

**A PAKS TELEPHELYEN LÉTESÍTENDŐ ÚJ
BLOKKOK LÉGKÖRI ÉS FOLYÉKONY
KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEINEK
MEGALAPOZÁSA**

DOKUMENTUM AZONOSÍTÓ:

KA/P2/001/2014 Rev. 1.

2014.07.31.

A PAKS TELEPHELYEN LÉTESÍTENDŐ ÚJ BLOKKOK LÉGKÖRI ÉS FOLYÉKONY KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEINEK MEGALAPOZÁSA

DOKUMENTUM AZONOSÍTÓ:

KA/P2/001/2014 Rev. 1.

Készítette:

Dr. Kerekes Andor Attila
Független műszaki szakértő
01-64757
NSZ-11. Sugárvédelem
NSZ-15. Nukleárisbaleset-elhárítás

2014.07.31.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. A KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK SZÁRMAZTATÁSA.....	4
3. TERJEDÉSI ÉS TÁPLÁLÉKLÁNC MODELLEK ÉS PARAMÉTEREIK	7
3.1. A légköri terjedés számítása	7
3.1.1. Normál üzemi kibocsátások.....	7
3.1.2. Várható üzemi események	10
3.2. Kiülepedés, kimosódás és reszuszpenzió	11
3.3. Aktivitáskoncentráció a talajban	12
3.4. Aktivitáskoncentráció a növényzetben	13
3.5. Aktivitáskoncentráció a haszonállatok tejében és húzában	17
3.6. A radionuklidok folyóvízi terjedési mechanizmusa	19
3.7. A radionuklidok koncentrációja a parti szedimentumban	22
3.8. Aktivitáskoncentráció a halhúsban	22
3.9. Aktivitáskoncentráció az ivóvízben és itatóvízben	23
3.10. Az öntözött talaj és növényzet aktivitáskoncentrációja	23
3.11. Aktivitáskoncentráció az állati termékekben (tej, hús)	23
4. A LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS MEGHATÁROZÁSA.....	24
4.1. A lakosság vonatkoztatási csoportja	24
4.2. Külső sugárterhelés a szennyezett levegőtől	24
4.3. Külső sugárterhelés a szennyezett talajtól	26
4.4. Külső sugárterhelés a szennyezett folyóparttól	26
4.5. Külső sugárterhelés a szennyezett folyóvíztől	26
4.6. Külső sugárterhelés az öntözött földektől	27
4.7. Belső sugárterhelés a szennyezett levegő belégzéséből	27
4.8. Belső sugárterhelés a szennyezett ivóvíz és élelmiszerek fogyasztásából	27
4.9. Speciális modell a tríciumtól származó sugárterhelés számítására	28
4.10. Speciális modell a C-14 izotóptól származó sugárterhelés számítására	29
5. AZ ÚJ BLOKKOK KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEI	31
5.1. Légköri kibocsátások	31
5.1.1. Normál üzemi kibocsátások.....	31
5.1.2. Légköri kibocsátások a várható üzemi eseményeknél	32
5.1.3. A vonatkoztatási csoport sugárterhelése és a kibocsátási határértékek....	32
5.2. Folyékony kibocsátások	42
5.2.1. A vonatkoztatási csoport meghatározása, a terjedés jellemzői.....	42
5.2.2. A vonatkoztatási csoport sugárterhelése, a kibocsátási határértékek.....	42
6. JAVASLAT A Γ BIZTONSÁGI TÉNYEZŐ ÉRTÉKÉRE	45
6.1. Konzervatív feltételezések a vonatkoztatási csoport megválasztásában	45
6.2. Konzervatív feltételezések a légköri terjedés és szárazföldi tápláléklánc számításában	46
6.3. Konzervatív feltételezések a folyékony kibocsátás számításában	46
6.4. Konzervatív feltételezések a dózisok becslésében	47
6.5. A konzervatív megközelítések számszerűsített hatásainak összesítése	47

7. A KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A JELENLEGI BLOKKOKRA ENGEDÉLYEZETT ÉRTÉKEKKEL.....	49
7.1. Léggöri radioaktív kibocsátások	49
7.2. Folyékony radioaktív kibocsátások	50
8. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ	52
9. IRODALOMJEGYZÉK	55
FÜGGELÉK.....	57

1. BEVEZETÉS

Az MVM Paks II. Zrt. 2000017929 sz. ajánlatkérése alapján megkötött vállalkozási szerződés – száma 4000077912 - a paksi telephelyen létesítendő új blokkok légnemű és folyékony radioaktív kibocsátásainak határértékeit és a Γ biztonsági tényezőt megalapozó tanulmány elkészítését tartalmazza.

A kibocsátási határértékeket a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet (a továbbiakban: KöM rendelet) szerint a kiemelt létesítményeknél - így az atomerőműnél is - az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (a továbbiakban: OTH) által a lakosság vonatkoztatási csoportjára meghatározott dózismegszorításból kell származtatni. A dózismegszorítás meghatározását, illetve a lakosság vonatkoztatási csoportjának kijelölését az [1] megalapozó tanulmány alapján az OTH a KEF-14831-4/2012 számú állásfoglalásában rögzítette [2]. Ennek a tárgyra vonatkozó, fő előírásai a következők:

- a) A javasolt lakossági vonatkoztatási csoport egy olyan, hipotetikus felnőtt csoport, amelynek tagjai a légköri kibocsátások tekintetében a csámpai buszmegálló közelében lakók, míg a folyékony kibocsátások hatása a gerjéni felnőtteknek a vonatkoztatási csoportba történő bevonásával kezelendő;
- b) A jelenlegi atomerőműi blokkoktól eltérően a vonatkoztatási csoportot a fenti lakóhelyű felnőttek alkotják, a várható üzemi események dózishatásainak figyelembevétele miatt.
- c) A lakossági dózismegszorítás a vonatkoztatási csoport tagjaira $90 \mu\text{Sv/év}$ effektív dózis.

Kiegészítésként megjegyezzük, hogy a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet szerint a dózismegszorítást nem csak a TA1 üzemállapotra (normál üzem), hanem a TA2 üzemállapotra (várható üzemi események) is korlátozónak kell tekinteni, azaz a TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatokra bizonyítani kell, hogy a lakosság vonatkoztatási csoportjának dózisa nem haladja meg a dózismegszorítás értékét. Ennek az a következménye, hogy a kibocsátási határértékek származtatását a várható üzemi eseményekre is el kell végezni.

Mindenképpen indokolt, hogy a kibocsátási határértékek származtatására alkalmazott modellek és paraméterek lehetőség szerint legyenek összhangban az új blokkok dózismegszorítását megalapozó tanulmányával [1]. Ettől egy lényeges pontban kellett eltérni: a légköri kibocsátásoknál az [1] tanulmányban alkalmazott PCCREAM [3] program helyett újabb modellen [4] alapuló számítások használata, hasonlóan más, ugyancsak kibocsátási határértékeket meghatározó munkához [5].

A tanulmány jelen változata az MVM Paks II. Zrt. munkatársaival 2014.07.29-én megtartott zsűrin elhangzott észrevételeknek megfelelő módosításokat tartalmazza.

2. A KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK SZÁRMAZTATÁSA

A KöM rendeletben közölt definíció szerint a kibocsátási határérték a kiemelt létesítmény (atomerőmű, kísérleti és tanreaktor, uránbánya, radioaktív hulladéktároló, A–szintű izotóplaboratórium, kiégett fűtőelemek tárolója) *szabályszerű működésére* érvényes, dóziszról származtatott, a folyékony és légnemű kibocsátásra, valamint a kibocsátott radionuklidokra, vagy azok csoportjaira megállapított éves kibocsátás. Egysége: Bq/év.

A kibocsátási határértékek meghatározásának előírásai a KöM rendelet alapján:

- Az éves kibocsátási határértékeket az OTH által meghatározott dózismegszorításból kell származtatni;
- A származtatást úgy kell elvégezni, hogy a kibocsátási határérték betartása, illetve a kibocsátási határérték kritérium teljesülése esetén a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást;
- a kibocsátási határérték megállapítása iránti kérelemhez az ellenőrzéshez szükséges részletezésben mellékelni kell a származtatáshoz felhasznált számításokat, kiindulási adatokat és részeredményeket;
- A kibocsátási határértéket minden kibocsátási módra, továbbá minden olyan radionuklidra vagy azok csoportjaira származtatni kell, amelyek kibocsátásra kerülhetnek;
- Az egységnyi kibocsátás dóziszjárulékát nemzetközileg elfogadott modellekkel kell számítani, a felhasznált paraméterek értékét reális közelítéssel kell meghatározni;
- A származtatási folyamat bizonytalanságát egy $\Gamma \leq 5$ értékű biztonsági tényezővel kell figyelembe venni, értékét a felügyelőség állapítja meg.

Több radionuklid és/vagy több kibocsátási mód esetén a kibocsátási határérték kritérium vizsgálatok az összes kibocsátási komponenst figyelembe kell venni. Azaz, több radionuklid kibocsátása és/vagy több kibocsátási mód esetén az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határértékek hányadosaiból képzett összeg értékének 1-nél kisebbnek kell lennie.

A kibocsátási határértékek származtatása a KöM rendelet 1. sz. melléklete szerint a következő összefüggés segítségével történik:

$$EL_{ij} = \frac{1}{\Gamma} \frac{DL}{DE_{ij}} \quad (2-1)$$

ahol,

EL_{ij} az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra vonatkozó kibocsátási határértéke (Bq/év vagy Bq/esemény),

DL a tevékenységre vonatkozó dózismegszorítás (Sv/év vagy Sv/esemény),

DE_{ij} az i radionuklid, vagy radionuklid csoport j kibocsátási módon történő egységnyi kibocsátására eső dóziszjárulék ((Sv/év)/(Bq/év) vagy (Sv/esemény)/(Bq/esemény)),

Γ a származtatási folyamat bizonytalanságát figyelembe vevő biztonsági tényező ($\Gamma \leq 5$).

A fenti, e) pont alatti követelmény teljesítéséhez a radioaktív kibocsátásokból származó lakossági sugárterhelés becslésére a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) által kidolgozott legújabb, és nemzetközileg elfogadott modelleket használtam [4].

A modellekben – ahol csak lehetett – helyspecifikus paramétereket használtam fel, elsősorban a következő fő alkalmazási területeken:

- meteorológiai adatok (szélirány, szélsébség és stabilitási (Pasquill-féle) kategóriák),
- hidrológiai adatok (a Duna vízhozama és a korlátozott elkeveredést jellemző korrekciós tényező),
- fogyasztási és környezethasznosítási jellemzők.

Az előbbi paraméterek helyspecifikus értékválasztásának indokoltsága nyilvánvaló. Kiegészítésként azonban megjegyzem, hogy a SRS No. 19 kiadványban [4] megadott fogyasztási, életmód és környezethasznosítási adatok igen erősen konzervatívak (pl. 24 óras szabadban tartózkodást feltételeznek). Ennek vélhető oka az, hogy Európában bármely kritikus csoport jellemzőit le kell fedniük. A határérték-számításoknak valamennyire kétségtelenül konzervatívoknak kell lenniük, hiszen - a becslési eljárás bizonytalansága ellenére - ezzel és a Γ biztonsági tényezővel *együttesen* biztosítható a KöM rendelet azon előírása, miszerint „... a kibocsátási határérték betartása, illetve a kibocsátási határérték kritérium teljesülése esetén a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást”.

Látni kell azonban a túlzottan konzervatív megközelítések veszélyét is. A dózismegszorítás nagyságrendjébe eső dózisoknál - jelen esetben $90 \mu\text{Sv/év}$ - a sugárvédelem optimalizálási alapelveivel közvetlenül és közvetve is ütközne, hogy egyrészt az üzemvitelnek indokolatlanul kis kibocsátásokra kell törekednie, másrészt a létesítménynek a kibocsátások ellenőrzése során igen kis koncentrációkat kellene meghatároznia, igen nagy költségekkel. Például a folyékony radioaktív kibocsátásoknak a létesítménnyel ésszerűen és gazdaságosan elérhető szintek alá történő leszorítása együtt jár a radioaktív hulladékok mennyiségének növekedésével. (Ne felejtjük el, hogy a KöM rendelet szerint a normál üzemtől való eltérésnek minősül az, ha a kibocsátási határérték három tizedét vagy a kibocsátási kivizsgálási kritériumot meghaladó kibocsátások történnek.)

Ily módon, ha a határértékek indokolatlanul szigorúak, akkor az ellenőrzendő mennyiségek – pl. aktivitáskoncentrációk - indokolatlanul kicsik, amelyek meghatározása ésszerűtlenül nagy ráfordításokat igényel. A KöM rendelet ezt egyszerűen úgy fogalmazza meg, hogy „a felhasznált paraméterek értékeit reális közelítéssel kell megállapítani”. Ezért még azokban az esetekben is – itt elsősorban az életmód, környezethasznosítási paraméterekre gondolok - ahol nem állt rendelkezésre helyspecifikus, „mért” adat, a SRS No. 19 kiadvány [4] által javasoltaknál igyekeztem realisztikusabb becsléseken alapuló értékeket használni.

A (2-1) egyenlet alapján az elsődleges feladat a DE_{ij} , egységnyi kibocsátás (pl. Bq/év vagy $\text{Bq/esemény egységben}$ kifejezve) által okozott lakossági sugárterhelés kiszámítása. Ez több részmodell alkalmazását igényli, amelyek szervesen kapcsolódnak egymáshoz, és esetenként a szétválasztásuk nem is feltétlenül indokolt.

A dózisok becslésére használt részmodellek a következő fő folyamatokat írják le:

- a) a légkörbe kibocsátott radioaktív anyagok terjedése;
- b) a radioaktív anyagok belépése és terjedése a szárazföldi táplálékláncban;
- c) a folyékony radioaktív anyagok felszíni vizekben történő terjedése;
- d) a radioaktív anyagok terjedése a vízi táplálékláncban, belépésük és terjedésük a szárazföldi táplálékláncban;

- e) a környezetbe kikerült radionuklidok által okozott külső sugárterhelés kialakulása;
- f) az emberi szervezetbe bejutott radionuklidok által okozott belső sugárterhelés kialakulása.

A fenti részmodelleket a 3. fejezet tárgyalja részletesen, azonban néhány megjegyzés előzetesen is indokolt. A b) és d) pontokban a radionuklidok szárazföldi táplálékláncba való belépésének módja, mechanizmusa ugyan eltérő (depozíció és öntözés), azonban a szárazföldi táplálékláncban való terjedés, a dózisok számítása már semmiben sem különbözik. Az e) és f) pontok alatti dózisszámítás látszólag egyszerű, azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy - különösen a belső sugárterhelés esetében – igen bonyolult modellszámítások vannak a dóziskonverziós tényezők használata mögött. Ezt a tényt a radionuklidok speciális fizikai-kémiai formájánál, pl. elemi jód, nem lehet figyelmen kívül hagyni, mert a – környezeti viselkedésükhöz hasonlóan - dózistényezőik eltérése is jelentős.

3. TERJEDÉSI ÉS TÁPLÁLÉKLÁNC MODELLEK ÉS PARAMÉTEREIK

3.1. A légköri terjedés számítása

3.1.1. Normál üzemi kibocsátások

A vonatkoztatási csoport lakóhelyén a levegőnek a légköri radioaktív kibocsátásokból származó szennyezettsége, azaz aktivitáskoncentrációja - a NAÜ SRS No. 19 kiadványban [4] közölt (V-2) képlettel számolható. Normál üzemi – állandósultnak feltételezhető – viszonyok esetén a hígulás leírására a Gauss-féle csóvamodell szektorátlagolt változata alkalmazható. Másként fogalmazva, mivel a kibocsátási határérték egy évre vonatkozik, így egy évre átlagolt légköri és kibocsátási viszonyokat tételezhetünk fel a forrás környezetében.

Ekkor a levegőben kialakuló aktivitáskoncentráció a következőképpen számolható:

$$C_{A,i} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{N_p Q_i}{2\pi x} \sum_{j=1}^{N_j} \frac{\exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_{zj}^2}\right)}{\sigma_{zj}} \sum_{k=1}^{N_k} \frac{P_{pjk}}{u_k} \quad (3-1)$$

ahol,

- $C_{A,i}$ az i radionuklid átlagos talajfelszíni aktivitáskoncentrációja (Bq/m^3) a p szektorban, x távolságban,
- Q_i az i radionuklid átlagos kibocsátási sebessége (Bq/s),
- N_p a szélirányszektorok száma (esetünkben 16),
- P_{pjk} a p irányszektorba eső szélirány, a j Pasquill-kategória és a k szélesebesség-osztály együttes - egyre normált - gyakorisága,
- N_k a szélesebesség osztályok száma (esetünkben 8),
- N_j a Pasquill-kategóriák száma (esetünkben 6),
- H az effektív kibocsátási magasság (m),
- u_k a k szélesebességosztályhoz rendelt sebesség (m/s),
- σ_{zj} x távolságban a j Pasquill-kategóriához tartozó függőleges diffúziós paraméter (m).

A (3-1) egyenletet egyszerűbben így is írhatjuk:

$$C_{A,i} = Q_i \chi \quad (3-2)$$

ahol, χ a hígulási (diszperziós) tényező (s/m^3).

A (3-1) képlettel meghatározott koncentrációt a légkörben történő terjedés során több folyamat befolyásolja:

- a kiüledés és kimosódás miatti csóvaszegényedés,
- a fizikai bomlás miatti csökkenés,
- egyes radionuklidoknál az anyaelem bomlása következtében történő felhalmozódás.

A számításokban a kiüledés és kimosódás miatti csóvaszegényedés figyelembevétele kismértékű korrekciót jelent. A fizikai bomlás - a forrás-receptor pont távolságára (1300 m) és

az éves átlagos szélsősebességre (2-3 m/s) tekintettel – csak a 12 óránál rövidebb felezési idejű radionuklidoknál (pl. a radiojódok, kivéve I-131) jelent 1%-nál nagyobb korrekciót.

A (3-1) egyenlettel történő számoláshoz szükséges meteorológiai paramétereket a megrendelői adatközlés keretében [6], Excel fájlokban kaptam meg a 2001-2013 közötti évekre.

A csapadék miatti kimosódást a SRS No. 19 kiadvány [4] egyszerűsítve, a depozíciós sebességnek – a csapadék mennyiségétől független - megnövelt értékével kezeli (lásd 3.2. pont). Ez lehetővé tette, hogy a kibocsátási határértékek konzervatív becsléséhez szükséges, határoló meteorológiai paraméterekkel rendelkező évet a (3-2) egyenlet szerinti, maximális értékű hígulási tényezővel (χ) lehessen azonosítani. Az erre az évre vonatkozó hígulási tényező adta az ugyanolyan éves kibocsátáshoz tartozó, legnagyobb C_A levegőaktivitáskoncentrációt, azaz a legnagyobb éves dózisokat, amelyekkel a kibocsátási határértékek számítása történt. A nagyszámú meteorológiai adat – az erőmű meteorológiai tornya alaphelyzetben 10 percenként szolgáltat mérési eredményeket, ami egy-egy évben, normál esetben 52561 adatsort jelent – és a (3-1) egyenlet bonyolultsága miatt ugyanis a meteorológiai adathalmazokról előzetesen nem dönthető el, hogy melyikük eredményezi a legnagyobb hígulási tényezőt, azaz legnagyobb levegőaktivitáskoncentrációt és dózisokat. (A folyékony kibocsátást követő folyóvízi terjedésnél ennél lényegesen egyszerűbb a helyzet, amint azt a 3.6. pont részletezi.)

Szélirányszektorok és a szélirányok konverziója

A (3-1) egyenlet szerinti szélirányszektorok (p) a következők: 16 szektor, a szektorok számozása É-i irányban kezdődik és az óramutató járásával megegyező [7]. Tekintettel arra, hogy a meteorológiai fájlokban megadott szélirányok (fokban) a meteorológiai értelmezést követik (azaz honnan és nem merre fúj a szél, a 0 fok É-i irányú, a szögek az óramutató járása szerint növekednek), a következő konverziót kellett alkalmazni:

$$\begin{aligned} p &= \text{egészrész}[(fok+168,75)/22,5]+2 & \text{ha } fok < 168,75 \\ p &= \text{egészrész}[(fok-168,75)/22,5]+1 & \text{ha } fok \geq 168,75 \end{aligned} \quad (3-3)$$

A (3-3) összefüggések értelmében, például az északi szél 0 fokos, és a 9. szektor felé fúj, a nyugati szél 270 fokos, és az 5. szektor felé fúj.

A stabilitási (Pasquill-) kategóriák

A stabilitási kategóriák szokásos jelölése az A-tól F-ig terjedő betűkkel történik (A jelöli a legkevésbé stabil, F a legstabilabb kategóriát). A hígulási tényező kiszámításánál – programtechnikai okból – a betűjeleket 1-6 közötti számokká kellett konvertálni (A=1; ...; F=6).

Szélsősebesség-osztályok és átlagsebességek

A mért szélsősebességek kb. két nagyságrendet fednek le (0,1 m/s-nél kisebb sebességeket a Paksi Atomerőmű (PAE) meteorológiai tornya nem mért). Így azért, hogy ne legyen értelmetlenül sok sebességosztály, de a nagyobb sebességeknél se legyenek túl nagy intervallumok, célszerű kvázi logaritmikus beosztást alkalmazni.

Az alkalmazott sebességosztályokat, és az egyes intervallumokat jellemző sebességeket a 3-1. táblázat mutatja be.

