

HAKSER 2004

A HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER
(HAKSER)

2004. évi jelentése

*ANNUAL REVIEW OF THE JOINT ENVIRONMENTAL
RADIATION MONITORING SYSTEM (JERMS) AROUND THE NUCLEAR
POWER PLANT PAKS, 2004*

Készítették (*Authors*)

HAKSER Adatgyűjtő-, Feldolgozó és Értékelő Központ	Glavatszkih Nándor (OKK-OSSKI) Kerekes Andor (OKK-OSSKI)
Egészségügyi Minisztérium	Guczi Judit (OKK-OSSKI) Horváth Nikoletta (ÁNTSZ Tolna M. Int.) Kelemen Mária (ÁNTSZ Tolna M. Int.)
Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium szakintézményei	Tarján Sándor (OÉVI) Hetényiné Pap Viktória (Bács-Kiskun M. ÁÉÉÁ) Vilimi József (Tolna M. ÁÉÉÁ)
Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium szakintézményei	Rozmanitz Péter (ADV KTVF) Vancsura Péter (ADV KTVF)
Paksi Atomerőmű Rt.	Bujtás Tibor (PA Rt.) Gál János (PA Rt.) Germán Endre (PA Rt.)
Szerkesztette (<i>Compiled by</i>):	Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

OKK-OSSKI, Budapest, 2005. július

TARTALOMJEGYZÉK (CONTENTS)

1. BEVEZETÉS 3

1.E. INTRODUCTION 7

2. KIBOCSÁTÁSI EREDMÉNYEK (RADIOACTIVE RELEASES) 8

2.1. Léggöri kibocsátás (Airborne releases) 8

2.2. Folyékony kibocsátás (Liquid releases) 10

3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK (RADIOACTIVE WASTE) 18

3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok (Low and medium activity radioactive waste) 18

3.1.1. Folyékony radioaktív hulladékok (Liquid radioactive waste) 18

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok (Solid radioactive waste) 19

3.2. Feldolgozási eljárások (Treatment of radioactive waste) 20

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása (Interim storage of radioactive waste) 20

3.4. Végleges elhelyezés (Final repository of radioactive waste) 21

4. KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK (ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING RESULTS) 22

4.1. A léggöri aktivitáskoncentrációk (Radionuclide concentration in air) 22

4.2. A vízi környezetben mért aktivitáskoncentrációk (Radionuclide concentration in aquatic environment) 24

4.3. A szárazföldi környezetben mért aktivitáskoncentrációk (Radionuclide concentration in the terrestrial environment) 29

4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása (Activity concentration of drinking water and foodstuffs of animal origin) 34

4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében (Outdoor gamma-dose rate) 36

5. LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS JÁRULÉKOK (DOSE TO THE POPULATION) 37

5.1. A léggöri kibocsátásból származó sugárterhelés (Dose from airborne releases) 37

5.2. A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (Dose from liquid releases) 39

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK 40

6.1. Az eredmények összefoglalása 40

6.2. Hatósági megállapítások 42

6.2.1. A léggöri kibocsátásokról 42

6.2.2. A folyékony kibocsátásokról 42

6.2.3. A környezeti radioaktivitásról 43

6.2.4. A lakossági sugárterhelésről 43

6.E. SUMMARY 44

7. HIVATKOZÁSOK (REFERENCES) 47

MELLÉKLET 48

ANNEX 49

1. BEVEZETÉS

A paksi atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek, radiológiai laboratóriumok az előző évekhez hasonlóan közös jelentésben számolnak be a 2004. évi eredményekről, megállapításokról. Az ellenőrzésben érdekelt hatóságok - az Egészségügyi Minisztérium (EüM), a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) és a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) - 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, kisebb részben on-line módon 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 a 2004. évi eredmények értékelésénél is kis mértékben számolnunk kellett a csernobili reaktorbaleset hazai hatásával.

Az 1984-től megjelenő éves jelentések eredménytáblázatai csupán a tárgy évekre vonatkoznak, nem tartalmazzak több évet átfogó elemzéseket, trend vizsgálatot. Az elmúlt időszakban készültek többéves 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 2004-ben a következő volt:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. blokk: ápr. 04. – máj. 13. | 3. blokk: okt. 03 – nov. 07. |
| 2. blokk: feb. 16. – ápr. 01. | 4. blokk: máj. 13. – jún. 14. |

Az éves villamosenergia-termelés az erőmű indulásától 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	14126
1992	13964	2002	13953
2003	11013	2004	11915

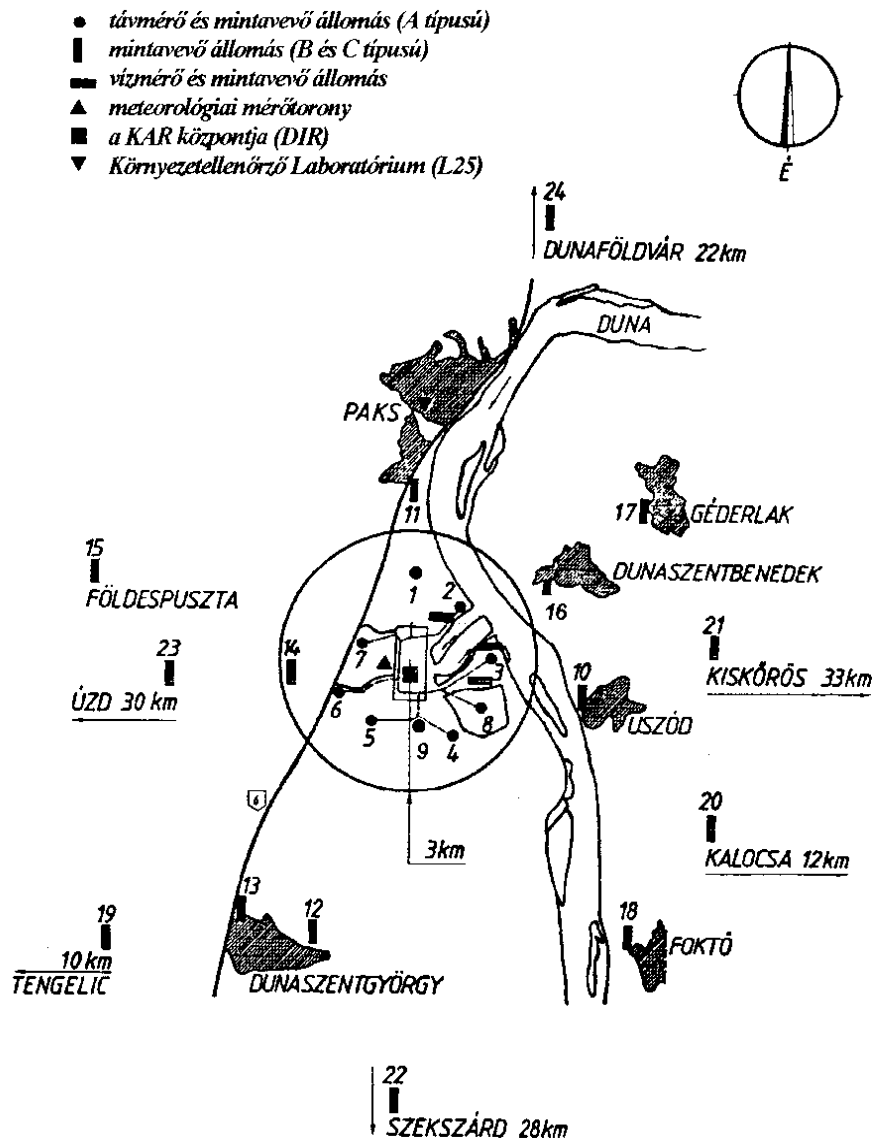
Az erőműben a többéves szekunderköri teljesítményjavító fejlesztések eredményeképpen a blokkok névleges elektromos teljesítménye jelenleg összesen 1866 MW.

A számítógépben tárolt hatósági mérési adatok, pontosabban a meghatározások száma az utóbbi években 6-7 ezer körül volt, a tervezett érték 3500. 2004-ben a mérések száma a 2003. évi üzemzavarhoz kapcsolódó vizsgálatok miatt a korábbiaknál még mindig 10-15 %-kal nagyobb volt.

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 mintegy 3 ezer mintából származik.

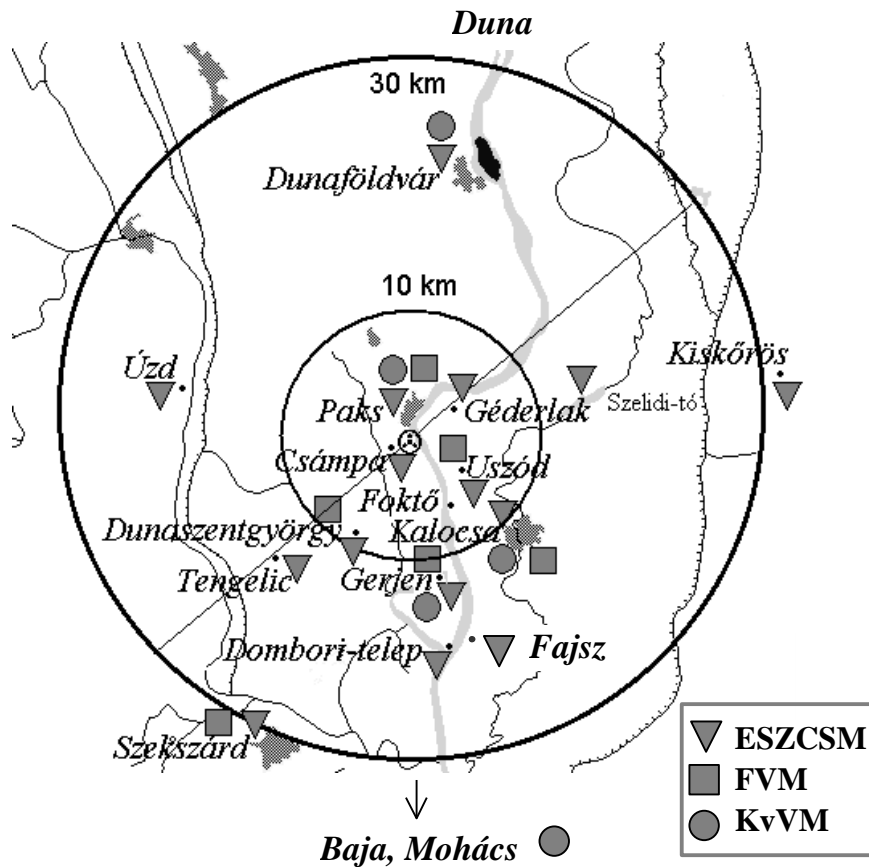
Általában megállapítható, hogy a nuklidspecifikus mérések aránya az utóbbi években már a meghatározások jóval több mint kétharmadát teszi ki.

2004-ben megtörtént a 15/2001. (VI. 6.) KöM rend. előírásai alapján az új kibocsátás korlátozási és ellenőrzési rendszer bevezetése az erőműben. Az új korlátozási rendszer alapja az, hogy a kibocsátási adatokat a dózismegszorításból (90 µSv) származtatott nuklid- és kibocsátási útvonal specifikus kibocsátási határértékekkel kell összevetni. Az így nyert arányszámok összegzésével határozandó meg az ún. kibocsátási határérték kritérium, amelynek értéke 1-nél kisebb kell, hogy legyen.



A MINTAVEVŐ ÉS MÉRŐÁLLOMÁSOK ELHELYEZKEDÉSE

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 2004-ben

Table 1.2. The number (N) and percentages of the different types of determinations of authorities in 2004

Vizsgálati irány (types of determinations)	Meghatározások száma (no. of determ.)	[%]
Összes-béta aktivitás (gross-beta)	1048	13
K-40	87	1
I-131	289	4
HPGe det. gamma-spektrometria	4985	62
Trícium	458	6
Sr-89* + Sr-90*	914	11
Cs-137*	48	<1
egyéb vizsgálatok (others)	163	2
összesen (total):	7992	100

* kémiai elválasztással (by chemical separation)

1.E. 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 2004. The authorities involved are: Ministry of Health (MH), Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD) and Ministry of Environment and Water (MEW). 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.

It may also happen that the measured values are lower than the detection limit of the method. 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 2004 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. Volumes entitled "Effect of the Nuclear Power Plant of Paks on the Environmental Radiation Level" and the Special issue of the National Committee of IRPA 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 6000-7000, usually, the planned one is 3500. Due to the enhanced monitoring activity during the incident in April 2003, the number of measurements is still higher than the previous figures by about 10-15 per cent.

The number and percentages of the different types of determinations for the last year are presented in Table 1.2.

