat is - míg a hatóság későbbi méréseinél ezek már nem, vagy csak kis mértékben detektálhatók.

~~2000~~2001-ben az ~~2000+999~~. évi alacsony szinthez képest ~~is~~ a legtöbb radioizotópot tekintve valamelyest jelentősen nöttek a radioaktív aeroszolok kibocsátása, részben a 2. blokk 1. sz. akna homokfűvamos tisztítása során a berendezés szűrőjének meghibásodása miatt. ~~(ok: 1. blokk ????)~~ A kibocsátás 78+ % -a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt. Az áprilisi nagyobb értéket a 4. blokk karbantartásának kezdetén kikerült ^{76}As eredményezte. A ~~3. június, március~~ július, augusztus hónapokban mért nagyobb értékek ugyancsak a blokkok főjavítási időszakához kapcsolódnak ~~???~~. A teljes éves kibocsátásban legnagyobb arányban továbbra is a $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{76}As , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn és ^{137}Cs radioizotópok szerepeltek (2.2. táblázat).

A nemesgáz kibocsátás illeszkedik az 1996. óta jellemző alacsonyabb szintekhez. A kibocsátás az 1.-2. blokkok két-kéményénél közel kétszerese a 3.-4. blokkok kéményének ~~azonos mértékű volt~~. A nemesgázok izotóp összetételében továbbra is az aktivációs termék ^{41}Ar a legjelentősebb, ennek értéke emelkedett 2000-hez viszonyítva, azonban a korábbi évek nagyobb értékeit nem érte el.

2.1.2. A hatósági korlátozás alá eső komponensek

A hatóságilag szabályozott komponensekre a ~~2000~~2001-ben elfogadott kibocsátások a 2.3. táblázatban szerepelnek.

2.3. táblázat A hatóság által elfogadott ~~2000~~2001. évi léghatár kibocsátások és a korlát % -ában kifejezett értékei a korlátozás alá eső komponensekre

Table 2.3. Airborne releases of the NPP, accepted by the authority separately from the 1-2. and 3-4. blocks and the sum, together with the percentages of the limits

Korlátozás alá eső komponensek (components)	1-2.blokk [MBq/év] [MBq/y]	3-4. blokk [MBq/év] [MBq/y]	Összesen	
			[MBq/év] [MBq/y]	[%]
Sr-89 + Sr-90	0,15	0,034	0,18	0,5
Radioaktív jódizotópok, I-131 egyenérték (I-131 equivalents)	69 ???	??? 315	384	< 0,1
Radioaktív aeroszolok (aerosols) *	413	115	528	< 0,1 0,13-???
Radioaktív nemesgázok (noble gases) *	$5,7 \cdot 10^7$	$3,3 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^7$	0,7

* összes-béta aktivitás, aeroszol méréseknél $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, nemesgázoknál ^{85}Kr hitelesítő forrással kalibrálva

(gross beta activity, calibration made with $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ and ^{85}Kr etalons for aerosol and noble gas measurements, resp.)

A fenti értékek képzése úgy történik, hogy a párhuzamosan mért eredmények közül a hatóság a nagyobbat veszi figyelembe, azaz felülbecsültek az értékek. Megállapítható, hogy a korlát kihasználása még így is 1 % alatt van, az előző évekhez hasonlóan. A paksi atomerőmű

| ~~2000~~2001-ben is a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű légnemű kibocsátás mellett
| üzemelt.

2.2. Folyékony kibocsátás

A vízzel történő radioaktív kibocsátások ellenőrzése egyrészt az ellenőrző tartályokból, másrészt a vízelvezető (V2 és V3-jelű) csatornákból vett minták mérésével folyik. Az elsőfokú hatósági feladatokat az ADV KVF látja el.

Minden, feltételezhetően radioaktív izotópot tartalmazó víz először az ellenőrző tartályokba kerül, ahol a tartály lezárását és keverését követően történik a mintavétel a vonatkozó "Hatósági Felülvizsgálati Rend" szerint. Ezekből a mintákból a tartálytérfogattal arányos heti, havi és negyedéves átlagmintákat készít az üzem. Valamennyi tartálymintából - ellenőrzés céljából - az igényelt mennyiséget a hatósági laboratórium elviheti.

Évente általában ~~1300~~ 1300 -körüli tartályürítés történik, az ezekből vett minták mintegy 10 %-át szűrőpróbaszerűen összes-béta aktivitás méréssel ellenőrzi az ADV KVF. A heti, havi és negyedéves átlagmintákat rendszeresen elszállítja izotópspecifikus vizsgálatokhoz.

A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik. A kibocsátási értékek a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitás-koncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

A vízi kibocsátások ellenőrzése a hatóságilag szabályozott komponensek mérésével történik, kiegészítve más, elsősorban nuklidspecifikus mérésekkel. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján, ill. az azt követő héten, az ADV KVF pedig a V1-V3 csatorna minták esetében a mintavételt követő napon, a tartálymintáknál pedig további 0-8 nap késéssel végzi el.

A V1 és V2 csatornákból származó mintákban mért radioaktivitás értékek számos esetben a kimutatási határ alatt vannak. Mivel ezeket a kimutatási határ értékével vesszük figyelembe, az eredmények felülbecsültek.

A mintavételek és mérések leírását a 1991. évi jelentés tartalmazza.

2.2.1. A kibocsátott radioaktív mennyiségek a tartálymérések alapján

Az atomerőmű ~~2000~~2001-ben az ellenőrző tartályokból összesen 61742 m³ vizet bocsátott a Dunába. Az összes-béta mérések szerint a hasadási és a korróziós termékek éves aktivitása 3,3:1 arányban oszlik meg a mérleg feletti (TM-jelű) és a kommunális és laboratóriumi eredetű vizek (XZ-jelű) között. A TM:XZ térfogatok aránya 2,3:1. (Ez azt jelenti, hogy a mérleg feletti vizek aktivitás-koncentrációja alig kétszerese a többinek... meglepő???)

A sugárterhelés becslésekhez felhasznált éves kibocsátási értékek a 2.4. táblázatban találhatóak. A korróziós termékek kibocsátása a 2000-. évihez viszonyítva nőtt (1,5-~~43~~-szoereos arányban) az 1., 2. és 34. blokki gőzfejlesztők vegyszeres dekontaminálása, valamint a 3. sz. víztisztító evaporátor felhabzása tisztítása következtében???

A kibocsátások évközbéli ingadozásait jellemzik a 2.3. és a 2.4. ábrákon bemutatott összes-béta aktivitás és trícium havi átlagértékek.

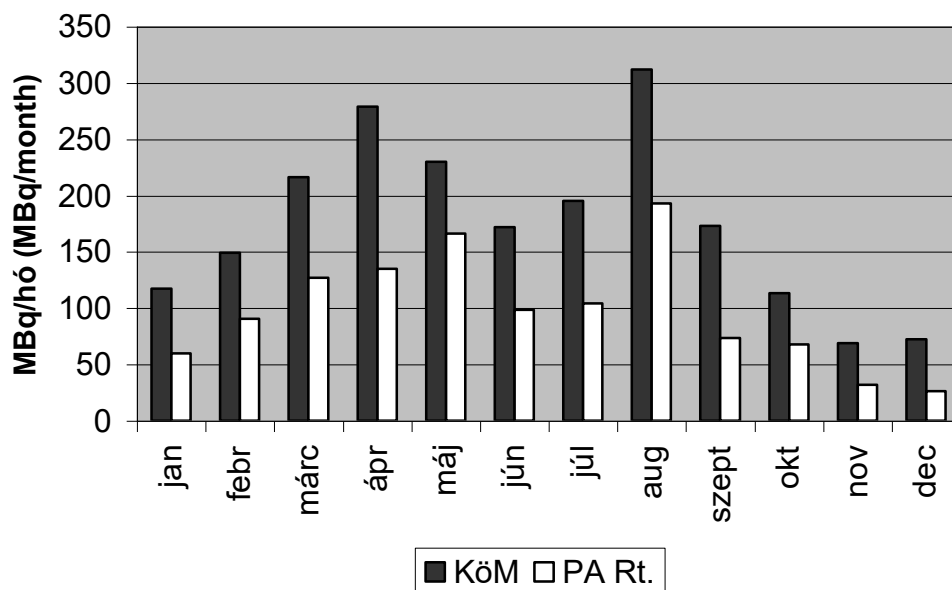
A trícium mérések általában elfogadható egyezést mutatnak az üzem és a hatóság között, különösen a 2000-ben 2. félévtől elvégzett metodikai egyeztetést követően. Az összes-béta aktivitás tekintetében a hatósági értékek általában magasabbak voltak mint az üzemié. Mivel az ADV KVF havi egyesített mintákat mér, ezért a hatóság által jóváhagyott kibocsátási értéként a

kibocsátási időponthoz közelebb álló, így realisabbnak tekinthető, az egyedi tartálmérések összegzésén alapuló PAE adatot fogadta el.

2.4. táblázat A sugárterhelés becslésekhez felhasznált, a hatóság által jóváhagyott PAE tartálmérések alapján meghatározott éves kibocsátások

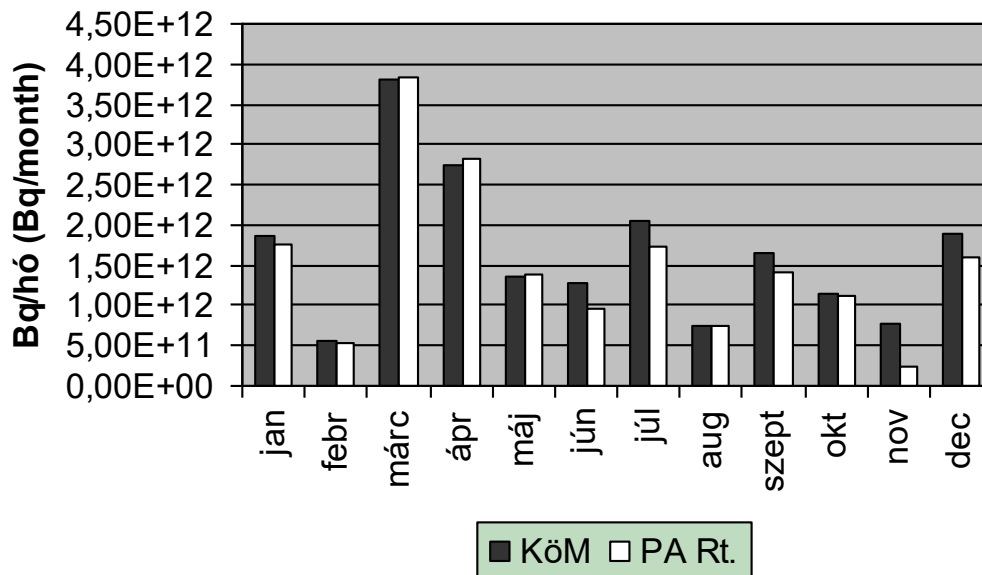
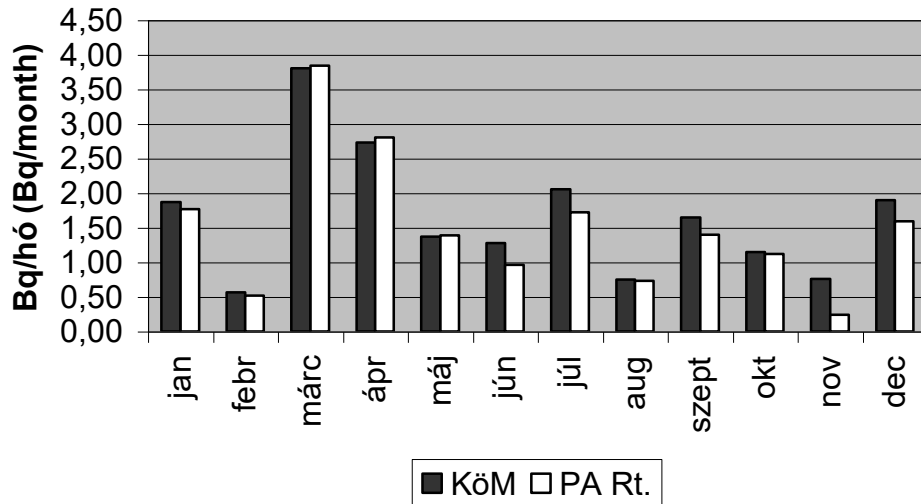
Table 2.4. The annual liquid releases used for the dose assessments, determined by the control tank measurements of the NPP approved by the authority

Meghatározás	Kibocsátás (MBq/év)
Ag-110m	127
Co-58	599
Co-60	1240
Cr-51	16,6
Cs-134	199 220
Cs-137	547 560
Fe-59	16,4
I-131	12,2
Mn-54	390 381
Nb-95	28,5
Sb-124	39,8
Zr-95	7,6
H-3	1,87 $1,87 \cdot 10^7$
Sr-90	2,2 1,6



2.3. ábra Havi összes-béta aktivitás kibocsátások a tartálmérések alapján

Figure 2.3. Monthly gross beta-activities in the effluent water from the control tanks

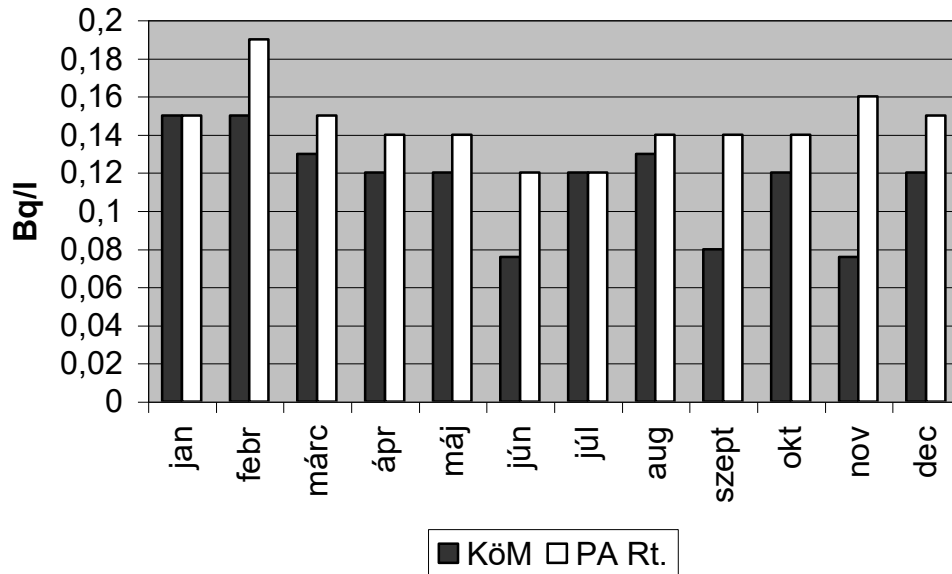


2.4. ábra Havi trícium kibocsátások a tartálymérések alapján

Figure 2.4. Monthly tritium activities in the effluent water from the control tanks