3-1. táblázat Sebességosztályok és jellemző sebességek a különböző meteorológiai magasságokra (m/s)

50 m	0,1 – 0,5	0,5 – 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 4,0	4,0 – 6,0	6,0 -8,0	8,0-11	11-
	0,25	1,0	2,0	3,3	5,0	7,0	9,5	14
120 m	0,1-1,0	1,0-2,0	2,0-3,5	3,5-5,5	5,5-8,0	8,0-11	11-15	15-
	0,5	1,5	2,8	4,5	6,8	9,5	13	19

A σ_{zi} diffúziós paraméterek meghatározása

A (3-1) egyenletben szereplő σ_{zi} diffúziós paraméterek értéke a kibocsátási magasságtól, a receptor pont (vonatkoztatási csoport lakóhelye) távolságától és a stabilitási kategóriától függ. Az irodalomban számos közelítő egyenlet, illetve grafikon található. Sajnos a SRS No. 19 kiadvány [4] nem közöl minden stabilitási kategóriára diffúziós paramétereket, így a megfelelő értékeket a korábbi, hasonló NAÜ kiadványból kellett átvenni [8].

Az 1300 m-re kiszámított diffúziós paramétereket az egyes Pasquill-kategóriákra a 3-2. táblázat foglalja össze.

3-2. táblázat A diffúziós paraméter értékei x=1300 m távolságban (m)

	A	B	C	D	E	F
σ_{zi} (120 m)	744	301	153	83	45	22
σ_{zi} (50 m)	944	358	208	123	68	28
σ_{yj} (120 m)	1290	431	208	166	228	479
σ_{yj} (50 m)	590	320	215	177	178	223

Megjegyzés: a σ_{yj} paraméternek a 3.1.2. pont szerinti számításoknál (várható üzemi események) lesz szerepe

A meteorológiai adatfájlok

A normál üzemnél kétféle kibocsátási magasság szerepel a megrendelői adatközlésben: 100 m (szellőzőkémény fizikai magassága) és 40 m (turbínacsarnoki kibocsátás magassága). A szellőzőkémény esetében az effektív kibocsátási magasságot – a jelenlegi blokkokra történő számításokkal összhangban – 120 m-esnek feltételeztem, és ilyen toronymérési adatokkal is számoltam. A turbínacsarnoknál a feltételezett kibocsátási magasság maradt 40 m, és az ehhez közeli, 50 m-es toronymérési adatokat használtam. Bár a jelenlegi meteorológiai torony és az új blokkok távolsága több száz méter, feltételezhető, hogy a meteorológiai jellemzők nem változnak lényegesen.

A fenti időszak (2001-2013) éveiben, 10 perces időközönként mért adatsorok számos, a mostani számításokhoz szükségtelen mérési eredményt is tartalmaztak, emiatt az Excel fájlokból a hígulási tényezőt számoló segédprogram részére egységes formátumú input fájlt kellett készíteni.

A légköri kibocsátások terjedésszámításánál – bizonyos feltételek mellett – figyelembe kell venni az épületek hatását is. Esetünkben ez minden kibocsátási útvonalra, illetve kibocsátási magasságra elhanyagolható, mivel a [4] kiadvány szerinti, következő feltétel teljesül:

$$H > 2,5H_B \quad (3-4)$$

ahol,

H az effektív kibocsátási magasság (m),
 H_B a szélirányba eső épület magassága (m).

A rendelkezésre álló adatok [6] szerint a 100 m-es fizikai magasságú szellőzőkémények Csámpa felé eső irányában nincs épület (az elrendezés hasonló a jelenlegi kiépítésekhez). A turbinaépületre megadott kibocsátási magasság 40 m, az épület magassága pedig 15 m. (Adat hiányában hasonló arányt feltételeztem a várható üzemi események 35 m-es magasságú kibocsátásai esetén is.)

3.1.2. Várható üzemi események

A várható üzemi események során történő légköri kibocsátások elsősorban abban különböznek a normál üzemiektől, hogy rövid ideig tartanak, emiatt a légköri terjedés számítása nem a 3.1.1. pontban bemutatott, szektorátlagolt Gauss-moddal történhet. A dózismegszorítás megállapítását megalapozó tanulmány [1] számításaival összhangban 0,5 óráig tartó kibocsátást feltételeztem.

A légköri terjedést leíró egyenlet ebben az esetben a SRS No. 19 kiadvány alapján:

$$C_{A,i}(x, y, z) = \frac{Q_i}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (3-5)$$

ahol,

$C_{A,i}(x,y,z)$ az i radionuklid aktivitáskoncentrációja (Bq/m^3) az (x,y,z) koordinátájú pontban,
 x a szélirányba eső távolság (m),
 y a csóvatengelytől mért oldalirányú távolság ($y=0$ m),
 z a talaj feletti magasság ($z=1$ m),
 Q_i az i radionuklid kibocsátási sebessége (Bq/s),
 σ_y, σ_z az y és z irányú diffúziós tényező (m),
 u a szélesebesség (m/s),
 H az effektív kibocsátási magasság (m).

Az erre az esetre érvényes kibocsátási magasságok a megrendelői adatközlés [6] alapján: 120 m (effektív kéménymagasság) és 35 m (hűtőkör lefűvátás).

Mivel ebben az esetben nem beszélhetünk mért, egy-egy adott évet jellemző meteorológiai jellemzőkről, a dózismegszorítás megállapítását megalapozó tanulmánnyal [1] összhangban többféle meteorológiai helyzetet feltételeztem, amelyek közül a konzervatívabbal, azaz nagyobb dózisokat eredményező esettel történt a kibocsátási határértékek származtatása:

I. 120 m-es kibocsátásnál:

- a) C Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesebesség és 5 mm eső feltételezésével;
- b) D Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesebesség és száraz idő feltételezésével.

II. 35 m-es kibocsátásnál:

- a) C Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség és 5 mm eső feltételezésével;
- b) F Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség és száraz idő feltételezésével.

3.2. Kiülepedés, kimosódás és reszuszpenzió

A levegővel terjedő, a vonatkoztatási csoport lakóhelyét elérő radioaktív szennyezők két folyamat révén tapadnak és ülepednek ki a talaj és növényzet felületére:

- száraz kiülepedéssel, amely aeroszolok esetében sem gravitációs kihullást, hanem tulajdonképpen a talaj, illetve növények felületén történő megtapadást jelent,
- nedves kiülepedés, amely lényegében a radioaktív szennyezőknek a csóvából a csapadékkal történő kimosódását takarja.

Mindkét folyamat erősen függ a radioaktív szennyezők fizikai-kémiai formájától és számos környezeti paramétertől, pontos leírásuk ezért gyakorlatilag lehetetlen. Amint arra utaltam, a gravitációs kihullás csak az aeroszolok szokásos méreténél jóval nagyobb, legalább néhányszor 10 µm nagyságú részecskéknél válna jelentőssé.

A SRS No. 19 kiadvány a következő egyszerű összefüggéssel számolja a depozíció intenzitását [4]:

$$\dot{d}_i = (V_d + V_w)C_A \quad (3-6)$$

ahol,

- \dot{d}_i a depozíció teljes intenzitása az i radionuklidra, beleértve a talajfelszínt és a növényzetet is ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$),
- V_d a száraz kiülepedési együttható (m/d),
- V_w a nedves kiülepedési együttható (m/d).

A SRS No. 19 kiadvány a két depozíciós együttható összegére (V_T) a következő értékeket javasolja:

- 1000 m/d aeroszolokra és reaktív gázokra,
- 0 a nem reaktív (pl. nemes-) gázokra.

Az elemi jódgőzre a [8] kiadvány alapján 3000 m/d, a szerves jódra 10 m/d együttes értékek lettek figyelembe véve.

A talajfelszínre vagy növényzetre kiülepedett radionuklidok a szél és egyéb hatások (pl. mezőgazdasági tevékenység) eredményeként ismét a levegőbe kerülhetnek. A folyamatot számos paraméter befolyásolja (a környezet jellege, a felület, a radionuklid jellemzői stb.). Általában elmondható, hogy folyamatos jellegű kibocsátás esetén ezen útvonal járuléka nem számottevő.

A várható üzemi eseményeknél a csapadékos és száraz időjárási helyzet kezeléséhez az egyes kémiai formákra külön-külön meg kellett állapítani a száraz és nedves kiülepedési együtthatót [8, 9].

Eszerint V_d értékei [8]:

- 0,002 m/s aeroszolra és reaktív gázokra,

- 0,04 m/s elemi jódra,
- 0,0002 m/s szerves jódra,
- 0 m/s a nem reaktív (pl. nemes-) gázokra.

V_w értékei a következő képlettel számolhatók [9]:

$$V_w = w_r \cdot I \quad (3-7)$$

ahol,

- w_r a kimosódási tényező (-),
 I a csapadék intenzitása (m/d).

w_r értékei a következők [9]:

- 3,0E+05 aeroszolakra és reaktív gázokra,
- 1000 elemi jódra,
- 0 a szerves jódra, nem reaktív (pl. nemes-) gázokra.

A reszuszpendálódott radioaktív anyagok koncentrációja a levegőben [4]:

$$C_{A,r} = DL \cdot C_s \quad (3-8)$$

ahol,

- $C_{A,r}$ a reszuszpenzió következtében kialakuló levegőaktivitás-koncentráció (Bq/m³),
 C_s a talaj aktivitáskoncentrációja (Bq/kg),
 DL a reszuszpenziós együttható (kg/m³).

A DL együtthatóra a SRS No. 19 az $1 \cdot 10^{-7}$ kg/m³ értéket javasolja [4].

A várható üzemi események táplálékláncba történő belépésének, majd terjedésének kezelése a normál üzemhez hasonlóan történik, mivel a koncentráció faktor modell állandósult állapotok leírására alkalmas. A kibocsátás és ebből következően a depozíció eltérő időtartamának kezelése úgy történt, hogy a teljes (0,5 h alatti) kiülepedés végtelenig vett időbeli integráljának 1 éves átlagát tekintettem egy éves, állandósult kibocsátásból származó kiülepedésnek. A modell többi részében már ezzel az átlaggal történt a számolás.

3.3. Aktivitáskoncentráció a talajban

A radionuklid koncentrációját a talajban három alapvető folyamat határozza meg: a kiülepedés (a 3.2. pont szerinti értelmezésben), a fizikai bomlás és a talajból történő eltávozás. Az utóbbi több részfolyamatot is magában foglal, így a radionuklidoknak a talaj mélyebb – a növények számára nem elérhető – rétegeibe való lemosódását, a növények általi felvételét és a reszuszpenziót. Általában érvényes, hogy a hatások jelentősége ebben a sorrendben csökken.

A SRS No. 19 kiadvány alapján a talaj aktivitáskoncentrációja a következő képlettel számolható [4]:

$$C_{s,i} = \frac{\dot{a}_i [1 - \exp(-\lambda_{E_i}^s t_b)]}{\rho \lambda_{E_i}^s} \quad (3-9)$$

ahol,

- $C_{s,i}$ az i radionuklid aktivitáskoncentrációja a talajban (Bq/kg száraz tömegre),

\dot{d}_i	a teljes depozíciós intenzitás a (3-6) egyenlet alapján ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$),
$\lambda_{E_i^s}$	a talaj gyökérszónájából történő eltávolodást jellemző effektív állandó (1/d), $\lambda_{E_i^s} = \lambda_i + \lambda_s$
λ_i	az i radionuklid fizikai bomlási állandója (1/d),
λ_s	a radionuklidnak a gyökérszónából való eltávozását okozó (nem radioaktív bomlási) környezeti folyamatok sebességi állandója (1/d),
t_b	a kiülepedés időtartama (d),
ρ	a talaj gyökérszónájának felületi sűrűsége (kg/m^2 száraz tömegre).

A radionuklidok fizikai bomlási állandóját a 3-3. táblázat, a többi paraméter javasolt számértékét a 3-4. táblázat foglalja össze.

3.4. Aktivitáskoncentráció a növényzetben

A növényzet két úton képes a radioaktív anyagokat felvenni:

- a növény felületére történő közvetlen kiülepedés, felszívódás, majd a fogyasztásra kerülő részbe való továbbítás révén,
- a gyökéren keresztül történő felszívódás, majd a fogyasztásra kerülő részbe való továbbítás révén.

Az első folyamatnál figyelembe kell venni, hogy a 3.2. pontban tárgyalt teljes kiülepedésnek a növényre jutó hányadát a növény-talaj hatásos felületek aránya határozza meg, továbbá a növény felszínéről a radionuklidok környezeti hatásokra (szél, csapadék) el is távozhatnak.

A fenti két folyamat eredményeként a növénybe került radionuklid koncentrációja a fizikai bomlás következtében csökken (itt figyelembe veendő a tárolási idő, azaz a betakarítás és fogyasztás közötti időtartam is).

A növényekben a közvetlen kiülepedés következtében létrejövő aktivitáskoncentráció a SRS No. 19 alapján [4]:

$$C_{v,i,1} = \frac{\dot{d}_i \alpha [1 - \exp(-\lambda_{E_i^v} t_e)]}{\lambda_{E_i^v}} \quad (3-10)$$

ahol,

$C_{v,i,1}$	az i radionuklid koncentrációja a növényben a közvetlen kiülepedés hatására (takarmányoknál Bq/kg száraz tömegre, élelmisznövényeknél Bq/kg nyers tömegre),
\dot{d}_i	a teljes depozíciós sebesség a (3-6) egyenlet alapján ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$),
α	a kiülepedett aktivitásnak a növény eheto részébe eljutó része (m^2/kg száraz, ill. nyers tömegre vonatkoztatva),
$\lambda_{E_i^v}$	a radionuklid a növényekből történő eltávozását jellemző effektív állandó (1/d), $\lambda_{E_i^v} = \lambda_i + \lambda_w$
λ_i	az i radionuklid fizikai bomlási állandója (1/d),
λ_w	a radionuklidnak a növényből való eltávozását okozó (nem radioaktív bomlási) folyamatok sebességi állandója (1/d),
t_e	a növény termésidőszaka (kiülepedés időtartama) (d).

3-3. táblázat Fizikai bomlási állandók, külső és belső dóziskonverziós tényezők [4], * [10], ** [11]

Radionuklid	λ_i (1/d)	levegő külső (Sv/év/Bq/m ³)	talaj külső (Sv/év/Bq/m ²)	víz külső* (Sv/s/Bq/m ³)	lenyelés		belégzés	
					1 éves (Sv/Bq)	felőtt (Sv/Bq)	1 éves (Sv/Bq)	felőtt (Sv/Bq)
H-3 (HTO)	speciális modell (lásd 4.9. pont)							
H-3 (HT)	1,5E-04	1,0E-11*	-	-	-	-	4,8E-15	1,8E-15
C-14 (CO ₂)	speciális modell (lásd 4.10. pont)							
C-14 (sz)**	3,3E-07	7,1E-12*	-	-	-	-	7,8E-12	2,9E-12
Cr-51	2,5E-02	4,8E-08	9,8E-10	3,3E-18	2,3E-10	3,8E-11	2,1E-10	3,7E-11
Mn-54	2,2E-03	1,3E-06	2,6E-08	8,9E-17	3,1E-09	7,1E-10	6,2E-09	1,5E-09
Co-58	9,8E-03	1,5E-06	3,0E-08	1,0E-16	4,4E-09	7,4E-10	7,5E-09	2,1E-09
Co-60	3,6E-04	4,0E-06	7,5E-08	2,7E-16	2,7E-08	3,4E-09	8,6E-08	3,1E-08
Kr-83m	9,1E+00	7,7E-11	-	-	-	-	-	-
Kr-85m	3,7E+00	2,2E-07	-	-	-	-	-	-
Kr-85**	1,8E-04	8,0E-09	-	-	-	-	-	-
Kr-87**	1,3E+01	1,2E-06	-	-	-	-	-	-
Kr-88**	5,9E+00	3,1E-06	-	-	-	-	-	-
Rb-88	5,6E+01	1,1E-06*	1,9E-08*	-	6,2E-10**	9,0E-11**	1,2E-10**	1,6E-11**
Sr-89	1,4E-02	1,4E-08	2,2E-09	1,5E-19	1,8E-08	2,6E-09	3,0E-08	7,9E-09
Sr-90	6,5E-05	3,1E-09	3,5E-09	3,8E-19	7,3E-08	2,8E-08	4,0E-07	1,6E-07
I-131 (a)	8,6E-02	5,8E-07	1,2E-08	-	-	-	7,2E-08	7,4E-09
I-132 (a)	7,2E+00	3,6E-06	7,2E-08	-	-	-	9,6E-10	1,1E-10
I-133 (a)	8,0E-01	9,5E-07	2,0E-08	-	-	-	1,8E-08	1,5E-09
I-134 (a)	1,9E+01	4,2E-06	8,3E-08	-	-	-	3,7E-10	4,5E-11
I-135 (a)	2,5E+00	2,6E-06	4,8E-08	-	-	-	3,7E-09	3,2E-10
I-131 (e)	8,6E-02	5,8E-07	1,2E-08	4,0E-17	1,8E-07	2,2E-08	1,6E-07**	2,6E-08**
I-132 (e)	7,2E+00	3,6E-06	7,2E-08	2,8E-16	2,4E-09	2,9E-10	2,3E-09**	3,1E-10**
I-133 (e)	8,0E-01	9,5E-07	2,0E-08	6,4E-17	4,4E-08	4,3E-09	4,1E-08**	4,0E-09**
I-134 (e)	1,9E+01	4,2E-06	8,3E-08	2,8E-16	7,5E-10	1,1E-10	6,9E-10**	1,5E-10**

3-3. táblázat (folytatás)

Radionuklid	λ_i (1/d)	levegő külső (Sv/év/Bq/m ³)	talaj külső (Sv/év/Bq/m ²)	víz külső* (Sv/s/Bq/m ³)	lenyelés		belégzés	
					1 éves (Sv/Bq)	felőtt (Sv/Bq)	1 éves (Sv/Bq)	felőtt (Sv/Bq)
I-135 (e)	2,5E+00	2,6E-06	4,8E-08	1,7E-16	8,9E-09	9,3E-10	8,5E-09**	9,2E-10**
I-131 (sz)	8,6E-02	5,8E-07	1,2E-08	-	-	-	1,3E-07**	1,5E-08**
I-132 (sz)	7,2E+00	3,6E-06	7,2E-08	-	-	-	1,8E-09**	1,9E-10**
I-133 (sz)	8,0E-01	9,5E-07	2,0E-08	-	-	-	3,2E-08**	3,1E-09**
I-134 (sz)	1,9E+01	4,2E-06	8,3E-08	-	-	-	4,3E-10**	5,0E-11**
I-135 (sz)	2,5E+00	2,6E-06	4,8E-08	-	-	-	6,7E-09**	6,8E-10**
Xe-131m**	5,8E-02	1,2E-08	-	-	-	-	-	-
Xe-133**	1,3E-01	4,4E-08	-	-	-	-	-	-
Xe-135**	1,8E+00	3,5E-07	-	-	-	-	-	-
Xe-138**	7,0E+01	1,7E-06	-	-	-	-	-	-
Cs-134	9,2E-04	2,4E-06	4,9E-08	1,6E-16	1,6E-08	1,9E-08	7,3E-09	6,6E-09
Cs-137	6,3E-05	8,7E-07	1,8E-08	6,3E-17	1,2E-08	1,3E-08	5,4E-09	4,6E-09
Cs-138	3,1E+01	3,8E-06*	6,9E-08*	-	5,9E-10	9,2E-11	1,8E-10	2,4E-11

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

Megjegyzendő, hogy a takarmánynövények és a talaj aktivitáskoncentrációja – a (3-10) egyenletben és a továbbiakban is, a tápláléklánc modelleknél szokásos módon - száraz tömegre, az élelmisznövényeké nyers tömegre vonatkozik.

3-4. táblázat A talaj és növényzet környezeti paraméterei [4]

Jelölés	A paraméter leírása	Értéke
α_1	befogási tényező takarmánynövényekre (száraz tömeg)	3 m ² /kg
α_2	befogási tényező élelmiszer-növényekre (nyers tömeg)	0,3 m ² /kg
λ_w	eltávolodási együttható (a növények felületéről)	0,05 1/d
λ_s	eltávolodási együttható (talaj gyökérzóna) - anionok - Sr és Cs - egyéb	0,5 1/év 0,05 1/év 0
t_e	a növény termésideje (expozíció) – takarmányok - élelmisznövények	30 d 60 d
t_h	tárolási idő – takarmányok - téli takarmány - élelmisznövények	0 90 d 14 d
t_b	a talaj expozíciós ideje	1,1·10 ⁴ d
ρ	felületi sűrűség (talaj gyökérzónája) - takarmányok - egyéb növények	130 kg/m ² 260 kg/m ²
f_p	a friss takarmányon tartás időhányada	0,7

A növényekben a talajból történő felszívódás következtében kialakuló aktivitáskoncentráció a SRS No. 19 kiadvány szerint [4]:

$$C_{v,i,2} = F_v \cdot C_{s,i} \quad (3-11)$$

ahol,

$C_{v,i,2}$ a növény aktivitáskoncentrációja a gyökéren keresztül történő felvételből (Bq/kg),

F_v talaj-növény koncentrációs faktor ((Bq/kg növény)/(Bq/kg talaj)),

$C_{s,i}$ a talaj aktivitáskoncentrációja a (3-9) egyenlet alapján (Bq/kg).

A (3-10) és (3-11) egyenletek alapján a növények aktivitáskoncentrációja az emberi fogyasztás, illetve takarmányozás időpontjában [4]:

$$C_{v,i} = (C_{v,i,1} + C_{v,i,2}) \exp(-\lambda_i t_h) \quad (3-12)$$

ahol,

$C_{v,i}$ a növény aktivitáskoncentrációja a felhasználás időpontjában (Bq/kg),

λ_i az i radionuklid fizikai bomlási állandója (1/d),

t_h betakarítás és a fogyasztás (felhasználás) közötti időtartam (d).

A radionuklidok fizikai bomlási állandóját a 3-3. táblázat, a talaj-növény koncentrációs faktorokat a 3-5. táblázat, a többi paraméter javasolt számértékeit a 3-4. táblázat foglalja össze.