The new system of release limits set by the regulations of the Decree of 15/2001. (VI. 6.) KöM was introduced in 2004. The new release limits are derived from the dose constraint of 90 µSv for each radionuclide, physical/chemical form and release path. The compliance with the release limitation is ensured by the release limit criterion, i.e. the sum of the ratios of the individual releases and limits of radionuclides.

2. KIBOCSÁTÁSI EREDMÉNYEK (RADIOACTIVE RELEASES)

A hatósági szabályozásban foglalt előírások betartásának ellenőrzését a területileg illetékes elsőfokú környezetvédelmi hatóság, az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (ADV KTVF), 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 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.

A 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet (alább részletezett) tartalmi követelményeinek megfelelően meghatározott kibocsátási határértékeket az ADV KTVF 47071-9/2003 ikt. sz. szakhatósági állásfoglalásával hagyta jóvá 2003.12.18-án, amelynek megfelelően az OAH NBI RE-3603 sz. határozatával a módosította a Műszaki Üzemeltetési Szabályzatban (MŰSz) szereplő kibocsátási határértékeket.

A 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet 3.§ (1) bek. a) pontja alapján az Országos Tisztifőorvosi Hivatal által meghatározott dózismegszorításból kiindulva kell származtatni a kiemelt létesítmények radioaktív kibocsátásaira vonatkozó éves kibocsátási határértékeit. A határértékek származtatását a rendelet 1. számú mellékletében foglalt szempontok figyelembevételével kell elvégezni úgy, hogy a kibocsátási határérték betartása, illetve a kibocsátási határérték kritérium teljesülése esetén a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást. Az 1. melléklet 1. pontja szerint a kibocsátási határértéket minden kibocsátási módra (az erőmű esetében folyékony és légnemű), továbbá minden olyan radionuklidra vagy azok csoportjaira származtatni kell, amelyek kibocsátásra kerülhetnek.

Az új szabályozás bevezeti a kibocsátási határérték kritérium fogalmát: több radionuklid kibocsátása és/vagy több kibocsátási mód esetén az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosainak összege. A kibocsátási határérték kritérium értékének 1-nél kisebbnek, vagy legfeljebb azzal egyenlőnek szabad lennie, ebben az esetben teljesül a 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítás.

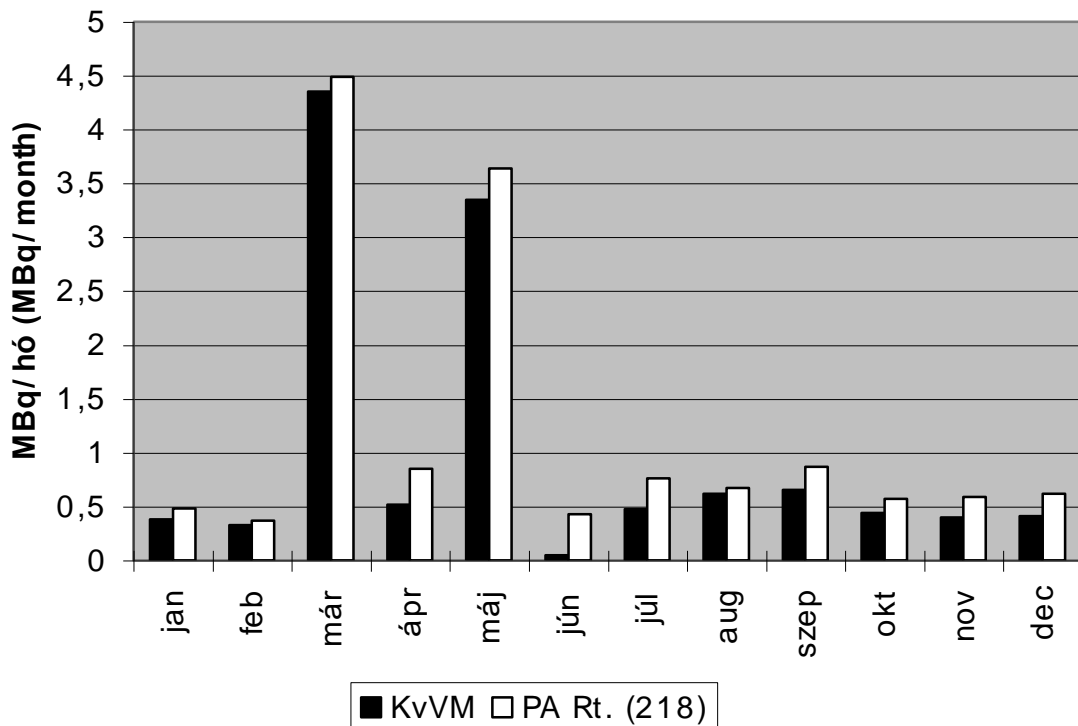
Az ADV KTVF szakhatósági állásfoglalásával az erőmű radioaktív kibocsátásainak ellenőrzésére vonatkozó Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat-ot, valamint a környezetének ellenőrzésére vonatkozó Környezet Ellenőrzési Szabályzat-ot is elfogadta, amelyek alkalmazását az OAH NBI a fenti határozatában 2004.02.16-tól elrendelte. Ezzel egyidejűleg érvényét veszítette (a hasonló tartalommal bíró) az ellenőrzés részleteit meghatározó, a Paksi Atomerőmű Rt. (PA Rt.) és az ADV KTVF között időszakosan megújított "Hatósági Felülvizsgálati Rend" .

2.1. Léggöri kibocsátás (Airborne releases)

A léggöri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 2.1. táblázatban látható. Az értékek a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsléséhez is felhasználtunk. A táblázat tartalmazza továbbá az egyes radionuklidok (esetenként a külön kémiai/fizikai formára vonatkozó) kibocsátási határértékeit és ezen mennyiségek hányadosát is. (Emlékeztetőül: ezen hányadosok összege adja a kibocsátási határérték kritériumot.)

2004-ben a hasadványtermékek kibocsátása még valamivel meghaladta a 2003. évi üzemzavar előtti évekre jellemző értékeket. Az aeroszol-kibocsátásoknak általában jóval több mint fele az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionuklidtól függően 1,1 – 5,2 közöttiek voltak. A teljes éves kibocsátásban legnagyobb arányban (az egy napnál rövidebb felezési idejű izotópok nélkül) a ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{137}Cs , ^{51}Cr és ^{134}Cs radioizotópok szerepeltek (2.1. táblázat).

A kibocsátások évközi alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együttfutásának szemléltetésére a 2.1. ábrán bemutatjuk a ^{137}Cs -et, a 2.2. ábrán a ^{131}I -egyenérték havi kibocsátásainak változását. Megjegyezzük, hogy a 2.1. ábrán a PAE adatsora csak a hatósággal közös, 218. számú mintavételi ág kibocsátásait tartalmazza. A hatóság által elfogadott éves kibocsátások meghatározásánál viszont az üzem a három mintavevő ág közül a legnagyobb aktivitást eredményező veszi számításba. Emiatt az ábrán látható adatsorból számítható összeg mintegy hatszor kisebb az elfogadott éves kibocsátásnál.



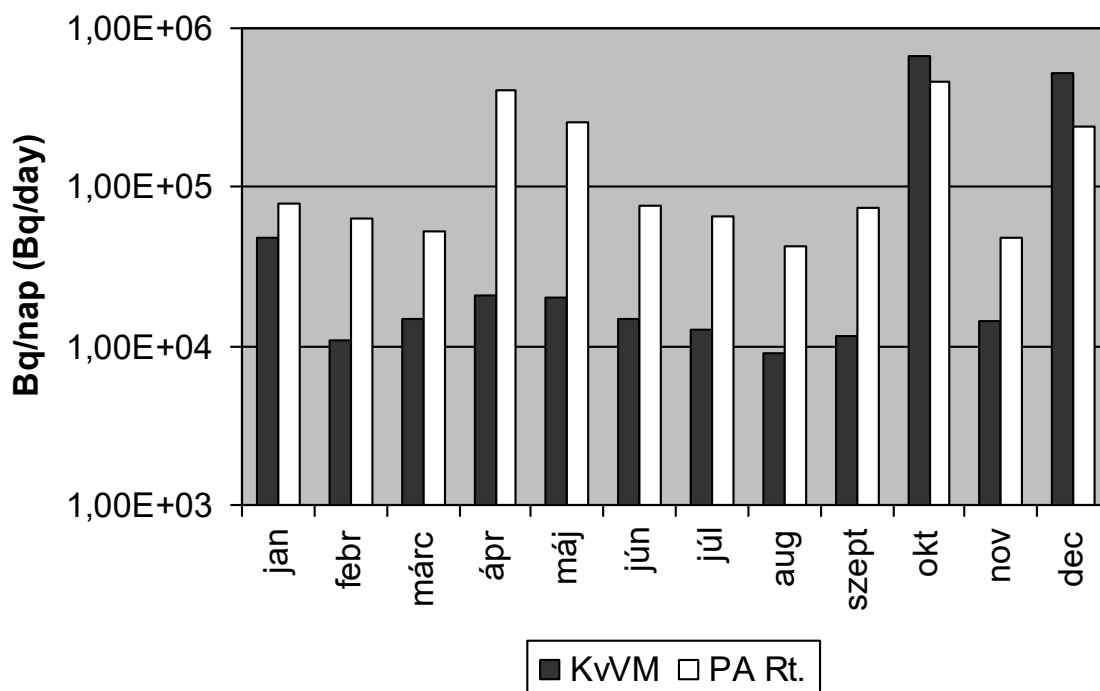
2.1. ábra Havi Cs-137 légekőri kibocsátások (csak a 218. sz. mintavételi ág adatai)

Figure 2.1. Monthly Cs-137 airborne releases (data from only the sampling branch No 218)

A nemesgáz-kibocsátás a 2003. évi üzemzavart követően még 2004-ben is kissé meghaladta az 1996. óta jellemző állandósult, alacsonyabb szinteket. A kibocsátások az 1.-2. blokkok kéményénél általában 2-3 -szorosai a 3.-4. blokkok kéményének. Ettől jelentősen eltérő a ^{87}Kr , amely a két kiépítésre közel egyenlő, a ^{133}Xe , amely a 3-4. blokkok kéményeknél közel kétszeres és a ^{85}Kr . Ez utóbbi az üzemzavar következtében még mindig jelentősen – több mint 80-szor nagyobb az 1-2. blokkok kéményénél. A nemesgázok izotóposztételében a korábbi évekhez hasonlóan az ^{41}Ar volt a legjelentősebb.

Összességében a légekőri kibocsátásokat tekintve a kibocsátási határérték kritérium értéke igen kicsi, mindössze 0,12 %, amelyben a legnagyobb súllyal a ^{14}C és ^{41}Ar radinuklidok (negyed-negyed

arányban) szerepeltek. A paksi atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű légnemű kibocsátás mellett üzemelt 2004-ben is.



2.2. ábra A radioaktív jódkibocsátás átlagértékei ^{131}I -egyenértékben

Figure 2.2. The releases of radioiodine transformed to ^{131}I equivalent. The releases measured by PAE are higher, usually, because of the difference in the detection limit and the shorter time lag between the sampling and measurement

2.2. Folyékony kibocsátás (Liquid releases)

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 KTVF 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 Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat szerint. Ezekből a mintákból a tartálytérfigattal arányos heti, havi és negyedéves átlagmintákat készít az üzem. Valamennyi tartálymintából - ellenőrzés céljából - az igényelt mennyiséget a hatósági laboratórium elviheti.

Évente általában 1300 körüli tartályürítés történik, az ezekből vett minták mintegy 10 %-át szűrőpróbaszerűen összes-béta aktivitás méréssel ellenőrzi az ADV KTVF. 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 aktivitáskoncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

A vízi kibocsátások ellenőrzése az egyes közegek (csatornák, tartályok vize) nuklidspecifikus mérésével történik. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján, ill. az azt követő héten, az

ADV KTVF a V1-V3 csatorna minták esetében a mintavételt követő napon, a tartálmintáknál pedig további 0-8 nap késéssel végzi el.