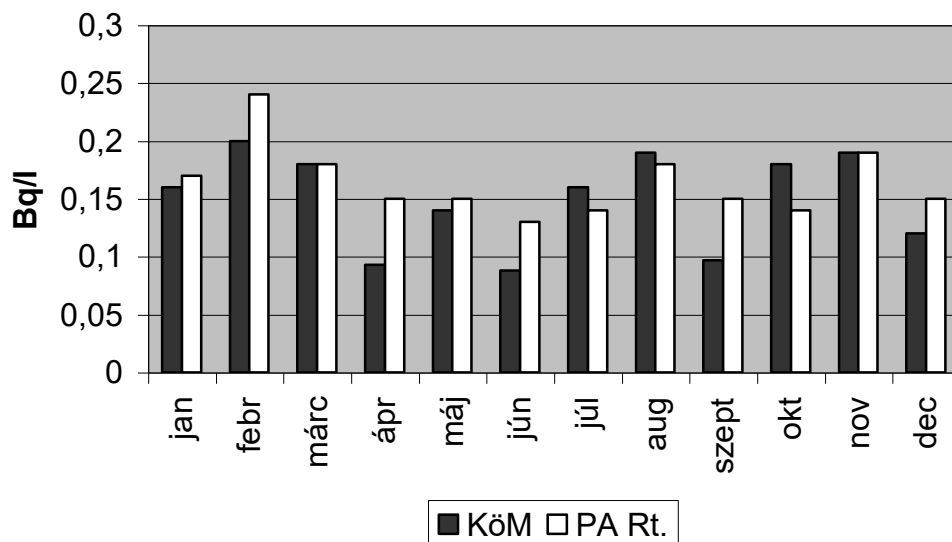
2.2.3. A vízvezető csatornában mért koncentrációk

A 2.5.a, 2.5.b és 2.5.c ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban a hatóság, ill. az üzem által mért összes-béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják. ~~–(a V1-ben mért augusztusi magasabb üzemi értéket keresztzennyeződés okozta. Az üzemi adatok többnyire nagyobbak, ui. ezek a napi, azonnal mért, ok???)~~. [A az üzemi adatok többnyire nagyobbak, ui. ezek a napi, azonnal mért, ok???\)](#) minták eredményeinek átlagai, míg a hatóság a [havi átlagmintákat méri.](#)

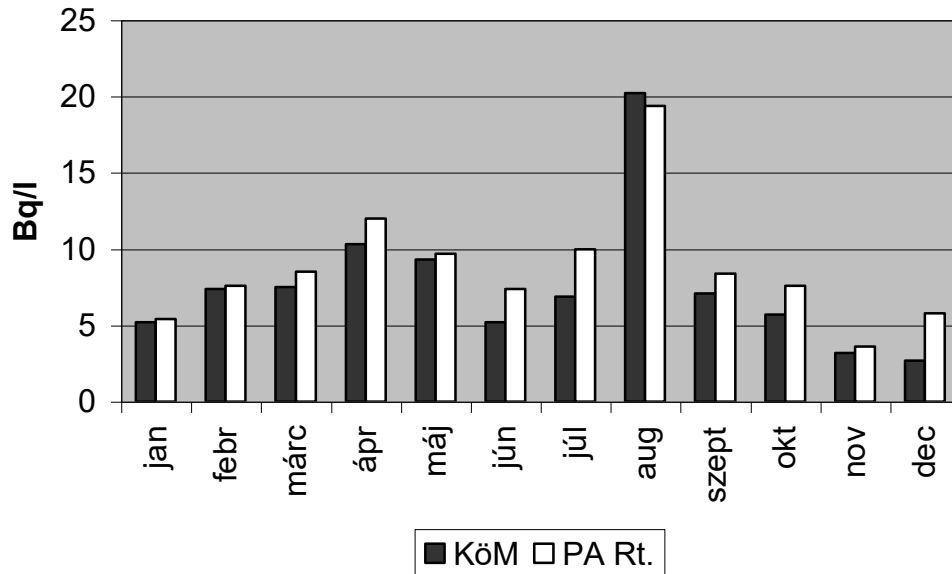


2.5.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.a. Monthly gross beta activity concentration in the inflow water channel

A szennyvíz csatorna (V3) aktivitás-koncentrációja 10-30 -szor nagyobb a V1 és V2 összes-béta aktivitás-koncentrációjánál. [Az {augusztusi kiugró érték a 3. blokki nagy karbantartáshoz kapcsolódik. oka???](#)



2.5.b. ábra A melegvíz csatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.b. Monthly gross beta activity concentration in the hot water (discharge) channel

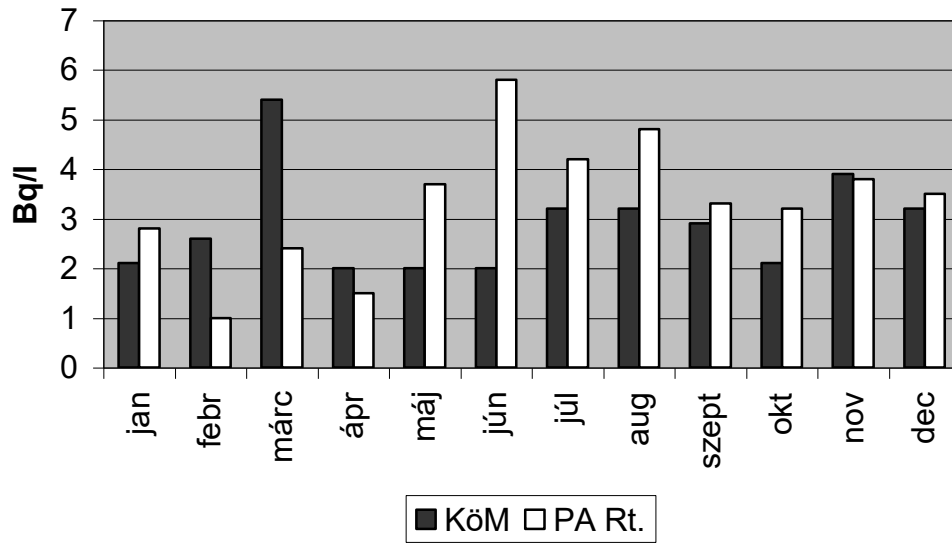


2.5.c. ábra A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.c. Monthly gross beta activity concentration in the waste water channel

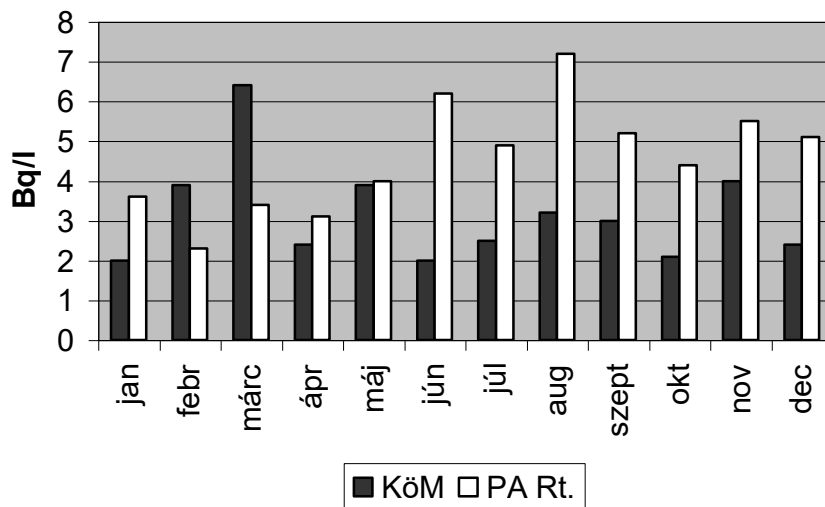
A **2.6.a, 2.6.b. és 2.6.c. ábrák** az egyes csatornák trícium koncentrációjának havi átlagait mutatják.

A hidegvíz és melegvíz csatorna trícium koncentrációjának **elvileg** a dunai értékkel (12-84 Bq/l) **kellene** megegyeznie, a mérési adatok **általában** hasonló tartományban is mozognak (1-54 Bq/l), **bár nem olyan kiegyenlítettten, mint a Duna esetében és** időnként 1,5-2 -szeres az eltérés az üzemi és hatósági adatok között, **is.** **Ez** a kis koncentrációkat tekintve elfogadható, **illetve –és a különösen kiugró értékekre ismételt méréssel sem sikerült magyarázatot találni (??? ez maradt idén is???)**, **aAz üzem néhány nagyobb adata mérés technikai problémák miatt bizonytalan volt, általában föléért (vagy a hatóság alá) kivéve márciusot mindkét ágban, oka???**

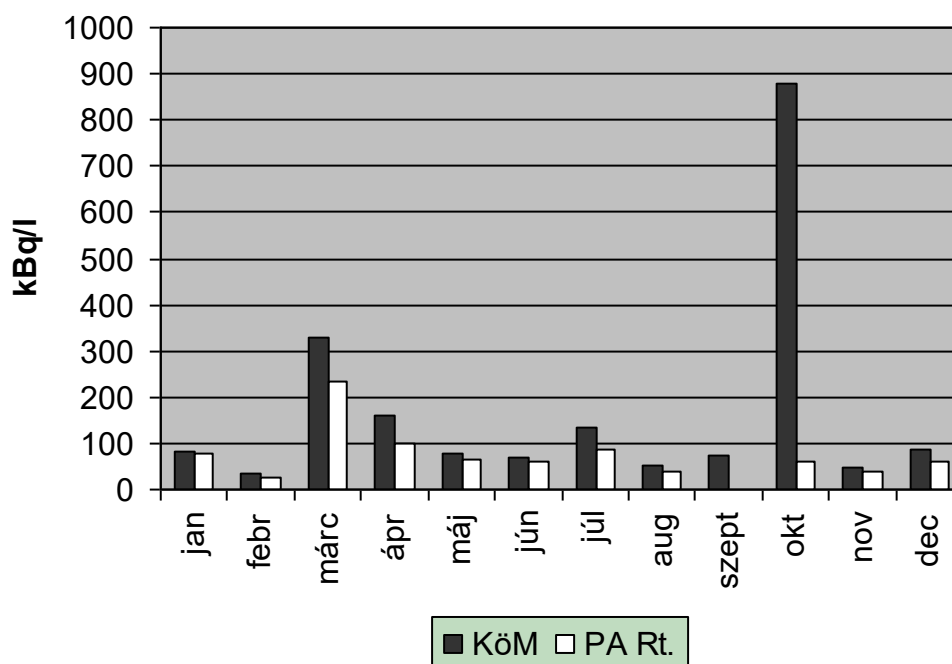
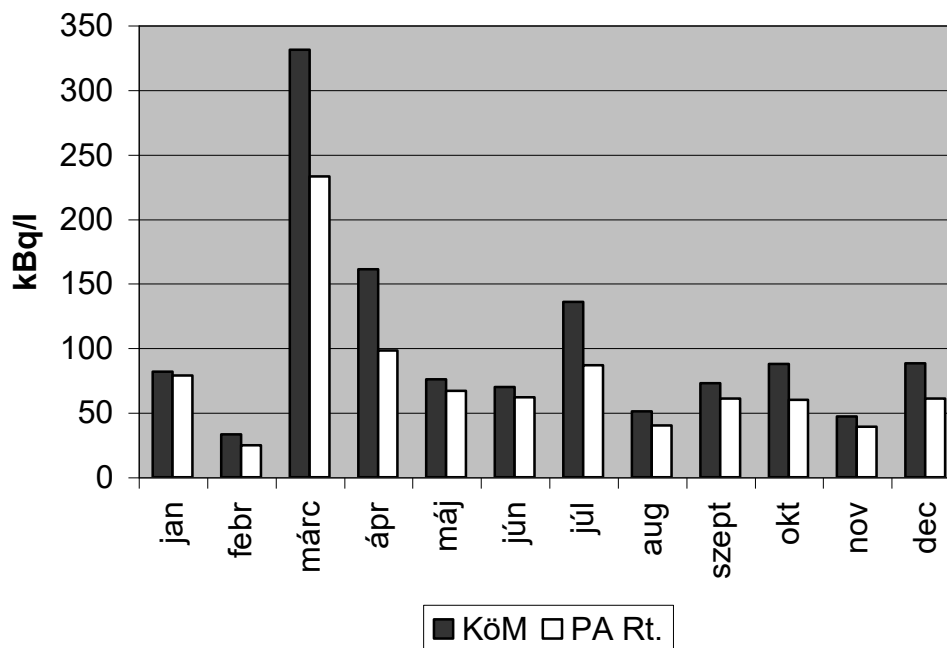
A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja megbízhatóan a szennyvíz csatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 10-330140 kBq/l között változott. A hatósági adatok **októbert decembert kivéve** általában jól egyeztek az üzemi adatokkal **(ez jó adat???)**.



2.6.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.
Figure 2.6.a. Monthly tritium concentrations in the inflow water channel.



2.6.b. ábra A melegvíz csatorna (V2) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.
Figure 2.6.b. Monthly tritium concentrations in the hot water (discharge) channel.



2.6.c.ábra A szennyvíz csatorna (V3) trícium koncentrációjának havi átlagértékei
 Figure 2.6.c. Monthly tritium concentrations in the waste water channel.

A V2 mintáknál gamma-spektrometriával általában nem lehetett kimutatni az atomerőműtől származó izotópokat, csupán néhány esetben a ^{137}Cs izotópot igen kis koncentrációban (1,4-2,8 mBq/l), valamint a ^{60}Co izotópot egy hónapban (0,7 mBq/l). A V3-ban azonban jól mérhető az atomerőmű járuléka (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs és ^{137}Cs

radioizotópok), amelyek havi átlagos aktivitás-koncentrációi ~~3~~10 mBq/l-től ~~néhány~~10 Bq/l értékig terjedtek, mind az üzemi jelentés, mind a hatósági adatok alapján. ~~(ADV KF???)~~

2.2.4. A hatósági korlátozás alá eső vízi kibocsátások

A 2.5. táblázat a vízi kibocsátások hatósági korlátozás alá eső komponenseinek értékeit tartalmazza. A hatóság a kibocsátások értékére minden komponensnél a PAE által mért adatokat fogadta el, kivéve a ⁹⁰Sr izotópot, amelynél a párhuzamos üzemi és hatósági adatok közül a nagyobb mért, illetve kisebb kimutatási határ értéket. ~~értéket (???)~~. Ezen elfogadott eredmények szerint a trícium kivételével az összes mennyiség csupán ~~alig haladja meg~~ a korlát ~~néhány~~ 5 % -át éri el. Az ésszerű módon nem mérsékelhető trícium kibocsátás a korábbi évek eredményeihez hasonlóan a hatósági korlát %-ában viszonylag magas, de ennek sugárterhelés járuléka kicsi (lásd 5. fejezet).

2.5.táblázat A hatóság által elfogadott vízi kibocsátások 2001-ben

Table 2.5. The accepted releases by water in ~~2000~~2001

Komponensek (components)	Éves kibocsátás (annual releases)	Éves kibocsátási korlát blokkonként (annual limit of releases per units)	Korlát kihasználás (proportion of limit) [%]
összes-béta (gross beta)	1,2 GBq	3,7 GBq	7,9
trícium	18,74 TBq-???	7,5 TBq	62
Sr-90	2,2 MBq-???	37 MBq	1,6 1,5
összes-alfa (gross alpha)	*	**	-

* Bár néhány mintában kimutatási határ feletti összes-alfa aktivitás-koncentrációt mért az üzem, azonban a hatóság által jóváhagyott üzemi alfa-spektrometriai eredmények azt mutatták, hogy ez nem atomerőművi eredetű, hanem természetes alfa-sugárzó izotópoktól származott.