Mivel a haszonállatokat jellemzően csak az év egy részében tartják friss takarmányon, az állati takarmány átlagos aktivitáskoncentrációja a következőképpen számolható [4]:

$$C_{a,i} = f_p C_{v,i} + (1 - f_p) C_{p,i} \quad (3-13)$$

ahol,

- $C_{a,i}$ az állati takarmány aktivitáskoncentrációja a felhasználás időpontjában (Bq/kg),
 $C_{v,i}$ a friss takarmány aktivitáskoncentrációja a (3-12) képlet szerint, $t_h = 0$ (Bq/kg),
 $C_{p,i}$ a tárolt takarmány aktivitáskoncentrációja a (3-12) képlet szerint, $t_h = 90$ d, (Bq/kg),
 f_p az év azon hányada, amikor az állatokat friss takarmányon tartják.

3.5. Aktivitáskoncentráció a haszonállatok tejében és húsában

A haszonállatok radionuklid-felvétele több módon is megvalósulhat:

- a szennyezett takarmány elfogyasztásával,
- az itatóvízzel,
- a talaj legelés közben történő lenyelésével,
- belégzéssel.

A c) alatti útvonal hatását a talaj-növény átviteli tényezőben figyelembe vették [4]. A d) útvonal járuléka elhanyagolható, ezzel a továbbiakban nem kell foglalkozni.

A hazai fogyasztási szokásoknak megfelelően a tej esetében csak a tehéntejjel, azaz a tehenre vonatkozó paraméterekkel történt a számolás, az SRS No. 19 kiadvánnyal [4] összhangban. A húsfogyasztásnál csak marhahússal számolnak, a hazai fogyasztási szokásoknak megfelelően ezt ki kellett terjeszteni a teljes húsfogyasztásra. (A sertésre és baromfira az [4] kiadványban nincsenek sem takarmányozási adatok, sem átviteli tényezők.)

Az i radionuklid aktivitáskoncentrációja a tejben a következőképpen számolható [4]:

$$C_{m,i} = F_m(C_{a,i}Q_m + C_{w,i}Q_w)\exp(-\lambda_i t_m) \quad (3-14)$$

ahol,

- $C_{m,i}$ az i radionuklid aktivitáskoncentrációja a tejben (Bq/dm³),
 F_m a napi radionuklid-felvétel tejben megjelenő hányada ((Bq/dm³)/(Bq/d)),
 $C_{a,i}$ a takarmány aktivitáskoncentrációja (Bq/kg),
 $C_{w,i}$ az itatóvíz aktivitáskoncentrációja (Bq/dm³),
 Q_m az állat napi takarmányfogyasztása (kg/d),
 Q_w az állat napi vízfogyasztása (dm³/d),
 λ_i a fizikai bomlási állandó (1/d),
 t_m a tej lefejeése és fogyasztása közötti időtartam (d).

Megjegyzendő, hogy a (3-14) egyenletben az itatóvíz aktivitáskoncentrációjánál most csak a légköri kibocsátás közvetett hatását kell figyelembe venni, a folyékony kibocsátásból származó közvetlen hatást nem. Az előbbire vonatkozóan egy korábbi tanulmányban megállapítottuk, hogy ezen útvonal járuléka elhanyagolható [12], így a teljesség kedvéért a képletben szerepel, azonban a számításokban már nem lett figyelembe véve.

A képletben szereplő paraméterek közül az F_m átviteli tényezőket a 3-5. táblázat, a radionuklidok fizikai bomlási állandóját a 3-3. táblázat, a többi paraméter számértékét a 3-6. táblázat foglalja össze.

3-5. táblázat Környezeti átviteli tényezők [4]

Elem	F_v – élelmi növ. (Bq/kg)/(Bq/kg)	F_v - takarmány (Bq/kg)/(Bq/kg)	F_m (Bq/dm ³)/(Bq/d)	F_f (Bq/kg)/(Bq/d)	K_d (Bq/kg)/(Bq/dm ³)	B_p (Bq/kg)/(Bq/dm ³)
H	speciális modell (lásd 4.9. pont)					
C	speciális modell (lásd 4.10. pont)					
Cr	1E-03	1E-01	2E-04	9E-02	10000	2,0E+02
Mn	3E-01	1E+01	3E-04	7E-04	1000	4,0E+02
Co	8E-02	2E+00	1E-02	7E-02	5000	3,0E+02
Rb	2E-01	2E+00	1E-01	3E-02	1000	2,0E+03
Sr	3E-01	1E+01	3E-03	1E-02	1000	7,5E+01
I	2E-02	1E-01	1E-2	5E-02	10	4,0E+01
Cs	4E-02	1E+00	1E-02	5E-02	1000	1,0E+04

F_v – élelmi növ.: talaj – élelmi növény koncentrációs faktor, (Bq/kg nyers tömeg)/(Bq/kg száraz tömeg),

F_v – takarmány: talaj – takarmány koncentrációs faktor, (Bq/kg száraz tömeg)/(Bq/kg száraz tömeg),

F_m : takarmány (ítatóvíz) – tej átviteli tényező (Bq/ dm³)/(Bq/d),

F_f : takarmány (ítatóvíz) – hús átviteli tényező (Bq/kg)/(Bq/d),

K_d : folyóvíz – szedimentum megoszlási tényező (Bq/kg száraz tömeg)/(Bq/dm³),

B_p : folyóvíz – hal bioakkumulációs tényező (Bq/kg nyers tömeg)/(Bq/dm³).

A hús aktivitáskoncentrációja a (3-14) egyenlethez hasonlóan számítható [4]:

$$C_{f,i} = F_f(C_{a,i}Q_f + C_{w,i}Q_w)\exp(-\lambda_i t_f) \quad (3-15)$$

ahol,

$C_{f,i}$	az i radionuklid aktivitáskoncentrációja a húsban (Bq/kg),
F_f	a napi radionuklid-felvétel húsban megjelenő hányada ((Bq/kg)/(Bq/d)),
$C_{a,i}$	a takarmány aktivitáskoncentrációja (Bq/kg),
$C_{w,i}$	az itatóvíz aktivitáskoncentrációja (Bq/dm ³),
Q_f	az állat napi takarmányfogyasztása (kg/d),
Q_w	az állat napi vízfogyasztása (dm ³ /d),
λ_i	a fizikai bomlási állandó (1/d),
t_f	az állat levágása és a hús fogyasztása közötti időtartam (d).

A képletben szereplő paraméterek közül az F_f átviteli tényezőket a 3-5. táblázat, a radionuklidok fizikai bomlási állandóját a 3-3. táblázat, a többi paraméter számértékét a 3-6. táblázat foglalja össze.

Itt is érvényes a korábbi megállapítás, miszerint a (3-15) egyenletben az itatóvíz aktivitáskoncentrációjánál csak a légköri kibocsátás közvetett hatását kell figyelembe venni, a folyékony kibocsátásból származó közvetlen hatást nem. Mivel az előbbire vonatkozóan már szerepelt, hogy ezen útvonal járuléka elhanyagolható, így a teljesség kedvéért a képletben szerepel, azonban a számításokban már nem lett figyelembe véve.

3-6. táblázat Az állatok takarmányozási és vízfogyasztási jellemzői, valamint az állati eredetű élelmiszerek tárolási idői [4]

Jelölés	A paraméter leírása	Értéke
Q_m	a tehén napi takarmányfogyasztása	16 kg/d
Q_w	a tehén napi vízfogyasztása	60 dm ³ /d
t_m	a tej fogyasztás előtti tárolási ideje	1 d
Q_f	a húsállat napi takarmányfogyasztása - marha	12 kg/d
Q_w	a húsállat napi vízfogyasztása - marha	40 dm ³ /d
t_f	a hús fogyasztás előtti tárolási ideje	20 d

3.6. A radionuklidok folyóvízi terjedési mechanizmusa

A folyóvízbe kibocsátott radioaktív szennyezők – miközben a befogadó vízközeggel együtt terjednek – koncentrációja diffúziós, szedimentációs folyamatok és a radioaktív bomlás miatt csökken. A radionuklidok fizikai, kémiai folyamatok révén kötődnek a környezeti elemekhez, illetve beépülnek a biológiai szervezetekbe, szövetekbe. Ezt követően a radionuklidok a fizikai, biológiai anyagokkal terjednek, és a különböző besugárzási útvonalakon keresztül sugárterhelést okoznak.

Az új blokkokból történő folyékony kibocsátások a melegvíz-csatornán keresztül a Dunába, mint befogadó víztömegbe kerülnek. Konzervatív közelítést eredményez a közbenső szakaszon (melegvíz-csatorna) történő hígulási, szedimentációs folyamatok elhanyagolása (a radioaktív bomlás a legtöbb radionuklidnál a Dunában történő terjedés során is elhanyagolható, csak a kiülepedett radionuklidok esetén kell figyelembe venni).

A folyóvízi hígulás és terjedés leírására alkalmazható legegyszerűbb modell teljes elkeveredést tételez fel. A kibocsátás helyéhez eléggé közel ez a feltevés bizonyosan nem teljesül, így a csóvában nagyobb koncentrációk várhatók, mint a teljes elkeveredéssel számoltak. Ennek mértékét nehéz pontosan megadni, mivel egyrészt igen sok paramétertől függ (kibocsátott szennyvíz és befogadó víztömegek, hőmérsékletek, áramlási sebességek stb.), másrészt a probléma matematikai kezelése is meglehetősen bonyolult. Ezen kívül, a folyó komplex éves hasznosítása során még az egy helyen élők esetében sem kapcsolódik minden besugárzási útvonal egy-egy kiindulási folyóvíz koncentrációhoz (gondoljunk itt pl. a halak kifogására és fogyasztására).

A fentiek miatt egyszerűsítő közelítésként a radioaktív anyagok hígulásánál, a folyóvízben kialakuló koncentrációk meghatározásánál, a SRS No. 19 kiadvány modelljét használtam fel [4].

A modell szerint a befogadó folyóban történő keveredés mértékétől függően három jellemző alapeset különböztethető meg (a kibocsátás helyétől az áramlás irányában haladva):

- az a tartomány, ahol még a függőleges irányú teljes elkeveredés sem történt meg (ide sorolandó a kibocsátási hely is), itt keveredés nélküli állapot feltételezhető,
- az a folyószakasz, ahol a függőleges irányú már igen, de az oldalirányú elkeveredés még nem valósult meg,
- végül, ahol már mind a függőleges, mind az oldalirányú elkeveredés teljes mértékű.

A koncentrációk meghatározásához, az egyes elkeveredési szakaszok jellemzéséhez – konzervatív közelítésként - a hidrológiai paraméterek sokéves minimum értékeit kell felhasználni.

A függőleges irányú teljes elkeveredéshez szükséges L_z távolság – helyspecifikus, mért értékek hiányában - a következő, közelítő képlettel számolható (a teljes elkeveredést a maximális és minimális koncentrációk közötti legfeljebb kétszeres aránnyal jellemezve) [4]:

$$L_z = 7D \quad (3-16)$$

ahol: D a folyó mélysége (m).

A vízhozam, vízmélység és a folyó szélessége segítségével meghatározható egy U átlagos áramlási sebesség (m/s):

$$U = \frac{q_r}{BD} \quad (3-17)$$

ahol,

- | | |
|-------|---------------------------------------|
| q_r | a folyó átlagos vízhozama (m^3/s) |
| B | a folyó szélessége (m). |

Az előbbi mennyiségek gyakorlati értékei a paksi Duna szakaszra jellemző sokéves minimum paraméterek ($q_r = 664 m^3/s$, $B = 370 m$, $D = 2,2 m$, [1]) felhasználásával:

$$\begin{aligned} L_z &= 15 \text{ m és} \\ U &= 0,72 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Az olyan - a kibocsátási helytől x távolságban lévő - pontokra, amelyekre az $x < L_z$ feltétel teljesül - azaz a Duna esetében a kibocsátás helyétől mindössze 15 m-re - reálisan nem tételezhető fel ivóvíz vagy öntözővíz céljára történő vízkivétel, vagy bármely egyéb közvetlen, vagy közvetett hasznosítás (egyedül az itt élő halaknak a vonatkoztatási csoport lakóhelye közelében történő kifogása képzelhető el elméletileg). Emiatt a szélsőségesen pesszimista - keveredés nélküli állapot - feltevése csak a határértékek betartásának durva ellenőrzésére lenne alkalmas.

Azokban a pontokban, ahol már az $x \geq L_z$ feltétel teljesül, meghatározandó egy A ún. részleges elkeveredési index [4]:

$$A = \frac{1.5Dx}{B^2} \quad (3-18)$$

Értéke a fenti hidrológiai paraméterekkel és $x = 6$ km távolságban: $A = 0,145$.

A SRS No. 19 kiadvány megfelelő táblázatából [4] meghatározható az ehhez tartozó, részleges elkeveredést jellemző P_r korrekciós tényező: $P_r=5,5$. Megjegyzendő, hogy a vonatkoztatási csoport lakóhelye (Gerjen) távolságaként a dózismegszorítást megalapozó tanulmányhoz [1] képest konzervatívabb, kisebb értéket választottam. Ennek oka az, hogy az új blokkok Környezeti Hatástanulmányának 2. Előrehaladási jelentése szerint Gerjen északi részén, 1516 fkm-nél parti szűrővíz vízszint távlati felhasználása várható [13].

Tehát x távolságban a folyékony kibocsátásból eredő aktivitáskoncentráció [4]:

$$C_{w,tot,i} = C_{t,i} P_r \quad (3-19)$$

ahol,

$C_{t,i}$ az i radionuklid teljes elkeveredéshez tartozó koncentrációja (Bq/m^3):

$$C_{t,i} = \frac{Q_i}{q_r} \exp\left(-\frac{\lambda_i x}{U}\right) \quad (3-20)$$

ahol,

Q_i az i radionuklid átlagos kibocsátási sebessége (Bq/s),
 q_r a folyó átlagos vízhozama (m^3/s),
 λ_i a fizikai bomlási állandó ($1/s$),
 x a kibocsátás és a receptor pont közötti távolság (m),
 U a folyó átlagos sebessége (m/s).

A szedimentáció folyamatának eredményeként a vízben oldott radionuklidok kölcsönhatásba lépnek a vízben lebegő szilárd anyagokkal, valamint a folyó partjának és medrének anyagával.

A szedimentumhoz kötődött és a vízben oldott radionuklidok koncentrációinak arányát a K_d megoszlási tényezővel jellemzik ($(Bq/kg)/(Bq/dm^3)$). Megjegyzendő, hogy K_d értéke elég széles tartományban arányos a szuszpendálódott szilárd anyag koncentrációjával [4].

A szedimentáció a vízben oldott radionuklidok koncentrációját csökkenti, így [4]:

$$C_{w,s,i} = \frac{C_{w,tot,i}}{1+0.001K_{d,i}S_s} \quad (3-21)$$

ahol,

- $C_{w,s,i}$ az i radionuklid szedimentációs hatás következtében kialakuló vízkoncentrációja (Bq/m^3),
 $C_{w,tot,i}$ a szedimentációs hatás nélkül számolt vízkoncentráció ((3-18), (Bq/m^3)),
0,001 a dm^3/kg és m^3/kg egységek átváltási aránya,
 $K_{d,i}$ az i radionuklid megoszlási tényezője ($(Bq/kg)/(Bq/dm^3)$),
 S_s a szuszpendálódott szilárd anyag koncentrációja ($0,05 g/dm^3$).

Megjegyzendő, hogy – konzervatív megközelítésként – a SRS No. 19 kiadvány a szedimentáció aktivitáskoncentráció-csökkentő hatásának elhanyagolását javasolja [4], a számítások ennek megfelelően történtek.

3.7. A radionuklidok koncentrációja a parti szedimentumban

A folyóvízben oldott állapotban lévő radionuklidok egy része megkötődik a vízzel érintkező szilárd anyagok felületén (szedimentáció) (lásd 3.6.).

A folyópart felületi aktivitáskoncentrációja a SRS No. 19 kiadvány a következőképpen számolja [4]:

$$C_{s,s,i} = \frac{0,1 \cdot 0,001 \cdot K_{d,i} \cdot 60 \cdot C_{w,tot,i}}{1+0,001S_sK_{d,i}} \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i T_e)}{\lambda_i T_e} \quad (3-22)$$

ahol,

- 0,1 a folyóparti és folyófenéki szedimentum $K_{d,i}$ értékeinek aránya a vízben szuszpendálódottéhoz viszonyítva,
0,001 a dm^3/kg és m^3/kg egységek átváltási aránya,
60 a part menti szedimentum felületi sűrűsége (kg/m^2),
 T_e a radionuklid akkumulációjának ideje ($T_e = 3,1 \cdot 10^7 s$).

A radionuklidok bomlási állandóját a 3-3. táblázat, az elemfüggő K_d megoszlási tényezőket a 3-5. táblázat foglalja össze.

3.8. Aktivitáskoncentráció a halhúsban

A halban kialakuló aktivitáskoncentráció a következőképpen számolandó [4]:

$$C_{af,i} = C_{w,i} B_p / 1000 \quad (3-23)$$

ahol,

- $C_{af,i}$ az i radionuklid aktivitáskoncentrációja a halban (Bq/kg),
 $C_{w,i}$ az oldott állapotú i radionuklid aktivitáskoncentrációja a vízben (Bq/m^3),
 B_p a bioakkumulációs faktor a halra ($(Bq/kg)/(Bq/dm^3)$),
1000 konverziós tényező (dm^3/m^3).

Megjegyzendő, hogy más vízi eredetű táplálék (pl. kagyló) aktivitáskoncentrációit is hasonlóan lehet meghatározni, azonban ezek a hazai táplálkozásban nem játszanak szerepet.

A bioakkumulációs faktort számos tényező befolyásolja, így adott radionuklid és halfaj esetén is nagyságrendekkel változhat az értéke. A SRS No. 19 kiadvány konzervatívnak tekinthető értékeket közöl [4], a számításokban ezeket használtam fel (3-5. táblázat).

3.9. Aktivitáskonzentráció az ivóvízben és itatóvízben

A SRS No. 19 kiadványban – konzervatív közelítésként – az ivó, illetve itatóvíz aktivitáskonzentrációját a folyóvizével veszik megegyezőnek, azaz a víztisztítás hatását elhanyagolják [4]. Ugyan hazai viszonyok között nem szokásos a felszíni vizek közvetlenül ivóvízként való használata - valójában itatóvízként történő közvetlen használatuk sem jellemző -, a számításokban ezt a közelítést alkalmaztam. (A parti szűrűsű kutak már valamilyen – a radionuklid fizikai-kémiai tulajdonságaitól függő – mértékű aktivitáskonzentráció-csökkenést eredményeznek.)

3.10. Az öntözött talaj és növényzet aktivitáskonzentrációja

A talaj és növényzet esetén a radionuklidok kiülepedéséből származó aktivitáskonzentrációk a (3-9) és (3-10) képletekkel számíthatók. Ugyanezen képletekkel határozhatók meg az öntözés következtében kialakuló aktivitáskonzentrációk is, ha a kiülepedési sebességet a következő módon vesszük figyelembe [4]:

$$\dot{d}_i = C_{w,i} I_w \quad (3-24)$$

ahol,

$C_{w,i}$ az i radionuklid aktivitáskonzentrációja az öntözővízben (Bq/m³),
 I_w az átlagos öntözési sebesség (m³·m⁻²·d⁻¹).

Meg kell jegyezni, hogy a SRS No. 19 kiadvány másmilyen átlagos öntözési sebességgel, illetve öntözési időtartammal számol a talajra és a növényzetre, az utóbbi esetében csak a termésidőszakot veszik figyelembe [4]. A javasolt értékek a következők:

I_w (a növény termésidőszakára) = $1,3 \cdot 10^{-3}$ m³·m⁻²·d⁻¹, I_w (éves átlagra) = $4,3 \cdot 10^{-4}$ m³·m⁻²·d⁻¹.

A számításhoz szükséges egyéb paraméterek megegyeznek a 3.4. és 3.5. szakaszban leírtakkal.

3.11. Aktivitáskonzentráció az állati termékekben (tej, hús)

Az állatok radionuklid felvételének módjait a 3.6. pont tárgyalta. Itt a takarmányok esetében az öntözés miatt bekövetkező szennyezést, az itatóvíznél pedig a közvetlen (folyóvíz – öntözővíz) szennyeződést kell figyelembe venni.

A számítás menete és a felhasználandó paraméterek megegyeznek a 3.6. pontban leírtakkal.

4. A LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS MEGHATÁROZÁSA

4.1. A lakosság vonatkoztatási csoportja

A Bevezetésben leírtak szerint az OTH az új atomerőműi blokkok telephelyének környezetében meghatározta a lakosság vonatkoztatási csoportját is. Eszerint a vonatkoztatási csoport a Csámpa-pusztán élő felnőttek csoportja, és e csoport hipotetikusán magába foglalja a vízi kibocsátásoknál figyelembe vett első, jobb parti település (Gerjen) hasonló életkorú lakóit is.

Ugyancsak a Bevezetésben említettek szerint, a jelenlegi atomerőműi blokkoktól eltérően a vonatkoztatási csoportot a fenti lakóhelyű felnőttek alkotják, a várható üzemi események dózishatásainak figyelembevétele miatt. A kibocsátási határértékek meghatározásánál azonban azt a korábban már a KKÁT kibocsátási határértékeinek felülvizsgálatánál [5] is alkalmazott, konzervatív közelítést fogadtam el, miszerint a két korcsoportra (1 éves gyermekek és felnőttek) meghatározott, egységnyi kibocsátásra vonatkozó sugárterhelésekből minden radionuklidnál a nagyobb értékkel számolok. (A környezethasznosítási, fogyasztási paraméterek, illetve a dózistényezők eltérő súlya miatt ugyanis általában nem egy korcsoport dózisa lesz a meghatározó, ez a teljes dózis vonatkozásában is csak adott kibocsátási spektrumra érvényes.)