2.1. táblázat Éves nuklidspecifikus kibocsátások (a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések), 2004
 Table 2.1. Radionuclide releases based on the results of the NPP approved by the authority, 2004

Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	Határérték kritérium
⁴¹ Ar	1,1E+13	4,6E+16	2,3E-04
⁸⁵ Kr	3,8E+12	1,2E+19	3,2E-07
^{85m} Kr	2,3E+12	4,1E+17	5,6E-06
⁸⁷ Kr	5,7E+12	7,3E+16	7,8E-05
⁸⁸ Kr	5,1E+12	2,9E+16	1,8E-04
¹³³ Xe	3,0E+12	2,0E+18	1,5E-06
¹³⁵ Xe	3,0E+12	2,4E+17	1,3E-05
³ H (HT)	1,7E+11	2,2E+17	7,8E-07
³ H (HTO)	3,1E+12	1,7E+17	1,8E-05
¹⁴ C (CO ₂)	3,7E+10	1,3E+14	2,8E-04
¹⁴ C (CH ₄)	6,6E+11	1,5E+21	4,4E-10
²⁴ Na	6,5E+07	1,5E+15	4,3E-08
⁴² K	5,5E+08	1,7E+16	3,2E-08
⁵¹ Cr	4,9E+07	8,8E+14	5,6E-08
⁵⁴ Mn	7,4E+07	1,8E+13	4,1E-06
⁵⁸ Co	2,4E+07	2,1E+13	1,1E-06
⁵⁹ Fe	1,6E+07	1,1E+13	1,4E-06
⁶⁰ Co	1,6E+08	2,4E+12	6,6E-05
⁶⁵ Zn	6,1E+06	2,3E+12	2,7E-06
⁷⁵ Se	1,9E+06	2,9E+12	6,6E-07
⁷⁶ As	6,9E+07	1,1E+15	6,3E-08
⁸⁹ Sr	3,8E+04	4,3E+12	8,8E-09
⁹⁰ Sr *	3,3E+04	3,7E+11	1,8E-07
⁹⁵ Nb	1,3E+07	4,9E+13	2,7E-07
⁹⁵ Zr	1,2E+07	2,3E+13	5,1E-07
⁹⁹ Mo	3,3E+06	1,9E+15	1,8E-09
¹⁰³ Ru	2,1E+06	8,7E+12	2,4E-07
¹⁰⁶ Ru *	4,0E+06	2,3E+11	3,4E-05
^{110m} Ag	1,8E+07	4,8E+12	3,8E-06
¹²⁴ Sb	9,5E+06	8,9E+12	1,1E-06
¹²⁵ Sb	7,0E+04	1,4E+13	5,0E-09
¹³¹ I aer.	3,3E+06	3,7E+12	8,8E-07
¹³¹ I elemi	6,3E+07	7,8E+11	8,1E-05
¹³¹ I szerves	1,3E+08	9,5E+13	1,3E-06
¹³³ I elemi	1,7E+06	3,7E+14	4,7E-09
¹³⁴ Cs	2,1E+07	8,2E+11	2,5E-05
¹³⁷ Cs*	7,3E+07	1,0E+12	1,5E-04
¹³⁸ Cs	1,1E+08	2,1E+16	5,3E-09
¹⁴⁰ Ba*	5,7E+06	2,9E+13	3,9E-07
¹⁴¹ Ce	2,4E+06	4,6E+13	5,2E-08
¹⁴⁴ Ce*	1,7E+07	3,5E+12	9,9E-06
Összesen	-	-	1,2E-03

* a határérték kritérium kiszámításánál a leányelemükkel együtt vettük figyelembe az adott izotópot

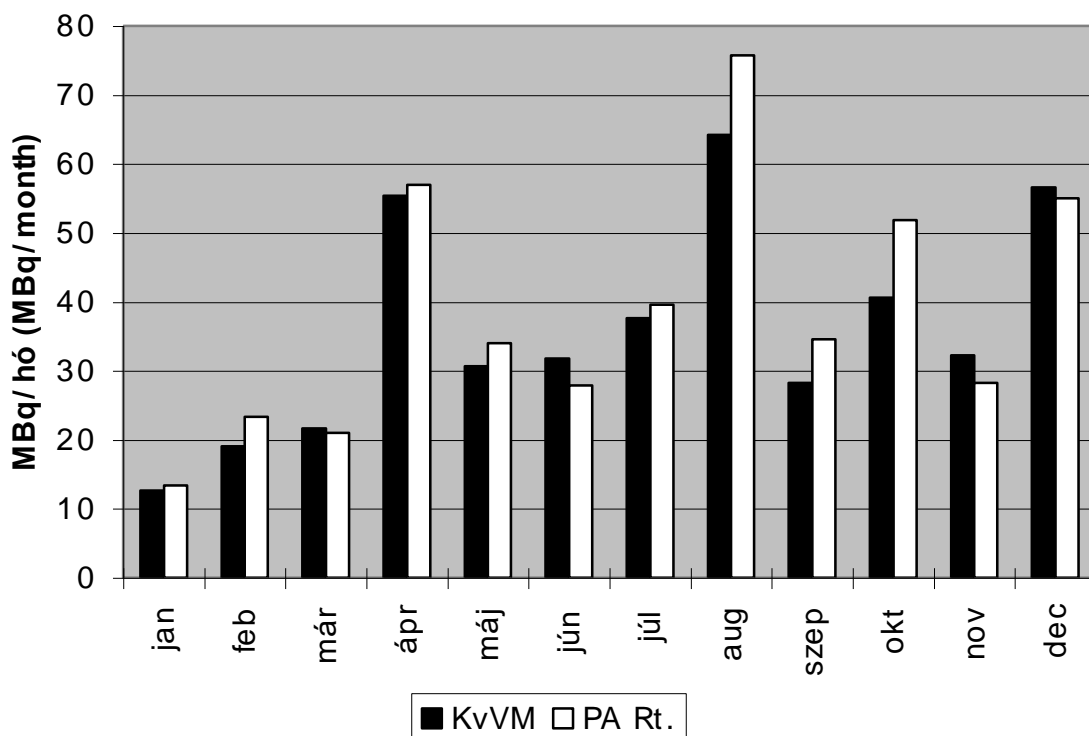
A V1 és V2 csatornákból származó mintákban a radionuklidok koncentrációja általában a kimutatási határ alatti. Mivel ezeket a kimutatási határ értékével vesszük figyelembe, az eredmények felülbecsültek.

Az atomerőmű 2004-ben az ellenőrző tartályokból összesen 49649 m³ vizet bocsátott a Dunába. A legjelentősebb hasadási és a korróziós termékek éves aktivitása a korábbi évektől eltérően a 2003. előtti évekhez hasonlóan nagyobb a mérleg feletti (TM-jelű), mint a kommunális és laboratóriumi eredetű vizeknél (XZ-jelű). A kibocsátások lényegesen nagyobbak voltak a 01TM, mint a 02TM jelű tartályparknál. A TM:XZ térfogatok aránya a korábbi évekhez hasonlóan valamivel meghaladta a 2:1 arányt.

A korróziós termékek kibocsátása a 2002-2003. évekhez viszonyítva általában csökkent (esetenként felére-harmadára is). A 2002. évinél még mindig valamelyest nagyobb volt az üzemzavari kibocsátásokkal kapcsolatba hozható ⁹⁵Zr és ⁹⁵Nb izotópok kibocsátása. A trícium kibocsátása a 2003. évihez hasonló mértékű volt.

A kibocsátások évközbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együttfutásának szemléltetésére a 2.3. ábrán bemutatjuk a folyékony kibocsátások egy jellemző radionuklidja, a ⁶⁰Co havi kibocsátásainak változását.

A kibocsátási határérték kritérium igazolásához, valamint a sugárterhelés becslésekhez felhasznált éves kibocsátási értékek a 2.2. táblázatban találhatóak.



2.3. ábra Havi Co-60 kibocsátások a tartálymérések alapján

Figure 2.3. Monthly releases of Co-60 activities based on the control tanks measurements

2.2. táblázat A hatóság által jóváhagyott PAE tartálmérések alapján meghatározott éves kibocsátások, 2004

Table 2.2. The annual liquid releases determined by the control tank measurements of the NPP and approved by the authority, 2004

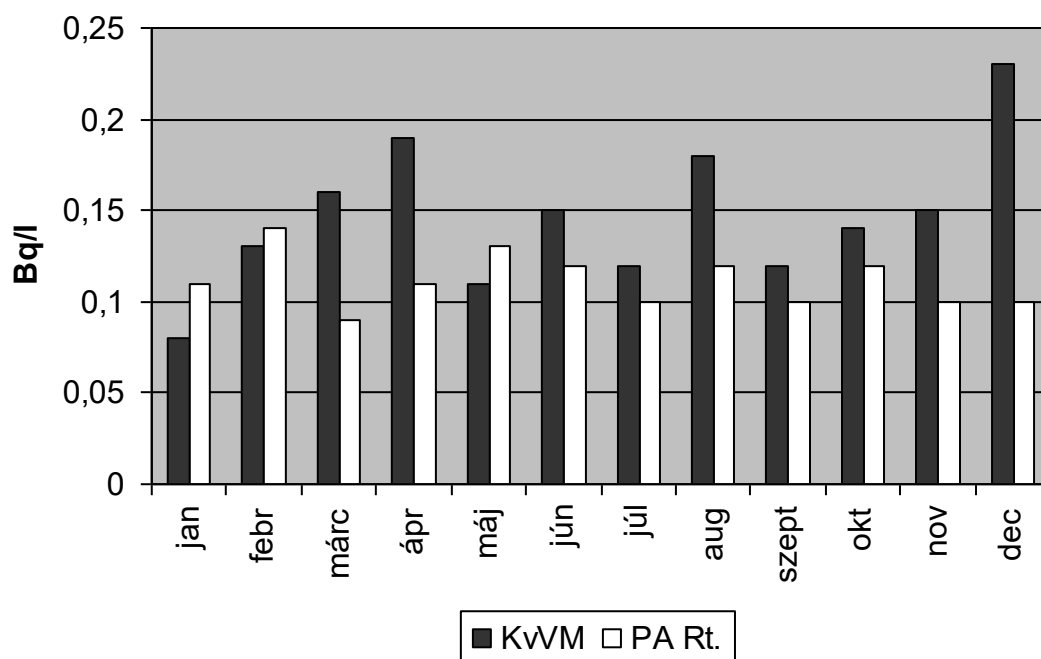
Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	Határérték kritérium
³ H	1,6E+13	2,9E+16	5,5E-04
⁷ Be	1,5E+08	3,0E+14	4,9E-07
¹⁴ C	1,4E+08	3,1E+12	4,4E-05
⁵¹ Cr	9,6E+07	2,7E+14	3,6E-07
⁵⁴ Mn	1,3E+08	1,0E+13	1,3E-05
⁵⁵ Fe	8,1E+07	4,3E+13	1,9E-06
⁵⁸ Co	3,6E+07	3,2E+12	1,1E-05
⁵⁹ Fe	5,2E+07	2,3E+12	2,3E-05
⁵⁹ Ni	2,8E+07	4,0E+14	7,0E-08
⁶⁰ Co	4,7E+08	9,5E+11	4,9E-04
⁶⁵ Zn	3,9E+07	1,4E+12	2,8E-05
⁸⁹ Sr	1,3E+06	1,2E+13	1,1E-07
⁹⁰ Sr *	1,6E+06	2,2E+12	1,5E-06
⁹⁵ Nb	2,3E+07	2,1E+12	1,1E-05
⁹⁵ Zr	3,5E+07	8,5E+12	4,1E-06
⁹⁹ Mo	6,9E+07	1,3E+14	5,3E-07
¹⁰³ Ru	1,7E+07	9,0E+11	1,9E-05
¹⁰⁶ Ru *	2,3E+07	1,1E+12	4,2E-05
^{110m} Ag	2,1E+07	2,0E+13	1,1E-06
¹²⁴ Sb	2,0E+07	9,5E+12	2,1E-06
¹³¹ I	2,6E+07	2,7E+12	9,7E-06
¹³⁴ Cs	5,1E+07	6,5E+11	7,9E-05
¹³⁷ Cs *	7,9E+07	9,0E+11	1,8E-04
¹⁴⁰ Ba *	4,1E+07	5,5E+13	1,5E-06
¹⁴¹ Ce	2,5E+07	2,1E+13	1,2E-06
¹⁴⁴ Ce *	7,5E+07	1,0E+13	1,5E-05
U-csoport	2,6E+05	7,5E+11	3,4E-07
Pu-csoport	3,63x10 ²	1,0E+12	3,6E-10
Am-csoport	7,76 x10 ²	1,1E+12	7,1E-10
Cm-csoport	4,43 x10 ³	2,6E+11	1,7E-08
Cf-csoport	1,52 x10 ³	1,9E+11	8,0E-09
Összesen:			1,5E-03

* a határérték kritérium számításánál a leányelemükkel együtt vettük figyelembe az adott izotópot