** A hatósági engedély (20199/1989. sz. Vízforgalmi üzemeltetési engedély. KDT KÖVIZIG, Székesfehérvár) megfogalmazása szerint az érték "0" kibocsátásnak minősül ("0" kibocsátás: 0,011 Bq/l alatti összes-alfa aktivitás-koncentráció az ellenőrző tartályokban)

(No releases for alpha is accepted by the concentration in tanks should be less than 0,011 Bq/l as the detection limit)

3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

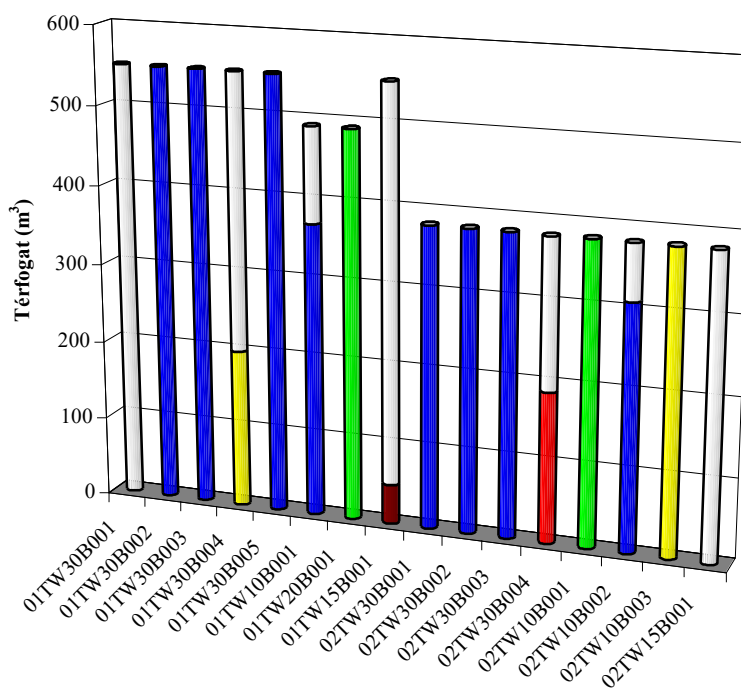
A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése és elhelyezése a hulladéktermelő, azaz a PA Rt. felelőssége. A hulladékok gyűjtése, feldolgozása és átmeneti tárolása az üzemeltetési feladatok részeként valósul meg. A biztonságos végleges elhelyezés előkészítésével 1998. június 2-től a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság foglalkozik.

3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok

Annak érdekében, hogy megakadályozható legyen a hatóságok által előírt, igen szigorú biztonsági határértékeket meghaladó radioaktív kibocsátás a környezetbe, minden radioaktív anyaggal szennyezett hulladékáramot ellenőrizni és szükség esetén tisztítani kell. A tisztítás során felhasznált légszűrők, ioncserélő gyanták és a technológiai vizek bepárlásával képződő koncentrátumok képezik az üzemi kis és közepes aktivitású hulladékok jelentős részét.

3.1.1. Folyékony radioaktív hulladékok

Az eddigi üzemeltetés során 3644 m³ bepárlási maradék keletkezett, amelyből 2000-ben a két kiépítésen összesen 210 m³ képződött. A bepárlási maradékok átlagos keletkezési mennyisége az eltelt 60 reaktorév alatt 260 m³/év a négy blokkra. A sűrítmények összst tartalma kb. 300-400 g/l, amelynek fele alkáli borát. A víztisztító rendszerekből kikerülő elhasznált ioncserélő gyanták mennyisége az eddigi üzemeltetés során a két segédépületben összesen közel 39,1 m³. Ebből 2,4 m³ keletkezett 2000-ben. A 3.1. ábra a folyékony hulladék tároló tartályok telítettségére vonatkozó információkat foglalja össze:



■ Evaporátor savazó oldat ■ Ioncserélő gyanta és transzportvíz ■ GF tisztítás hulladéka ■ Sűrítmény ■ Szennyezett bórsav oldat □ Szabad térfogat

3.1. ábra: A folyékony hulladék tároló tartályok töltöttsége (2001. januári állapot)

Figure 3.1. The used volumes of the liquid waste storage tanks on January 2001

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok

Az üzemi területen képződő és radioaktívan szennyezett elhasznált védőeszközök, szerszámok, alkatrészek, tisztítóeszközök, átalakításokból származó építési anyagok, valamint a karbantartó műhelyekben képződő fémhulladékok, forgácsok alkotják a kis és közepes aktivitású hulladékok további hányadát.

Az eddigi üzemeltetés során 2103 m³ feldolgozott (tömörített, szilárdított) hulladék keletkezett, melyből 1580 m³ hulladékot szállítottak el végleges elhelyezésre, a Püspökszilágyban lévő Radioaktív Hulladék Feldolgozó Tároló Telephelyre. Az erőművi kis és közepes aktivitású szilárd hordós hulladékok RHFT-ba történő kiszállításának utolsó dátuma 1996. november 17-e volt. Püspökszilágyba ezután atomerőművi eredetű szilárd hulladék nem szállítható.

A feldolgozott szilárd radioaktív hulladékok átlagos keletkezési mennyisége az eltelt több mint 60 reaktorév alatt 115–120 m³/év a négy blokkra.

A 2000-ben keletkezett kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok adatait a 3.1. táblázat tartalmazza:

— 3.1. táblázat: A 2000-ben keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

— Table 3.1. The volume of solid radioactive waste treated in 2000

Típusa	Keletkezett radioaktív hulladékok		Feldolgozást követő mennyiségek	
	Mennyisége	[m ³]	[db-hordó]	[m ³]
Zsákos gyűjtésű	9700 db	485,0	348	69,6
Hordós gyűjtésű	420 db	84,0	205	41,0
Iszap	4400 t	4,4	44	8,8
Aeroszűrő	-	60,0	47	9,4
Tűzveszélyes folyadék	200 t	0,2	—	—
Összesen:		633,6	644	128,8

3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

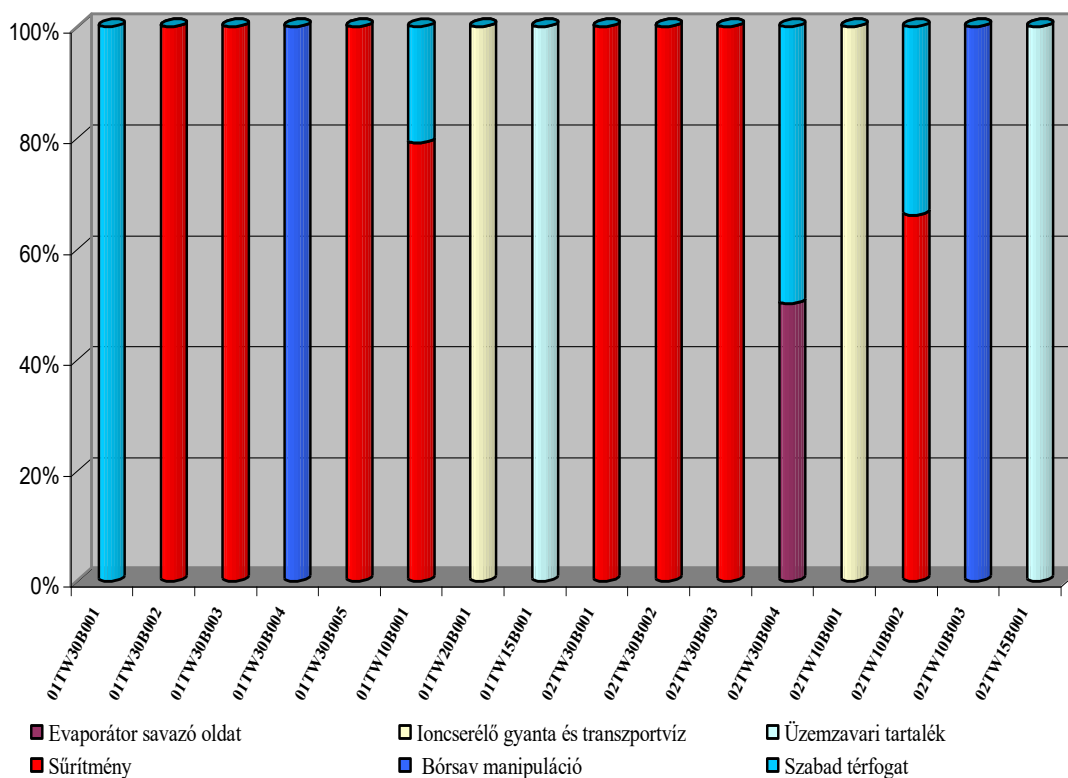
A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése a hulladéktermelő, azaz a PAE felelőssége. A hulladékok gyűjtése, feldolgozása és átmeneti tárolása az üzemeltetési feladatok részeként valósul meg. A biztonságos végleges elhelyezés előkészítésével 1998. június 2-től a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság foglalkozik.

3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok

Annak érdekében, hogy megakadályozható legyen a hatóságok által előírt, igen szigorú biztonsági határértékeket meghaladó radioaktív kibocsátás, minden radioaktív anyaggal szennyezett hulladékáramot ellenőrizni és - szükség esetén - tisztítani kell. A tisztítás során felhasznált szűrők, ioncserélő gyanták valamint az üzemeltetés során keletkező szennyvizek bepárlásával képződő koncentrátumok képezik az üzemi kis- és közepes aktivitású hulladékok jelentős részét.

3.1.1. Folyékony radioaktív hulladékok

Az eddigi üzemeltetés során 3809 m³ bepárlási maradék keletkezett, amelyből 2001-ben a két kiépítésen összesen 165 m³ képződött, összsttartalmuk kb. 300-400 g/l, amelynek fele alkáli-borát. A víztisztító rendszerekből kikerülő elhasznált ioncserélő gyanták mennyisége az eddigi üzemeltetés során a két segédépületben összesen közel 39,1 m³. Ebből 10 m³ keletkezett 2001-ben. A 3.1. ábra a folyékony hulladék tároló tartályok telítettségre vonatkozó információkat foglalja össze:



3.1. ábra: A folyékony hulladék tároló tartályok töltöttsége (2002. januári állapot)

Figure 3.1. The used volumes of the liquid waste storage tanks on January 2002

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok

Az atomerőmű 2001. évi üzemeltetése során a keletkező szilárd radioaktív hulladékok forrásai és egymáshoz viszonyított mennyiségei is részben változtak a korábbi évekhez képest:

- elhasználódott és felaktíválódott, vagy felületileg szennyezett berendezések, csővezetékek, szerelvények, hőszigetelések stb.,
- átalakításokból származó építési anyagok (betontörmelék, faanyag, üveg, stb.), illetve különböző elszennyeződött fémhulladékok, kábelek stb.,
- karbantartó műhelyekben képződő fémhulladékok, forgácsok, elhasználódott szerszámok,
- karbantartás és üzemeltetés során keletkező ún. „puha” hulladékok (ruhák, egyéni védőfelszerelések, szűrőbetétek, törlőrongyok, fólia stb.).

A radioaktív hulladék összetétele és mennyisége időben változó volt, mert a karbantartási periódusok a normál üzemvitelhez képest természetesen mennyiségi csúcspontokat és összetétel eltolódásokat eredményeztek.

A zsákos hulladék döntő többségét az elhasznált kiegészítő védőfelszerelések adták, melyekből 2001-ben is a megelőző évekhez hasonló mennyiségű került felhasználásra (3.1. táblázat).

3.1. táblázat: Felhasznált kiegészítő védőfelszerelések mennyisége

Table 3.1. The annual volume of used protective clothes and tools until 2001

	1999	2000	2001
Műanyag cipővédő:	<i>372000 pár</i>	<i>330000 pár</i>	<i>360000 pár</i>
Gumikesztyű:	<i>135000 pár</i>	<i>160000 pár</i>	<i>160000 pár</i>
Légzésvédő:	<i>46000 db</i>	<i>55000 db</i>	<i>20000 db</i>
Műanyag kötény:	<i>3200 db</i>	<i>1800 db</i>	<i>2000 db</i>

A hordós gyűjtésű hulladékokba különböző elhasznált alkatrészek, szerkezeti elemek, szennyezett munkaeszközök kerülnek, amelyek tömegük vagy méretük miatt nem helyezhetők műanyag zsákokba.

Az aktív iszapokból mintegy 10,8 m³ keletkezett a négy blokkon, elsősorban a szennyezett közegeket tároló tartályok szerkezeti vizsgálatát megelőző tevékenységek során. (Ezek az iszapok nem a folyékony radioaktív hulladékot tároló tartályokból kerülnek ki.)

A szilárd radioaktív hulladékmennyiségek markáns növekedése 2001-ben a következő okokra vezethető vissza:

- Főjavítások alatt keletkezett hulladékok
- Rekonstrukciós munkák hulladékai
- Fa állványanyagok cseréje dekontaminálható kivételre
- OSART felkészülés kapcsán végzett rendrakás.

A térfogat-növekedés, amely a korábbi években is lassan növekvő tendenciát mutatott 2001-ben több mint 80%-al meghaladta az előző három év (1998-2000) átlagát.

Az eddigi üzemeltetés során 3560 db kis és közepes aktivitású szilárd hulladékot tartalmazó hordót tárolunk, amelynek nagy része inaktív anyag. Ilyen nagy mennyiségű hulladék tárolása az erőművi telephelyen szokatlan a nemzetközi gyakorlatban.

3.2. táblázat: A 2001-ben keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége
Table 3.2. The volume of solid radioactive waste in 2001

Keletkezett radioaktív hulladékok			Feldolgozást követő mennyiségek	
Típusa	Mennyisége			
	egység	[m ³]	[db hordó]	[m ³]
Zsákos gyűjtésű	11000 db	550,0	395	79,0
Hordós gyűjtésű	850 db	170,0	582	116,4
Iszap	10800 l	10,8	108	21,6
Aeroszolszűrő	---	18,0	18	3,6
Tűzveszélyes folyadék *	300 l	0,3	---	---
Összesen:		749,1	1103	220,6

3.2. Feldolgozási eljárások

A keletkező szilárd radioaktív hulladékok feldolgozása a jelenlegi gyakorlat szerint a következő:

- **Válogatás, szortírozás:** A tömöríthető és nem tömöríthető radioaktív hulladékok szétválasztása lényegében már a gyűjtés során megvalósul azáltal, hogy a műanyag zsákokba igen ritkán kerül nem tömöríthető hulladék. A hordós gyűjtésű (általában nem tömöríthető) hulladékok esetén a hordók tartalmának optimális elrendezése szükséges. A válogatóberendezéssel az összes 30 µGy/h-nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatjuk azért, hogy az 1 µGy/h felületi dózisteljesítmény alatti egyedi hulladékokat elkülönítsük a radioaktív hulladékoktól. Ebben az évben ezzel a technológiával a válogatható szilárd radioaktív hulladékok mennyiségét (ami kb. 10%-a a teljes hulladékmennyiségnek) mintegy 50 %-al sikerült csökkenteni.
- **Tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatcsökkentése 500 kN-os préssel történik, átlagosan 5-ös redukciós tényezővel. A keletkezett szilárd radioaktív hulladékok - az eddigi tapasztalatok alapján - 80-85 %-a tömöríthető.
- **Szilárdítás:** A keletkezett aktív iszapokat, melyek a primerkörü csurgalékvizeket gyűjtő, vegyszeresen kezelő, ülepítő, vagy átmenetileg tároló berendezésekből kerülnek ki, gyöngykovaföld átlagosan 1:1 arányú hozzákeverésével szilárdítjuk.
- **Szénszerelés:** Az aeroszol szűrők térfogatának csökkentése a szűrő keretek szétszerelésével, majd tömörítésével történik.
- **Szűrés:** A folyékony tűz- és robbanásveszélyes radioaktív hulladékok szűrése gyöngykovafölddel történik.

A szilárd hulladékok, beleértve az aeroszolszűrőket és a szilárdított iszapokat is, egységesen speciális (belül műanyag bevonattal ellátott) 200 l-es 1,2 mm falvastagságú fémhordókba (φ560x850 mm) kerülnek.