Az SRS No. 19 [4] ajánlásban éppen a fenti - 1 éves gyermekek és felnőttek – korcsoportokra közölnek belégzési és lenyelési dózistényezőket. Egyes – ebben az ajánlásban nem szereplő - radionuklidoknál (pl. a Kr-88 leányeleme, a Rb-88), illetve fizikai-kémiai formáknál (pl. elemi formájú radiojód) a NAÜ új Biztonsági Alapszabályzatából [11] vettem át a megfelelő dózistényezőket. A nemesgázokra érvényes, levegő bemerülési dózistényezők szintén az utóbbi irodalomból származnak. A folyóvízi bemerülés dózistényezőinek forrása – mivel ilyen besugárzási útvonal a SRS No. 19 kiadványban nincsen – az FGR No. 12 kiadvány [10] volt (3-3. táblázat).

A kibocsátási határérték származtatásához az egységnyi kibocsátáshoz tartozó dózis becslésénél az összes lényeges sugárterhelési útvonalat számításba kell venni. A lényeges sugárterhelési útvonalak kiválasztásakor messzemenően figyelembe veendő a hazai lakosság - ezen belül, ha lehetséges, elsősorban a vonatkoztatási csoport - étel- és ital-fogyasztási és környezethasznosítási jellemzői.

A teljesség kedvéért a számításokban szerepel a talajról történő visszaporlódás (reszuszpenzió) következtében fellépő külső és belső sugárterhelés meghatározása, amelyek az eredő sugárterhelésben 1%-nál is kisebb járulékkal rendelkeznek. A korábban, a 3.5. pontban elmondottak értelmében azonban elhanyagoltam a légköri kibocsátás – talajfelszíni kiülepedés – felszíni vízbe történő bemosódás útvonalat, amely még az előbbinél is kisebb sugárvédelmi jelentőségű [12].

4.2. Külső sugárterhelés a szennyezett levegőtől

A szennyezett levegőtől származó, külső sugárterhelés egyszerű számítása az ún. félévtelen felhő modellen alapul, azaz azon a feltevésen, hogy a receptor pontban kialakuló aktivitáskoncentráció azonos a talaj felszíne feletti térrész minden pontjában. Ebben az esetben [4]:

$$E_{im,i} = C_{A,i} D F_{im,i} O_f \quad (4-1)$$

ahol,

- $E_{im,i}$ az i radionuklid éves bemelegítési dózisa (Sv/év),
 $C_{A,i}$ az i radionuklid éves átlagos levegőaktivitás-koncentrációja (Bq/m³),
 $DF_{im,i}$ az i radionuklid bemelegítési dózistényezője ((Sv/év)/(Bq/m³)),
 O_f az expozíció éves időhányada.

Megjegyzendő, hogy a fenti számítás a szabadban tartózkodásra érvényes, az épületek hatását egy árnyékolási tényezővel kell figyelembe venni. Az SRS No. 19 kiadvány ezt a problémát úgy oldja fel, hogy - konzervatív közelítésként - $O_f = 1$ értéket feltételeztek. A korábbi számításokkal [5] összhangban realisabb szabadban tartózkodási időt feltételeztem (4-1. táblázat) az épületek árnyékoló hatásának figyelembevételével.

4-1. táblázat. Fogyasztási és környezethasznosítási paraméterek

Jelölés	A paraméter leírása	Értéke	Forrás
Q_f	a szabadban tartózkodás éves időhányada - 1 éves	0,17 (-)	*
	- felnőtt	0,17 (-)	*
	a folyóparton tartózkodás időhányada - 1 éves	0,017 (-)	*
	- felnőtt	0,017 (-)	*
	a csónakázás időhányada - 1 éves	0,0058 (-)	*
	- felnőtt	0,035 (-)	*
k_s	az úszás, fürdés éves időhányada - 1 éves	0,017 (-)	*
	- felnőtt	0,017 (-)	*
R_{inh}	öntözött földeken tartózkodás időhányada - 1 éves	0,058 (-)	*
	- felnőtt	0,058 (-)	*
k_s	az épület árnyékoló hatása	0,2 (-)	[16]
R_{inh}	éves léghézteljesítmény - 1 éves	1400 m ³ /év	[4]
	- felnőtt	8400 m ³ /év	[4]
k_f	az épület szűrőhatása	0,3 (-)	[16]
H_p	éves ivóvízfogyasztás - 1 éves	125 dm ³ /év	[14]
	- felnőtt	152 dm ³ /év	[14]
	leveles zöldség** éves fogyasztása - 1 éves	43,4 kg/év	[14]
	- felnőtt	136 kg/év	[14]
	gyökértermésű zöldség*** éves fogyasztása - 1 éves	68 kg/év	[14]
	- felnőtt	184 kg/év	[14]
	tej és tejtermék éves fogyasztása - 1 éves	119 kg/év	[14]
	- felnőtt	132 kg/év	[14]
	marhahús éves fogyasztása - 1 éves	3,5 kg/év	[14]
	- felnőtt	3,9 kg/év	[14]
	baromfi-hús éves fogyasztása - 1 éves	4,8 kg/év	[14]
	- felnőtt	17 kg/év	[14]
	sertéshús éves fogyasztása - 1 éves	20 kg/év	[14]
	- felnőtt	70 kg/év	[14]
	éves halfogyasztás - 1 éves	1 kg/év	*
	- felnőtt	10 kg/év	*

* becsült adat; ** leveles zöldség, gyümölcs, csonthéjasok, gomba és bogyós zöldség együtt;

*** gyökértermésű zöldség, gabona, rizs és burgonya együtt

A reszuszpendálódott, azaz a talaj vagy növények felszínéről a levegőbe visszajutó radionuklidok által okozott külső sugárterhelés számítása a (4-1) képlethez hasonlóan történik.

A bemerülési dózistényezőket a 3-3. táblázat foglalja össze.

4.3. Külső sugárterhelés a szennyezett talajtól

A 3.3. és 3.10 pontokban szerepelt a talaj kiülepedésből, illetve öntözésből eredő aktivitáskoncentrációjának számítása. A talaj szennyeződéséből származó külső sugárterhelés a következőképpen számítható [4]:

$$E_{gr,i} = C_{gr,i} DF_{gr,i} O_f \quad (4-2)$$

ahol,

$C_{gr,i}$ az i radionuklid talajfelszíni depozíciója a (3-9) egyenlet szerint (Bq/m^2),
 $DF_{gr,i}$ az i radionuklid talajfelszíni dózistényezője $((Sv/év)/(Bq/m^2))$,
 O_f az expozíció éves időhányada.

A fenti egyenlet – a (4-1) képlethez hasonlóan – a szabadban való tartózkodás esetén érvényes, O_f értékére a SRS No. 19 kiadványban felvett 1 érték helyett ismét realisabb értékkel számoltam (4-1. táblázat).

A talajfelszíni dózistényezőket a 3-3. táblázat tartalmazza.

4.4. Külső sugárterhelés a szennyezett folyóparttól

A 3.7. pont ismertette a folyóvíz – folyópart (szedimentum) közötti kölcsönhatás eredményeként kialakuló aktivitáskoncentráció számítási képletét. A folyóparton való tartózkodás – strandolás, napozás – következtében létrejövő külső sugárterhelés számítása az előző ponthoz hasonlóan történhet [4]:

$$E_{m,i} = C_{s,s,i} DF_{gr,i} O_f \quad (4-3)$$

ahol,

$C_{s,s,i}$ az i radionuklid folyóparti felületi aktivitáskoncentrációja a (3-22) képlet szerint (Bq/m^2),
 $DF_{gr,i}$ az i radionuklid talajfelszíni dózistényezője $((Sv/év)/(Bq/m^2))$,
 O_f az expozíció éves időhányada.

Megjegyezzük, hogy egyes modellek a különböző besugárzási geometria miatt – a talajfelszín végtelen síknak tekinthető, míg a folyópart véges kiterjedésű – a (4-3) egyenletben korrekciós tényezőt alkalmaznak. A jelen számításokban – a SRS No. 19 kiadványhoz [4] hasonlóan – ettől eltekintettem, ami konzervatív megközelítést eredményez.

4.5. Külső sugárterhelés a szennyezett folyóvíztől

Ezt a besugárzási útvonalat a SRS No. 19 kiadvány [4] nem vette figyelembe. A korábbi számítások szerint a 4.4. pontban leírt sugárterheléshez képest a járuléka valóban nem számottevő [5], azonban a teljesség kedvéért szerepel a modellben és a számításokban.

Ez a besugárzási útvonal tulajdonképpen két részútvonalra bontható:

- úszás, fürdés (teljes bemerülés a vízbe),

- csónakázás (a vízfelszínen való tartózkodás).

A sugárterhelés a levegőbe történő bemerülési dózishoz hasonló képlettel számítható:

$$E_{im,w,i} = C_{w,i} DF_{im,w,i} g_{im,w,i} O_f \quad (4-4)$$

ahol,

- $C_{w,i}$ az i radionuklid aktivitáskoncentrációja a folyóvízben (Bq/dm³),
- $DF_{im,w,i}$ a vízi bemerülési dózistényező ((Sv/év)/(Bq/dm³)),
- $g_{im,w,i}$ a geometriai korrekciós tényező (úszásra = 1, csónakázásra = 0,5),
- O_f az expozíció éves időhányada.

O_f értékét a 4-1. táblázat tartalmazza, a vízi bemerülési dózistényezőket pedig a 3-3. táblázat foglalja össze.

4.6. Külső sugárterhelés az öntözött földektől

A számítás a (4-2) képlettel teljesen megegyező módon történik. A talaj felületi aktivitáskoncentrációjának meghatározására a 3.10. pontban elmondottak érvényesek.

Az öntözött területeken való tartózkodás éves időhányada a 4-1. táblázatban, a külső besugárzás dóziskonverziós tényezői a 3-3. táblázatban találhatók.

4.7. Belső sugárterhelés a szennyezett levegő belégzéséből

A radionuklidokat tartalmazó felhőben való tartózkodás során nem csak külső, hanem a levegő belégzése révén belső sugárterhelés is fellép. A belső sugárterhelés számítása [4]:

$$E_{inh,i} = C_{A,i} R_{inh} DF_{inh,i} \quad (4-5)$$

ahol,

- $E_{inh,i}$ az i radionuklid belégzéséből eredő belső, lekötött effektív dózis (Sv/év),
- $C_{A,i}$ az i radionuklid levegő aktivitáskoncentrációja (Bq/m³),
- R_{inh} az éves légzésteljesítmény (m³/év),
- $DF_{inh,i}$ az i radionuklid belégzési dózistényezője (Sv/Bq).

Ismét hangsúlyozni kell, hogy a (4-5) egyenlet is csak a szabadban való tartózkodás esetén érvényes, épületekben az épület szűrőhatása révén az aktivitáskoncentráció valamelyest kisebb lesz. A SRS No. 19 kiadvány, amint korábban említettem, konzervatív közelítésként feltételezte, hogy a vonatkoztatási csoport tagjai teljes évben a szabadban tartózkodnak. A korábbiakhoz hasonlóan, a jelenlegi számításokban is realisabb feltevést alkalmaztam az épületek szűrőhatásának figyelembevételével (4-1. táblázat).

Végül megjegyzendő, hogy a levegőbe a talajról vagy a növények felületéről a levegőbe visszajutó (reszuszpendálódott) radionuklidok belégzése által okozott belső sugárterhelés a (4-5) képlettel megegyező módon történhet.

4.8. Belső sugárterhelés a szennyezett ivóvíz és élelmiszerek fogyasztásából

A korábbi pontok ismertették azokat a képleteket, amelyek segítségével a különböző kibocsátásokat követően meghatározhatók a fogyasztásra kerülő ivóvíz, valamint a növényi és állati eredetű élelmiszerek aktivitáskoncentrációi.

Az ivóvíz és élelmiszerek fogyasztásából származó belső sugárterhelés [4] alapján:

$$E_{ing,p,i} = C_{p,i} H_p DF_{ing,i} \quad (4-6)$$

ahol,

$E_{ing,p,i}$ az i radionuklid ivóvíz és élelmiszerek fogyasztásából származó belső, lekötött effektív dózisa (Sv/év),

$C_{p,i}$ az i radionuklid koncentrációja a p élelmiszerben,

H_p a p élelmiszer éves fogyasztása (kg/év),

$DF_{ing,i}$ a i radionuklid lenyelési dózistényező (Sv/Bq).

A lenyelési dózistényezőket a 3-3. táblázat, a fogyasztási adatokat a 4-1. táblázat foglalja össze.

4.9. Speciális modell a tríciumtól származó sugárterhelés számítására

A trícium táplálékláncban történő mozgásának leírása alapvetően eltér a korábban ismertetett, koncentráció faktorokon alapuló modellektől.

A trícium esetén a SRS No. 19 ajánlás által is alkalmazott alapfeltevés az, hogy specifikus aktivitása - azaz a trícium aktivitása az egységnyi víztömeghez viszonyítva – minden környezeti komponensben és élő szervezetben azonos, tehát nincs ún. izotóp effektus [4]. A modell szerint csak a HTO formájú trícium képes a – vízzel együtt – beépülni az élőlényekbe, a légnemű, pl. szerves forma legfeljebb belélegzési dózist okozhat. (Mivel a trícium lágybéta-sugárzó, külső sugárterheléssel egyáltalán nem kell számolni.)

A fentiek alapján a vonatkoztatási csoport tríciumtól származó belső sugárterhelése [4] alapján:

$$E_T^{max} = [(C_A)_{x_1}^{max} \cdot (f_A)_{x_1} + (C_W)_{x_2}^{max} \cdot (f_W)_{x_2}] g \quad (4-7)$$

ahol,

E_T^{max} a trícium kibocsátásból származó éves effektív dózis (Sv/év),

$(C_A)_{x_1}^{max}$ a levegő vízgőz tartalmának trícium koncentrációja az x_1 helyen (Bq/dm³),

$(f_A)_{x_1}$ a teljes vízfelvétel azon hányada, amely a levegő vízgőz tartalmával kapcsolatos (konzervatív közelítésben értéke 1),

$(C_W)_{x_2}^{max}$ a víz trícium koncentrációja az x_2 helyen (Bq/dm³),

$(f_W)_{x_2}$ a teljes vízfelvétel azon hányada, amely a folyékony kibocsátás befogadó víztömegével kapcsolatos (konzervatív közelítésben értéke 1),

g az egységnyi specifikus aktivitású trícium dóziskonverziós tényezője (2,6·10⁻⁸ (Sv/év)/(Bq/dm³)).

A (4-7) képletben szereplő trícium koncentráció számítása a következőképpen történik [4]:

$$(C_A)_{x_1}^{max} = \frac{(X)_{x_1}^{max}}{(H)_{x_1}} \quad (4-8)$$

ahol,

$(X)_{x_1}^{max}$ a légköri kibocsátásból származó trícium koncentrációja a levegőben, az x_1 pontban (Bq/m³),

$(H)_{x_1}$ a levegő abszolút nedvességtartalma ($6 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3/\text{m}^3$).

A $(C_w)_{x_2}^{max}$ koncentráció a vízi terjedés leírásánál megadott módon számítható (3.6. pont).

4.10. Speciális modell a C-14 izotóptól származó sugárterhelés számítására

A C-14 specifikus aktivitás modellje hasonló a tríciuméhoz, azonban a SRS No. 19 kiadvány további, speciális feltevéseket is megfogalmazott [4]:

- a lenyelési útvonal a meghatározó, minden más besugárzási útvonal járuléka elhanyagolható,
- csupán a CO_2 kémiai formában kibocsátott C-14 képes a növények fotoszintézisén keresztül a táplálékláncba belépni,
- a növényekben így keletkező – C-14-gyel „jelzett” - szerves molekulák a stabil szénnel együtt mozognak a táplálékláncban (azaz nincs izotópeffektus).

Kiegészítésül megjegyzendő, hogy a szerves formában kötött és kibocsátott C-14 esetében a fentiek szerint csak a belégzési útvonal értelmezhető, így a kibocsátási határérték meghatározásánál erre a besugárzási útvonalra számoltam.

A CO_2 formában a légkörbe kibocsátott C-14 által okozott sugárterhelés a következőképpen számolható [4] szerint:

$$E^{max} = (A)_x^{max} \cdot (f_{c,a})_x \cdot g \quad (4-9)$$

ahol,

E^{max} az éves effektív dózis (Sv/év),
 $(A)_x^{max}$ a C-14 specifikus aktivitása az élelmiszerekben az x pontban (Bq/g szén),
 $(f_{c,a})_x$ a teljes szénfelvételnek az x helyről származó hányada (konzervatív közelítésben értéke 1),
 g az egységnyi specifikus aktivitású C-14 dóziskonverziós tényezője ($5,6 \cdot 10^{-5} \text{ (Sv/év)/(Bq/g)}$).

A (4-9) egyenletben szereplő specifikus aktivitás a következő képlettel számítható [4]:

$$(A)_x^{max} = \frac{(X)_x^{max}}{(C)_x} \quad (4-10)$$

ahol,

$(X)_x^{max}$ a légköri kibocsátásból származó C-14 aktivitáskoncentrációja a levegőben, az x pontban,
 $(C)_x$ a szén koncentrációja a levegőben ($1,8 \cdot 10^{-1} \text{ g/m}^3$).

A SRS No. 19 kiadvány [4] nem tárgyalja a folyékony kibocsátású C-14 sugárterhelésének meghatározását. A probléma megoldására a trícium és a C-14 specifikus aktivitáson alapuló modelljeiből kiindulva, a KKÁT kibocsátási határértékeinek felülvizsgálatát megalapozó tanulmányban [5] a következőkben leírt modell lett kifejlesztve.

A jelenlegi atomerőműi blokkok esetén a folyékony kibocsátásban a C-14 feltételezett – vagy legalábbis mennyiségileg meghatározott - kémiai formája karbonát [7], nincs ok annak feltételezésére, hogy ez ne lenne érvényes az új blokkokra is.

A C-14 specifikus aktivitása a receptor pontnál a (4-10) egyenlethez hasonlóan határozható meg. A C-14 aktivitáskoncentrációja a többi radionuklid hígulásával azonosan számolható (3.6 szakasz), a Duna-víz szénkoncentrációja pedig az oldott hidrokarbonát tartalomból (175 mg/dm^3 , [15]) származtatható (34 mg/dm^3).

A modell a vízi táplálékláncon keresztül történő felvételre is feltételezi, hogy - a specifikus aktivitás modell alapfeltevése értelmében – a Duna-víz és az ember C-14 specifikus aktivitása megegyező. Ez – még inkább, mint a légköri kibocsátásnál – konzervatív feltevésnek tekinthető, ugyanis a vízi tápláléklánc súlya korántsem olyan meghatározó, mint a szárazföldi táplálékláncé.

5. AZ ÚJ BLOKKOK KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEI

Az előző fejezetekben ismertetett modellszámításokban alkalmazott konzervatív feltételezések, megközelítések kellő biztonsággal teljesítik azt a feltételt, miszerint a kibocsátási határérték betartása, illetve a kibocsátási határérték kritérium teljesülése esetén a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást (lásd Bevezetés), azaz a határértékek származtatásánál a $\Gamma=1$ biztonsági tényező alkalmazása is elegendő. Ennek részletes, számszerű bizonyítása a 6. fejezetben található. (Előljáróban még annyit meg kell jegyezni, hogy a jelenlegi blokkok, illetve a KKÁT érvényes határértékeinél is ez a megközelítés érvényesült.)

Összhangban a Bevezetésben elmondottakkal, az 5. fejezet a légköri kibocsátások tekintetében a normál üzemi (a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet megnevezése szerint TA1 üzemállapot) és a várható üzemi eseményekre (TA2 üzemállapot) külön tárgyalja a kibocsátási határértékek meghatározását. Mivel mindkét üzemállapotnál két-két kibocsátási magasság is lehetséges, a határértékek ennek megfelelően további alcsoportokba sorolódnak. (Végeredményben négy légköri kibocsátási határérték sorozatot kell alkalmazni.)

Ettől eltérően a folyékony kibocsátásoknál normál üzemben csak egy kibocsátási pont van (az új melegvíz-csatorna belépési pontja), és – a megrendelői adatközléssel [6] összhangban – nem várható, hogy a TA2 üzemállapotnál akár a kibocsátási pont, akár a kibocsátásra kerülő radionuklidok köre különbözne a TA1 üzemállapottól.

5.1. Légköri kibocsátások

5.1.1. Normál üzemi kibocsátások

Az előző fejezetek ismertették a lakosság vonatkoztatási csoportjának a normál üzemi légköri kibocsátásokból származó sugárterhelésének becslésére alkalmas modelleket.

Az egyik kibocsátási pont a 100 m fizikai magasságú szellőző kémény [6], amelynél - a jelenlegi blokkok gyakorlatával megegyezően – 120 m-es effektív kéménymagasságot feltételeztem. (Megjegyzendő, hogy a jelenlegi meteorológiai toronyban ilyen magasságban is mérik a számításokhoz szükséges meteorológiai paramétereket.) A másik kibocsátási pont a turbinacsarnoknál, a megrendelői adatközlés szerint 40 m-es magasságban van [6]. Mivel erre vonatkozóan nincs az effektív kibocsátási magasságra információ, a fizikai magassággal történtek a számítások, azonban az ehhez legközelebbi, 50 m-es magasságban mért meteorológiai adatokat kellett használni.

A légköri kibocsátásoknál a vonatkoztatási csoport lakhelye Csámpa. Az új blokkok kibocsátási pontjai és a vonatkoztatási csoport lakóhelyének távolsága kerekén 1500 m, azonban a dózismegszorítás megalapozására végzett számításokkal [1] való összhang érdekében 1300 m-re történtek a jelenlegi számítások is, amely egyúttal konzervatív megközelítést jelent. Az új blokkok várható elhelyezését figyelembe véve Csámpa a 12. szektorba esik.

A kibocsátási határértékek konzervatív becsléséhez 13 év meteorológiai adatsorából történt az 5-1.a és 5-1.b táblázatban összefoglalt χ hígulási tényezők számítása, a (3-1) egyenlet alapján.