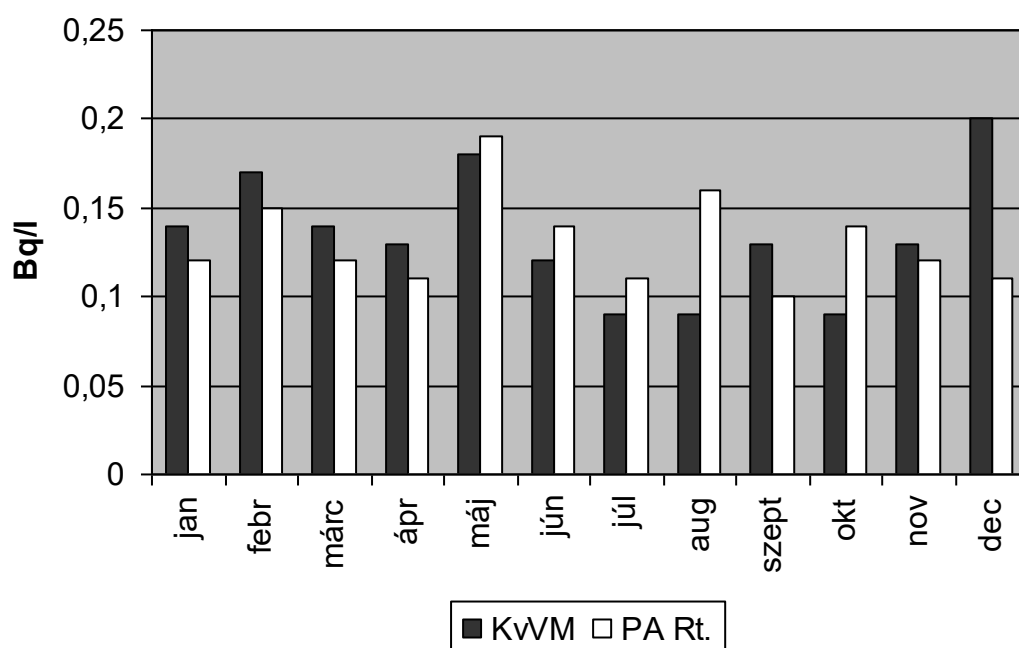
A 2.4.a, 2.4.b és 2.4.c ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban a hatóság, ill. az üzem által mért összes-béta aktivitáskonzentrációk havi átlagértékeit mutatják.

A hatósági adatok és az üzemi adatok általában a mérések hibáján ($\pm 30-40\%$) belül, ill. a minták inhomogenitásának megfelelően egyeznek.

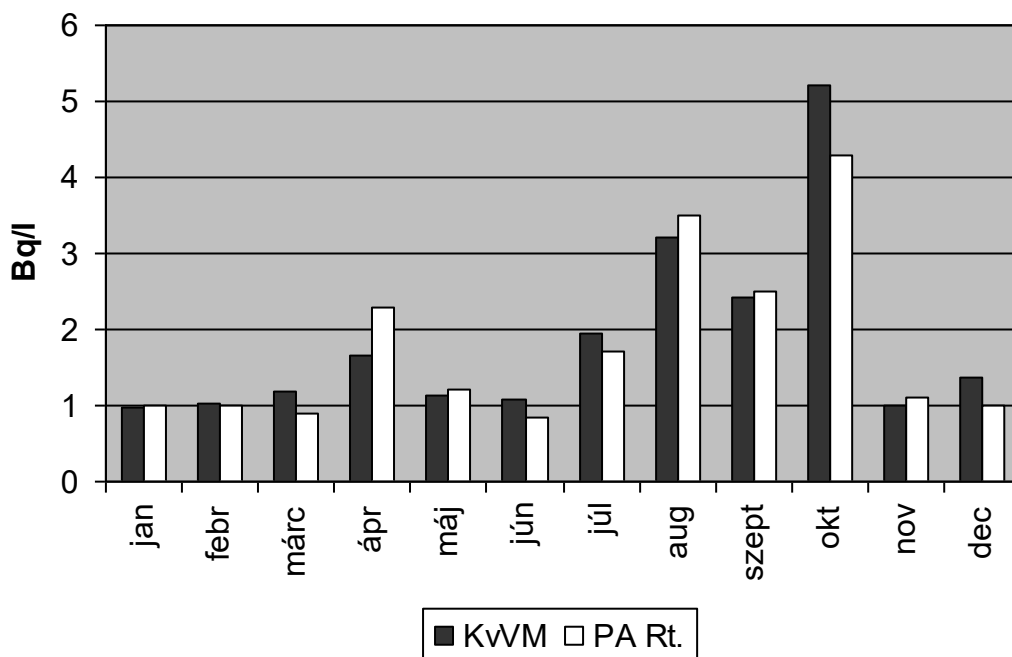
A szennyvíz csatorna (V3) aktivitáskonzentrációja egyes hónapokban 5-10 -szer nagyobb a V1 és V2 összes-béta aktivitáskonzentrációjánál.



2.4.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) összes-béta aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.4.a. Monthly gross beta activity concentration in the inflow water channel

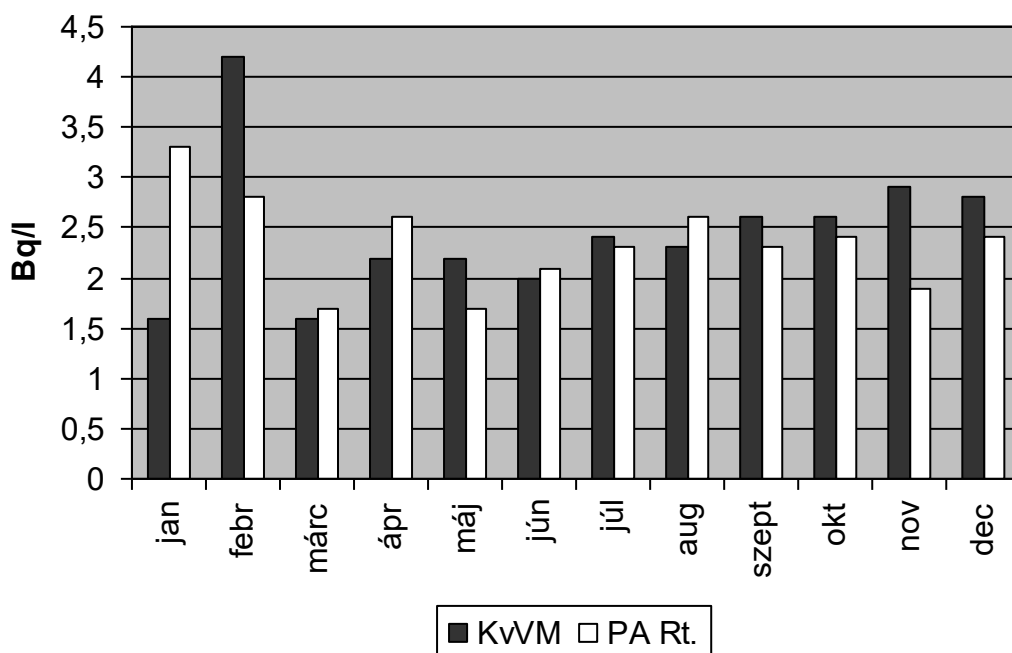


2.4.b. ábra A melegvíz csatorna (V2) összes-béta aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.4.b. Monthly gross beta activity concentration in the hot water (discharge) channel

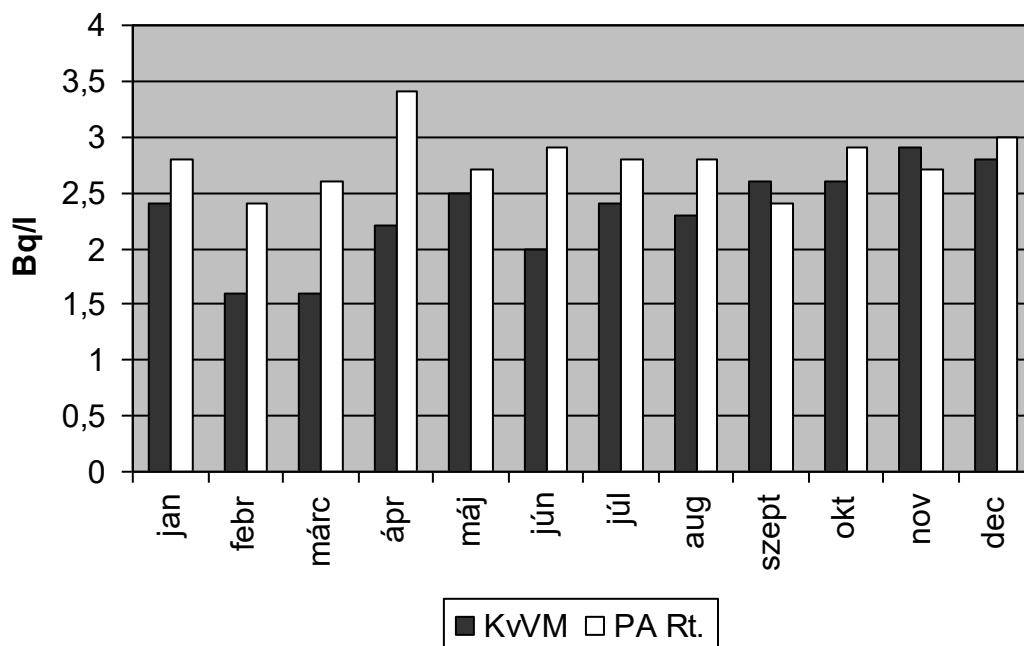


2.4.c. ábra A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.4.c. Monthly gross beta activity concentration in the waste water channel

A 2.5.a., 2.5.b. és 2.5.c. ábrák az egyes csatornák trícium-konzentrációjának havi átlagait mutatják.

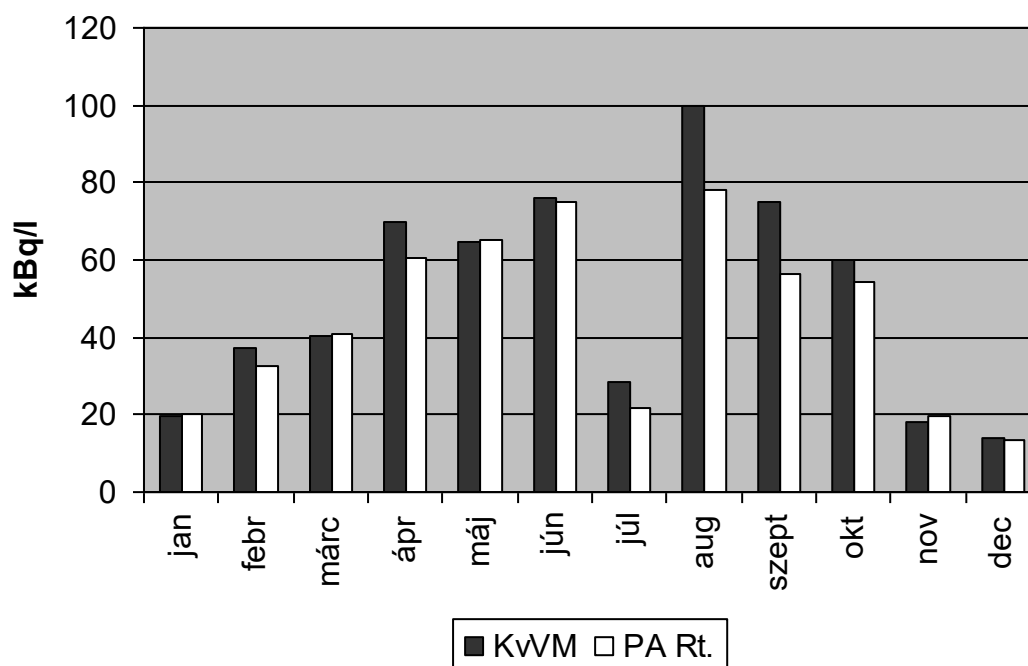


2.5.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) trícium koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.a. Monthly tritium concentrations in the inflow water channel.



2.5.b.ábra A melegvíz csatorna (V2) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.

Figure 2.5.b. Monthly tritium concentrations in the hot water (discharge) channel.



2.5.c.ábra A szennyvíz csatorna (V3) trícium koncentrációjának havi átlagértékei

Figure 2.5.c. Monthly tritium concentrations in the waste water channel.

A hidegvíz és melegvíz csatorna trícium koncentrációjának a dunai értékkel (1-3 Bq/l) kell megegyeznie, a mérési adatok hasonló tartományban is mozognak. Egy-egy hónapban 1,5 -szeres az eltérés az üzemi és hatósági adatok között, ez a kis koncentrációkat tekintve elfogadható.

A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja megbízhatóan a szennyvíz csatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 15-100 kBq/l között változott. A hatósági adatok általában

kissé meghaladják az üzemieket, azonban az eltérések a korábbi évekhez képest lényegesen lecsökkentek.

A V2 mintáknál a korábbi évekhez hasonlóan gamma-spektrometriával nem lehetett kimutatni az atomerőműtől származó izotópokat.