A folyékony radioaktív hulladékok feldolgozása és kondicionálása még nem kezdődött meg, így ezeket a segédépületi tartályokban tároljuk. 2001-ben folytatódott az 1994-ben megkezdett, a

folyékony hulladék mennyiségének térfogatát csökkentő technológiák megvalósítása (FORTUM -, cementezési -, ultraszűrési technológia, stb.).

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása

A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása közbenső lépés a radioaktív hulladékkezelés teljes láncolatában. Célja a hulladékok ellenőrzött, ideiglenes tárolása a végleges elhelyezést megelőzően. A telephelyen tárolt kis és közepes aktivitású szilárd hordós hulladékok elhelyezését mutatja a következő táblázat.

3.3. táblázat: Átmeneti tárolók és ideiglenes gyűjtőhelyek töltöttsége
Table 3.3. The used volume of the temporary storage capacity

Helyiség	Kapacitás (db hordó)	2001-ben betárolt mennyiség (db hordó)	Tárolt mennyiség (db hordó)	Szabad kapacitás (db hordó)
A410/1	248 db	0 db	248 db	0 db
A410/2	228 db	0 db	228 db	0 db
A410/3	230 db	0 db	230 db	0 db
A410/4	228 db	108 db	119 db	109 db
A0059/II	555 db	0 db	555 db	0 db
VK302/I	5264 db	995 db	1266 db*	3998 db
VK302/I I	914 db	0 db	914 db	0 db

* 1072 db hordó a tárolómedencébe helyezve!

A végleges tároló üzembehelyezésének bizonytalansága miatt több átmeneti tárolóhely kialakításának lehetőségét is vizsgáljuk a PAE telephelyén.

A bepárlási maradékok és egyéb folyékony radioaktív hulladékok tárolása az I. és a II. segédépületi beépített tároló tartályokban történik.

3.4. Végleges elhelyezés

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény rendelkezett a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével, valamint a kiégett fűtőanyagok átmeneti tárolásával, végleges elhelyezésével, továbbá az atomerőmű leszerelésével foglalkozó közhasznú társaság létrehozásáról.

A megalakítását követően az RHK KhT foglalkozik a radioaktív hulladékok végleges elhelyezéséhez kapcsolódó telephelykutatóval.

A nagyaktivitású hulladékok végleges elhelyezésével kapcsolatos telephelykutató, majd a végleges tároló kialakításával és üzemeltetésével kapcsolatos feladatok szintén az RHK KhT feladatai közé tartoznak.

3.2. Feldolgozási eljárások

A keletkező szilárd radioaktív hulladékok feldolgozása a jelenlegi gyakorlat szerint a következő:

- **Válogatás, szortírozás:** A tömöríthető és nem tömöríthető radioaktív hulladékok szétválasztása lényegében már a gyűjtés során megvalósul azáltal, hogy a műanyag zsákokba igen ritkán kerül nem tömöríthető hulladék. A hordós gyűjtésű (általában nem tömöríthető) hulladékok esetén a hordók tartalmának optimális elrendezése szükséges. A válogatóberendezéssel az összes 30 $\mu\text{Gy/h}$ nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatják azért, hogy az 1 $\mu\text{Gy/h}$ felületi dózisteljesítmény alatti egyedi hulladékokat elkülönítsék a radioaktív hulladékoktól. Ebben az évben ezzel a technológiával a válogatható szilárd radioaktív hulladékok mennyiségét (ami kb. 10% a teljes hulladékmennyiségnek) mintegy 50 % al sikerült csökkenteni.
- **Tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatesökkentése az 500 kN-os présel történik, átlagosan 5-ös redukciós tényezővel. A keletkezett szilárd radioaktív hulladékok az eddigi tapasztalatok alapján 80-85 % a tömöríthető.
- **Szilárdítás:** A keletkezett aktív iszapokat, melyek a primerkörü csurgalékvizeket gyűjtő, vegyszeresen kezelő, ülepítő, vagy átmenetileg tároló berendezésekből kerülnek ki, gyöngykovaföld átlagosan 1:1 arányú hozzákeverésével szilárdítják.
- **Szétszerelés:** Az aeroszol szűrők térfogatának csökkentése a szűrő keretek szétszerelésével, majd tömörítésével történik.
- **Szűrés:** A folyékony tűz- és robbanásveszélyes radioaktív hulladékok szűrése gyöngykovafölddel történik.

A feldolgozott radioaktív hulladékok, beleértve az aeroszolszűrőket és a szilárdított iszapokat is, egységesen 200 l-es 1,2 mm falvastagságú fémhordókba kerülnek.

A folyékony radioaktív hulladékok feldolgozása (szilárdítása) jelenleg még nem kezdődött meg, így ezeket a segédépületi saválló fémtartályokban tárolják.

Az atomerőműben folytatódott az 1994-ben megkezdett, a hulladék mennyiségek térfogatát csökkentő technológiák fejlesztése, illetve elkezdődött azok megvalósítása (FORTUM, cementezési-, ultraszűrési technológia, stb.).

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolás

A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása mindössze egy lépés a radioaktív hulladékkezelés teljes láncolatában. Célja a hulladékok ellenőrzött, ideiglenes tárolása a végleges elhelyezést megelőzően.

A Paksi Atomerőmű segédépületében korlátozott mennyiségben ugyan, de mód van a szilárd hulladékot tartalmazó hordók végleges elhelyezést megelőző ideiglenes tárolására. Ezen ideiglenes elhelyezés bizonyos építészeti átalakításokat követően korlátozott ideig – közel 8 évig – kellő kapacitást biztosít a hulladékok üzemi területen történő tárolására a végleges elhelyezésre történő elszállítás előtt.

2000. december 31-én az atomerőműben tárolt szilárd radioaktív hulladék mennyisége 2457 db hordó volt.

A bejárási maradékok és egyéb folyékony radioaktív hulladékok tárolása az I. és a II. segédépületi beépített tároló tartályokban történik.

3.4. Végleges elhelyezés

~~Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény felváltotta az 1980. évi I. törvényt, azaz a régi atomtörvényt és annak végrehajtási rendeleteit. Az új atomtörvény döntött a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével, valamint a kiegészítő fűtőanyagok átmeneti tárolásával, végleges elhelyezésével, továbbá az atomerőmű leszerelésével foglalkozó közhasznú társaság létrehozásának szükségességéről.~~

~~A megalakítását követően az RHK Kht foglalkozik a radioaktív hulladékok végleges elhelyezéséhez kapcsolódó telephelykutatással.~~

~~A nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezésével kapcsolatos telephelykutatás, majd a végleges tároló kialakításával és üzemeltetésével kapcsolatos feladatok szintén az RHK Kht feladatai közé tartoznak.~~

4. KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK

4.1. A légköri radioaktív koncentrációk

A légkör radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a hatósági laboratórium (ÁNTSZ Tolna megyei Intézete, Szekszárd) négy ponton (Kalocsa, Csámpa, Szekszárd, Dunaföldvár) tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. ~~2000~~2001. évben ~~38593~~ db légköri aeroszol mintavételre került sor. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás, a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik.

Az összesített mérési eredményeket a 4.1 táblázat tartalmazza. Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás ~~0,37~~13 - 140,0 mBq/m³ között változott. A tapadó hálóval gyűjtött 48 db mintából meghatározott összes-béta aktivitás ~~1,13~~ - ~~7,08,6~~ Bq/m²/hó között változott az egyes mintavételi pontokon. A teljes kihullást reprezentáló 48 fall-out mintában mért összes-béta aktivitás ~~1,90,6~~ - ~~236~~ Bq/m²/hó értékhatárok között volt. A magasabb értékek döntő részben a ⁴⁰K izotóptól származnak.

4.1. táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk (aeroszol, tapadóháló és teljes kihullás) a hatósági mérésekből (EüM)

Table 4.1. The radioactive concentrations in aerosols, in fall-outs type of "taking shade collector" and "total" ones, measured by the authority of MH

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol összes-béta [mBq/m ³]	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,1 0,37 - 2,9; 47(20)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,92 0,44 - 2,4; 46(20)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,3 0,47 - 10,0; 292(118)
Tapadóháló összes-béta [Bq/m ² /hó] [Bq/m ² /month]	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,9 1,1 - 3,0; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	3,8 2,6 - 7,0; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	2,6

		1,6 - 3,3; 24
Teljes kihullás összes-béta [Bq/m ² /hó]	ÉNY-i félkör, R<10 km	8,0 2,5 - 13,9; 12
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	10,5 1,9 - 17,7; 12
[Bq/m ² /month]	DK-i félkör, R≥ 10 km	9,7 3,2 – 23; 24

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Az üzemi méréseket az üzem ún. A-típusú ellenőrző állomásain végezték. Az aeroszol mintákban jól mérhető volt a kozmogén eredetű ⁷Be. A csernobili eredetű ¹³⁷Cs már csak µBq/m³ koncentrációban volt jelen. A minták kisb. hányadában kimutatható volt ~~egyharmadában~~ az eróművi eredetű ⁶⁰Co és ^{110m}Ag, mindkettő néhány µBq/m³ körüli értékben (4.2. táblázat) [3].

4.2 táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk jellemző értéktartománya, üzemi mérésekből [3]

Table 4.2. The radioactive concentrations in aerosol and fall-out, measured by the NPP [3]

	Aktivitás-koncentráció			
	Be-7	Co-60	Cs-137	Ag-110m
Aeroszol [mBq/m ³] (A1-A9 állomások, heti mérések) (sampling stations A-type, weekly)	1-8 1-7	<0,001 0,006 <0,001-0,06	<0,001 0,001 <0,001-0,007	<0,001 0,012 <0,001
Fall-out [Bq/m ² /hó], (havi mérések) (fall-out, monthly) [Bq/m ² /month]	3-218 7-215	<0,1-0,3 <0,1-0,4	<0,1-0,9 <0,1-0,4	<0,1-0,7 <0,1

4.2. A vízi környezetben mért radioaktív koncentrációk

A hatósági laboratóriumok különös figyelmet fordítanak a Duna radioaktív szennyezettségének rendszeres ellenőrzésére. A KöM bajai és az EüM székszárdi laboratóriuma a folyó Dunaföldvártól Mohácsig terjedő szakaszán több ponton - Dunaföldvár, Paks, Gerjen, Kalocsa, Baja, Mohács - végez rendszeres mintavételt és mérést.

A hatóság feladatköre ezen kívül az erómű környezetében fekvő felszíni vizek - Szelidi tó, Kondor tó, Dombori telepi Holt-Duna ág - rendszeres ellenőrzésére is kiterjed, ezt az EüM laboratóriuma végzi. A vizsgálatok elsősorban a víz, szedimentum, alga és hal minták radioaktív koncentrációinak mérésére irányulnak.

A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitás-koncentrációkat a 4.1. ábra, a havonta mért trícium koncentráció értékeket pedig a 4.2. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga 0,11-0,12 Bq/l volt Paks előtt és Paks után egyaránt.

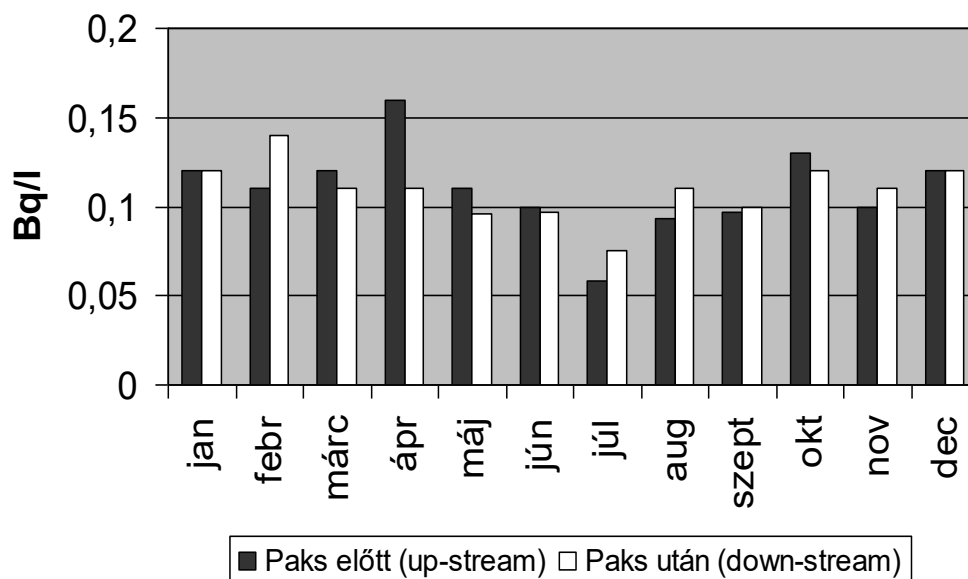
A trícium koncentráció értékeket tartalmazó 4.2. ábra és 4.3. táblázat szerint a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ³H aktivitás-koncentrációja átlagosan nagyobb a 2000. évinél, a kettő

~~közötti különbség azonban csökkent. általában közel 1 Bq/l értékkel magasabb.~~ A vizsgálati pontokon a Duna szakasz trícium koncentrációja Paks előtt átlagosan 21,87 Bq/l, Paks után 3,2,5 Bq/l körüli. ~~(Mi a helyzet az áprilisi kiugró értékkel???)~~

A már említett összes-béta aktivitás és trícium koncentráció mellett a 4.3. táblázat tartalmazza a Duna-víz ^{90}Sr és ^{137}Cs , valamint a KöM laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitás-koncentrációit is.