5-1.a táblázat A 2001-2013 közötti meteorológiai adatsorokból számolt hígulási tényezők (s/m^3 , $H = 120 \text{ m}$, $x = 1300 \text{ m}$, 12. szektor)

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
4,8E-08	7,3E-08	6,8E-08	5,3E-08	7,8E-08	6,5E-08	6,8E-08
2008	2009	2010	2011	2012	2013	
6,3E-08	9,3E-08	7,5E-08	5,7E-08	6,0E-08	7,3E-08	

5-1.b táblázat A 2001-2013 közötti meteorológiai adatsorokból számolt hígulási tényezők (s/m^3 , $H = 40 \text{ m}$, $x = 1300 \text{ m}$, 12. szektor)

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1,6E-07	2,1E-07	2,2E-07	1,7E-07	4,4E-07	2,2E-07	2,5E-07
2008	2009	2010	2011	2012	2013	
1,6E-07	1,7E-07	2,6E-07	4,0E-07	1,9E-07	1,8E-07	

Látható, hogy a legnagyobb és a legkisebb hígulási tényező között közel kétszeres (120 m), illetve több mint kétszeres eltérés van (40 m). A kibocsátási határértékek konzervatív becslése érdekében a legnagyobb levegőaktivitás-koncentrációkat eredményező 2009. évi (120 m), illetve 2005. évi (40 m) hígulási tényezővel határoztam meg az 1 GBq/év kibocsátáshoz tartozó külső, belső és teljes sugárterheléseket, majd a 90 μSv dózismegszorításhoz tartozó éves kibocsátásokat.

5.1.2. Léggöri kibocsátások a várható üzemi eseményeknél

Amint arra a 3.1.2. pontban utaltam, a várható üzemi események során történő léggöri kibocsátások rövid ideig tartanak, emiatt a léggöri terjedés számítása nem a (3-1) képlet szerinti, szektorátlagolt Gauss-moddal, hanem a (3-5) képlettel történhet. A megrendelői adatközlésnek megfelelően erre az esetre érvényes kibocsátási magasságok [6]: 120 m (effektív kéménymagasság) és 35 m (gőzleválasztó).

A dózismegszorítás megállapítását megalapozó tanulmány [1] számításaival lehetőleg összhangban 0,5 óráig tartó kibocsátást, a 120 m-es magasságnál C és D, a 35 m-es kibocsátásnál C és F Pasquill-kategóriákat feltételeztem. A C és D kategóriánál 3,5 m/s szélesség az F kategóriánál 2 m/s szélesség, a C kategóriánál 5 mm eső voltak a további kiinduló feltevések.

5.1.3. A vonatkoztatási csoport sugárterhelése és a kibocsátási határértékek

A kibocsátási határértékeket a KöM rendelet értelmében minden szóba jöhető radionuklidra (és fizikai-kémiai formára) meg kell határozni. Az első lépés tehát a figyelembe veendő radionuklidok listájának összeállítása. A megrendelő adatközlés tartalmazta mind a normál üzemi, mind a várható üzemi eseményekre várható kibocsátásokat [6], amely egyúttal meghatározta a szóba jövő radionuklidok körét is. A fizikai-kémiai formára az előbbinél nincs utalás, ezért – a jelenlegi blokkok határértékeihez hasonlóan – a legtágabb értelmezést választva, a következő formákat vettem figyelembe:

- H-3 esetén HTO és HT,
- C-14 esetén CO_2 és CH_4 ,
- radiojód esetén aeroszolhoz kötött, elemi és szerves (CH_3I).

Az itt fel nem tüntetett radionuklidok feltételezett fizikai-kémiai formája: gáznemű (nemesgázok), illetve aeroszol (a [4] kiadvánnyal összhangban 1 μm AMAD jellemző szemcsemérettel).

A dózisszámítások részeredményeit tartalmazó táblázatok a Függelékben található. A csámpai 1 éves gyermekekre és felnőttekre számolt teljes dózisokat, továbbá a radionuklidonkénti korlátozó dózisokat és a kibocsátási határértékeket az 5-2.a és 5-2.b táblázatok foglalják össze a normál üzemi kibocsátásokra 120 m-es és 40 m-es kibocsátási magasságokra. Az 5-1.a és 5-1.b ábrák szemléltetik az egyes radionuklidok normál üzemi, légköri kibocsátási határértékeit növekvő sorrendbe rendezve.

Megjegyzendő, hogy azon radionuklidoknál, amelyek radioaktív leányelemeikkel bomlási egyensúlyban vannak – a 15/2001. (VI. 6) KöM rendelet előírásaival összhangban – a kibocsátási határértéket az egyensúlyi (összes) aktivitásra kell vonatkoztatni (esetünkben Sr-90/Y-90 és Cs-137/Ba-137m).

Az összesítő táblázatok alapján megállapítható, hogy a 40 m-es kibocsátásokhoz tartozó határértékek 2,8-4,8 közötti tényezővel szigorúbbak, azaz kisebbek, mint a 120 m-es kibocsátásokhoz tartozók. Mindkét kibocsátási magasság esetén széles tartományban változnak, több mint 10 nagyságrend van a legkisebb (Sr-90) és legnagyobb (HT formájú H-3) határértékek között.

A várható üzemi eseményeknél a csámpai 1 éves gyermekekre és felnőttekre számolt teljes dózisokat, továbbá a radionuklidonkénti korlátozó dózisokat és a kibocsátási határértékeket az 5-3.a és 5-3.b táblázatok foglalják össze a 120 m-es, illetve 35 m-es kibocsátási magasságra. Mivel a várható üzemi eseménynél a két-kétféle meteorológiai helyzet az egyes radionuklidok, illetve fizikai-kémiai formák dóziskövetkezményeit másképpen befolyásolja, az aktuális kibocsátás spektrumától függ, hogy éppen melyik helyzet lesz a korlátozóbb. A probléma kezelésére a megrendelői adatközlésben [6] szereplő kibocsátásokkal határoztam meg a teljes dózisokat (a két korcsoportra az egyes radionuklidoknál a korlátozóbb értékeket választva). E számítások alapján a 120 m-es kibocsátásnál a C Pasquill-kategóriával és 5 mm-es esővel jellemzett meteorológiai helyzetre, a 35 m-es kibocsátásnál az F Pasquill-kategóriával jellemzett eset adta a nagyobb teljes dózisokat.

Az 5-2.a és 5-2.b ábrák szemléltetik az egyes radionuklidok légköri kibocsátási határértékeit a várható üzemi eseményekre, növekvő sorrendbe rendezve.

A külső és belső sugárterheléseket útvonalankénti részletezését ismét a Függelék táblázatai közlik.

A megrendelői adatközlésben [6] a különböző üzemállapotokhoz (TA1 és TA2), illetve kibocsátási útvonalakhoz (magasságokhoz) tartozó radionuklidok köre, illetve fizikai-kémiai formáik nem voltak azonosak. Így például a normál üzemi, légköri kibocsátásoknál nincs utalás a radiojódok fizikai-kémiai formájára, a várható üzemi eseményeknél a forma már szerepel. A teljesség érdekében a jelen határérték-számítások a legteljesebb körre történtek minden esetben. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy engedélyezésre is mindent be kell nyújtani, hiszen az engedélyezett határérték betartását a kibocsátás-ellenőrzéssel majd bizonyítani kell, azaz minden olyan radionuklidot, fizikai-kémiai formát az üzemeltetésnél mérni kell, amelyekre határérték lett megállapítva.

5-2.a táblázat 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásokból származó teljes dózisok (nSv/év) a csámpai 1 éves gyermekek és felnőttek korcsoportjára, a korlátozó dózisok, valamint az éves kibocsátási határértékek (Bq/év), (120 m-es kibocsátás, 2009. évi meteorológiai adatok, 90 μ Sv/év dózismegszorítás, $\Gamma=1$ biztonsági tényező feltételezésével)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/év)			felnőtt (nSv/év)			korlátozó dózis (nSv/év)	kibocsátási határérték (Bq/év)
	külső	belső	teljes	külső	belső	teljes		
H-3 (HTO)	-	1,3E-02	1,3E-02	-	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02	7,0E+15
H-3 (HT)	1,0E-08	8,3E-09	1,9E-08	1,0E-08	1,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	3,1E+21
C-14 (CO ₂)	-	9,2E-01	9,2E-01	-	9,2E-01	9,2E-01	9,2E-01	9,8E+13
C-14 (sz)	7,0E-09	2,8E-03	2,8E-03	7,0E-09	6,0E-03	6,0E-03	6,0E-03	1,5E+16
Cr-51	2,0E-02	5,8E-01	6,0E-01	2,0E-02	2,9E-01	3,1E-01	6,0E-01	1,5E+14
Mn-54	5,9E+00	6,5E+00	1,2E+01	5,9E+00	4,1E+00	1,0E+01	1,2E+01	7,3E+12
Co-60	1,0E+02	3,9E+02	4,9E+02	1,0E+02	1,2E+02	2,2E+02	4,9E+02	1,8E+11
Kr-83m	7,0E-08	0,0E+00	7,0E-08	7,0E-08	0,0E+00	7,0E-08	7,0E-08	1,3E+21
Kr-85m	2,1E-04	0,0E+00	2,1E-04	2,1E-04	0,0E+00	2,1E-04	2,1E-04	4,3E+17
Kr-85	8,0E-06	0,0E+00	8,0E-06	8,0E-06	0,0E+00	8,0E-06	8,0E-06	1,1E+19
Kr-87	1,1E-03	0,0E+00	1,2E-03	1,1E-03	0,0E+00	1,2E-03	1,2E-03	7,7E+16
Kr-88	3,1E-03	3,5E-05	3,2E-03	3,1E-03	2,8E-05	3,2E-03	3,2E-03	2,8E+16
Sr-89	7,9E-02	4,1E+01	4,1E+01	7,9E-02	1,4E+01	1,4E+01	4,1E+01	2,2E+12
Sr-90	7,6E+00	1,0E+03	1,0E+03	7,6E+00	8,4E+02	8,5E+02	1,0E+03	8,8E+10
I-131 (a)	6,9E-02	2,0E+02	2,0E+02	6,9E-02	4,2E+01	4,3E+01	2,0E+02	4,4E+11
I-132 (a)	8,0E-03	1,6E-03	9,6E-03	8,0E-03	1,1E-03	9,1E-03	9,6E-03	9,3E+15
I-133 (a)	1,3E-02	2,7E+00	2,7E+00	1,3E-02	3,1E-01	3,2E-01	2,7E+00	3,3E+13
I-134 (a)	5,4E-03	5,4E-04	6,0E-03	5,4E-03	4,0E-04	5,8E-03	6,0E-03	1,5E+16
I-135 (a)	1,2E-02	3,8E-02	5,0E-02	1,2E-02	6,9E-03	1,9E-02	5,0E-02	1,8E+15
I-131 (e)	1,9E-01	5,8E+02	5,8E+02	1,9E-01	1,2E+02	1,2E+02	5,8E+02	1,5E+11
I-132 (e)	1,7E-02	3,6E-03	2,0E-02	1,7E-02	2,9E-03	2,0E-02	2,0E-02	4,4E+15
I-133 (e)	3,6E-02	7,8E+00	7,8E+00	3,6E-02	8,7E-01	9,1E-01	7,8E+00	1,2E+13
I-134 (e)	8,8E-03	9,8E-04	9,8E-03	8,8E-03	1,3E-03	1,0E-02	1,0E-02	8,9E+15
I-135 (e)	2,9E-02	1,1E-01	1,3E-01	2,9E-02	1,9E-02	4,9E-02	1,3E-01	6,7E+14
I-131 (sz)	1,3E-03	2,3E+00	2,3E+00	1,3E-03	5,8E-01	5,9E-01	2,3E+00	3,9E+13
I-132 (sz)	3,4E-03	2,9E-03	6,3E-03	3,4E-03	1,8E-03	5,2E-03	6,3E-03	1,4E+16
I-133 (sz)	1,1E-03	8,2E-02	8,3E-02	1,1E-03	3,5E-02	3,6E-02	8,3E-02	1,1E+15

5-2.a táblázat (folytatás)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/év)			felnőtt (nSv/év)			korlátozó dózis (nSv/év)	kibocsátási határérték (Bq/év)
I-134 (sz)	3,6E-03	6,4E-04	4,3E-03	3,6E-03	4,5E-04	4,1E-03	4,3E-03	2,1E+16
I-135 (sz)	2,6E-03	1,2E-02	1,4E-02	2,6E-03	7,0E-03	9,6E-03	1,4E-02	6,3E+15
Xe-131m	1,2E-05	0,0E+00	1,2E-05	1,2E-05	0,0E+00	1,2E-05	1,2E-05	7,8E+18
Xe-133	4,4E-05	0,0E+00	4,4E-05	4,4E-05	0,0E+00	4,4E-05	4,4E-05	2,1E+18
Xe-135	3,4E-04	0,0E+00	3,4E-04	3,4E-04	0,0E+00	3,4E-04	3,4E-04	2,6E+17
Xe-138	1,4E-03	2,8E-05	1,4E-03	1,4E-03	2,5E-05	1,4E-03	1,4E-03	6,6E+16
Cs-134	2,3E+01	1,4E+02	1,6E+02	2,3E+01	3,7E+02	3,9E+02	3,9E+02	2,3E+11
Cs-137	4,0E+01	1,4E+02	1,8E+02	4,0E+01	3,5E+02	3,9E+02	3,9E+02	2,3E+11

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

5-2.b táblázat 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásokból származó teljes dózisok (nSv/év) a csámpai 1 éves gyermekek és felnőttek korcsoportjára, a korlátozó dózisok, valamint az éves kibocsátási határértékek (Bq/év), (40 m-es kibocsátás, 2005. évi meteorológiai adatok, 90 μ Sv/év dózismegszorítás, $\Gamma=1$ biztonsági tényező feltételezésével)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/év)			felnőtt (nSv/év)			korlátozó dózis (nSv/év)	kibocsátási határérték (Bq/év)
	külső	belső	teljes	külső	belső	teljes		
H-3 (HTO)	-	6,0E-02	6,0E-02	-	6,0E-02	6,0E-02	5,5E-02	1,5E+15
H-3 (HT)	4,9E-08	3,9E-08	8,8E-08	4,9E-08	8,9E-08	1,4E-07	1,4E-07	6,5E+20
C-14 (CO ₂)	-	4,3E+00	4,3E+00	-	4,3E+00	4,3E+00	2,8E+00	2,1E+13
C-14 (sz)	3,3E-08	1,3E-02	1,3E-02	3,3E-08	2,9E-02	2,9E-02	2,9E-02	3,2E+15
Cr-51	8,7E-02	2,6E+00	2,7E+00	8,7E-02	1,3E+00	1,4E+00	2,7E+00	3,4E+13
Mn-54	2,6E+01	2,9E+01	5,5E+01	2,6E+01	1,8E+01	4,4E+01	5,5E+01	1,6E+12
Co-60	4,5E+02	1,8E+03	2,2E+03	4,5E+02	5,2E+02	9,8E+02	2,2E+03	4,1E+10
Kr-83m	2,9E-07	0,0E+00	2,9E-07	2,9E-07	0,0E+00	2,9E-07	2,9E-07	3,1E+20
Kr-85m	9,2E-04	0,0E+00	9,1E-04	9,2E-04	0,0E+00	9,2E-04	9,2E-04	9,8E+16
Kr-85	3,8E-05	0,0E+00	3,8E-05	3,8E-05	0,0E+00	3,8E-05	3,8E-05	2,4E+18
Kr-87	4,4E-03	0,0E+00	4,4E-03	4,4E-03	0,0E+00	4,4E-03	4,4E-03	2,1E+16
Kr-88	1,3E-02	2,4E-04	1,4E-02	1,3E-02	1,9E-04	1,4E-02	1,4E-02	6,4E+15

5-2.b táblázat (folytatás)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/év)			felnőtt (nSv/év)			korlátozó dózis (nSv/év)	kibocsátási határérték (Bq/év)
Sr-89	3,5E-01	1,8E+02	1,8E+02	3,5E-01	6,3E+01	6,3E+01	1,8E+02	5,0E+11
Sr-90	3,4E+01	4,5E+03	4,6E+03	3,4E+01	3,7E+03	3,8E+03	4,6E+03	2,0E+10
I-131 (a)	3,1E-01	9,1E+02	9,1E+02	3,1E-01	1,9E+02	1,9E+02	9,1E+02	9,9E+10
I-132 (a)	3,2E-02	6,4E-03	3,9E-02	3,2E-02	4,3E-03	3,7E-02	3,9E-02	2,3E+15
I-133 (a)	5,8E-02	1,2E+01	1,2E+01	5,8E-02	1,3E+00	1,4E+00	1,2E+01	7,5E+12
I-134 (a)	1,9E-02	1,9E-03	2,1E-02	1,9E-02	1,4E-03	2,1E-02	2,1E-02	4,3E+15
I-135 (a)	5,1E-02	1,7E-01	2,2E-01	5,1E-02	3,0E-02	8,1E-02	2,2E-01	4,1E+14
I-131 (e)	5,8E-01	1,7E+03	1,7E+03	5,8E-01	3,6E+02	3,6E+02	1,7E+03	5,2E+10
I-132 (e)	4,8E-02	1,1E-02	5,9E-02	4,8E-02	8,3E-03	5,7E-02	5,9E-02	1,5E+15
I-133 (e)	1,1E-01	2,3E+01	2,3E+01	1,1E-01	2,6E+00	2,7E+00	2,3E+01	3,9E+12
I-134 (e)	2,4E-02	2,7E-03	2,7E-02	2,4E-02	3,5E-03	2,8E-02	2,8E-02	3,2E+15
I-135 (e)	8,8E-02	3,2E-01	4,1E-01	8,8E-02	5,9E-02	1,5E-01	4,1E-01	2,2E+14
I-131 (sz)	5,9E-03	1,1E+01	1,1E+01	5,9E-03	2,7E+00	2,7E+00	1,1E+01	8,5E+12
I-132 (sz)	1,4E-02	1,2E-02	2,7E-02	1,4E-02	7,9E-03	2,2E-02	2,7E-02	3,4E+15
I-133 (sz)	4,8E-03	3,7E-01	3,8E-01	4,8E-03	1,6E-01	1,6E-01	3,8E-01	2,4E+14
I-134 (sz)	1,3E-02	2,3E-03	1,5E-02	1,3E-02	1,6E-03	1,5E-02	1,5E-02	5,8E+15
I-135 (sz)	1,2E-02	5,3E-02	6,4E-02	1,2E-02	3,1E-02	4,3E-02	6,4E-02	1,4E+15
Xe-131m	5,5E-05	0,0E+00	5,5E-05	5,5E-05	0,0E+00	5,5E-05	5,5E-05	1,6E+18
Xe-133	2,1E-04	0,0E+00	2,1E-04	2,1E-04	0,0E+00	2,1E-04	2,1E-04	4,4E+17
Xe-135	1,6E-03	0,0E+00	1,6E-03	1,6E-03	0,0E+00	1,6E-03	1,6E-03	5,7E+16
Xe-138	4,1E-03	1,1E-04	4,2E-03	4,1E-03	1,1E-04	4,2E-03	4,2E-03	2,1E+16
Cs-134	1,0E+02	6,1E+02	7,1E+02	1,0E+02	1,6E+03	1,7E+03	1,7E+03	5,2E+10
Cs-137	1,8E+02	6,3E+02	8,1E+02	1,8E+02	1,5E+03	1,7E+03	1,7E+03	5,2E+10