A V3 -jelű csatornában 2004-ben is jól mérhető volt az atomerőmű járuléka (rendszeresen a ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs , illetve „újdonságként” a ^{144}Ce radioizotópok), amelyek havi átlagos aktivitáskoncentrációi kha-tól (1 mBq/l) 4,5 Bq/l értékig terjedtek, mind az üzemi jelentés, mind a hatósági adatok alapján. A radionuklidok aktivitáskoncentrációja 2003-hoz képest jelentősen lecsökkent, vagy legalábbis nem változott (^{60}Co , ^{134}Cs és ^{137}Cs), kivéve a ^{144}Ce izotópot.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,15 % a kibocsátási határérték kritérium értéke, amelyben a legnagyobb súllyal a ^3H és ^{60}Co radionuklidok (harmad-harmad arányban) szerepeltek. A paksi atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű folyékony kibocsátás mellett üzemelt 2004-ben is.

3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK (RADIOACTIVE WASTE)

A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése a hulladéktermelő, azaz a PA Rt. felelősége. 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.

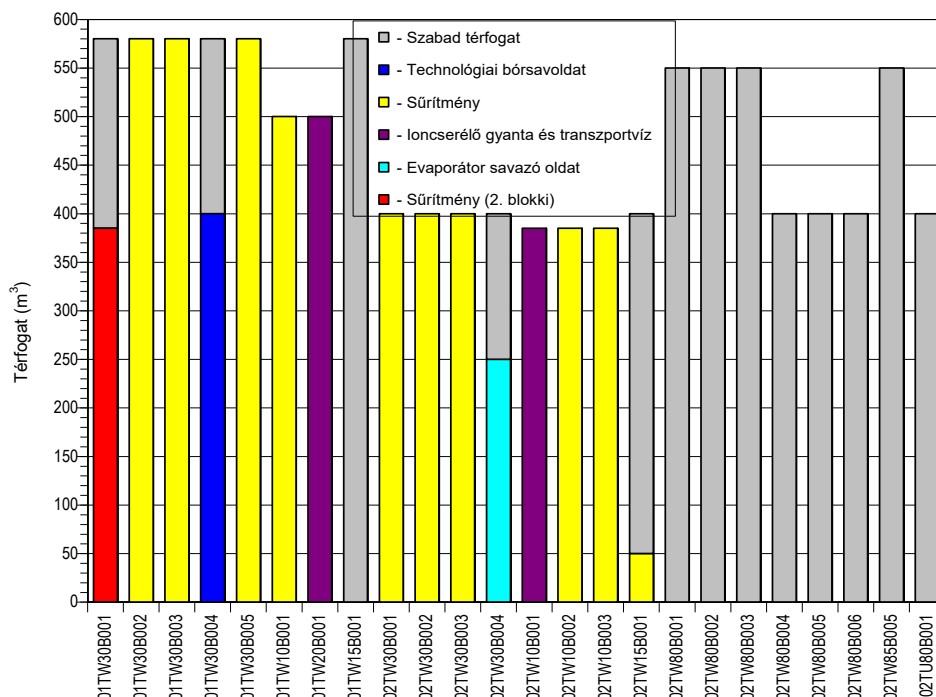
3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok (Low and medium activity radioactive waste)

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 (Liquid radioactive waste)

Az eddigi üzemeltetés során 4645 m³ bepárlási maradék keletkezett, amelyből 2004-ben a két kiépítésen összesen 226 m³ képződött, össz sótartalmuk 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 114,1 m³. Ebből 21,1 m³ keletkezett 2004-ben. A 3.1. ábra a folyékony hulladék tároló tartályok telítettségére vonatkozó információkat foglalja össze.



3.1. ábra A folyékony hulladék tároló tartályok töltöttsége (2004. decemberi állapot)
 Figure 3.1. The used volumes of the liquid waste storage tanks on December 2004

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok (Solid radioactive waste)

Az atomerőmű 2004. évi üzemeltetése során a keletkező szilárd radioaktív hulladékok forrásai és egymáshoz viszonyított mennyiségei részben változtak a korábbi évekhez képest:

- Elhasználódott és felaktiválódott, 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 csúcsokat és összetétel eltulodásokat eredményeztek.

A zsákos hulladék döntő többségét az elhasznált kiegészítő védőfelszerelések adták, melyekből 2004-ben is a megelőző évekhez hasonló mennyiség került felhasználásra (3.1. - 3.2. táblázat).

3.1. táblázat A felhasznált kiegészítő védőfelszerelések mennyisége

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

	2001	2002	2003	2004
Műanyag cipővédő (pár)	360.000	390.000	350.000	290.000
Gumikesztyű (pár)	160.000	170.000	170.000	120.000
Légzésvédő (darab)	20.000	20.000	30.000	35.000
Műanyag kötény (darab)	2.000	2.000	2.000	2.500

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

3.2. táblázat A 2004-ben keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

Table 3.2. The volume of solid radioactive waste in 2004

Típusa	Mennyisége		Feldolgozást követő mennyiségek	
	Egység	m ³	Hordó	m ³
Zsákos gyűjtésű	11.650 db	582,5	455	91,0
Hordós gyűjtésű	300 db	60,0	184	36,8
Iszap	9.200 l	9,2	92	18,4
Aeroszolszűrő	-	28,0	28	5,6
Tűzveszélyes folyadék	4.000 l	4,0	-	-
Összesen		683,7	759	151,8

Az aktív iszapokból mintegy 9,2 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).

Az eddigi üzemeltetés során 6072 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. Feldolgozási eljárások (Treatment of radioactive waste)

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 válogató berendezéssel az összes 30 µSv/h-nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatjuk azért, hogy az 1 µSv/h felületi dózisteljesítmény alatti egyedi hulladékokat elkülönítsük a radioaktív hulladékoktól.
- **Tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatcsökkentése az 500 kN-os préssel történik, átlagosan 5-ös redukción tényezővel. A keletkezett szilárd radioaktív hulladékok - az eddigi tapasztalatok alapján - 80-85 %-a tömöríthető.
- **Szilárdítás:** A keletkezett aktív iszapokat, melyek a primerköri csurgalékvizeket gyűjtő, vegyszeresen kezelő, üleptető, vagy átmenetileg tároló berendezésekből kerülnek ki, gyöngykovaföld átlagosan 1:1 arányú hozzákeverésével szilárdítjuk.
- **Szétszerelés:** Az aeroszol szűrők térfogatának csökkentése a szűrő keretek szétszerelésével, majd tömörítésével történik.
- **Szűrés:** A szennyezett oldószereket gyöngykovaföld rétegen keresztül történő szűréssel tisztítjuk, igen jó eredménnyel. Az eddigi tapasztalatok szerint a szennyezett olajok mintegy 90 %-a közönséges veszélyes hulladékként ártalmatlanítható a szűrés után.

A szilárd hulladékok, beleértve az aeroszolszűrőket és a szilárdított iszapokat is, egységesen speciális (belső 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. 2004-ben folytatódott az 1994-ben megkezdett, a folyékony hulladék mennyiségének térfogatát csökkentő technológiák megvalósítása (FORTUM -, cementezési -, ultraszűrési technológia stb.), de az üzembe helyezése még nem történt meg.

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása (Interim storage of radioactive waste)

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 3.3. táblázat.

A végleges tároló üzembe helyezésének bizonytalansága miatt több átmeneti tárolóhely kialakításának lehetőségét is vizsgálják a PA Rt. telephelyén.

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

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

Helyiség	Kapacitás (darab)	2004-ben betárolt mennyiség (darab)	Tárolt mennyiség (darab)	Szabad kapacitás (darab)
A410/1	220	0	0	220
A410/2	215	0	215	0
A410/3	230	0	230	0
A410/4	268	0	268	0
A0059/II	555	0	555	0
VK302/I	5.600	759	3.890	1.710
VK302/II	914	0	914	0
Összesen	8.002	759	6.072	1.930

3.4. Végleges elhelyezés (Final repository of radioactive waste)

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 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 (ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING RESULTS)

4.1. A légköri aktivitáskoncentrációk (Radionuclide concentration in air)

A légkör radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a hatósági laboratórium (ÁNTSZ Tolna megyei Intézete, Szekszárd) négy ponton (Kalocsa, Csámpa, Szekszárd, Dunaföldvár) tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. A 2004. évben 389 db légköri aeroszol mintavételre került sor. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás és 1-2 hetes (összes-béta, ill. gamma-spektrometriai mérésekhez), a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik.

Az összesített mérési eredményeket a 4.1.a és 4.1.b táblázatok tartalmazzák.

Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,10 - 10 mBq/m³ között változott (4.1.a táblázat). A tapadóhálóval gyűjtött 46 db mintából meghatározott összes-béta aktivitás 0,90 – 5,3 Bq/m²/hó között változott az egyes mintavételi pontokon. A teljes kihullást reprezentáló 45 fall-out mintában mért összes-béta aktivitás 1,37 – 48 Bq/m²/hó értékhatárok között volt. A magasabb értékek döntő részben a ⁴⁰K izotóptól származnak.

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

Table 4.1.a The radioactive concentrations in aerosols, in fall-outs type of “taking shade collector” and “total” ones, measured by the authority of MH (gross-beta measurements)

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol összes-béta (mBq/m ³)	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,18 0,12 - 4,3; 51(12)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,33 0,13 - 5,88; 44(21)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,25 0,10 - 10,0; 293(101)
Tapadóháló összes-béta (Bq/m ² /hó) (Bq/m ² /month)	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,66 0,90 - 5,31; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	3,01 1,44 - 4,70; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	1,82 1,03 - 2,87; 24
Teljes kihullás összes-béta (Bq/m ² /hó) (Bq/m ² /month)	ÉNY-i félkör, R<10 km	7,61 1,37 - 16,1; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	8,14 1,75 - 16,3; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	10,5 1,40 - 47,9; 23

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

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin néhány alkalommal kimutatható volt a - minden bizonnyal csernobili eredetű - ¹³⁷Cs radionuklid. A teljes kihullás és tapadóháló mintákban – néhány mintát kivéve - a ¹³⁷Cs gyakorlatilag nem volt mérhető (4.1.b táblázat).

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

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

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol Be-7 (Gamma spektr.) (mBq/m ³)	DK-i félkör, R≥10 km	3,06 0,47 - 6,98; 55(0)
Aeroszol Cs-137 (Gamma spektr.) (mBq/m ³)	DK-i félkör, R≥10 km	0,0029 0,00014 - 0,0086; 55(50)
Teljes kihullás Be-7 (Gamma spektr.) (Bq/m ² /hó)	ÉNY-i félkör, R<10 km	64,4 7,65 - 108; 12
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	68,3 9,43 - 214; 10
	DK-i félkör, R≥ 10 km	55,2 15,2 - 110; 24
Teljes kihullás Cs-137 (Gamma spektr.) (Bq/m ² /hó)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,39 0,22 - 0,48; 12(12)
	ÉNy-i félkör, R≥10 km	0,38 0,15 - 0,56; 10(9)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,37 0,23 - 0,49; 24(20)
Tapadóháló Be-7 (Gamma spektr.) (Bq/m ² /hó)	ÉNY-i félkör, R<10 km	18,6 3,89 - 42,5; 12
	ÉNy-i félkör, R≥10 km	17,7 8,93 - 25,7; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	10,7 3,78 - 19,5; 24
Tapadóháló Cs-137 (Gamma spektr.) (Bq/m ² /hó)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,30 0,22 - 0,33; 12(12)
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	0,27 0,10 - 0,34; 10(10)
	DK-i félkör, R≥ 10 km	0,31 0,070 - 0,56; 24(23)

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

Az üzemi méréseket az ún. A-típusú ellenőrző állomásokon végezték. Az aeroszol mintákban jól mérhető volt a kozmogén eredetű ⁷Be. A feltételezhetően csernobili eredetű ¹³⁷Cs csak egy mintában, 5 μBq/m³ koncentrációban volt jelen. A mintákban 3-3 esetben volt kimutatható az erőműi eredetű ⁵⁴Mn és ⁶⁰Co, legfeljebb néhányszor tíz μBq/m³ értékben (4.2. táblázat) [3].

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

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

	Aktivitáskoncentráció			
	Be-7	Co-60	Mn-54	Cs-137
Aeroszol (mBq/m ³) (A1-A9 állomások, heti mérések) (<i>sampling stations A-type, weekly</i>)	1,1-8,2	<0,001- 0,037	<0,001- 0,023	<0,001- 0,005
Fall-out (Bq/m ² /hó), (havi mérések) (<i>fall-out, monthly</i>) (Bq/m ² /month)	7-175	<0,1	-	<0,1-0,2

4.2. A vízi környezetben mért aktivitáskoncentrációk (Radionuclide concentration in aquatic environment)

A hatósági laboratóriumok különös figyelmet fordítanak a Duna radioaktív szennyezettségének rendszeres ellenőrzésére. A KvVM bajai és az EüM szekszárdi 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 erőmű 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 halminták aktivitáskoncentrációinak mérésére irányulnak.