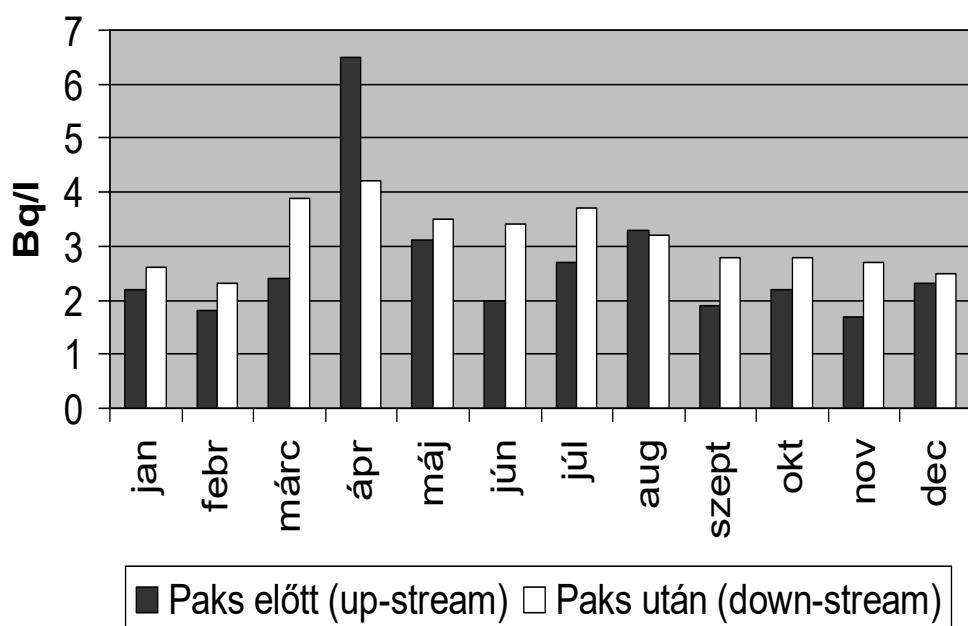
A Duna-vízben a ^{137}Cs kémiai szeparáció után és gamma-spektrometriával meghatározott értékei, valamint a ^{90}Sr éves átlagos aktivitás-koncentrációja már nem haladja meg az alapszint értékeit.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon erőművi eredetű radioaktív szennyeződés 2001-ben ~~—az ugyancsak megkérdőjelezhető ^3H kivételével—~~ nem volt kimutatható. ~~ki~~



4.1. ábra A dunavíz havi összes-béta aktivitás-koncentrációja Paks előtt és után mérve (hatósági mérések)

Figure 4.1. Gross beta monthly activity concentration in Danube water, measured up- and down-stream the Plant (by the authorities)



4.2. ábra A dunavíz havi trícium koncentrációja Paks előtt és után mérve (hatósági mérések)

Figure 4.2. Monthly tritium concentration in Danube water, measured up- and down-stream the Plant (by the authorities)

4.3. táblázat A Duna-vízben mért éves radioaktív koncentráció értékek, hatósági mérések alapján
 Table 4.3. Radionuclide concentrations in Danube water, measured by the authorities

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/l] min.-max.; esetszám*	alapszint [Bq/l] (1981)
Összes-béta	Paks előtt	0,11 0,050 - 0,25; 49	0,2
	Paks után	0,11 0,037 - 0,29; 130	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0019 0,0015 - 0,0024; 3	
	Paks után	0,0057 0,0016 - 0,032; 9	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,042 0,038 - 0,050; 4	
	Paks után	0,063 0,034 - 0,14; 11	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,006 0,0042 - 0,008; 4	
	Paks után	0,0055 0,0036 - 0,01; 9	
Tl-208 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0024; 1(1)	
	Paks után	0,0021; 1(1)	
H-3	Paks előtt	2,7 1,0 - 7,2; 24(4)	7,00
	Paks után	3,1 1,2 - 8,3; 75(13)	
Sr-90	Paks előtt	0,0029 0,001 - 0,0042; 14(3)	0,005
	Paks után	0,0027 0,0006 - 0,0052; 21(6)	
Cs-137 (kémai szeeparáció)	Paks előtt	0,001 0,0007 - 0,0018; 10(7)	0,002
	Paks után	0,0014 0,0009 - 0,0035; 10(6)	

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

A 4.4. táblázat az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek (kivéve a Dunát) mérési eredményeit tartalmazza. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a vizek összes-béta aktivitás-koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,1108 - 0,143 Bq/l határok között voltak. A ~~nétrícium~~ Paks-előtti-értékekhez ~~kiseb~~ ~~hasonlóak~~ a Duna-vízben mért ~~trícium~~ koncentrációknál (0,8347 - 23,34 Bq/l)-is.

4.4. táblázat Felszíni vízminták (kivéve Duna) radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérések alapján (EüM és KöM)

Table 4.4 Annual averages of radionuclide concentrations in surface waters (except Danube) in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MH and MOE)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/l] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	0,11 0,061 - 0,16; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	0,14 0,052 - 0,24; 34
H-3	DK-i félkör, R≥10 km	1,7 0,83 - 2,4; 8
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,0039 0,0013 - 0,0066; 5(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0022 0,0014 - 0,0036; 10(4)
Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,0031 0,0008 - 0,0059; 5 (2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0013 0,0009 - 0,0019; 9 (7)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

A Duna üledékéből Paks előtt és Paks után havonta-negyedévente gyűjtött minták átlagos koncentrációit a KöM és EüM adatai alapján a 4.5. táblázat tartalmazza.

A Duna-iszap összes-béta aktivitása a mintázott helyeken ~~20936~~ - ~~136000~~ Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr átlagos aktivitás-koncentrációja a mérések alapján Paks előtt ~~1,92,4~~, Paks után ~~2,43,8~~ Bq/kg volt, ~~a korábbi éveknél jóval kisebb jelentős~~ szóródással.

A gamma-spektrometriai mérések azt mutatják, hogy a Duna üledékében a 10 Bq/kg alapszintet meghaladó mértékben továbbra is jelen van a csernobili baleset következtében kihullott ¹³⁷Cs. Ebben az évben a ¹³⁷Cs koncentráció ~~0,869~~ - ~~765~~ Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentum mintákban, ez ~~hasonlóvalamivel kisebb~~ mint az előző évben mért értékek, azonban a mért koncentrációk közel két nagyságrenden belüli változása ugyancsak a mintavétel bizonytalanságát mutatja. ~~(Jucika: Paks után szinte minden nagyobb!???)~~

A 4.6. táblázat a hatósági laboratórium (EüM) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitás-koncentráció értékeket tartalmazza. A Szelidi tóból és a Fadd-Dombori Holt-Duna ágból mintázott üledékben a ⁹⁰Sr koncentrációja ~~0,068~~-~~0,37~~ Bq/kg között változott, ezek az értékek jóval kisebbek a dunai szedimentumban mért koncentrációknál. A dombori minták szennyezettségét gamma-spektrometriával is mérték, a ¹³⁷Cs koncentrációjának átlagértéke az előző évihez ~~hasonlónál kisebb értékű~~, ~~45,83~~ Bq/kg volt.

4.5. táblázat A dunai üledék radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (EüM és KöM)

Table 4.5. Radionuclide concentrations in sediment of Danube up-stream and down-stream the Plant, measured by the authorities (labs of MH and MOE)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*	alapszint (1981)
Összes-béta	Paks előtt	567 209 - 944; 37	
	Paks után	649 274 - 1000; 72	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	20,2 0,5 - 62; 46(3)	<u>10,0</u>
	Paks után	26,0 0,89 - 76; 84(5)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	396 258 - 557; 46	
	Paks után	427 116 - 578; 84	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	38 27 - 43; 16	
	Paks után	37 25 - 45; 47	
U-235 (gamma-spektr.)	Paks előtt	2,2 1,5 - 2,8; 16	
	Paks után	2,2 1,2 - 2,9; 48	
Sr-90	Paks előtt	1,9 0,06 – 6,1; 16(2)	2,0
	Paks után	2,4 0,07 – 12,4; 40(9)	

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

~~A vízi környezetre jellemző halak és algák radioaktív koncentrációját a 4.7. táblázat tartalmazza.~~

4.6. táblázat Felszíni vizek (a Duna kivételével) üledékének radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján

Table 4.6. Radionuclide concentrations in sediment of surface waters (except Danube) in different geographical sectors, measured by the authorities

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg sz.a.] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	DK-i félkör, R \geq 10 km	420 308- 667; 23
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	5,8 0,9 -22,3; 35(7)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	317 85 - 446; 35
Sr-90	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,2 0,06 - 0,37; 7

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

[A vízi környezetre jellemző halak és algák radioaktív koncentrációját a 4.7. táblázat tartalmazza.](#)

4.7. táblázat Dunai alga- és halminták radioaktív-aktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (KöM)

Table 4.7. Radionuclide concentrations in alga and fish of Danube measured by the authority (lab of MOE)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám
Alga, összes-béta	Paks előtt	840 686 - 1000; 3
	Paks után	740 429 - 1060; 7
Alga, K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	725 426 - 946; 3
	Paks után	820 569 - 1160; 7
Alga, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	11,8 7,6 - 19; 3
	Paks után	8,2 5,6 - 12; 5
Hal, összes-béta	Paks után	84 55 - 130; 8
Hal, K-40 (gamma-spektr.)	Paks után	76 43 - 91; 8
Hal, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks után	0,37 0,2 - 0,5; 3
Hal, Sr-90	Paks után	0,35 0,1 - 0,9; 8 ???

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe [???](#)

4.3. A szárazföldi környezetben mért radioaktív koncentrációk

A talaj mintavételezése a felső 0 - 5 cm-es rétegből történt. A Tolna-megyei laboratórium Kalocsán, Dunaföldváron, Pakson, Fadd-Domboriban és Csámpán havonta méri a talaj radioaktív szennyezettségét. Az FVM mintavételi helyei a 4-11. közötti szektorokban (déli irányban) helyezkednek el. A vizsgált talajok aktivitás-koncentráció értékeit tartalmazza a 4.8. táblázat .

A vizsgált talajok összes-béta aktivitásának átlagos koncentrációja a 310 – 882 Bq/kg tartományba esett, ami megegyezik az elmúlt években mért értékekkel. A hatósági laboratóriumok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációja 0,08 – 16,7 Bq/kg között volt, az átlagok - egy kiugró értéktől eltekintve - a tavalyi értékekhez hasonlóak.

Az ugyanezen mintákból gamma-spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 1,6 – 34 Bq/kg között változott, az átlagértékek az előző évinél nagyobbak.

A PAE 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitás-koncentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőművi eredetű szennyeződés nem volt kimutatható.

4.8. táblázat Talajminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM és EüM)

Table 4.8. Radionuclide concentrations in soil in different regions, measured by the authorities (labs of MH and MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*	alapszint [Bq/kg] 1981
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	440 310 - 743; 25	400
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	630 542 - 882; 13	
	DK-i félkör, R<10 km	578 - 702; 2	
	DK-i félkör, R≥10 km	590 460 - 708; 29	
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	13,3 1,6 - 23,5; 32	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	7,1 4,8 - 9,1; 14	
	DK-i félkör, R≥10 km	10,3 4,2 - 34; 38(1)	
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	320 211 - 602; 32	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	460 383 - 506; 14	
	DK-i félkör, R≥10 km	445 291 – 557; 37(1)	
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	3,1 0,16 - 16,7; 9	6,0

ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	0,92 0,08 - 1,5; 5(1)	
DK-i félkör, R<10 km	2,216; 1	
DK-i félkör, R \geq 10 km	1,3 0,16 - 3,8; 12	

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

~~— A vizsgált talajok összes béta aktivitásának átlagos koncentrációja a 310–88200 Bq/kg tartományba esett, ami megegyezik az elmúlt években mért értékekkel. A hatósági laboratóriumok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok ⁹⁰Sr aktivitás koncentrációja 0,0812–34,8 Bq/kg között volt, a tavalyi értékekhez hasonlóan.~~

~~— Az ugyanezen mintákból gamma-spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 1,68–3320,78 Bq/kg között változott, az átlagértékek az előző évihez képest nem csökkentek jelentősen nőttek(ok???).~~

~~— A PA Rt 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitás koncentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőművi eredetű szennyeződés nem mutatható ki (vö. cs-137???).~~

Az FVM REH (Földművelésügyi Minisztérium Radiológiai Ellenőrző Hálózat) laboratóriumai havonkénti gyakorisággal vették a takarmány mintákat. A mintavételi helyek évről-évre állandóak: Solt, Paks és Gerjen.

A mérési eredményeket a 4.9. táblázat tartalmazza. Az utóbbi évek adatait figyelembe véve elmondható, hogy a takarmányok ¹³⁷Cs aktivitása nem alig csökkent, 20002001-ben 0,037 – 0,9278 Bq/kg közötti volt.

~~— 20002001 ben is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadontermő és termesztett növények vizsgálata. A mintafajták: legelői fű, csalán, üröm, ill. az emberi fogyasztásra kerülő sóska, paraj, konyhakerti zöldségek. A mintavételi helyek a korábbi évek gyakorlatának megfelelően: Uszód, Foktő, Gerjen, Kalocsa, Dunaszentbenedek.~~

~~— Az eredményeket Bq/kg egységben a 4.10.a., 4.10.b. és 4.11. táblázatok foglalják össze. A közreműködő laboratóriumok összes béta és ⁹⁰Sr vizsgálatokat, gamma-spektrometriai elemzéseket, esetenként pedig trícium mérést végeztek. Az emberi fogyasztásra kerülő konyhakerti növények ¹³⁷Cs koncentrációja 0,00822–0,5614 Bq/kg között volt, ami megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért ¹³⁷Cs koncentráció értékeknek???~~

~~— Összefoglalva elmondható, hogy a paksi erőműből származó radioaktív izotóp az atomerőmű 30 km-es körzetében termelt élelmiszerekben, a környezetellenőrzés céljára gyűjtött mintákban nem volt kimutatható. Az átlagértékek a mintavételi és mérési hibát figyelembe véve nem mutatnak eltérést az EüM és FVM országos hálózataiban mért minták eredményeitől.~~

4.9. táblázat Takarmányminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM)

Table 4.9. Radionuclide concentrations in animal feed in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	365 136 - 566; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	182 94 - 533; 10
	DK-i félkör, R<10 km	178 148 - 216; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	399 124 - 713; 16
K-40 (béta-mérés)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	168 85 - 516; 10
	DK-i félkör, R<10 km	172 140 - 214; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	176 128 - 246; 3
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,34 0,046 - 0,92; 12(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,11; 1(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,22 0,037 - 0,42; 14(3)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	399 114 - 605; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	129;1
	DK-i félkör, R≥10 km	356 101 - 572; 14
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,4 0,6 - 3,7; 11
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,53 0,16- 2,3; 10
	DK-i félkör, R<10 km	0,65 0,45 - 1,0; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	1,9 0,27 - 4,9; 16

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

[2001-ben is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadontermő és termesztett növények vizsgálata. A mintafajták: legelői fű, csalán, üröm, ill. az emberi fogyasztásra kerülő sóska, paraj, konyhakerti zöldségek. A mintavételi helyek a korábbi évek gyakorlatának megfelelően: Uszód, Foktő, Gerjen, Kalocsa, Dunaszentbenedek.](#)

[Az eredményeket Bq/kg egységben a 4.10.a., 4.10.b. és 4.11. táblázatok foglalják össze. A közreműködő laboratóriumok összes-béta és ⁹⁰Sr vizsgálatokat, gamma-spektrometriai elemzéseket, esetenként pedig trícium mérést végeztek. Az emberi fogyasztásra kerülő](#)

konyhakerti növények ^{137}Cs koncentrációja 0,011 – 0,56 Bq/kg között volt, ami megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért ^{137}Cs koncentráció értékeknek.

4.10. a. táblázat Legelői fűminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (FVM)

Table 4.10.a. Radionuclide concentrations in grass in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
összes-béta	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	206 - 207; 2
	DK-i félkör, $R < 10$ km	181 132 - 269; 4
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	311 158 - 598; 7
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	175 - 216; 2
	DK-i félkör, $R < 10$ km	173 114 - 278; 4
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	254 144 - 309; 4
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	0,095 - 0,11; 2
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,32; 1(1)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,13 0,053 - 0,18; 4(2)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	50 - 144; 2
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	179; 1
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	286 177 - 545; 4
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,33 - 0,77; 2
	DK-i félkör, $R < 10$ km	0,55 0,37 - 0,92; 4
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,29 0,17 - 0,48; 7

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

4.10.b. táblázat Gyomnövény minták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (FVM)

Table 4.10.b. Radionuclide concentrations in weeds in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*
összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	235 164 - 281; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	205 120 - 270; 6
K-40 (béta)	DK-i félkör, R<10 km	191 60 - 258; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	199 111 - 257; 4
Cs-137 (gamma spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,14 0,077 - 0,22; 4(3)
K-40 (gamma spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	175 122 - 197; 4
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	1,9 0,4 - 3,1; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	1,0 0,085 - 2,0; 6
Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,15 0,081 - 0,31; 5(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,1 0,047 - 0,16; 4(3)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

Összefoglalva elmondható, hogy a paksi erőműből származó radioaktív izotóp az atomerőmű 30 km-es körzetében termelt élelmiszerekben, a környezetellenőrzés céljára gyűjtött mintákban nem volt kimutatható. Az átlagértékek - a mintavételi és mérési hibát figyelembe véve - nem mutatnak eltérést az EüM és FVM országos hálózataiban mért minták eredményeitől.