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

5-3.a táblázat. Várható üzemi esemény során, 1 GBq légköri kibocsátásokból származó teljes dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek és felnőttek korcsoportjára, a korlátozó dózisok, valamint a kibocsátási határértékek (Bq/esemény) (120 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, 5 mm eső, 90 µSv/esemény dózismegszorítás, $\Gamma=1$ biztonsági tényező feltételezésével)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/esemény)			felnőtt (nSv/esemény)			korlátozó dózis (nSv/esemény)	kibocsátási határérték (Bq/esemény)
	külső	belső	teljes	külső	belső	teljes		
<i>H-3 (HTO)</i>	-	2,9E-01	2,9E-01	-	2,9E-01	2,9E-01	2,9E-01	3,1E+14
<i>H-3 (HT)</i>	7,0E-07	4,5E-07	1,1E-06	7,0E-07	1,0E-06	1,7E-06	1,7E-06	5,3E+19
<i>C-14 (CO₂)</i>	-	2,1E+01	2,1E+01	-	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	4,3E+12
<i>C-14 (sz)</i>	4,7E-07	1,5E-01	1,5E-01	4,7E-07	3,2E-01	3,2E-01	3,2E-01	2,8E+14
<i>Cr-51</i>	1,8E+01	5,4E+02	5,6E+02	1,8E+01	2,8E+02	3,0E+02	5,6E+02	1,6E+11
<i>Mn-54</i>	5,5E+03	6,4E+03	1,2E+04	5,5E+03	4,0E+03	9,5E+03	1,2E+04	7,6E+09
<i>Co-60</i>	9,8E+04	3,7E+05	4,7E+05	9,8E+04	1,1E+05	2,1E+05	4,7E+05	1,9E+08
<i>Kr-83m</i>	4,9E-06	0,0E+00	4,9E-06	4,9E-06	0,0E+00	4,9E-06	4,9E-06	1,9E+19
<i>Kr-85m</i>	1,4E-02	0,0E+00	1,4E-02	1,4E-02	0,0E+00	1,4E-02	1,4E-02	6,3E+15
<i>Kr-85</i>	5,3E-04	0,0E+00	5,3E-04	5,3E-04	0,0E+00	5,3E-04	5,3E-04	1,7E+17
<i>Kr-87</i>	7,9E-02	0,0E+00	7,9E-02	7,9E-02	0,0E+00	7,9E-02	7,9E-02	1,1E+15
<i>Kr-88</i>	2,6E-01	2,3E-03	2,7E-01	2,6E-01	1,8E-03	2,7E-01	2,7E-01	3,4E+14
<i>Sr-89</i>	7,5E+01	3,9E+04	3,9E+04	7,5E+01	1,3E+04	1,3E+04	3,9E+04	2,3E+09
<i>Sr-90</i>	8,0E+03	1,0E+06	1,1E+06	8,0E+03	8,6E+05	8,7E+05	1,1E+06	8,5E+07
<i>I-131 (a)</i>	6,4E+01	1,9E+05	1,9E+05	6,4E+01	4,0E+04	4,0E+04	1,9E+05	4,7E+08
<i>I-132 (a)</i>	4,4E+00	7,1E-02	4,5E+00	4,4E+00	3,5E-02	4,5E+00	4,5E+00	2,0E+13
<i>I-133 (a)</i>	1,2E+01	2,6E+03	2,6E+03	1,2E+01	2,8E+02	2,9E+02	2,6E+03	3,5E+10
<i>I-134 (a)</i>	2,0E+00	1,8E-02	2,0E+00	2,0E+00	1,3E-02	2,0E+00	2,0E+00	4,4E+13
<i>I-135 (a)</i>	8,3E+00	2,8E+01	3,7E+01	8,3E+00	3,4E+00	1,2E+01	3,7E+01	2,4E+12
<i>I-131 (e)</i>	3,6E+00	1,1E+04	1,1E+04	3,6E+00	2,2E+03	2,2E+03	1,1E+04	8,4E+09
<i>I-132 (e)</i>	4,1E-01	1,3E-01	5,4E-01	4,1E-01	1,1E-01	5,2E-01	5,4E-01	1,7E+14
<i>I-133 (e)</i>	6,9E-01	1,4E+02	1,5E+02	6,9E-01	1,7E+01	1,7E+01	1,5E+02	6,2E+11
<i>I-134 (e)</i>	2,7E-01	3,7E-02	3,0E-01	2,7E-01	4,8E-02	3,1E-01	3,1E-01	2,9E+14
<i>I-135 (e)</i>	6,0E-01	2,2E+00	2,8E+00	6,0E-01	5,2E-01	1,1E+00	2,8E+00	3,2E+13
<i>I-131 (sz)</i>	6,3E-02	8,8E+01	8,9E+01	6,3E-02	2,4E+01	2,4E+01	8,9E+01	1,0E+12
<i>I-132 (sz)</i>	2,3E-01	1,6E-01	3,9E-01	2,3E-01	1,0E-01	3,3E-01	3,9E-01	2,3E+14
<i>I-133 (sz)</i>	6,5E-02	3,9E+00	3,9E+00	6,5E-02	1,8E+00	1,8E+00	3,9E+00	2,3E+13

5-3.a táblázat (folytatás)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/esemény)			felnőtt (nSv/esemény)			korlátozó dózis (nSv/esemény)	kibocsátási határérték (Bq/esemény)
I-134 (sz)	2,5E-01	3,6E-02	2,9E-01	2,5E-01	2,5E-02	2,8E-01	2,9E-01	3,1E+14
I-135 (sz)	1,7E-01	6,1E-01	7,8E-01	1,7E-01	3,6E-01	5,3E-01	7,8E-01	1,2E+14
<i>Xe-131m</i>	<i>7,8E-04</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>7,8E-04</i>	<i>7,8E-04</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>7,8E-04</i>	<i>7,8E-04</i>	1,2E+17
Xe-133	2,9E-03	0,0E+00	2,9E-03	2,9E-03	0,0E+00	2,9E-03	2,9E-03	3,1E+16
Xe-135	2,3E-02	0,0E+00	2,3E-02	2,3E-02	0,0E+00	2,3E-02	2,3E-02	3,9E+15
Xe-138	2,5E-01	2,1E-03	2,5E-01	2,5E-01	1,9E-03	2,5E-02	2,5E-01	3,6E+14
Cs-134	2,2E+04	1,3E+05	1,5E+05	2,2E+04	3,5E+05	3,7E+05	3,7E+05	2,4E+08
Cs-137	4,2E+04	1,4E+05	1,8E+05	4,2E+04	3,4E+05	3,8E+05	3,8E+05	2,4E+08

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

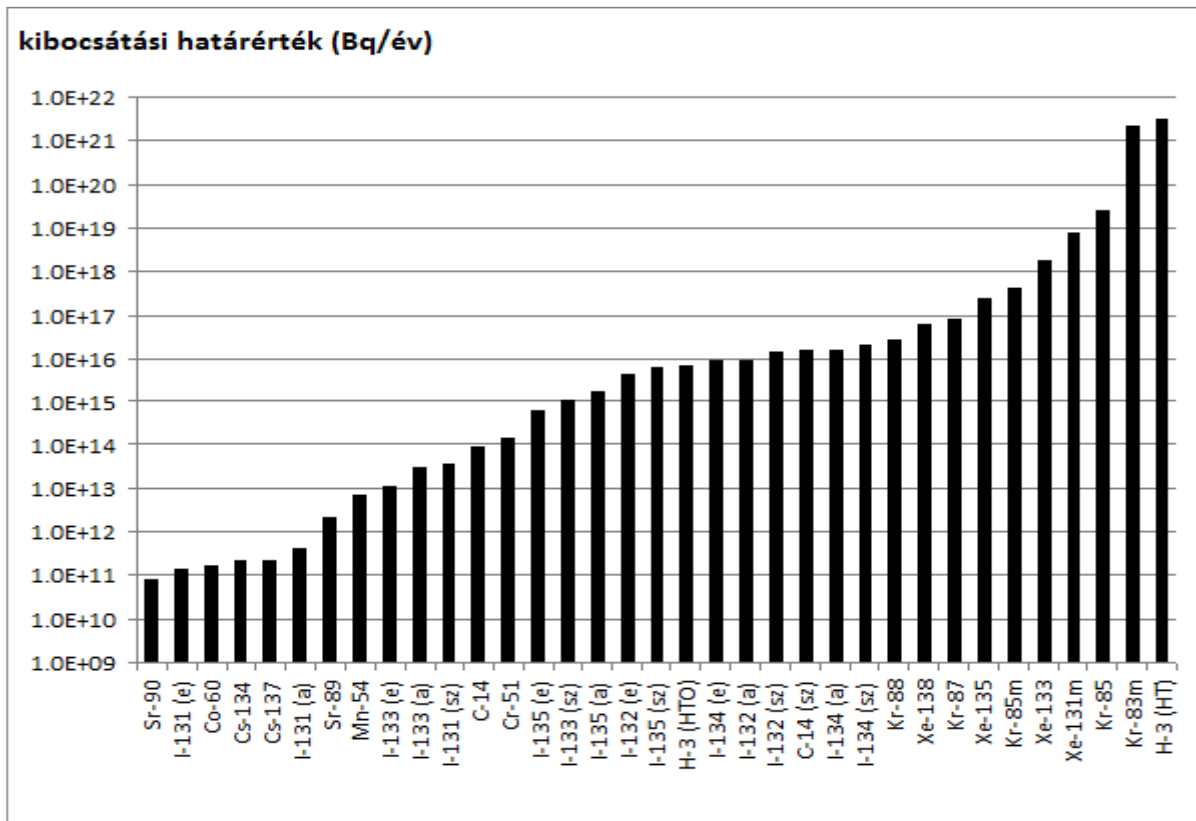
5-3.b táblázat. Várható üzemi esemény során, 1 GBq légköri kibocsátásokból származó teljes dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek és felnőttek korcsoportjára, a korlátozó dózisok, valamint a kibocsátási határértékek (Bq/esemény) (35 m-es kibocsátás, F Pasquill-kategória, 2 m/s szélesebbesség, száraz idő, 90 µSv/esemény dózismegszorítás, $\Gamma=1$ biztonsági tényező feltételezésével)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/esemény)			felnőtt (nSv/esemény)			korlátozó dózis (nSv/esemény)	kibocsátási határérték (Bq/esemény)
	külső	belső	teljes	külső	belső	teljes		
<i>H-3 (HTO)</i>	-	<i>1,6E+00</i>	<i>1,6E+00</i>	-	<i>1,6E+00</i>	<i>1,6E+00</i>	<i>1,6E+00</i>	5,5E+13
<i>H-3 (HT)</i>	<i>4,0E-06</i>	<i>2,6E-06</i>	<i>6,5E-06</i>	<i>4,0E-06</i>	<i>5,8E-06</i>	<i>9,7E-06</i>	<i>9,7E-06</i>	9,3E+18
<i>C-14 (CO₂)</i>	-	<i>1,2E+02</i>	<i>1,2E+02</i>	-	<i>1,2E+02</i>	<i>1,2E+02</i>	<i>1,2E+02</i>	7,6E+11
<i>C-14 (sz)</i>	<i>2,7E-06</i>	<i>8,5E-01</i>	<i>8,5E-01</i>	<i>2,7E-06</i>	<i>1,9E+00</i>	<i>1,9E+00</i>	<i>1,9E+00</i>	4,9E+13
<i>Cr-51</i>	<i>4,6E-01</i>	<i>1,3E+01</i>	<i>1,4E+01</i>	<i>4,6E-01</i>	<i>6,8E+00</i>	<i>7,2E+00</i>	<i>1,4E+01</i>	6,6E+12
<i>Mn-54</i>	<i>1,3E+02</i>	<i>1,6E+02</i>	<i>2,9E+02</i>	<i>1,3E+02</i>	<i>1,0E+02</i>	<i>2,3E+02</i>	<i>2,9E+02</i>	3,1E+11
<i>Co-60</i>	<i>2,3E+03</i>	<i>9,0E+03</i>	<i>1,1E+04</i>	<i>2,3E+03</i>	<i>2,8E+03</i>	<i>5,1E+03</i>	<i>1,1E+04</i>	7,9E+09
<i>Kr-83m</i>	<i>2,7E-05</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>2,7E-05</i>	<i>2,7E-05</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>2,7E-05</i>	<i>2,7E-05</i>	3,4E+18
Kr-85m	7,5E-02	0,0E+00	7,5E-02	7,5E-02	0,0E+00	7,5E-02	7,5E-02	1,2E+15
<i>Kr-85</i>	<i>3,1E-03</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>3,1E-03</i>	<i>3,1E-03</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>3,1E-03</i>	<i>3,1E-03</i>	2,9E+16
Kr-87	3,9E-01	0,0E+00	3,9E-01	3,9E-01	0,0E+00	3,9E-01	3,9E-01	2,3E+14
Kr-88	1,2E+00	2,0E-02	1,2E+00	1,2E+00	1,6E-02	1,2E+00	1,2E+00	7,4E+13

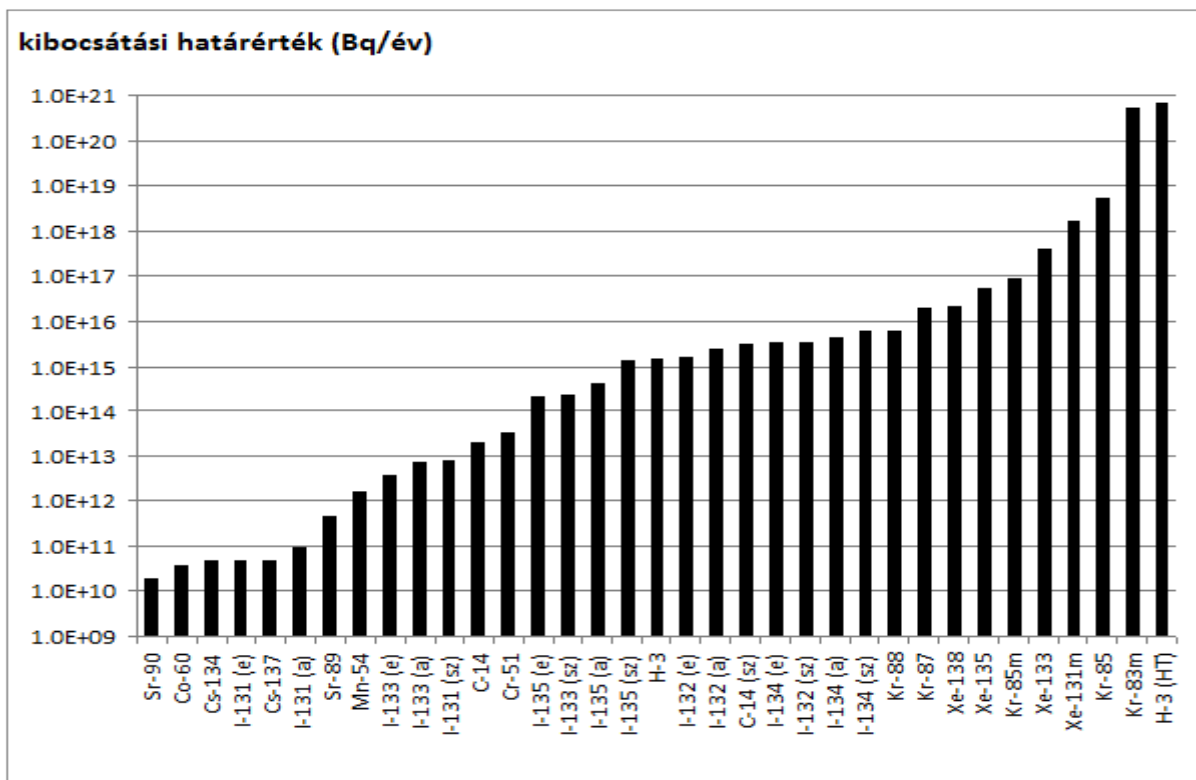
5-3.b táblázat (folytatás)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/esemény)			felőtt (nSv/esemény)			korlátozó dózis (nSv/esemény)	kibocsátási határérték (Bq/esemény)
<i>Sr-89</i>	<i>1,8E+00</i>	<i>9,4E+02</i>	<i>9,4E+02</i>	<i>1,8E+00</i>	<i>3,4E+02</i>	<i>3,5E+02</i>	<i>9,4E+02</i>	9,5E+10
<i>Sr-90</i>	<i>1,9E+02</i>	<i>2,5E+04</i>	<i>2,6E+04</i>	<i>1,9E+02</i>	<i>2,1E+04</i>	<i>2,1E+04</i>	<i>2,6E+04</i>	3,5E+09
<i>I-131 (a)</i>	<i>1,8E+00</i>	<i>4,7E+03</i>	<i>4,7E+03</i>	<i>1,8E+00</i>	<i>9,8E+02</i>	<i>9,8E+02</i>	<i>4,7E+03</i>	1,9E+10
<i>I-132 (a)</i>	<i>1,4E+00</i>	<i>4,7E-01</i>	<i>1,8E+00</i>	<i>1,4E+00</i>	<i>3,2E-01</i>	<i>1,7E+00</i>	<i>1,8E+00</i>	4,9E+13
<i>I-133 (a)</i>	<i>6,4E-01</i>	<i>7,1E+01</i>	<i>7,2E+01</i>	<i>6,4E-01</i>	<i>1,1E+01</i>	<i>1,2E+01</i>	<i>7,2E+01</i>	1,3E+12
<i>I-134 (a)</i>	<i>1,4E+00</i>	<i>1,6E-01</i>	<i>1,5E+00</i>	<i>1,4E+00</i>	<i>1,2E-01</i>	<i>1,5E+00</i>	<i>1,5E+00</i>	5,9E+13
<i>I-135 (a)</i>	<i>1,1E+00</i>	<i>2,5E+00</i>	<i>3,6E+00</i>	<i>1,1E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>2,1E+00</i>	<i>3,6E+00</i>	2,5E+13
<i>I-131 (e)</i>	<i>2,6E+01</i>	<i>7,6E+04</i>	<i>7,6E+04</i>	<i>2,6E+01</i>	<i>1,6E+04</i>	<i>1,6E+04</i>	<i>7,6E+04</i>	1,2E+09
<i>I-132 (e)</i>	<i>2,8E+00</i>	<i>9,7E-01</i>	<i>3,8E+00</i>	<i>2,8E+00</i>	<i>7,8E-01</i>	<i>3,6E+00</i>	<i>3,8E+00</i>	2,4E+13
<i>I-133 (e)</i>	<i>4,9E+00</i>	<i>1,0E+03</i>	<i>1,0E+03</i>	<i>4,9E+00</i>	<i>1,2E+02</i>	<i>1,2E+02</i>	<i>1,0E+03</i>	8,7E+10
<i>I-134 (e)</i>	<i>1,9E+00</i>	<i>2,6E-01</i>	<i>2,1E+00</i>	<i>1,9E+00</i>	<i>3,4E-01</i>	<i>2,2E+00</i>	<i>2,2E+00</i>	4,1E+13
<i>I-135 (e)</i>	<i>4,3E+00</i>	<i>1,6E+01</i>	<i>2,0E+01</i>	<i>4,3E+00</i>	<i>3,8E+00</i>	<i>8,1E+00</i>	<i>2,0E+01</i>	4,5E+12
<i>I-131 (sz)</i>	<i>3,8E-01</i>	<i>5,3E+02</i>	<i>5,3E+02</i>	<i>3,8E-01</i>	<i>1,4E+02</i>	<i>1,4E+02</i>	<i>5,3E+02</i>	1,7E+11
<i>I-132 (sz)</i>	<i>1,3E+00</i>	<i>8,8E-01</i>	<i>2,1E+00</i>	<i>1,3E+00</i>	<i>5,6E-01</i>	<i>1,8E+00</i>	<i>2,1E+00</i>	4,2E+13
<i>I-133 (sz)</i>	<i>3,9E-01</i>	<i>2,3E+01</i>	<i>2,4E+01</i>	<i>3,9E-01</i>	<i>1,1E+01</i>	<i>1,1E+01</i>	<i>2,4E+01</i>	3,8E+12
<i>I-134 (sz)</i>	<i>1,3E+00</i>	<i>1,9E-01</i>	<i>1,5E+00</i>	<i>1,3E+00</i>	<i>1,3E-01</i>	<i>1,5E+00</i>	<i>1,5E+00</i>	5,9E+13
<i>I-135 (sz)</i>	<i>9,3E-01</i>	<i>3,3E+00</i>	<i>4,3E+00</i>	<i>9,3E-01</i>	<i>2,4E+00</i>	<i>2,9E+00</i>	<i>4,3E+00</i>	2,1E+13
<i>Xe-131m</i>	<i>4,4E-03</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>4,4E-03</i>	<i>4,4E-03</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>4,4E-03</i>	<i>4,4E-03</i>	2,0E+16
<i>Xe-133</i>	<i>1,7E-02</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>1,7E-02</i>	<i>1,7E-02</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>1,7E-02</i>	<i>1,7E-02</i>	5,4E+15
<i>Xe-135</i>	<i>1,3E-01</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>1,3E-01</i>	<i>1,3E-01</i>	<i>0,0E+00</i>	<i>1,3E-01</i>	<i>1,3E-01</i>	6,8E+14
<i>Xe-138</i>	<i>5,0E-01</i>	<i>1,4E-02</i>	<i>5,2E-01</i>	<i>5,0E-01</i>	<i>1,2E-02</i>	<i>5,2E-01</i>	<i>5,2E-01</i>	1,7E+14
<i>Cs-134</i>	<i>5,2E+02</i>	<i>3,1E+03</i>	<i>3,6E+03</i>	<i>5,2E+02</i>	<i>8,4E+03</i>	<i>9,0E+03</i>	<i>9,0E+03</i>	1,0E+10
<i>Cs-137</i>	<i>1,0E+03</i>	<i>3,4E+03</i>	<i>4,4E+03</i>	<i>1,0E+03</i>	<i>8,2E+03</i>	<i>9,2E+03</i>	<i>9,2E+03</i>	9,8E+09

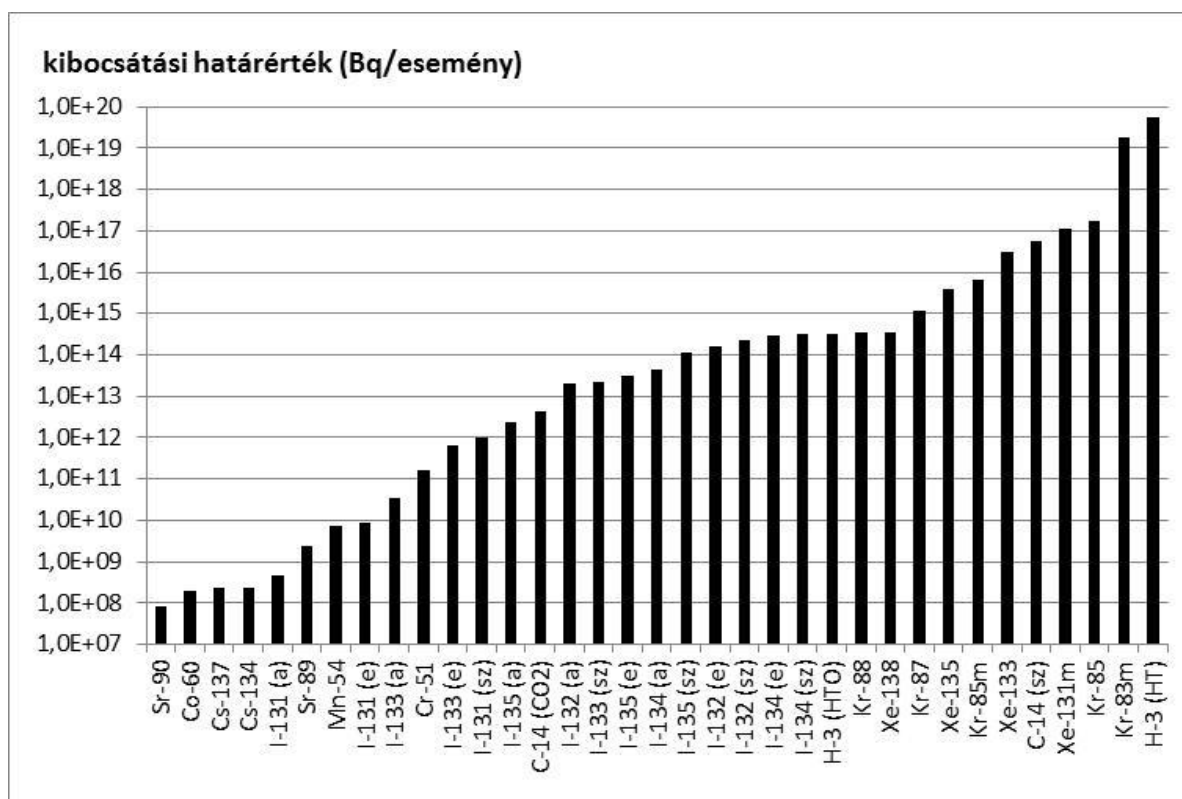
Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi



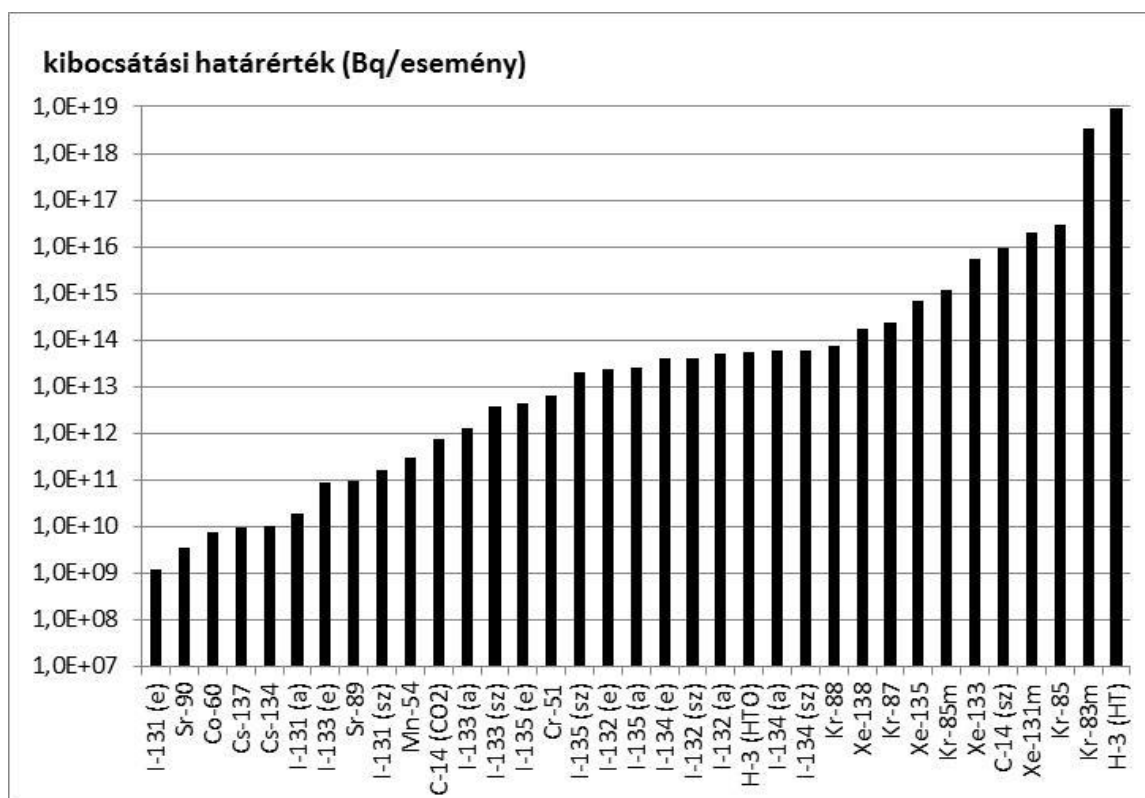
5-1.a ábra Kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra (120 m-es normál üzemi légköri kibocsátások, 2009. évi meteorológiai adatok, Csámpa, 90 μ Sv dózismegszorítás, $\Gamma=1$)



5-1.b ábra Kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra (40 m-es normál üzemi légköri kibocsátások, 2005. évi meteorológiai adatok, Csámpa, 90 μ Sv dózismegszorítás, $\Gamma=1$)



5-2.a ábra Kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra (várható üzemi esemény, 120 m-es légköri kibocsátások, C Pasquill-kategória, 10 mm/h eső, Csámpa, 90 μ Sv dózismegszorítás, $\Gamma=1$)



5-2.b ábra Kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra (várható üzemi esemény, 35 m-es légköri kibocsátások, F Pasquill-kategória, Csámpa, 90 μ Sv dózismegszorítás, $\Gamma=1$)

Ha a megrendelői adatközlést - amely a radionuklidokra, azok fizikai-kémiai formáira vonatkozó kibocsátásokat tartalmazza - elfogadjuk a KöM rendelet szerinti tervezett kibocsátási szinteknek, akkor a határértékek tényleges köre esetenként szűkebb lehet. Ennek jelzésére a kibocsátási határértékeket tartalmazó, előbbi táblázatokban az adatközlésben nem szereplő radionuklidokat, illetve fizikai-kémiai formákat dőlt betűkkel emeltem ki.

Az 5-3.a és 5-3.b táblázatból láthatóan a kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra - a normál üzemi kibocsátásokhoz hasonlóan - igen széles határok között változnak. A legkisebb határértékkel a Sr-90 (120 m-es kibocsátás), illetve az elemi formájú I-131 (35 m-es kibocsátás) rendelkezik.

5.2. Folyékony kibocsátások

5.2.1. A vonatkoztatási csoport meghatározása, a terjedés jellemzői

A Bevezetésben leírtak szerint a folyékony kibocsátások tekintetében a Gerjenben élő felnőttek számítanak a vonatkoztatási csoportnak. A 3.6 szakaszban elmondottaknak megfelelően a vízi terjedésnél a konzervatív megközelítés biztosítása a környezeti feltételek tekintetében sokkal egyszerűbb, mint a légköri terjedésnél.

Korábbi tanulmányokban – mint a jelenlegi blokkok [17], illetve a KKÁT kibocsátási határértékeinek megalapozásakor is [5] - Gerjen távolságára az erőmű telephelyétől kerekén 10 km szerepelt. A 3.6. pontban már utaltam arra, hogy Gerjen északi részén, 1516 fkm-nél parti szűrésű vízbázis távlati kialakítása várható [13], ezért a terjedési számítások 6 km-es kibocsátási pont – felhasználási hely távolságra történtek. (Megjegyzendő, hogy ez konzervatív megközelítést eredményez, mivel minden felhasználás tekintetében ezt a távolságot feltételeztem.)

A 3.6. pontban leírtak szerint a SRS No. 19 kiadvány folyóvízi terjedési modellje [4] alapján meghatározható, az ehhez a távolsághoz tartozó, részleges elkeveredést jellemző korrekciós tényező 5,5 értékű. Ily módon a 3.6 szakaszban bemutatott – sokéves minimum – hidrológiai adatokon alapuló számítás szerint a hígulási tényező értéke $2,6 \cdot 10^{-13}$ év/l nagyságú.

A légköri kibocsátásokhoz hasonlóan nem csupán az OTH határozata [2] szerinti vonatkoztatási csoportra (gerjeni felnőttek), hanem a gerjeni 1 éves gyermekekre is meghatároztam az 1 GBq folyékony kibocsátásokból származó sugárterheléseket, majd minden radionuklidnál a nagyobb, korlátozó sugárterhelésből történt a kibocsátási határérték származtatása.

5.2.2. A vonatkoztatási csoport sugárterhelése, a kibocsátási határértékek

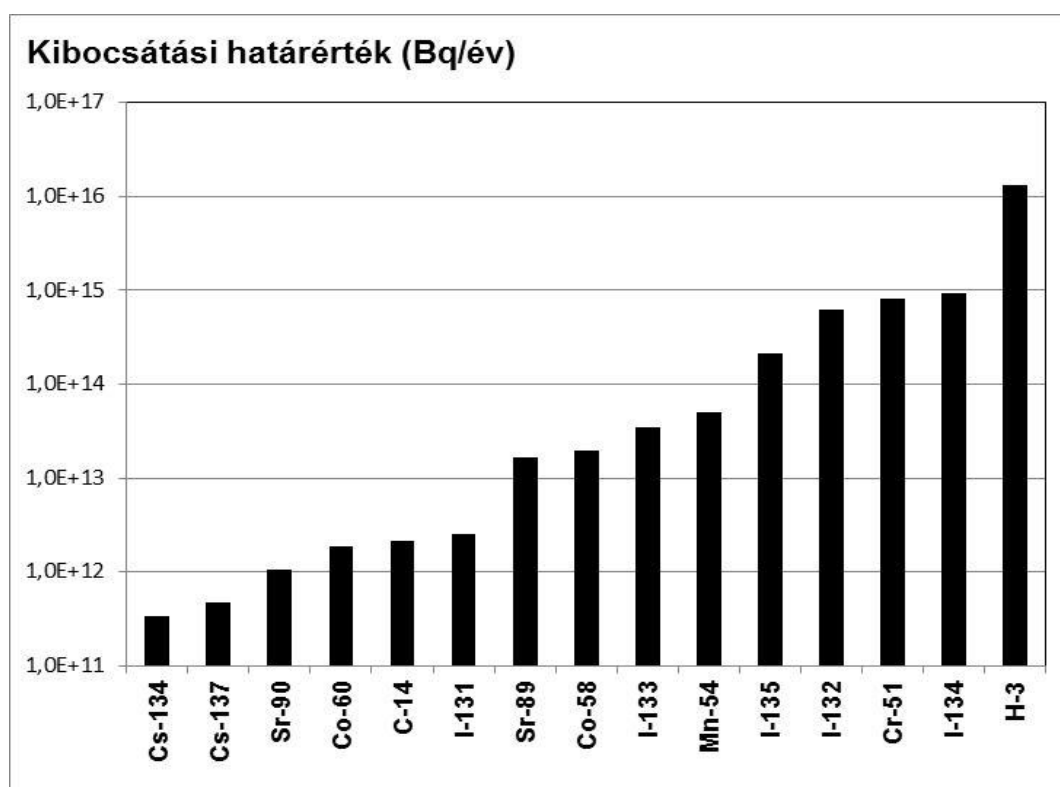
A kibocsátási határértékeket a KöM rendelet értelmében a folyékony kibocsátásoknál is minden szóba jöhető radionuklidra (és fizikai-kémiai formára) meg kell határozni. A figyelembe veendő radionuklidok ismét a megrendelői adatközlésben [6] szereplőkkel voltak azonosak, egy kivétellel. Ugyan a szállító nem adta meg a C-14 radionuklid normál üzemi, folyékony kibocsátását, a Megrendelővel történt konzultáció alapján a listát ezzel kiegészítettem. (A 4.10. pontban elmondottak szerint a C-14 radionuklid feltételezett kémiai formája hidrokarbonát, a H-3 radionuklidé HTO.)

A fenti feltételek mellett meghatározott éves külső és belső sugárterhelésekre vonatkozó részletes táblázatok ismét a Függelékben találhatók.

Az 5-4. táblázat foglalja össze a külső, belső és teljes sugárterheléseket mindkét gerjén korcsoportra, továbbá a korlátozó sugárterheléseket, illetve az ezekből számított éves kibocsátási határértékeket (sokéves minimum hidrológiai jellemzők, $90 \mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítás, $\Gamma=1$ biztonsági tényező esetén). Az egyes radionuklidok kibocsátási határértékeit növekvő sorrendben rendezve az 5-3. ábra szemlélteti.

Látható, hogy a kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra igen széles – azonban a légköri kibocsátáshoz képest jóval szűkebb – tartományban változnak.

A folyékony kibocsátások esetén legkisebb a kibocsátási határérték a Cs-134 radioizotópra ($3,3 \cdot 10^{11} \text{ Bq}/\text{év}$), ennél több mint négy nagyságrenddel nagyobb a H-3 (HTO) kibocsátási határértéke ($1,3 \cdot 10^{16} \text{ Bq}/\text{év}$).



5-3. ábra Kibocsátási határértékek az egyes radionuklidokra (folyékony kibocsátás, Gerjen, sok éves minimum hidrológiai adatok, $90 \mu\text{Sv}$ dózismegszorítás, $\Gamma=1$)

5-4. táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi, folyékony kibocsátásaiból származó teljes dózisok (nSv/év) a gerjén 1 éves gyermekek és felnőttek korcsoportjára, a korlátozó sugárterhelés, valamint az éves kibocsátási határérték (Bq, sok éves minimum hidrológiai adatok, 90 μ Sv/év dózismegszorítás, $\Gamma=1$)

Radionuklid	1 éves gyermek (nSv/év)			felnőtt (nSv/év)			korlátozó dózis (nSv/év)	kibocsátási határérték (Bq/év)
	külső	belső	teljes	külső	belső	teljes		
H-3	0,0E+00	6,8E-03	6,8E-03	0,0E+00	6,8E-03	6,8E-03	6,8E-03	1,3E+16
C-14	0,0E+00	4,3E+01	4,3E+01	0,0E+00	4,3E+01	4,3E+01	4,3E+01	2,1E+12
Cr-51	2,0E-02	9,1E-02	1,1E-01	2,0E-02	5,8E-02	7,8E-02	1,1E-01	8,1E+14
Mn-54	5,5E-01	1,2E+00	1,7E+00	5,6E-01	1,2E+00	1,8E+00	1,8E+00	5,0E+13
Co-58	9,2E-01	3,8E+00	4,7E+00	9,3E-01	1,9E+00	2,8E+00	4,7E+00	1,9E+13
Co-60	9,0E+00	3,9E+01	4,8E+01	9,0E+00	1,4E+01	2,3E+01	4,8E+01	1,9E+12
Sr-89	1,2E-02	5,5E+00	5,5E+00	1,2E-02	2,0E+00	2,0E+00	5,5E+00	1,6E+13
Sr-90	2,7E-01	8,4E+01	8,4E+01	2,7E-01	7,1E+01	7,1E+01	8,4E+01	1,1E+12
I-131	7,6E-03	3,5E+01	3,5E+01	1,2E-02	8,7E+00	8,7E+00	3,5E+01	2,6E+12
I-132	4,0E-02	1,0E-01	1,4E-01	6,9E-02	4,2E-02	1,1E-01	1,4E-01	6,2E+14
I-133	1,1E-02	2,6E+00	2,6E+00	1,8E-02	7,0E-01	7,2E-01	2,6E+00	3,5E+13
I-134	4,7E-02	3,3E-02	7,9E-02	8,0E-02	1,6E-02	9,6E-02	9,6E-02	9,4E+14
I-135	2,9E-02	4,0E-01	4,3E-01	4,9E-02	1,4E-01	1,9E-01	4,3E-01	2,1E+14
Cs-134	1,4E+00	3,5E+01	3,7E+01	1,5E+00	2,7E+02	2,7E+02	2,7E+02	3,3E+11
Cs-137	1,4E+00	3,0E+01	3,1E+01	1,4E+00	1,9E+02	1,9E+02	1,9E+02	4,7E+11

6. JAVASLAT A Γ BIZTONSÁGI TÉNYEZŐ ÉRTÉKÉRE

A 2. fejezet (2-1) képletében alkalmazott Γ biztonsági tényező fő feladata az, hogy az alkalmazott modell és paraméterek inherens bizonytalansága ellenére teljesüljön a KöM rendelet azon előírása, miszerint a kibocsátási határérték betartása, illetve a kibocsátási határérték kritérium teljesülése esetén a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást.

A cél elérésére két alapvető lehetőség van a határértékek származtatásánál:

- a) kellően konzervatív modell, paraméterek és $\Gamma=1$ biztonsági tényező alkalmazása,
- b) nem konzervatív, átlagos megközelítések és $\Gamma>1$ biztonsági tényező alkalmazása.

Az eddigi hazai gyakorlatban [5, 17] – amint az a jelenlegi számításoknál is bizonyítható – az a) eset alkalmazása volt a jellemző. Hangsúlyozni kell, hogy amennyiben a modell és paraméterei elegendően – de a 2. fejezetben elmondottak értelmében nem ésszerűtlenül – konzervatívak, a sugárvédelem optimalizálási alapelve szerint nem indokolható a Γ biztonsági tényező egynél nagyobb értékének alkalmazása. Ezt az érvelést alátámasztja az a tény is, hogy a dózismegszorítás az éves lakossági dóziskorlát egy tizedét sem éri el. Az ICRP új sugárvédelmi alapelveket tartalmazó ajánlása szerint [18]: „(219) Optimisation of protection is not minimisation of dose. Optimised protection is the result of an evaluation, which carefully balances the detriment from the exposure and the resources available for the protection of individuals. Thus the best option is not necessarily the one with the lowest dose.”

A következőkben összefoglalom és amennyire csak lehetséges, számszerűsítem is azokat az érveket, amelyek alapján a $\Gamma=1$ biztonsági tényező alkalmazása megalapozottan ajánlható a határértékek engedélyezési eljárásában.

6.1. Konzervatív feltételezések a vonatkoztatási csoport megválasztásában

A Bevezetésben említett OTH határozat [2] szerint a vonatkoztatási csoport a csámpai buszmegálló közelében lakó felnőttek csoportja, és e csoport hipotetikusan magába foglalja a vízi kibocsátásoknál figyelembe vett első jobb parti település (Gerjen) hasonló életkorú lakóit is.

Ugyan nem zárható ki teljesen, azonban nem is valószínű, hogy a fenti két – térben eléggé távoli - csoportot egyes besugárzási útvonalak valóban összekapcsolnak. A csoportoknak a számításokban alkalmazott, minden besugárzási útvonal szerinti egyesítése viszont nyilvánvalóan konzervatív megközelítés.

A megközelítés konzervatív volta a következőképpen számszerűsíthető. A jelenlegi blokkok légköri és folyékony kibocsátásaiból származó éves, lakossági sugárterheléseket a HAKSER utolsó 10 éves eredményei [19] alapján a 6-1. táblázat mutatja be. (Megjegyzendő, hogy a 2003. évi üzemzavar torzító hatását elkerülendő, a 2003. év helyett a 2002. év lett figyelembe véve.) A táblázatban feltüntetett teljes/légköri és teljes/folyékony kibocsátási dózisarányok legkisebb értékei 1,3 és 2,6. Ez azt jelenti, hogy a kétféle kibocsátási mód együttes kezelése a légköri kibocsátások tekintetében legalább 1,3-szoros, a folyékony kibocsátások tekintetében legalább 2,6-szoros biztonsági tényezőt jelent.

6-1. táblázat. Éves lakossági sugárterhelések a jelenlegi blokkok normál üzemi kibocsátásaiból (nSv/év)

Év	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Léggöri	79	73	50	43	42	59	85	78	48	51
Folyékony	26	22	23	24	27	30	24	25	30	30
Teljes/léggöri	1,3	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,3	1,3	1,6	1,6
Teljes/folyékony	4,0	4,3	3,2	2,8	2,6	3,0	4,5	4,1	2,6	2,7

További konzervatív megközelítést jelenthet a kibocsátási határértékek származtatásánál az, hogy minden radionuklidnál a két korcsoportra kapott éves dózisok közül a nagyobb, azaz a korlátozó éves dózis lett figyelembe véve (lásd 4.1. pont). Ennek számszerűsítésére a megrendelői adatközlés [6] részét képező, tervezettnak tekinthető kibocsátásokkal végeztem számításokat. Ennek eredményeként a léggöri kibocsátásoknál 1,1-szeres (120 m-es kibocsátás esetén), a folyékony kibocsátásnál gyakorlatilag 1,0-szoros felülbecslési tényezők adódtak.

6.2. Konzervatív feltételezések a léggöri terjedés és szárazföldi tápláléklánc számításában

A 2001-2013 közötti időszak meteorológiai adataiból a legnagyobb hígulás tényezőt (azaz legkisebb hígulást) eredményező lett figyelembe véve (5-1.a és 5-1.b táblázatok). Hosszabb időszak – azaz az új blokkok több évtizedes üzemideje alatt – átlagos meteorológiai viszonyok feltételezhetők, azaz az ebből származó felülbecslés értéke 1,4-szeres. A várható üzemi eseményeknél feltételezett meteorológiai viszonyok hatása, illetve a korlátozó állapot kiválasztása legalább ugyanilyen nagyságú szorzótényezővel írható le.

A léggöri terjedési számítások a dózismegszorítást megalapozó dokumentumban [1] szereplő 1300 m-es távolságra történtek, míg a tervezett kibocsátási pontok távolsága legalább 1500 m a csámpai lakóhelytől. Az erre vonatkozó felülbecslés 1,2-szeres (a 120 m-es normál üzemi hígulási tényezők alapján).

A tápláléklánc modellben egész évben tenyésző vegetációt feltételeztem, ami valójában a nem vegetációs időszakban bekövetkező depozíció bomlás miatti csökkenésének elhanyagolását jelenti. A várható üzemi eseményeknél a vegetációs időszakban történő kibocsátás feltételezése hasonló felülbecslést eredményez. E közelítések eredménye nehezen becsülhető, azonban összességében – a vegetációs időszak hosszát figyelembe véve – egy 1,5-szörös tényező feltevése mindenképpen indokolt.

A számításokhoz felhasznált koncentráció faktorok, átviteli tényezők elemfüggő értékeit általában az irodalomban található tartományok felső részéből választottam.

6.3. Konzervatív feltételezések a folyékony kibocsátás számításában

Az atomerőműből történő folyékony kibocsátások a Dunába, mint befogadó víztömegbe kerülnek. Még egy olyan nagy folyam, mint a Duna esetében sem várható valójában egy adott helyen a minden irányú, komplex hasznosítás, azonban az utóbbit a modell konzervatívan feltételezi. E feltevés felülbecslésének pontos számszerűsítése gyakorlatilag lehetetlen. Közelítően azt lehet mondani, hogy az öntözéses útvonal befoglalása – ami a hazai viszonyok között nem túlzottan reális feltevés – 1,3-szoros növekedést jelent a dózisban. (Ezzel legalább megegyező nagyságú felülbecslést jelent a H-3 és C-14 radionuklidok esetében alkalmazott

speciális modellek azon alapfeltevése, hogy a táplálékfogyasztás eredményeként ezen izotópok specifikus aktivitása az emberben és a környezetben megegyező lesz.)