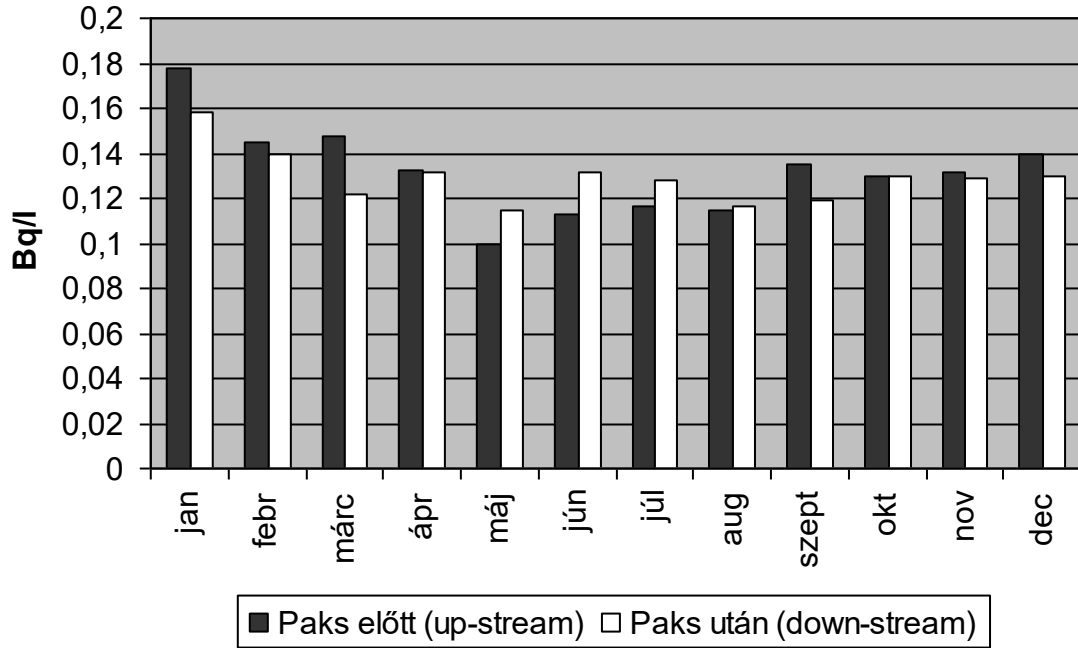
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitáskoncentrációkat a 4.1. ábra, a hetente-havonta mért tríciumkoncentráció értékeket pedig a 4.2. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga 0,13 Bq/l volt Paks előtt és Paks után is.

A tríciumkoncentráció értékeket tartalmazó 4.2. ábra és 4.3. táblázat szerint a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ³H aktivitáskoncentrációk a korábbi évekhez hasonlóak, a kettő közötti különbség nem tekinthető szignifikánsnak. A vizsgálati pontokon a Duna szakasz tríciumkoncentrációja Paks előtt átlagosan 2,1 Bq/l, Paks után 2,3 Bq/l volt.

A már említett összes-béta aktivitás és tríciumkoncentráció mellett a 4.3. táblázat tartalmazza a Duna-víz ⁹⁰Sr és ¹³⁷Cs, valamint a KvVM laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitáskoncentrációit is.

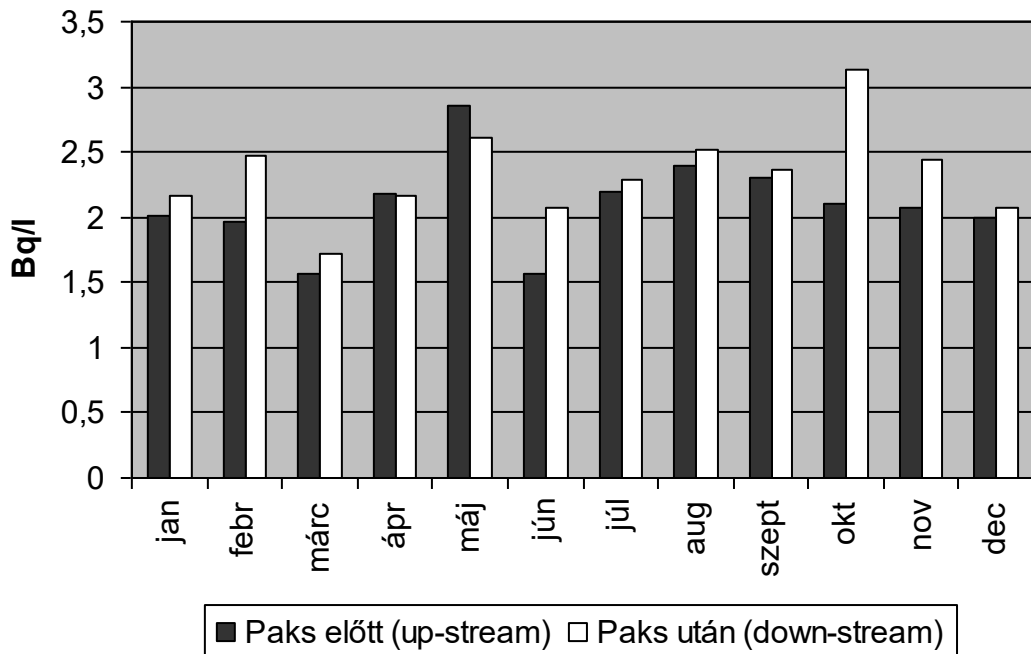
A Duna-vízben egyetlen radionuklid aktivitáskoncentrációja sem haladja meg az alapszint értékeket.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon erőműi eredetű radioaktív szennyeződés 2004-ben sem volt kimutatható.



4.1. ábra A dunavíz havi összes-béta aktivitáskonzentrációja 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 tríciumkoncentrációja 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 aktivitáskoncentráció 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	0,13 0,080 - 0,20; 51	0,2
	Paks után	0,13 0,010 - 0,22; 142	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0016 0,0011 - 0,0027; 4(4)	
	Paks után	0,0018 0,0010 - 0,0030; 18(15)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,060 0,010 - 0,090; 4	
	Paks után	0,046 0,0080 - 0,090; 18(1)	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0059 0,0024 - 0,010; 4(1)	
	Paks után	0,0059 0,0017 - 0,010; 18	
H-3	Paks előtt	2,09 1,34 - 3,80; 25(12)	7,00
	Paks után	2,35 1,40 - 7,30; 89(64)	
Sr-90	Paks előtt	0,0022 0,00033 - 0,0044; 12	0,005
	Paks után	0,0016 0,00031 - 0,0028; 25(3)	
Cs-137 (kémai szeparáció)	Paks előtt	0,00071 0,00038 - 0,0013; 8(3)	0,002
	Paks után	0,00088 0,00050 - 0,0014; 7(2)	

* 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 aktivitáskoncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,12 - 0,32 Bq/l határok között voltak. A trícium értékek is hasonlóak a Duna-vízben mért koncentrációkhoz (0,98 - 3,7 Bq/l).

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

A Duna-iszap összes-béta aktivitása a mintázott helyeken 255 - 1050 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr átlagos aktivitáskoncentrációja a mérések alapján Paks előtt 1,36, Paks után valamivel nagyobb, 1,87 Bq/kg volt. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évekhez.

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 0,91 - 75 Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentum-mintákban, ez hasonló az előző években mért értékekhez, azonban a mért koncentrációk közel két nagyságrenden belüli változása a mintavétel, illetve a mintázandó közeg bizonytalanságát mutatja. Figyelemre méltó, hogy a Paks előtti átlag nagyobb mint a Paks utáni érték.

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

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 MEW)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	0,14 0,12 - 0,16; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	0,17 0,12 - 0,32; 36
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,46 1,41 - 3,69; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	1,90 0,98 - 2,98; 9
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,0026 0,0018 - 0,0036; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0022 0,00078 - 0,0033; 9
Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,00060 0,00039 - 0,0010; 4 (3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,00077 0,00041 - 0,0015; 9 (3)

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

A 4.6. táblázat a hatósági laboratórium (EüM) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitáskoncentráció értékeket tartalmazza. A Szelidi tóból és a Fadd-Dombori Holt-Duna ágból mintázott üledékben a ⁹⁰Sr koncentrációja 0,1 - 0,42 Bq/kg között változott, ezek az értékek a korábbi évekhez hasonlóan jóval kisebbek a dunai szedimentumban mért koncentrációknál. A minták szennyezettségét gamma-spektrometriával is mérték, a ¹³⁷Cs koncentrációjának átlagértéke az előző évekéhez hasonlóan, a dunainál kisebb, 3,8 Bq/kg volt.

A vízi környezetre jellemző halak és algák aktivitáskoncentrációját a 4.7. táblázat tartalmazza, ezek az értékek az elmúlt évhez hasonlóak.

4.5. táblázat A dunai üledék éves mérési eredményei hatósági mérésekből (EüM és KvVM)
Table 4.5. Radionuclide concentrations in sediment of Danube up-stream and down-stream the Plant, measured by the authorities (labs of MH and MEW)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*	alapszint (1981)
Összes-béta	Paks előtt	615 279 - 964; 39	
	Paks után	635 255 - 1050; 79	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	28,4 2,98 - 75,0; 31	10,0
	Paks után	20,8 0,91 - 58,0; 61(6)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	454 313 - 817; 31	
	Paks után	401 200 - 606; 61	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	33,8 20,0 - 41,0; 8	
	Paks után	30,5 1,90 - 46,0; 40(3)	
U-235 (gamma-spektr.)	Paks előtt	2,21 1,20 - 2,80; 8	
	Paks után	2,18 0,80 - 4,70; 40(4)	
Sr-90	Paks előtt	1,36 0,060 - 5,39; 16(2)	2,0
	Paks után	1,87 0,080 - 4,74; 46(14)	

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

4.6. táblázat Felszíni vizek (a Duna kivételével) üledékének aktivitáskoncentrációinak 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	376 246- 510; 24
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	3,76 0,99 - 7,12 24(5)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	373 298 - 708; 24
Sr-90	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,19 0,10 - 0,31; 8(1)

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

4.7. táblázat Dunai alga- és halminták aktivitáskonzentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (KvVM)

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

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám
Alga, összes-béta	Paks előtt	821 442 - 1030; 3
	Paks után	867 227 - 1230; 12
Alga, K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	697 230 - 1100; 3
	Paks után	802 166 - 1160; 12
Alga, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	13,3 3,10 - 28,0; 3(1)
	Paks után	10,6 1,30 - 25,0; 12(5)
Hal, összes-béta	Paks után	71,8 60,0 - 87,0; 12
Hal, K-40 (gamma-spektr.)	Paks után	67,6 22,0 - 113; 12
Hal, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks után	0,45 0,20 - 0,80; 12(12)
Hal, Sr-90	Paks után	0,39 0,080 - 0,80; 12(5)

* 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 aktivitáskonzentrációk (Radionuclide concentration in the terrestrial environment)

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 aktivitáskonzentráció értékeit tartalmazza a **4.8. táblázat**.

A vizsgált talajok összes-béta aktivitásának átlagos koncentrációja a 250–660 Bq/kg tartományba esett, ami hasonló az elmúlt években mért értékekhez. A hatósági laboratóriumok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok ⁹⁰Sr aktivitáskonzentrációja 0,04–2,1 Bq/kg között volt, az átlagok a korábbi évek értékeihez hasonlóak.

Az ugyanezen mintákból gamma-spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 2,9–36 Bq/kg között változott, az átlagértékek az előző évekkel megegyezők.

A PAE 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitáskonzentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőmű 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	414 246 - 613; 31	400
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	613 587 - 663; 13	
	DK-i félkör, R≥10 km	539 331 - 636; 26	
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	12,1 3,50 - 36,0; 31(2)	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	9,2 4,73 - 10,8; 11(1)	
	DK-i félkör, R≥10 km	9,7 2,90 - 27,9; 27(3)	
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	337 212 - 514; 31	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	554 488 - 589; 12	
	DK-i félkör, R≥10 km	472 280 - 571; 26	
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,70 0,15 - 2,10; 13	6,0
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,75 0,62 - 0,82; 4	
	DK-i félkör, R≥10 km	0,63 0,04 - 1,79; 8	

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

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 csökkent, 2004-ben 0,027–0,77 Bq/kg közötti volt. Ennél lényegesen nagyobb értékeket kaptak a ⁹⁰Sr koncentrációkra, az FVM laboratóriumának közlése szerint azonban ez nincs ellentmondásban az országos adatokkal.