4.11. táblázat Nyers konyhakerti növények radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM)

Table 4.11 Radionuclide concentrations in vegetables in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	232 648 - 334; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	179; 1
	DK-i félkör, R<10 km	103 64 - 150; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	116 46 - 223; 22
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, R<10 km	94 64- 132; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	67,8; 1
	DK-i félkör, R<10 km	98 49 - 136; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	165 83 - 271; 4
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,049; 1(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,085 0,011 - 0,56; 21(17)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	134; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	101 36 - 211; 21
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,0 0,14 - 1,9; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,3; 1(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,062 0,018 - 0,18; 5(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,2 0,022 - 0,62; 15

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása

Az ÁNTSZ Tolna Megyei Intézetének laboratóriuma hat helyen, havonta vizsgálja az ivóvizet. A mérési eredményeket a 4.12. táblázat összesíti. A vizsgált vizek összes-béta aktivitása a kutak jellegétől függően 130 - 230470 mBq/l volt. A gamma-spektrometriai elemzések során a vizsgált radionuklidok koncentrációja minden esetben a kimutatási határ alatt volt, ezért az átlagérték, valamint a minimum és maximum erősen felülbecsültek (akár két-három nagyságrenddel is). A minták nagy részében a kémiai elválasztás után meghatározott ⁹⁰Sr ill. ¹³⁷Cs koncentráció is kimutatási határ alatti értéket mutatott. (Mi a helyzet a DK-i Sr mal???). A trícium koncentrációja maximálisan kereken 2,25 Bq/l értékű volt és a mélyfúrású kutakból származó mintáknál szintén a kimutatási határ alatt maradt.

~~— A tejminták begyűjtésére havonként, az FVM esetében a takarmány minták vételével egyidőben került sor. A minták a dunaszentgyörgyi, solti, paksi és gerjéni tehenészetből, valamint a fajszi és szekszárdi tejüzemből származtak. A mérési eredményeket a 4.13. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a ¹³⁴Cs és ¹³⁷Cs értékek a kimutatási határral szerepelnek, így az ebből képzett átlagérték felülbecsült (Táblázatot ellenőrizni! Ennyit javult a kimutatási határ tavaly óta?. Eszerint a ¹³⁷Cs koncentrációk 0,37 - 5420 mBq/l értékek nél köztiek kisebbek voltak. Ez jól egyezik az ország más tájain a tejben meghatározott ¹³⁷Cs koncentrációival. A tejben mérhető összes béta aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes ⁴⁰K izotópból származik.~~

4.12. táblázat Az ivóvíz radionuklid koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (EÜM)
 Table 4.12. Radionuclide concentrations in drinkwater in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MH)

Meghatározás	Terület	Átlag [mBq/l] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	73 40 - 140; 23
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	84 10 - 130; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	80 30 - 230; 23
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	240 90 - 460; 23(22)
	DK-i félkör, R≥10 km	230 140 - 490; 12(12)
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	220 20 - 600; 23(11)
	DK-i félkör, R≥10 km	830 130 - 1960; 12(1)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,1 0,80 - 1,5; 10(8)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,2 0,89 - 1,4; 5(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	1,6 0,66 - 4,2; 10(2)
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,2 0,75 - 2,3; 10(6)

ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	0,90 0,77 - 1,25; 5(5)
DK-i félkör, R \geq 10 km	1,35 0,67 - 2,8; 10(7)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

A tejminták begyűjtésére havonként, az FVM esetében a takarmány minták vételével egyidőben került sor. A minták a dunaszentgyörgyi, solti, paksi és gerjéni tehenészetből, valamint a fajszi és szekszárdi tejüzemből származtak. A mérési eredményeket a 4.13. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a ¹³⁷Cs értékek nagyrészt a kimutatási határral

szerepelnek, így az ebből képzett átlagértékek felülbecsültek. Eszerint a ¹³⁷Cs koncentrációk 3 – 540 mBq/l értékek közöttiek voltak. Ez jól egyezik az ország más tájain a tejben meghatározott ¹³⁷Cs koncentrációval. A tejben mérhető összes-béta aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes ⁴⁰K izotópból származik.

4.13. táblázat Tejminták radioaktív-aktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM és EüM)

Table 4.13. Radionuclide concentrations in milk in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD and MH)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/l] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	45 37 - 53; 11
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	50 47 - 53; 12
	DK-i félkör, R<10 km	44 37 - 51; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	43 26 - 60; 36
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,024 0,016 - 0,037; 11(1) ^{???}
	DK-i félkör, R<10 km	0,21 0,003 - 0,5; 16(15)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,19 0,004 - 0,54; 44(34)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	48 40 - 52; 11
	DK-i félkör, R<10 km	49 41 - 57; 16(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	44 20 - 58; 44(1)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,05 0,021 - 0,25; 10(9)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,046 0,023 - 0,26; 12(10)
	DK-i félkör, R<10 km	0,013 0,01 - 0,02; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,021 0,01 - 0,051; 20(7)
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,038 0,022 - 0,068; 12(4)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

A vizsgált húsmintaák mérési eredményeit a 4.14. táblázat tartalmazza. A nyers húsmintaák radioaktivitását az FM REH laboratóriumában vizsgálták. (a tavalyi 1-1 sertés és marha kihalt???) maradt az 1 db baromfi???)

4.14. táblázat Nyers húsminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM)

Table 4.14. Radionuclide concentrations in meat, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*
Baromfi, összes-béta	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	64; 1
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,10; 1(1)
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	55; 1

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe

4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az OKK-OSSKI 45 szabad helyszínen termolumineszcens dózismérőkkel (TLD) mérte a negyedévi integrált dózist. A 45 -ből kiválasztott 12 helyszínen TLD-vel nyert eredményeket foglalja össze a 4.15.táblázat . Az átlagértékek - a természetes ingadozásokat figyelembe véve - megegyeznek az elmúlt évekkel. Az erőmű által vélhetően okozott igen kis dózisteljesítmény növekmény ezzel a módszerrel nem mutatható ki.

4.15. táblázat A környezeti dózisteljesítmény negyedéves átlagai szabadban, TLD-vel végzett hatósági mérések alapján (EüM)

Table 4.15. The quarterly outdoor dose rates measured by TLD's, (laboratory of MH)

Meghatározás	Terület	Átlag [nGy/h] min.-max.; esetszám*	Alapszint 1981
Dózisteljesítmény	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	74 66 - 89; 12	80,0
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	81 68 - 90; 12	
	DK-i félkör, $R < 10$ km	81 73 - 92; 11	
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	81 68 - 95; 12	

5. LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS JÁRULÉKOK

Az OKK-OSSKI a hatóság által elfogadott légköri és folyékony kibocsátások (2. fejezet), az időjárási viszonyok, a fogyasztási szokások stb. alapján számítással határozza meg az erőmű környezetében élő lakosság sugárterhelés járulékát. Az évek óta használt - állandósult állapotra vonatkozó - eljárások és paraméterek az 1993. évi jelentés 2. mellékletében találhatók meg.

5.1. A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés

A számítások szerint a jelentősebb radionuklid kibocsátások eredményeként az erőműtől 3 km távolságban a talajfelszíni levegőben a szektorokra átlagolva 13 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; $0,26 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$ ^{60}Co , valamint $5,1 \text{ mBq/m}^3$ ^3H és $0,72 \text{ mBq/m}^3$ ^{14}C -koncentráció alakul ki. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése átlagosan $0,064 \text{ Bq/m}^2$, a leveles zöldség aktivitás-koncentrációja (nedves tömegre) $0,38 \text{ mBq/kg}$, a tehéntejé $0,19 \text{ mBq/l}$, a húsé $2,1 \text{ mBq/kg}$, a gabonáé pedig $1,2 \text{ mBq/kg}$ értékre becsülhető. Az üzem a ^3H és ^{14}C radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a számításokban figyelembe vettük. Így pl. az erőmű ^{14}C kibocsátásának kb. 6,2 %-a széndioxid formájú, a többi szerves vegyület, azonban az élelmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból a felnőttekre számított egyéni effektív dózis - a szóhajóhető radionuklidok és fizikiai, kémiai formák esetén - az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban az 5.1 táblázatban látható. Az eredmények 3 km-es távolságban a szektorokra átlagolt dózisokra vonatkoznak, egyes irányokban az átlagértéktől legfeljebb 2-szeres eltérés tapasztalható. A nemesgázokból származó sugárterhelés értékeit a tavalyi évhez hasonlóan a nuklidspecifikus kibocsátási adatok alapján számítottuk. A mérőberendezések korlátozott rendelkezésre állása miatt időarányos korrekciót végeztünk (2.2. táblázat).

A 2001-re becsült 25 nSv egyéni sugárterhelés 1998-2000-hez hasonlóan lényegesen kisebb, mint a korábbi évek $56 - 135 \text{ nSv}$ közötti értékei. Az eredmények értékelésénél - elsősorban az 1997-es nagyobb eredményekkel összevetve - a következőket kívánjuk kiemelni:

- 1998-tól az előző évektől eltérően már a szélsébség eloszlásra is az üzemtől kapott teljes, aktuális meteorológiai adatsorral számoltunk, amely azonos kibocsátás esetén 1,5 - 2 -szer kisebb szektorátlagolt aktivitás-koncentrációkat eredményezett az aeroszolok esetében,
- számítási modellünket az erőmű kibocsátási határértékeinek meghatározásával összefüggésben továbbfejlesztettük, illetve kismértékben módosítottuk (reszuszenzióból származó dózisok, leányelemek figyelembe vétele) [7].

Megjegyezzük még, hogy az általunk becsült egyéni átlagdózisok elfogadható egyezésben vannak az üzem által felnőttekre számoltakkal ($29,5 \text{ nSv}$).

5.1.táblázat A légköri kibocsátásokból számolt átlagos egyéni effektív sugárterhelés, az erőműtől 3 km távolságban tartózkodó felnőttek esetén

Table 5.1. The assessed average doses in 3 km distance of the NPP from the exposure pathways of cloud, deposition, inhalation and ingestion.

Izotóp	Évi effektív sugárterhelés (annual effective dose) [nSv]			
	Külső (external)		Belső (internal)	
	felhőből (cloud)	talajfelszín (surface)	belégzés (inhalation)	élelmiszer- fogyasztás (ingestion)
nemesgázok:				
Ar-41	8,6	0	0	0
Kr-85	<0,01	0	0	0
Kr-85m	0,22	0	0	0
Kr-88	1,9	0,01	0,01	< 0,01
Xe-133	0,02	0	0	0
Xe-135	0,2	0	0	0
aeroszol:				
Mn-54	< 0,01	0,18	< 0,01	0,07
Co-58	< 0,01	0,11	< 0,01	0,09
Co-60	< 0,01	1,05	0,03	0,69
Sr-90	< 0,01	0	< 0,01	0,002
Zr-95	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ag-110m	< 0,01	0,30	< 0,01	0,51
Cs-134	< 0,01	0,04	< 0,01	0,52
Cs-137	< 0,01	0,11	0,01	2,4
egyéb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
radiojódok:				
I-131 (elemi)	< 0,01	0,02	0,01	1,6
I-131 (szerves)	< 0,01	<0,01	< 0,01	< 0,01
globális:				
C-14	< 0,01	0	1,3	4,1
H-3	< 0,01	0	0,29	0,51
Összesen:	11,0	1,8	1,6	10,4
Teljes járuléka a légköri kibocsátásból: 25 nSv				
<i>(Total dose contribution from airborne releases:</i>				

5.2. A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

A vízzel kibocsátott radioaktív szennyeződés a Dunába jut. A Duna hasznosítása során az abban található radioaktív anyagok külső és belső sugárterhelést okoznak. A számításoknál használt modell fontosabb kiindulási pontjait, közelítéseit, a kiindulási paramétereket az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazza. Itt azonban a Dunában kialakuló koncentrációk meghatározásánál feltételeztük, hogy a legközelebbi jobbparti településnél (Gerjen, 10 km) értékük 4,5-ször nagyobb az egyenletes, teljes elkeveredéshez viszonyítva [4].

A nem teljes elkeveredés feltételezése a jobb parton élő lakosságra ad maximális sugárterhelést. Az átlagostól eltérő fogyasztási jellemzők (pl. halászok), vagy a gyermekeknek a felnőttekénél nagyobb ún. lenyelési dózistényezői miatt előfordulhat, hogy a népesség bizonyos csoportjainak egyes dózis összetevői az itt becsülnél néhányszor nagyobbak. Másrészt azonban a becsült értékek a dunai eredetű ivóvizet fogyasztókra vonatkoznak, az ettől eltérő esetekben a sugárterhelés lényegesen kisebb.

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű normál üzeme során a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (2.fejezet) származó egyéni sugárterheléseket - a csatlakozó Duna szakasz mellett élők esetében - az 5.2. táblázat tartalmazza.

5.2. táblázat Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisek a népesség átlagos felnőtt csoportjára, 2001

Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for the average adults living nearby the Danube, 2001

Radionuklid	Dózis [nSv/év] (dose, [nSv/y])	
	külső (external)	belső (internal)
H-3	*	15
Mn-54	0,04	0,04
Co-58	0,35	0,08
Co-60	1,8	1,0
Sr-90	*	0,01
Ag-110m	0,03	0,05
Cs-134	0,05	2,2
Cs-137	0,08	3,9
egyéb	0,03	0,22
Összesen:	2,4	22,5
Teljes járulék a vízi kibocsátásból: 25 nSv (total dose contribution from liquid releases)		

* a becsült dózis < 0,001 nSv (the estimated dose < 0.001 nSv)

Az 2001. évi sugárterhelés gyakorlatilag megegyezik az elmúlt két évre becsülttel (25-24 nSv). A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés döntő hányada – valamivel kevesebb mint kétharmada - a ³H izotópból származik (kritikus radionuklid), a maradékban radiocéziumok és a ⁶⁰Co járuléka a meghatározó. A kritikus besugárzási útvonal az ivóvízfogyasztás, a teljes dózis mintegy 70 %-ával.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények 2001-ben összesen 6921 meghatározásról küldtek eredményt az adatfeldolgozó központba. Mivel egy környezeti mintához általában 2-3 meghatározás tartozik, ezért a vizsgált minták száma 2000-3000 közötti volt.

A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya mintegy 70 %-os volt.

6.1. Az eredmények összefoglalása

A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2001-ben is kismértékű volt. Az atomerőmű 2001. évi légköri kibocsátásainak elfogadott értékei a következők:

<u>nemesgáz összes-béta aktivitás :</u>	<u>90 TBq,</u>
<u>aeroszol összes-béta aktivitás :</u>	<u>528 MBq,</u>
<u>összes jód (¹³¹I-egyenérték) :</u>	<u>384 MBq,</u>
<u>⁸⁹Sr+ ⁹⁰Sr :</u>	<u>0,18 MBq,</u>

A nemesgáz kibocsátás - a mérőrendszer rendelkezésre állásával korrigált - nuklidspecifikus éves értékei a következők: ⁴¹Ar: 16,6 TBq, ⁸⁵Kr: 0,129 TBq, ^{85m}Kr: 3,62 TBq, ⁸⁸Kr: 2,08 TBq, ¹³³Xe: 1,68 TBq és ¹³⁵Xe: 2,04 TBq.