2004-ban 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.

4.9. táblázat Takarmányminták aktivitáskoncentrációinak 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	395 107 - 649; 7
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	166 106 - 324; 10
	DK-i félkör, R<10 km	322 146 - 562; 9
	DK-i félkör, R≥10 km	408 206 - 747; 12
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	137 85,7 - 266; 9
	DK-i félkör, R<10 km	288 128 - 529; 9
	DK-i félkör, R≥10 km	193; 1
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,35 0,027 - 0,74; 7(2)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,10 0,045 - 0,21; 10(5)
	DK-i félkör, R<10 km	0,30 0,074 - 0,77; 9(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,21 0,093 - 0,33; 12(4)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	369 103 - 619; 7
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	111; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	421 239 - 696; 11
H-3	DK-i félkör, R<10 km	1,57 0,34 - 5,20; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	0,86 - 1,13; 2
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	3,03 0,56 - 6,89; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,56 0,22 - 1,21; 10
	DK-i félkör, R<10 km	2,25 0,48 - 4,05; 9
	DK-i félkör, R≥10 km	2,15 0,65 - 5,01; 12

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

4.10. a. táblázat Legelői fűminták aktivitáskoncentrációinak 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<10 km	157 108 - 231; 5
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	379; 1
	DK-i félkör, R<10 km	360 167 - 775; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	201 170 - 230; 7
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	364; 1
	DK-i félkör, R<10 km	272 133 - 379; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	165 - 202; 2
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,15 0,040 - 0,40; 5(2)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,25; 1(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,16 0,081 - 0,269; 12(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,11 0,079 - 0,174; 7(5)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	140 91,9 - 191; 5
	DK-i félkör, R<10 km	210; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	172 85,2 - 210; 5
H-3	DK-i félkör, R<10 km	1,36 0,55 - 1,79; 7
	DK-i félkör, R≥10 km	1,03 0,84 - 1,17; 4
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,65 0,12 - 2,03; 5
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	2,18; 1
	DK-i félkör, R<10 km	0,74 0,12 - 2,17; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	0,47 0,11 - 1,09; 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 Gyomnövényminták aktivitáskonzentrációinak 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 \geq 10 km	178 - 189; 2
K-40	DK-i félkör, R \geq 10 km	168 - 202; 2
Sr-90	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,91 - 2,95; 2
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,077 - 0,090; 2(2)

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

4.11. táblázat Nyers konyhakerti növények aktivitáskonzentrációinak 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	DK-i félkör, R<10 km	131 55,6 - 257; 10
	DK-i félkör, R \geq 10 km	138 40,7 - 869; 25
K-40	DK-i félkör, R<10 km	120 58,4 - 224; 8
	DK-i félkör, R \geq 10 km	138 64,7 - 229; 10
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,075 0,025 - 0,25; 10(10)
	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,056 0,018 - 0,25; 25(20)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	90 - 111; 2(1)
	DK-i félkör, R \geq 10 km	150 42,4 - 908; 15
H-3	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,89 - 1,37; 2
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	1,12 0,17 - 1,85; 3
	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,23 0,031 - 0,82; 19(3)

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

Az emberi fogyasztásra kerülő konyhakerti növények ¹³⁷Cs koncentrációja általában kimutatási határ alatti, vagy azt kissé meghaladó (0,018–0,26 Bq/kg) volt, ez 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.

4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása (Activity concentration of drinking water and foodstuffs of animal origin)

Az ÁNTSZ Tolna Megyei Intézetének laboratóriuma öt helyen, havonta vizsgálja az ivóvizet. A mérési eredményeket a 4.12. táblázat összesíti. A vizsgált vizek összes-béta aktivitása a kutak jellegétől függően 60 - 160 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 ¹³⁷Cs koncentráció is többnyire kimutatási határ alatti értéket mutatott. A trícium koncentrációja a 2003. évihez hasonló, maximálisan 1,3 Bq/l értékű volt és a mélyfúrású kutakból származó mintáknál szintén a kimutatási határ alatt maradt.

4.12. táblázat Az ivóvíz aktivitáskonzentrációinak 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	100 80,0 - 120; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	83,5 60,0 - 110; 24
	DK-i félkör, R≥10 km	97,5 70,0 - 160; 24
H-3	ÉNY-i félkör, R≥10 km	277 140 - 600; 11(9)
	DK-i félkör, R≥10 km	746 460 - 1300; 12
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,43 0,27 - 0,65; 4(2)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,62 0,28 - 0,92; 8(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,83 0,33 - 1,46; 8(2)
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,61 0,43 - 1,10; 4(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,45 0,31 - 0,51; 8(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,57 0,40 - 1,43; 8(6)

* 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 takarmányminták 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 ^{137}Cs értékek nagyrészt a kimutatási határral szerepelnek, így az ebből képzett átlagértékek felülbecsültek. Eszerint a ^{137}Cs koncentrációk 10-250 mBq/l értékek közöttiek voltak. Ez jól egyezik az ország más tájain a tejben meghatározott ^{137}Cs koncentrációval. A tejben mérhető összes-béta aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes ^{40}K izotópból származik.

4.13. táblázat Tejminták aktivitáskoncentrációinak 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	67,6 54,5 - 75,2; 6
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	51,2 47,9 - 55,0; 10
	DK-i félkör, R<10 km	50,3 42,9 - 58,5; 26
	DK-i félkör, R≥10 km	45,4 31,5 - 51,3; 42
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,037 0,026 - 0,048; 6(5)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,028 0,019 - 0,032; 10(8)
	DK-i félkör, R<10 km	0,097 0,010 - 0,41; 31(30)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,010 - 0,25; 52(49)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	65,0 48,2 - 71,7; 6
	DK-i félkör, R<10 km	50,3 29,7 - 60,2; 16
	DK-i félkör, R≥10 km	50,0 30,2 - 63,8; 52
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,026 0,026 - 0,027; 3(3)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,026 0,017 - 0,075; 10(7)
	DK-i félkör, R<10 km	0,056 0,018 - 0,11; 18(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,066 0,019 - 0,17; 20(10)

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

Az FVM REH laboratóriumai által vizsgált húsminták mérési eredményeit a 4.14. táblázat tartalmazza. Kiugró eredményt nem tapasztaltak.

4.14. táblázat Nyers húsminták aktivitáskoncentrációi 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*
Sertés, összes-béta	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	89,4; 1
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,11; 1
Sertés, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	83,8; 1
Szarvasmarha, összes-béta	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	124 - 124; 2
Szarvasmarha, K-40	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	107 - 110; 2
Szarvasmarha, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,038 - 0,049; 2

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel

4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében (Outdoor gamma-dose rate)

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az OKK-OSSKI 45 szabad helyszínen termolumineszcens dózismérővel (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 - jól egyeznek 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	70 54 – 81; 11	80,0
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	77, 68 – 84; 11	
	DK-i félkör, $R < 10$ km	79 73 – 86; 10	
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	79 66 - 92; 12	

5. LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS JÁRULÉKOK (DOSE TO THE POPULATION)

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

A 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet előírta, hogy a kiemelt létesítmények esetén a közelben élő lakosságra - az 1 mSv éves lakossági dóziskorláton belül - dózismegszorítást kell érvényesíteni. Ennek értékét az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH) határozza meg. A PAE telephelyére az OTH a 40-6/1998. sz. állásfoglalásában 100 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítást állapított meg, amelyből 90 μSv vonatkozik az erőműre. Megjegyezzük, hogy a korábban már említett 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet szerint ezen értékből kiindulva kell a kibocsátási határértékeket is származtatni.

A fenti állásfoglalás egyúttal meghatározta a lakosság vonatkoztatási csoportját is: 1-5 éves gyermekek hipotetikus csoportja, a légköri kibocsátásokat tekintve csámpai, a vízi kibocsátások vonatkozásában gerjeni lakóhellyel. Tekintettel arra, hogy a dózistényezőket stb. tekintve ez az életkori csoport túl tágnak mutatkozott, a számításokat az 1 éves korcsoportra végeztük el. (Ez általában és összességében konzervatív megközelítést jelent.)

5.1. A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés (Dose from airborne releases)

A fentiek szerint külön választott normál üzemi kibocsátásokra vonatkozó számítások szerint a jelentősebb radionuklidra a vonatkoztatási csoport lakóhelyén (Csámpa, 1200 m, NY-DNY irány) a talajfelszíni levegőben 23 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; 0,36 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^{60}Co , valamint 7,1 mBq/m^3 ^3H és 0,086 mBq/m^3 ^{14}C (CO_2) -koncentráció alakul ki. Ezek az értékek kisebbek mint a 2003. évet jellemző koncentrációk. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése 0,072 Bq/m^2 , a leveles zöldség aktivitáskoncentrációja (nedves tömegre) 0,43 mBq/kg , a tehéntejé 0,21 mBq/l , a húsé 2,4 mBq/kg , a gabonáé pedig 1,4 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 5,6 %-a széndioxid formájú, a többi szerves vegyület, azonban az élelmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból (2.1. táblázat) a vonatkoztatási csoportra számított egyéni effektív dózisok - a szóbajöhető radionuklidok és fizikai, kémiai formák esetén - az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban az 5.1. táblázatban láthatóak. Az eredmények Csámpára (1,2 km-es távolság, NY-DNY irány) vonatkoznak.

A normál időszakos légköri kibocsátásokból származó lekötött dózis a lakosság kritikus csoportjára 73 nSv. Ez az üzem által számolt 27 nSv-nek majdnem 3-szorosa, az arány megegyezik a 2002. évivel. Ugyanakkor a 3 km-re számolt átlag, ill. maximum jól egyezik: pl. gyerekekre 26,8 és 25,3; valamint 48,0 és 46,7. A számítási modellek és paraméterek összevetése alapján az eltérés legvalószínűbb magyarázata abban kereshető, hogy az üzem 10 perces meteorológiai - és nemesgázoknál aktuális kibocsátási - adatokkal számolt, míg az OSSKI éves gyakorisági és éves kibocsátási adatokból indul ki. Az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát figyelembe véve elfogadható.

5.1. táblázat A normál üzemi légköri kibocsátásokból számolt átlagos egyéni effektív sugárterhelés a vonatkoztatási csoportra (Csámpa, 1 éves korcsoport, 1200 m, NY-DNY irány)

Table 5.1 The assessed doses of 1 yr old children in 1.2 km distance of the NPP from the exposure pathways of cloud, deposition, inhalation and ingestion from the releases due to normal operation

Izotóp	Éves sugárterhelés (Annual dose) (nSv)			
	Külső (external)		Belső (internal)	
	felhőből (cloud)	talajfelszín (surface)	belégzés (inhalation)	élelmiszer- fogyasztás (ingestion)
nemesgázok:				
Ar-41	17,6	0	0	0
Kr-85	0,013	0	0	0
Kr-85m	0,41	0	0	0
Kr-87	5,8	0	0	0
Kr-88	13,0	0,072	0,15	< 0,01
Xe-133	0,11	0	0	0
Xe-135	0,90	0	0	0
aeroszol:				
Mn-54	< 0,01	0,22	< 0,01	0,15
Fe-59	< 0,01	0,016	< 0,01	0,086
Co-58	< 0,01	0,034	< 0,01	0,059
Co-60	< 0,01	1,9	0,024	3,5
Se-75	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,019
Sr-90	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nb-95	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,032
Zr-95	< 0,01	0,024	< 0,01	0,032
Ag-110m	< 0,01	0,17	< 0,01	0,64
Sb-124	< 0,01	0,022	< 0,01	0,070
Cs-134	< 0,01	0,14	< 0,01	0,65
Cs-137	< 0,01	0,22	< 0,01	1,8
Ba-140	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016
Ce-144	< 0,01	0,01	< 0,01	0,40
egyéb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
radiojódok:				
I-131 (elemi)	< 0,01	0,025	0,018	7,35
I-131 (szerves)	< 0,01	< 0,01	0,029	0,079
globális:				
C-14	< 0,01	0	1,99	13,0
H-3	< 0,01	0	0,26	1,59
Összesen:	37,9	2,9	2,5	29,5
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:			73 nSv	
<i>(Total dose contribution from airborne releases)</i>				

A lakosság kritikus csoportjának dózisa közel megegyező a 2002. évvel (2003-ban az üzemzavar miatt a terhelés jóval nagyobb volt).

5.2. A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (Dose from liquid releases)

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 alapvető kiindulási pontjait, közelítéseit, paramétereit az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazta. Ezt a modellt a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség új ajánlásának megfelelően átdolgoztuk [7,8].