Az aeroszol kibocsátás jelentős részét a ⁵⁸Co és ⁶⁰Co (264 és 298 MBq), a ⁵⁴Mn (191 MBq) valamint az ^{110m}Ag (112 MBq) és a ¹³⁷Cs (111 MBq) adta. Az aeroszolhoz kötött aktivitás kibocsátása a régebbi blokkokhoz tartozó 1. sz. kéményen nagyobb, több mint 3 -szorosa a 2. sz. kéményének. A kibocsátások időbeli alakulását továbbra is a karbantartások időszakára eső nagyobb aeroszol kibocsátás jellemezte.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben is nagy biztonsággal, 1 %-nál is kisebb kihasználással betartotta a légnemű kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

A folyékony radioaktív kibocsátás ellenőrzése a gyűjtőtartályokból, valamint a vízvételi (V1) és vízelvezető (V2, V3) csatornákból vett minták vizsgálatára terjed ki.

A Paksi Atomerőmű a 2001. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatóság, az ADV KVF laboratóriuma szűrőpróbaszerűen megismételte az erőmű méréseit, valamint rendszeresen saját mintavételezést és méréseket is végzett az üzemi vizekből és a befogadóból. Főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt a hideg-, meleg- és szennyvízcsatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek).

A melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10 - 30 -szoros összes-béta koncentráció alakult ki. Jóval nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3-csatorna) trícium koncentrációja. A vízzel kibocsátott aktivitás meghatározása megbízhatóan az ellenőrző tartályokból leeresztett vizek mérésével történik.

A nagyobbrészt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott, hatóságilag elfogadott, vízzel kibocsátott aktivitások a következők voltak:

összes-béta aktivitás:	1,2 GBq,
trícium:	18,7 TBq,
⁹⁰ Sr:	2,2 MBq.

Erőművi eredetű alfa-sugárzó izotóp kibocsátást alfa-spektrometriai meghatározással nem mutattak ki.

Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű 2001. évben is betartotta a vízjogi engedélyben a radioaktív kibocsátásra előírtakat.

A környezeti minták többségénél - a talaj, szedimentum minták kivételével - a csernobili eredetű szennyeződés már nem mérhető, vagy csak nagy hibával mérhető.

A légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján elmondható, hogy az üzem a levegőben néhány alkalommal igen kismértékű, - minden bizonnyal paksi atomerőművi eredetű - ⁶⁰Co, valamint ¹⁴C izotópot mutatott ki.

A Duna rendszeres monitorozása az erőmű előtt Paksnál és Dunaföldvárnál, utána pedig Gerjennél, Kalocsánál, Bajánál és Mohácsnál történik. Itt paksi eredetű nuklid nem volt kimutatható.

A felszíni vizek üledék mintáiban, ill. a talajban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs-koncentrációja az alapszintet még meghaladja.

A környezeti dózisteljesítmény 20-30 %-os földrajzi, évszakos stb. ingadozása mellett az erőműből származó kis sugárterhelés méréssel nem mutatható ki.

A folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült évi effektív dózis összege, a 6.1. táblázat szerint, az erőmű közelében (3 km) **50 nSv**, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [5] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 0,46 mSv.

Az 2001-re becsült dózis az előző évihez (47 nSv) hasonló értékű.

A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (25 nSv) gyakorlatilag megegyezik az előző évben becsült értékkel. Aránya a korábbi évektől eltérően a teljes dózisban már elérte az 50 %-ot, ennek oka azonban a légköri kibocsátásból származó sugárterhelés csökkenésében keresendő.

Az erőmű 30 km sugarú térségében 210 ezer ember él. Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó, az átlagos egyéni dózisértékek alapján számított **kollektív dózis az elmúlt évhez hasonló, 1,3 személy · mSv.**

A kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok kihasználtsága látható a 6.2. táblázatban. Ezek az értékek igen hasonlóak az előző években kapott százalékokhoz. Látható, hogy az üzem a trícium kibocsátással kétharmad részben kihasználja a kibocsátási korlátot, ez azonban a dóziskorlát kihasználásában csak mintegy század százalékot képvisel. A trícium érdemi kiszűrése, visszatartása a jelenlegi körülmények között nem lehetséges, a reaktorvízben megjelenő mennyiség gyakorlatilag mind el is távozik.

Az erőmű 2001. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

6.1. táblázat A kibocsátásokból becsült évi egyéni effektív dózisegységérték hozzájárulás az erőmű közelében (3 km) élők esetén, a hatósági dóziskorlátokkal, besugárzási útvonalak szerint
 Table 6.1. see: Summary (Table 6.1.E)

Besugárzási útvonal	becsült érték	korlát
	[μSv]	
<u>Léggöri kibocsátás</u>		
<u>külső sugárterhelés:</u>		
<u>nemesgáz izotópok</u>	0,011	
<u>radiokobalt aeroszol</u>	0,0012	
<u>radioezüst aeroszol</u>	0,0003	
<u>egyéb izotóp</u>	0,0004	
<u>belső sugárterhelés:</u>		
<u>inhaláció</u>	0,0001	
<u>radiocézium (élelm.)</u>	0,0029	
<u>radioezüst (élelm.)</u>	0,0005	
<u>globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)</u>	0,006	
<u>egyéb izotóp</u>	0,003	
Összes léggöri:	0,025	300
<u>Folyékony kibocsátás</u>		
<u>külső sugárterhelés:</u>	0,002	
<u>belső sugárterhelés:</u>		
<u>trícium</u>	0,015	
<u>egyéb izotóp</u>	0,008	
Összes folyékony:	0,025	160
Mindösszesen:	0,050	460

6.2. táblázat Az üzem által mért és a hatóság által elfogadott tényleges kibocsátási értékek a hatósági kibocsátási korlátok %-ában, 2001 -ben.
 Table 6.2. see: Summary (Table 6.2.E.)

Kibocsátás	[%]
<u>Légnemű: aeroszol, összes-béta aktivitás</u>	< 0,1
<u>nemesgáz, összes-béta aktivitás</u>	0,7
<u>jód (I-131-egyenérték)</u>	< 0,1
<u>Sr-89 + Sr-90 aktivitás</u>	0,5
<u>Folyékony: hulladékvíz, összes-béta aktivitás</u>	7,9
<u>hulladékvíz, Sr-90 aktivitás</u>	1,5
<u>hulladékvíz, trícium-aktivitás</u>	62

A 6.3. táblázat a hatóságilag megállapított radionuklid kibocsátásokat nemzetközi összehasonlításban tartalmazza. Látható, hogy a paksi erőműnél a folyékony kibocsátások tekintetében az adatok a világátlagok alattiak, míg a légnemű kibocsátások komponensei meghaladják azokat.

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2001-ben, nemzetközi összehasonlításban [6] (Az erőmű 2001-ben kereken 1.6 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

<u>Kibocsátás</u>	<u>Mennyiség</u>	<u>Hatóságilag elfogadott</u>	<u>UNSCEAR (1995-1997)</u>
<u>légtör</u>	<u>nemesgáz, összes-béta [TBq]</u>	<u>56</u>	<u>13</u>
	<u>aeroszol, összes-béta [GBq]</u>	<u>0,33</u>	<u>0,13</u>
	<u>H-3 (HT + HTO) [TBq]</u>	<u>3,7</u>	<u>2,4</u>
	<u>C-14 (CO₂+szerves) [TBq]</u>	<u>0,51</u>	<u>0,22</u>
	<u>jódok (I-131 egyenérték) [GBq]</u>	<u>0,24</u>	<u>0,17</u>
<u>folyékony</u>	<u>összes-béta [GBq]</u>	<u>0,75</u>	<u>8,1</u>
	<u>H-3 [TBq]</u>	<u>11</u>	<u>19</u>

5.2. A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

— A vízzel kibocsátott radioaktív szennyeződés a Dunába jut. A Duna hasznosítása során az abban található radioaktív anyagok külső és belső sugárterhelést okoznak. A számításoknál használt modell fontosabb kiindulási pontjait, közelítéseit, a kiindulási paramétereket az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazza, azzal az eltéréssel, hogy a Dunában kialakuló koncentrációk meghatározásánál itt azt feltételeztük, hogy a legközelebbi jobbparti településnél (Gerjen, 10 km) ezek értéke 4,5-ször nagyobb az egyenletes, teljes elkeveredéshez viszonyítva [4].

— A nem teljes elkeveredés feltételezése a jobb parton élő lakosságra ad maximális és minden bizonnyal felülbecsült sugárterhelést. Más jellegű bizonytalanságok — pl. az átlagostól eltérő fogyasztási jellemzők (pl. halászok), vagy a gyermekeknek a felnőtteknél nagyobb ún. lenyelési dózistényezői — miatt előfordulhat, hogy a népesség egyes csoportjainak egyes dózis összetevői az itt becsülnél néhányszor nagyobbak, másrészt azonban a becsült értékek a dunai eredetű ivóvizet fogyasztókra vonatkoznak, az ettől eltérő esetekben a sugárterhelés lényegesen kisebb.

— A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű normál üzeme során a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (2.fejezet) származó egyéni sugárterheléseket — a esatlakozó Duna szakasz mellett élők esetében — az 5.2. táblázat tartalmazza.

5.2. táblázat — Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisos a népesség átlagos felnőtt csoportjára, 2000-2001

Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for the average adults living nearby the Danube, 2000-2001

Radionuklid	Dózis [nSv/év] (dose, [nSv/y])	
	külső (external)	belső (internal)
H-3	*	15
Mn-54	0,03	0,03
Co-58	0,32	0,18
Co-60	1,5	1,2
Sr-90	*	0,01
Ag-110m	0,03	0,05
Cs-134	0,06	1,9
Cs-137	0,09	3,4
egyéb	0,05	0,04
Összesen:	2,0	22
Teljes járulék a vízi kibocsátásból: 24 nSv (total dose contribution from liquid releases)		

* a becsült dózis < 0,001 nSv (the estimated dose < 0.001 nSv)

Az ~~2000~~2001. évi sugárterhelés (24 nSv) gyakorlatilag megegyezik az elmúlt évre becsülttel. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés döntő hányada mintegy kétharmada a ³H izotópból (kritikus radionuklid) származik, a maradékban a radiocéziumok és a ⁶⁰Co járuléka a meghatározó. A kritikus besugárzási útvonal az ivóvízfogyasztás, a teljes dózis mintegy 70 %-ával.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények ~~2000~~2001-ben összesen ~~6921~~873 meghatározásról küldtek eredményt az adatfeldolgozó központba. Mivel egy környezeti mintához általában 2-3 meghatározás tartozik, ezért a vizsgált minták száma ~~2000~~2000-3000 közötti volt.

A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya mintegy 70 %-os volt.

6.1. Az eredmények összefoglalása

A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása ~~2000~~2001-ben is kismértékű volt. Az atomerőmű ~~2000~~2001. évi légtörési kibocsátásainak elfogadott értékei a következők:

nemesgáz összes béta aktivitás : ~~7790~~ TBq,
aeroszol összes béta aktivitás : ~~528261~~ MBq,
összes jód (¹³¹I egyenérték) : ~~384143~~ MBq,
⁸⁹Sr+ ⁹⁰Sr : ~~0,18~~ MBq.

— A nemesgáz kibocsátás a mérőrendszer rendelkezésre állásával korrigált nuklidspecifikus éves értékei a következők: ^{41}Ar : 14,311,8??? TBq, ^{85}Kr : 0,1289 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 4,03,0??? TBq, ^{88}Kr : 1,77??? 4,2 TBq, ^{133}Xe : 4,71,56??? TBq és ^{135}Xe : 1,92??? 4,5 TBq.

— Az aeroszol kibocsátás jelentős részét a ^{58}Co és ^{60}Co (2674 és 29871 MBq), a ^{54}Mn (19146 MBq) valamint az $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (1162 MBq) és a ^{137}Cs (26,111 MBq) adta. Az aeroszolhoz kötött aktivitás kibocsátása a régebbi blokkokhoz tartozó 1. sz. kéményen nagyobb, több mint 43 ~~szereosa~~ a 2. sz. kéményének. A kibocsátások időbeli alakulását továbbra is a karbantartások időszakára eső nagyobb aeroszol kibocsátás jellemezte.

— A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben is nagy biztonsággal, 1% nál is kisebb kihasználással betartotta a légnemű kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

— A folyékony radioaktív kibocsátás ellenőrzése a gyűjtőtartályokból, valamint a vízvételi (V1) és vízelvezető (V2, V3) esatornákból vett minták vizsgálatára terjed ki.

— A Paksi Atomerőmű a 20002001. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatóság, az ADV KVF laboratóriuma szűrőpróbaszerűen megismételte az erőmű méréseit, valamint rendszeresen saját mintavételezést és méréseket is végzett az üzemi vizekből és a befogadóból. Főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák a hideg, meleg és szennyvízesatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek) az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt.

— A melegvízesatorna (V2) összes béta aktivitás koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) esatornában — amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala — ezekhez képest kb. 10–30 szoros összes béta koncentráció alakult ki. Jólal nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3 esatorna) trícium koncentrációja. A vízzel kibocsátott aktivitás meghatározása megbízhatóan az ellenőrző tartályokból leeresztett vizek mérésével történik.

— A nagyobbbrészt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott, hatóságilag elfogadott, vízzel kibocsátott aktivitások a következők voltak:

összes béta aktivitás:	<u>1,21</u> GBq,
trícium:	<u>18,14</u> TBq,???
^{90}Sr :	<u>2,24</u> MBq.

— Erőművi eredetű alfa sugárzó izotóp kibocsátást alfa spektrometriai meghatározással nem mutattak ki.

— Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű 20002001. évben is betartotta a vízjogi engedélyben a radioaktív kibocsátásra előírtakat.

— A környezeti minták többségénél — a talaj, szedimentum minták kivételével — a csernobili eredetű szennyeződés gyakorlatilag már nem mérhető.

— A légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján elmondható, hogy a levegőben néhány alkalommal az üzem igen kismértékű, minden bizonnyal paksi atomerőművi eredetű ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{137}Cs , valamint ^{14}C izotópot mutatott ki.

— A Duna rendszeres monitorozása az erőmű előtt Paksnál és Dunaföldvárnál, utána pedig Gerjennél, Kalocsánál, Bajánál és Mohácsnál történik. Itt paksi eredetű nuklid esetleg a ^3H kivételével nem volt kimutatható.

- A felszíni vizek üledék mintáiban, ill. a talajban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs koncentrációja az alapszintet még valamelyest meghaladja.
- A környezeti dózisteljesítmény 20-30 %-os földrajzi, évszakos stb. ingadozása mellett az erőműből származó kis sugárterhelés mérésével nem mutatható ki.
- A folyékony és légtörő kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült évi effektív dózis összege, a 6.1. táblázat szerint, az erőmű közelében (3 km) **4767 nSv**, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [5] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 0,46 mSv.
- Az ~~2000~~2001-re becsült dózis az előző évivel ~~nél (4751 nSv) valamivel kisebb gyakorlatilag megegyező értékű.~~
- A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (24 nSv) ~~gyakorlatilag megegyezik az előző évben becsült értékkel (25 nSv).~~ Aránya a korábbi évektől eltérően a teljes dózisban már ~~valamivel több mint 50 %~~, ennek oka azonban a légtörő kibocsátásból származó sugárterhelés esikkenésében keresendő.
- Az erőmű 30 km sugarú térségében 210 ezer ember él. Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó, az átlagos egyéni dózisértékek alapján számított **kollektív dózis az elmúlt évhez hasonlóan 1,2-0,31 (csak légtörő) 1,21,2 személy⁻¹mSv.**
- A kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok kihasználtsága látható a 6.2. táblázatban. Ezek az értékek igen hasonlóak az előző években kapott százalékokhoz. Látható, hogy az üzem a trícium kibocsátással kétharmad részben kihasználja a kibocsátási korlátot, ez azonban a dóziskorlát kihasználásában csak mintegy század-százalékot képvisel. A trícium érdemi kiszűrése, visszatartása a jelenlegi körülmények között nem lehetséges, a reaktorvízben megjelenő mennyiség gyakorlatilag mind el is távozik.
- Az erőmű ~~2000~~2001. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

6.1. táblázat A kibocsátásokból becsült évi egyéni effektív dózisegyenérték hozzájárulás az erőmű közelében (3 km) élők esetén, a hatósági dóziskorlátokkal, besugárzási útvonalak szerint
Table 6.1. see: Summary (Table 6.1.E)

Besugárzási útvonal	—becsült érték	korlát
	————— [μSv]	
Légtörő kibocsátás		
—külső sugárterhelés:		
—nemesgáz izotópok	0,00913	
—radiokobalt aeroszol	0,00102	
—radioezüst aeroszol	0,00034	
—egyéb izotóp	0,00025	
—belső sugárterhelés:		
—inhaláció	0,0010114	
—radiocézium (élelm.)	0,002907	

—radioezüst (élelm.)	0,00054	
—globális szennyezők —(H 3, C 14) (élelm.)	0,0056	
—egyéb izotóp	0,0062	
Összes légtörő:	0,02323	300
Folyékony kibocsátás		
—külső sugárterhelés:	0,002	
—belső sugárterhelés:		
—trícium	0,015	
—egyéb izotóp	0,007	
Összes folyékony:	0,024	160
Mindösszesen:	0,04767	460

6.2. táblázat Az üzem által mért és a hatóság által elfogadott tényleges kibocsátási értékek a hatósági kibocsátási korlátok %-ában, 2000/2001-ben.

Table 6.2. see: Summary (Table 6.2.E.)

Kibocsátás	[%]
Légnemű: aeroszol, összes béta aktivitás	<0,13
—nemesgáz, összes béta aktivitás	0,76
—jód (I 131 egyenérték)	<0,1
—Sr 89 + Sr 90 aktivitás	0,5
Folyékony: hulladékvíz, összes béta aktivitás	7,97
—hulladékvíz, Sr 90 aktivitás	1,56
—hulladékvíz, trícium aktivitás	6,21

A 6.3. táblázat összefoglalóan tartalmazza a hatóságilag megállapított radionuklid kibocsátásokat nemzetközi összehasonlításban. Látható, hogy a paksi erőműnél a folyékony kibocsátások tekintetében az adatok a világátlagok alattiak, míg a légnemű kibocsátások komponensei megegyezők, vagy kissé meghaladják azokat.

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2000/2001-ben, nemzetközi összehasonlításban [6] (Az erőmű 2000/2001-ben kerekén 1,6 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

Kibocsátás	Mennyiség	Hatóságilag elfogadott	UNSCEAR (1990-1994)
-légtörő	nemesgáz, összes béta [TBq]	5648	28
	aeroszol, összes béta [GBq]	0,3316	0,17
	H 3—(HT + HTO) [TBq]	3,71	2,2
	C 14 (CO ₂ +szerves) [TBq]	0,517	0,22

	jódok (I-131 egyenérték) [GBq]	0,2489	0,29
folyékony	összes béta [GBq]	0,7569	20
	H-3 [TBq]	112	22

6.2. Hatósági megállapítások

6.2.1. A légköri kibocsátásokról

a./ Az üzem elvégezte a nuklidspecifikus légköri kibocsátás méréseket, továbbá a kibocsátásban jelenleg nem korlátozott, de a lakossági sugárterhelés számításához szükséges komponensek esetén is folyamatos méréseket végez.

b./ Az üzem ~~2000~~2001. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű - a korábbi évekhez hasonlóan - kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt.

c./ A hatóságilag korlátozott mennyiségek mérésére szolgáló rendszerek az esetek 100 %-ában, az egyedileg nem korlátozott mennyiségek mérése esetében pedig a nemesgázok izotópösszetételét mérő rendszer kivételével úgyszintén közel 100 %-ban rendelkezésre álltak.

6.2.2. A folyékony kibocsátásokról

a./ A vízelvezető csatornában végzett összes-béta mérések eredményei igazolják, hogy az atomerőműből a Dunába vezetett radioaktív szennyezés (koncentráció) jelentéktelen, erőművi eredetű radionuklid csak a szennyvíz (V3) csatornában detektálható.

b./ A trícium-kibocsátás korlát kihasználtsága az előző évekhez hasonló, 62 %-os volt. A nagy trícium-koncentrációjú mérlegen felüli vizek ~~2000~~2001-ben is a szennyvíz (V3) csatornán kerültek kibocsátásra, amelyben a Duna vizénél 4-5 nagyságrenddel nagyobb ³H koncentrációk alakultak ki.

6.2.3. A környezeti radioaktivitásról

a./ A normál környezeti ellenőrzések során csupán a levegőben sikerült atomerőművi eredetű ⁶⁰Co szennyeződést kimutatni, nagytérfogatú aeroszol mintavétellel. A többi vizsgált környezeti komponensben az ellenőrző mérések nem mutattak ki bizonyíthatóan az atomerőműből származó radionuklidot.

b./ Az üzemi és a hatósági környezetellenőrzés mérési programja, adatgyűjtése és az eredmények értékelése a 187 éves együttműködés alatt folyamatosan javult.

6.2.4. A lakossági sugárterhelésről

Az erőműből eredő külső sugárterhelést közvetlen dózisméréssel nem lehet kimutatni. A kibocsátásból számított átlagos éves effektív dóziszárulék (külső és belső együtt) - a lakosság kritikus csoportjának egyedeire 50~~67~~ nSv, amely 1998-~~2000~~99-hez hasonlóan a korábbi évek dózisaival (74 - 152 nSv) kisebb értékű.

SUMMARY

The total number of the environmental control measurements carried out in ~~2000~~2001 around the Nuclear Power Plant (NPP) by the authorities was altogether 6921. The distribution of the various types of measurements has not changed last year and the percentage of gamma-spectrometric determinations was similar as in 1998.

According to the official regulations the atmospheric monitoring measurements are directed to the radioactive aerosols, iodine and noble gases and to the amounts of $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ released from the stacks of the nuclear plant. The release of noble gases was 90 TBq (gross beta), of gross beta aerosols was 528 MBq, of iodine was 384 MBq and of $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ was 0.18 MBq. Large components of the aerosol activity were the ^{58}Co and ^{60}Co (264 and 298 MBq), ^{54}Mn (191 MBq), $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (112 MBq) and ^{137}Cs (111 MBq) nuclides. The distribution of the noble gases was the following : ^{41}Ar : 16.6 TBq, ^{85}Kr : 0.129 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 3.6 TBq, ^{88}Kr : 2.1 TBq, ^{133}Xe : 1.68 TBq and ^{135}Xe : 2.0 TBq.

The hydrospheric monitoring includes the measurement of water samples from inflow (V1) and outflow (V2, V3) water channels, and control tanks of the NPP as well as those of Danube water and sediment together with the living organisms (alga and fish). Radioactivity of the waste water was reliably controlled by the regular analysis of the water of control tanks before each release. The total beta activity of the water released by the NPP was 1.2 GBq, the ^{90}Sr was 2.2 MBq and the tritium release was 18.7 TBq.

The inflow and outflow water channels of the plant had nearly identical gross beta activity concentrations. In the waste water (V3) channel the tritium activity is much higher than in the inflow one and ranged between wide limits.

Regular monitoring of Danube is performed at Dunaföldvár and Paks (up-stream to Paks) and down-stream at Gerjen, Kalocsa, Baja and Mohács.

No radioactive pollution, due to the NPP could be detected in the living water and sediment of Danube.

As concerns the environment of NPP pollution attributable to the accident in Chernobyl could not be detected in the samples any longer. The only exceptions were the soil and sediment samples. Analyses of aerosols, fall-outs and special filters for airborne effluents demonstrated that the atmospheric radioactivity corresponded to the background value prior to the Chernobyl accident. By special and sensitive investigations the nuclides of ^{60}Co and ^{14}C were detected with near to the detection limit in a small number of samples from the air environment of the NPP. Water samples in the environment did not reveal radioactive pollution by the nuclear plant in Danube. In the sediment of surface waters and soil of the area the ^{137}Cs concentration of Chernobyl origin still exceeded the background.

Examination of the grass, fodder plants, milk and meat has not confirmed the presence of radionuclides of NPP origin. The geographical and seasonal variation in dose rate is 20-30 %, enhancing effect on radioactive releases by the NPP was not observed in the environment.

According to the Table 6.1E, the estimated effective dose equivalent due to the airborne and aquatic releases in the direct vicinity of the plant is 50 nSv/y, while the natural background value is somewhat above than 3 mSv/y [5] and the authorised limit is 0.46 mSv/y. The dose contribution from the aquatic releases was approx. 50 % due to mainly tritium.

The inhabitants living in the 30 km environment of the NPP are 210 thousands. The collective dose assessed from the individual ones takes about 1.3 man · mSv.

Table 6.1E. The annual individual effective dose contribution of the different pathways for adults, in ~~2000~~2001, near to the NPP and the dose limits

Pathway	Assessed dose	Limits
	[μSv]	
<i>Airborne releases</i>		
<i>external radiation</i>		
<i>noble gases</i>	0,011	
<i>radiocobalt (aerosol)</i>	0,0012	
<i>radiosilver (aerosol)</i>	0,0003	
<i>others</i>	0,0004	
<i>internal radiation</i>		
<i>inhalation</i>	0,0001	
<i>radiocesium (ingestion)</i>	0,0029	
<i>radiosilver (ingestion)</i>	0,0005	
<i>global pollutants (H-3, C-14)</i> <i>(ingestion)</i>	0,006	
<i>others</i>	0,003	
<i>Sum from airborne releases</i>	0,025	300
<i>Liquid releases</i>		
<i>external radiation</i>	0,002	
<i>internal radiation</i>		
<i>tritium</i>	0,015	
<i>others</i>	0,008	
<i>Sum from liquid releases</i>	0,025	160
Total	0,050	460

The release of radioactive substances from the NPP into the air was still under the authorized limit by some orders of magnitude according to the Table 6.2E. The total beta activity released by the waste water was 7.9 % and the tritium release was 62 % of authorized limits. However the dose contribution from the tritium is small (Table 6.1E).

The radioactive effluents normalised to the yearly electrical energy production can be seen in the Table 6.3E, in comparison with international data from the UNSCEAR-Report, 2000.

Table 6.2E. Airborne and liquid releases accepted by the authorities in percentages of the limits

<i>Releases</i>	<i>[%]</i>
<i>Atmospheric: aerosol, gross beta</i>	<i>< 0,1</i>
<i>noble gases, gross beta</i>	<i>0,7</i>
<i>I-131 equivalent</i>	<i>< 0,1</i>
<i>Sr-89 + Sr-90 activity</i>	<i>0,5</i>
<i>Liquid: waste water, gross beta activity</i>	<i>7,9</i>
<i>waste water, Sr-90 activity</i>	<i>1,5</i>
<i>waste water, tritium activity</i>	<i>62</i>

Table 6.3E. Isotopic composition of the radioactive effluents normalized to the yearly electrical energy production (to 1 GW·year) in ~~2000~~2001, in comparison with the UNSCEAR data of NPP types PWR [6]. (The total energy generated by the Hungarian NPP was 1.6 GW·y)*

<i>Effluents</i>	<i>Nuclides</i>	<i>Accepted by the authority</i>	<i>UNSCEAR Report (1995-1997)</i>
<i>airborne</i>	<i>noble gases, gross beta [TBq]</i>	<i>56</i>	<i>13</i>
	<i>aerosol, gross beta [GBq]</i>	<i>0,33</i>	<i>0,13</i>
	<i>H-3 (HT + HTO) [TBq]</i>	<i>3,7</i>	<i>2,4</i>
	<i>C-14 (CO₂+organic) [TBq]</i>	<i>0,51</i>	<i>0,22</i>
	<i>I-131-equivalent [GBq]</i>	<i>0,24</i>	<i>0,17</i>
<i>liquid</i>	<i>gross beta [GBq]</i>	<i>0,75</i>	<i>8,1</i>
	<i>H-3 [TBq]</i>	<i>11</i>	<i>19</i>

** world average for PWR type detectors*

7. HIVATKOZÁSOK (REFERENCES)

- [1] A Paksi Atomerőmű hatása a környezeti sugárzási helyzetre
- I. Sztanyik B. L., Fehér I. és Rósa G. (Szerk.)
(Prodinform Műszaki Tanácsadó Vállalat, Budapest, 1987.)
- II. Sztanyik B. L., Fehér I. és Rósa G. (Szerk.)
(Prodinform Műszaki Tanácsadó Vállalat, Budapest, 1989.)
- [2] A Paksi Atomerőmű radioaktív anyag kibocsátásainak és környezetének üzemi és hatósági sugárvédelmi ellenőrzése, 1983-87 (Szerk.: Germán E.)
MTA IRPA Nemz. Biz., 1990.)
- [3] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya ~~2000~~2001. évi jelentése.
(Szerk.: ~~Bujtás Tibor~~ ~~Volent Gábor~~) Paks, 2002~~1~~. március
- [4] Kanyár B., Fülöp N., Ivó M., Kerekes A. és Sági L.: A radioaktív kibocsátások szabályozásának műszaki megalapozása
(Tanulmány a KTM megbízásából) Budapest, 1995.
- [5] Nikl I. : A népesség természetes forrásokból eredő sugárterhelése (Egészségtudomány, 63, 29-35, 1999)
- [6] Exposures from Man-made Sources of Radiation (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000)
- [7] Fülöp N., Glavatszkij N., Kerekes A.: A Paksi Atomerőmű kibocsátási határértékeinek meghatározása (Tanulmány a PA Rt. megbízásából) Budapest, 2001.

Melléklet

Az ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok:

A Környezetvédelmi Minisztérium (KöM) részéről:

- Alsó-Duna-völgyi (ADV) Környezetvédelmi Felügyelőség (KVF), Baja

A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) részéről:

- Országos Élelmiszervizsgáló Intézet (OÉVI), Budapest (bázisintézet)
- Megyei Állategészségügyi és Élelmiszer Ellenőrző Állomások
 - Baranya megye, Pécs
 - Bács-Kiskun megye, Kecskemét
 - Tolna megye, Szekszárd
- Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet, Budapest
- HUMIL Húsipari Minőségügyi Leányvállalat, Budapest

Az Egészségügyi Minisztérium (EüM) részéről:

- OKK - Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OKK-OSSKI), Budapest (bázisintézet):
 - Környezeti Sugáregészségügyi Osztály,
 - Számítás- és Méréstechnikai Osztály
- Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat
 - ÁNTSZ Tolna Megyei Intézete, Szekszárd

Az Erőmű részéről:

- Paksi Atomerőmű Részvénytársaság (PA Rt.)
 - Sugárvédelmi Osztály, Paks

Annex

List of the laboratories taking part in the monitoring:

Ministry of the Environment (MOE):

- *Regional Inspection of Environmental Protection, Baja*

Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD):

- *National Institute of Food Control, Budapest (basic institute)*
- *Regional Stations of Food Control:*
 - County Baranya, Pécs*
 - County Bács-Kiskun, Kecskemét*
 - County Tolna, Szekszárd*
- *Hungarian Milk Institute, Budapest*
- *Meat Qualifying Co., Budapest*

Ministry of Health (MH):

- *Natl. Res. Inst. Radiobiol. Radiohyg., Budapest (basic institute)*
 - Environmental Radiohygiene,*
 - Computing and Measuring Methods*
- *County Institute of National Public Health and Officer Service, Szekszárd*

Nuclear Power Plant (NPP), Paks

- *Radiation Protection*