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű által a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (2. fejezet) származó egyéni sugárterheléseket a gerjени lakosságra (1 éves gyermekek mint vonatkoztatási csoport; továbbá felnőttek) az 5.2. táblázat tartalmazza.

5.2. táblázat Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisok a gerjени lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2004

Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for 1 yr old children and adults living nearby the Danube, 2004

Radionuklid	Dózis (nSv/év) (<i>dose, nSv/y</i>)			
	1 éves gyermek (<i>1 yr old children</i>)		felnőtt (<i>adults</i>)	
	külső (<i>external</i>)	belső (<i>internal</i>)	külső (<i>external</i>)	belső (<i>internal</i>)
H-3	*	17	*	16
C-14	*	0,50	*	0,86
Mn-54	0,02	0,05	0,02	0,02
Fe-59	0,07	0,09	0,07	0,02
Co-60	0,88	2,1	0,88	0,42
Sr-90	*	0,01	*	0,006
Ag-110m	0,003	0,02	0,003	0,005
I-131	*	0,23	*	0,04
Cs-134	0,02	0,24	0,02	0,60
Cs-137	0,01	0,28	0,01	0,64
egyéb	0,07	0,45	0,07	0,10
Összesen	1,1	21	1,1	18
Mindösszesen	22		19	

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

A 2004. évi sugárterhelés valamelyest csökkent az elmúlt évekhez képest. Ennek oka az összességében csökkenő kibocsátásokban kereshető.

A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés túlnyomó része – több mint 80 %-a - a ³H izotópból származik (kritikus radionuklid), a maradékban a ⁶⁰Co és a radiocéziumok járuléka a meghatározó. A belső sugárterhelés járuléka lényegesen nagyobb a külsőnél (közel 20:1 az arány).

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátásösszetétel és modellparaméterek mellett a felnőttek sugárterhelése valamelyest kisebb az 1 éves gyermekekénél (az utóbbi a vonatkoztatási csoport).

A számolt értékek jól egyeznek a PAE által becsült dózisokkal (26, illetve 24 nSv).

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények 2004-ben összesen 7992 meghatározásról küldtek eredményt az adatfeldolgozó központba. Mivel egy környezeti mintához általában 2-3 meghatározás tartozik, ezért a vizsgált minták száma 3000 körüli volt.

A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya mintegy 70-80 %-os volt.

6.1. Az eredmények összefoglalása

A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2004-ben az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A 2004. évi légtéri kibocsátások elfogadott értékeit a 2.1. táblázat tartalmazza. A nuklidspecifikus kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kritérium értéke 0,12 % volt [3].

A nemesgáz kibocsátás nuklidspecifikus éves értékei a következők: ^{41}Ar : 11 TBq, ^{85}Kr : 3,8 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 2,3 TBq, ^{87}Kr : 5,7 TBq, ^{88}Kr : 5,1 TBq, ^{133}Xe : 3,0 TBq és ^{135}Xe : 3,0 TBq.

Az aeroszol kibocsátás meghatározó részét a 2003. előtti időszakhoz hasonlóan ismét a korróziós termékek - ^{54}Mn (74 MBq), ^{58}Co (24 MBq) ^{60}Co (160 MBq) és $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (18 MBq) jelentették. A hasadványtermékek közül a jelentősebbek a ^{134}Cs (21 MBq), ^{137}Cs (73 MBq) voltak. Az aeroszol-kibocsátásoknak általában jóval több mint fele az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionukliddól függően 1,1 – 5,2 közöttiek voltak. A kibocsátások időbeli alakulását a karbantartások időszakára eső nagyobb aeroszol kibocsátás jellemezte.

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 2004. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatóság, az ADV KTVF 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 aktivitáskoncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőműi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 5 - 10 -szeres 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 nagyobbbrészt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott, hatóságilag elfogadott, vízzel kibocsátott aktivitásokat a 2.2. táblázat tartalmazza. A kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kritérium értéke 2004-ben 0,15 % volt.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben betartotta a kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

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

A légtéri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján elmondható, hogy az üzem a levegőben, néhány alkalommal vélhetően PAE eredetű ^{54}Mn és ^{60}Co 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.

Az éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült dózisok összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára **95 nSv** (6.1. táblázat), miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [5] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 µSv.

A 2004-ben a vonatkoztatási csoportra becsült dózis - a 2003. évi üzemzavari légköri kibocsátások hatásának elmúltával - a 2002-höz (105 nSv) hasonló volt.

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 0,7 személy · mSv** volt.

6.1. táblázat Az éves kibocsátásokból becsült egyéni dózisok a lakosság vonatkoztatási csoportjára, besugárzási útvonalak szerint

Table 6.1. see: Summary (Table 6.1.E)

Besugárzási útvonal	becsült érték	korlát
	(µSv)	
Légköri kibocsátás		
külső sugárterhelés:		
nemesgáz izotópok	0,038	
radiokobalt aeroszol	0,0019	
radioezüst aeroszol	0,0002	
egyéb izotóp	0,001	
belső sugárterhelés:		
inhaláció	0,0025	
radiojód (élelm.)	0,008	
radiocézium (élelm.)	0,0025	
radioezüst (élelm.)	0,0006	
globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)	0,017	
egyéb izotóp	0,002	
Összes légköri:	0,073	
Folyékony kibocsátás		
külső sugárterhelés:	0,0011	
belső sugárterhelés:		
trícium	0,017	
egyéb izotóp	0,004	
Összes folyékony:	0,022	
Mindösszesen:	0,095	90

Az erőmű 2004. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

A kibocsátásokra vonatkozó hatósági határérték kritérium értékei láthatóak a 6.2. táblázatban. Az értékek azt tükrözik, hogy az üzem több nagyságrenddel a megállapított határértékek alatt működött 2004-ben.

6.2. táblázat A kibocsátási határérték kritérium értékei 2004 -ben

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

Kibocsátási határérték kritérium	(%)
Légnemű kibocsátásokra	0,12
Folyékony kibocsátásokra	0,15
Összesen	0,27

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

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2004-ben, nemzetközi összehasonlításban [6] (Az erőmű 2004-ben 1,38 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

Kibocsátás	Mennyiség	PAE	UNSCEAR (1995-1997)
légköri	nemesgáz összesen (TBq)	25	13
	aeroszol összesen (GBq)	0,97	0,13
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	2,4	2,4
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,51	0,22
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,14	0,17
folyékony	korróziós és hasadványtermékek összesen (GBq)	1,2	8,1
	H-3 (TBq)	12	19

6.2. Hatósági megállapítások

6.2.1. A légköri kibocsátásokról

- a./ Az üzem elvégezte a nuklidspecifikus légköri kibocsátás méréseket.
- b./ Az üzem 2004. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt.
- c./ A kibocsátások mérésére szolgáló rendszerek az esetek közel 100 %-ában rendelkezésre álltak.

6.2.2. A folyékony kibocsátásokról

- a./ A vízelvezető csatornában végzett összes-béta és tríciummérések eredményei igazolják, hogy az atomerőműből a Dunába vezetett radioaktív szennyezés (koncentráció) jelentéktelen, erőműi eredetű radionuklid csak a szennyvíz (V3) csatornában detektálható.
- b./ Az üzem 2004. évi vízi kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt.

6.2.3. A környezeti radioaktivitásról

a./ A környezeti ellenőrzések során csupán a levegőben sikerült, nagytérfogatú aeroszol mintavétellel atomerőműi eredetű ^{54}Mn és ^{60}Co szennyeződést kimutatni, 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 több mint 20 éves együttműködés alatt folyamatosan javult.

6.2.4. A lakossági sugárterhelésről

Az erőműből eredő külső sugárterhelést közvetlen dózisméréssel nem lehet kimutatni. Az éves kibocsátásból számított – üzemzavari és normál működésből származó - dóziszárulék (külső és belső együtt) - a lakosság vonatkoztatási csoportjára 95 nSv.

6.E. SUMMARY

The total number of the environmental control measurements carried out in 2004 around the Nuclear Power Plant (NPP) by the authorities was altogether 7992. The distribution of the various types of measurements has not changed last year and the percentage of gamma-spectrometric determinations was similar as in the previous years.

According to the official regulations introduced in 2004 the atmospheric monitoring measurements are directed to each of the radionuclides released in any physical and chemical form, moreover on any pathways from plant. The release of noble gases was the following : ^{41}Ar :11 TBq, ^{85}Kr : 3.8 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 2.3 TBq, ^{87}Kr : 5.7 TBq, ^{88}Kr : 5.1 TBq, ^{133}Xe : 3.0 TBq and ^{135}Xe : 3.0 TBq. Large components of the aerosol activity were corrosion products as ^{54}Mn (74 MBq), ^{58}Co (24 MBq), ^{60}Co (160 MBq) and $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (18 MBq), moreover fission products as ^{134}Cs (21 MBq) and ^{137}Cs (73 MBq).

The release limit criterion for airborne effluents was 0.12 per cent in 2004.

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 dominant components of the liquid releases were: tritium: 16 TBq, ^{60}Co : 470 MBq, ^{54}Mn : 130 MBq and ^{14}C :140 MBq.

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

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.

The release limit criterion for liquid effluents was 0.15 per cent in 2004.

As concerns the environment of NPP pollution attributable to the accident in Chernobyl could not be detected in the samples any longer with the only exceptions of 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.

Only ^{54}Mn and ^{60}Co was detected with near to the detection limit in a few 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 during the normal operation.

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 95 nSv/y, while the natural background value is somewhat above than 3 mSv/y [5] and the authorised limit is 0.090 mSv/y.

The inhabitants living in the 30 km environment of the NPP are 210 thousands. The collective dose assessed from the individual ones takes about 0.7 man · mSv.

Table 6.1E. The individual doses to the reference group of population from the annual releases in 2004 and the dose limit

Pathway	Assessed dose	Limit
	(μSv)	
<i>Airborne releases</i>		
<i>external radiation</i>		
<i>noble gases</i>	0.038	
<i>radiocobalt (aerosol)</i>	0.0019	
<i>radiosilver (aerosol)</i>	0.0002	
<i>others</i>	0.001	
<i>internal radiation</i>		
<i>inhalation</i>	0.0025	
<i>radioiodine (ingestion)</i>	0.008	
<i>radiocesium (ingestion)</i>	0.0025	
<i>radiosilver (ingestion)</i>	0.0006	
<i>global pollutants (H-3, C-14) (ingestion)</i>	0.017	
<i>others</i>	0.002	
<i>Sum from airborne releases</i>	0.073	
<i>Liquid releases</i>		
<i>external radiation</i>	0.0011	
<i>internal radiation</i>		
<i>tritium</i>	0.017	
<i>others</i>	0.004	
<i>Sum from liquid releases</i>	0.022	
Total	0.095	90

The release of radioactive substances from the NPP was well under the authorized limit, i.e. the release limit criterion according to the Table 6.2E.

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

Releases	(%)
<i>Atmospheric</i>	0.12
<i>Liquid</i>	0.15
<i>Total</i>	0.27

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 6.3E. Isotopic composition of the radioactive effluents normalized to the yearly electrical energy production (to 1 GW·year) in 2004, in comparison with the UNSCEAR data of NPP types PWR [6]. (The total energy generated by the Hungarian NPP was 1.38 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 (TBq)</i>	<i>25</i>	<i>13</i>
	<i>aerosols (GBq)</i>	<i>0.97</i>	<i>0.13</i>
	<i>H-3 (HT + HTO) (TBq)</i>	<i>2.4</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>0.14</i>	<i>0.17</i>
<i>liquid</i>	<i>corrosion and fission products (GBq)</i>	<i>1.2</i>	<i>8.1</i>
	<i>H-3 (TBq)</i>	<i>12</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 2004. évi jelentése.
(Szerk.: Bujtás Tibor) Paks, 2005. 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
- [8] Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment (Safety Reports Series No. 19, IAEA, Vienna, 2001)

MELLÉKLET

Az ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok:

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) részéről:

- Alsó-Duna-völgyi (ADV) Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi 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):
 - Lakossági és Környezeti Sugáregészségügyi Osztály,
 - Informatikai és Adatnyilvántartási Osztály
- Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat (ÁNTSZ)
 - 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 and Water (MEW):

- *Lower Danube Valley Authority of the Environment, Nature and Water, Baja*

Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD):

- *National Institute of Food Control, Budapest (central 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. for Radiobiology and Radiohygiene, Budapest (central institute)*
 - Environmental and Public Radiohygiene*
 - Informatics and Data Centres*
- *County Institute of National Public Health and Officer Service, Szekszárd*

Nuclear Power Plant (NPP), Paks

- *Radiation Protection*