Konzervatív közelítésként a terjedési modell a paksi Duna szakaszra sokéves minimum hidrológiai jellemzőkkel számolt. A sokéves minimum vízhozam feltételezett éves átlaga $664 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]. Ezzel szemben az 1973-2011 közötti, ténylegesen előforduló legkisebb érték (nem éves, hanem rövidebb időszakra vonatkozó átlag) $910 \text{ m}^3/\text{s}$ volt [20]. Az éves átlagérték pedig $2330 \text{ m}^3/\text{s}$ [20], az utóbbi évtized legkisebb éves átlagos vízhozama 2003-ban $1780 \text{ m}^3/\text{s}$ volt. Ismét elmondható, hogy a várható üzemidő alatt összességében inkább az átlagot megközelítő vízhozamokat lehet feltételezni, azonban a 2003-as minimummal számolva is a terjedésszámítás feltevései 2,7-szeres felülbecslést eredményeznek. (Konzervatív hatást jelent az a tény is, hogy a korábbi számításoktól [5, 17] eltérően a Gerjen északi részén tervezett parti szűrészű vízbázis távolsága (6 km) lett a modell minden besugárzási útvonalánál figyelembe véve.)

További, de most számszerűen figyelembe nem vett felülbecslést eredményez, hogy a terjedés számításánál a radionuklidok szedimentumhoz kötődő aktivitásával nem csökkentettem az oldott állapot összes aktivitását, illetve a számításokhoz felhasznált koncentráció faktor, átviteli tényezők elemfüggő értékeit az irodalomban található tartományok felső részéből választottam.

6.4. Konzervatív feltételezések a dózisok becslésében

A kérdőíves felmérésből származó ételmiszerfogyasztási adatok [14] reálisnak mondhatók, azonban a becsült környezethasznosítási adatok minden bizonnyal konzervatívak. Összességében e tényezők hatása – figyelembe véve az egyes besugárzási útvonalak eltérő súlyát is – óvatos becsléssel, mind a szárazföldi, mind a vízi környezetre 1,2-szeres szorzóval jellemezhető.

A feltételezés szerint a vonatkoztatási csoport által fogyasztott összes növényi és állati eredetű ételmiszert - beleértve az állatok tartásához szükséges összes takarmányt is - helyben termelik. Ez még annak figyelembevételével sem reális, hogy a vonatkoztatási csoportoknál jellemző lehet valamilyen szintű önellátás a mezőgazdasági termelésben.

A lenyelési dózis meghatározásánál a nyers ételmiszer-alapanyagok koncentrációival számoltam, eltekintve az ételmiszerkészítés során alkalmazott, az ételmiszer-alapanyagok aktivitáskoncentrációját csökkentő eljárások - pl. mosás, tisztítás, forrázás stb. hatásaitól.

Az utóbbi hatások együttes jellemzésére indokolt egy 1,5-szörös szorzótényező alkalmazása.

6.5. A konzervatív megközelítések számszerűsített hatásainak összesítése

A 6.1.-6.4. pontokban részletezett konzervatív megközelítések számszerűsített hatásainak összegzését a 6-2. táblázat tartalmazza. Megjegyzendő, hogy mivel a modell lineáris, az együttes hatás az egyes résztényezők szorzatával közelíthető.

A 6-2. táblázat alapján elmondható, hogy mind a légköri, mind a folyékony kibocsátásokból származó lakossági sugárterhelések számítására használt modellek és paramétereik a KöM rendelet által maximálisan előírt, 5-ös biztonsági tényezőnél nagyobb mértékű felülbecslést

eredményeznek. Következésképpen – a sugárvédelem optimalizálási alapelveivel összhangban – a kibocsátási határértékek származtatásánál a $\Gamma=1$ értékű biztonsági tényező előírása javasolt.

6-2. táblázat. A konzervatív megközelítések által eredményezett felülbecslések értékei

Pont	Leírás	Kibocsátás	
		Légköri	Folyékony
6.1.	A hipotetikus vonatkoztatási csoport feltételezése	1,3	2,6
	A korcsoportos korlátozó dózisok kiválasztása	1,1	1,0
6.2.	Meteorológiai feltételek	1,4	-
	A receptorpont távolsága	1,2	-
	Szárazföldi tápláléklánc	1,5	-
6.3.	Vízi terjedés hidrológiai paraméterei	-	2,7
	Vízi tápláléklánc útvonalai	-	1,3
6.4.	Dózisbecslés – környezethasznosítás	1,2	1,2
	Dózisbecslés – élelmiszer-termelés és feldolgozás	1,5	1,5
Összesített felülbecslés		6,5	16

7. A KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A JELENLEGI BLOKKOKRA ENGEDÉLYEZETT ÉRTÉKEKKEL

Mivel a jelenlegi blokkokra csak a normál üzemi állapotra történt a kibocsátási határértékek meghatározása és engedélyezése, a következőkben ezek összehasonlítására szorítkozom. A 7-1. és 7-2. táblázatokban csak azok a radionuklidok, illetve fizikai-kémiai formáik szerepelnek, amelyek mindkét – a jelenlegi és új blokkokra vonatkozó – adatkörben megtalálhatók.

További szűkítés, hogy a jelenlegi blokkoknál ez egészségügyi épületből történő kibocsátások 20 m-es magasságban feltételezettek [7, 17], míg az új blokkoknál a turbinaépület esetében 40 m-re [6], emiatt a két adatsor összevetése nem lenne helytálló, valamint 7-1. táblázatban csak azok a kibocsátási határértékek szerepelnek, amelyeknél a 2013-ban a jelenlegi blokkokra a kibocsátási határérték kihasználása $1\text{E-}05$ -nél nagyobb volt [7].

7.1. Légköri radioaktív kibocsátások

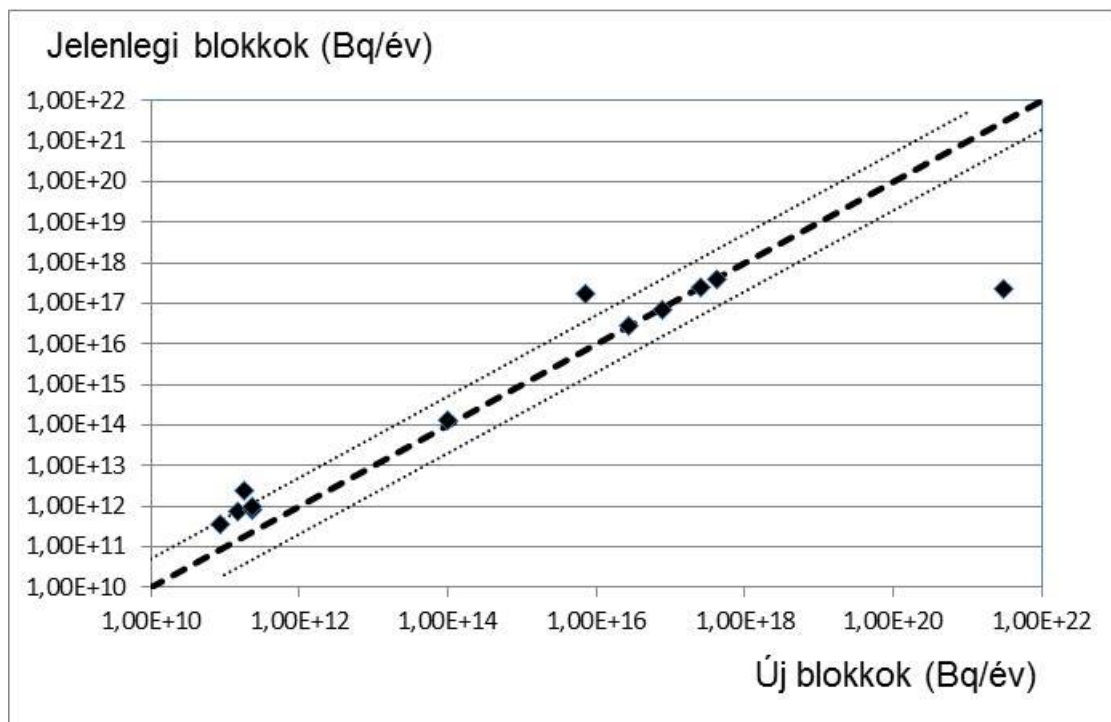
7-1. táblázat. A jelenlegi és új blokkokra megállapított normál üzemi, 120 m-es légköri kibocsátási határértékek a csámpai vonatkoztatási csoportra (Bq/év)

Radionuklid	Új blokkok	Jelenlegi blokkok	Új/jelenlegi
H-3 (HTO)	7,00E+15	1,70E+17	4,1E-02
H-3 (HT)	3,10E+21	2,20E+17	1,4E+04
C-14 (CO ₂)	9,80E+13	1,30E+14	7,5E-01
Co-60	1,80E+11	2,40E+12	7,5E-02
Sr-90	8,80E+10	3,70E+11	2,4E-01
Kr-85m	4,30E+17	4,10E+17	1,0E+00
Kr-87	7,70E+16	7,30E+16	1,1E+00
Kr-88	2,80E+16	2,90E+16	9,7E-01
I-131 (e)	1,50E+11	7,80E+11	1,9E-01
Xe-135	2,60E+17	2,40E+17	1,1E+00
Cs-134	2,30E+11	8,20E+11	2,8E-01
Cs-137	2,30E+11	1,00E+12	2,3E-01

A táblázatban szürke színnel vannak kiemelve azok az értékek, ahol az eltérés bármelyik irányban ötszörös tényezőnél nagyobb. A táblázatból, illetve a 7-1. ábrából látható, hogy az eltérések jellemzően nem haladják meg az ötszörös tényezőt, és általában az új blokkokra kapott határértékek szigorúbbak. (Az ábrán a pontvonalak az ötszörös eltéréseket jelölik.)

Az ötszörös tényezőt meghaladó eltérések magyarázata a következő:

- 1) a HTO formájú tríciumnál a jelenlegi blokkokra érvényes határérték még nem a NAÜ új, specifikus aktivitáson alapuló modelljével [4] lett számolva, az új határérték mintegy 25-ször szigorúbb;
- 2) a HT formájú tríciumnál a jelenlegi határérték meghatározásánál azzal a feltevéssel számoltak, hogy a környezetben HTO formává alakul át [17], ez indokolatlanul konzervatív – a HTO határértékét alig meghaladó – értékre vezetett; az új határérték tizennégyezerszerese a jelenleginek (hozzá kell tenni, hogy a kibocsátási gyakorlatban egyik érték sem jelent érdemi korlátozást);
- 3) a Co-60 esetében az új határérték mintegy 13-szor szigorúbb, aminek oka az, hogy az új modell a kibocsátások 30 éves felhalmozódásával számol a talajban [4].



7-1. ábra Az új blokkokra meghatározott, és a jelenlegi kibocsátási határértékek közötti összefüggés (120 m-es normál üzemi, légköri kibocsátások, 2009. évi meteorológiai adatok, Csámpa, 90 μ Sv dózismegszorítás, $\Gamma=1$)

7.2. Folyékony radioaktív kibocsátások

A folyékony radioaktív kibocsátási határértékek összevetése a 7-2. táblázatban és a 7-2. ábrán látható.

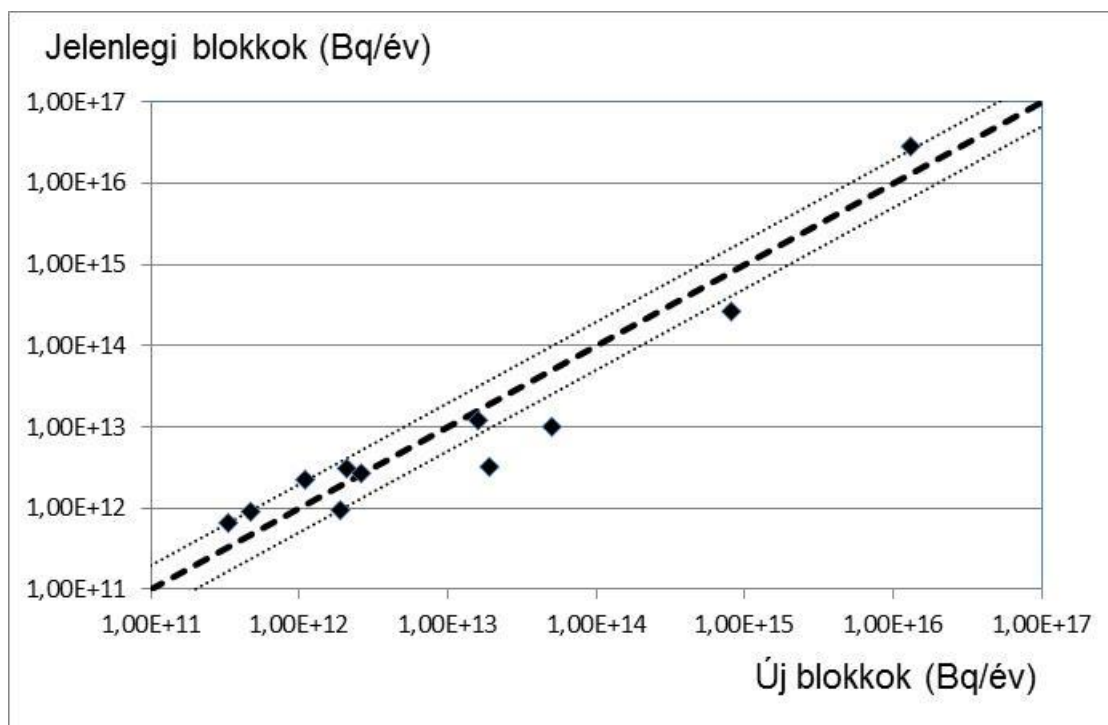
7-2. táblázat. A jelenlegi és új blokkokra megállapított normál üzemi, folyékony kibocsátási határértékek a gerjén vonatkoztatási csoportra (Bq/év)

Radionuklid	Új blokkok	Jelenlegi blokkok	Új/jelenlegi
H-3	1,30E+16	2,90E+16	0,45
C-14	2,10E+12	3,10E+12	0,68
Cr-51	8,10E+14	2,70E+14	3,0
Mn-54	5,00E+13	1,00E+13	5,0
Co-58	1,90E+13	3,20E+12	5,9
Co-60	1,90E+12	9,50E+11	2,0
Sr-89	1,60E+13	1,20E+13	1,3
Sr-90	1,10E+12	2,20E+12	0,50
I-131	2,60E+12	2,70E+12	0,96
Cs-134	3,30E+11	6,50E+11	0,51
Cs-137	4,70E+11	9,00E+11	0,52

A táblázatból és a 7-2. ábrából is láthatóan, az eltérések itt többnyire kétszeres tényezőkön belül maradtak. (Az ábrán a pontvonalak itt a kétszeres eltéréseket jelölik.)

A táblázatban szürke színnel kiemelt, nagyobb - ötszörös körüli - eltérések magyarázata abban keresendő, hogy az új NAÜ modellben a víz – vízpart közötti kölcsönhatás leírása realisabb,

kevésbé konzervatív modellel történt [4]. Ez a jelentős energiájú, és viszonylag rövid felezési idejű gamma-sugárzó izotópoknál kisebb külső dózisokat eredményezett (pl. Co-58, Mn-54).



7-2. ábra Az új blokkokra meghatározott, és a jelenlegi kibocsátási határértékek közötti összefüggés (normál üzemi, folyékony kibocsátások, Gerjen, $90 \mu\text{Sv}$ dózismegszorítás, $\Gamma=1$)

8. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A jelentés a paksi telephelyen létesítendő új blokkoknak a 15/2001. (VI. 6) KöM rendelet alapján meghatározott légköri és folyékony kibocsátási határértékeit tartalmazza a megrendelői adatszolgáltatásban [6] lerögzített radionuklidokra és fizikai-kémiai formákra.

A számítások a következő esetekre történtek:

a) normál üzemi légköri kibocsátások

aa) 120 m-es kibocsátási magasság, 2009. évi meteorológiai adatok,

ab) 40 m-es kibocsátási magasság, 2005. évi meteorológiai adatok;

b) légköri kibocsátások várható üzemi eseményekre

ba) 120 m-es kibocsátási magasság, C Pasquill-kategória, 10 mm/h eső,

bb) 120 m-es kibocsátási magasság, D Pasquill-kategória, száraz idő,

bc) 35 m-es kibocsátási magasság, C Pasquill-kategória, 10 mm/h eső,

bd) 35 m-es kibocsátási magasság, F Pasquill-kategória. száraz idő;

c) normál üzemi folyékony kibocsátások.

Az 1 GBq nagyságrendű kibocsátásokból a vonatkoztatási csoportok lakóhelyein (Csámpa és Gerjen) [2] élő 1 éves gyermek és felnőtt korcsoportokra számolt dózisokból a maximális, korlátozó értékkel történt a kibocsátási határérték meghatározása. Így végeredményben minden üzemállapotra és minden kibocsátási módra (pontra) egy-egy – a 8-1. és 8-2. táblázatban összefoglalt - adatsor állt elő (a részletes eredmények az 5. fejezetben és a Függelékben találhatók). Megjegyzendő, hogy a 8-1. és 8-2. összesítő táblázatok csak a megrendelői adatközlésben szereplő radionuklidokra vonatkozó határértékeket tartalmazzák. (Az 5. fejezet 5-2.a – 5-4. táblázatai az összes számított eredményt összefoglalják.)

A jelentés 6. fejezete tárgyalja a modell és modellparaméterek által eredményezett konzervatív megközelítéseket, és számszerűsíti azok felülbecslő hatását. Mivel eredőben a légköri kibocsátási határértékek legalább 6,5-szörös, a folyékony kibocsátási határértékek legalább 16-szoros felülbecslést tartalmazhatnak a minden paramétert tekintve átlagos esethez képest, a határértékek származtatásánál a KöM rendelet szerinti $\Gamma=1$ biztonsági tényező megválasztása volt indokolt.

A jelentés 7. fejezete összehasonlítja az új blokkokra meghatározott és a jelenlegi blokkokra érvényes kibocsátási határértékeket. Az adatok eltérése döntően ötszörös – a folyékony kibocsátásoknál kétszeres – tényezően belüli, és az új határértékek jellemzően a szigorúbb irányban találhatók.

8-1. táblázat. A paksi telephelyen létesítendő új blokkok légköri kibocsátásokra vonatkozó határértékei (Bq/év, illetve Bq/esemény)

Radionuklid (fizikai-kémiai forma)	Normál üzem (Bq/év)		Várható üzemi esemény (Bq/esemény)	
	120 m	40 m	120 m	35 m
H-3 (HTO)	7,0E+15	1,5E+15	-	-
H-3 (HT)	3,1E+21	6,5E+20	-	-
C-14 (CO₂)	9,8E+13	-	-	-
C-14 (sz)	1,5E+16	-	-	-
Cr-51	1,5E+14	3,4E+13	-	-
Mn-54	7,3E+12	1,6E+12	-	-
Co-60	1,8E+11	4,1E+10	-	-
Kr-83m	1,3E+21	3,1E+20	-	-
Kr-85m	4,3E+17	9,8E+16	6,3E+15	1,2E+15
Kr-85	1,1E+19	2,4E+18	-	-
Kr-87	7,7E+16	2,1E+16	1,1E+15	2,3E+14
Kr-88	2,8E+16	6,4E+15	3,4E+14	7,4E+13
Sr-89	2,2E+12	5,0E+11	-	-
Sr-90	8,8E+10	2,0E+10	-	-
I-131 (a)	4,4E+11	9,9E+10	4,7E+08	-
I-132 (a)	9,3E+15	2,3E+15	2,0E+13	-
I-133 (a)	3,3E+13	7,5E+12	3,5E+10	-
I-134 (a)	1,5E+16	4,3E+15	4,4E+13	-
I-135 (a)	1,8E+15	4,1E+14	2,4E+12	-
I-131 (e)	1,5E+11	5,2E+10	8,4E+09	1,2E+09
I-132 (e)	4,4E+15	1,5E+15	1,7E+14	2,4E+13
I-133 (e)	1,2E+13	3,9E+12	6,2E+11	8,7E+10
I-134 (e)	8,9E+15	3,2E+15	2,9E+14	4,1E+13
I-135 (e)	6,7E+14	2,2E+14	3,2E+13	4,5E+12
I-131 (sz)	3,9E+13	8,5E+12	1,0E+12	-
I-132 (sz)	1,4E+16	3,4E+15	2,3E+14	-
I-133 (sz)	1,1E+15	2,4E+14	2,3E+13	-
I-134 (sz)	2,1E+16	5,8E+15	3,1E+14	-
I-135 (sz)	6,3E+15	1,4E+15	1,2E+14	-
Xe-131m	7,8E+18	1,6E+18	-	-
Xe-133	2,1E+18	4,4E+17	3,1E+16	5,4E+15
Xe-135	2,6E+17	5,7E+16	3,9E+15	6,8E+14
Xe-138	6,6E+16	2,1E+16	3,6E+14	1,7E+14
Cs-134	2,3E+11	5,2E+10	2,4E+08	1,0E+10
Cs-137	2,3E+11	5,2E+10	2,4E+08	9,8E+09

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

8-2. táblázat. A paksi telephelyen létesítendő új blokkok folyékony kibocsátásokra vonatkozó határértékei (Bq/év)

Radionuklid	Normál üzem (Bq/év)
H-3	1,3E+16
Cr-51	8,1E+14
Mn-54	5,0E+13
Co-58	1,9E+13
Co-60	1,9E+12
Sr-89	1,6E+13
Sr-90	1,1E+12
I-131	2,6E+12
I-132	6,2E+14
I-133	3,5E+13
I-134	9,4E+14
I-135	2,1E+14
Cs-134	3,3E+11
Cs-137	4,7E+11

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A Paks telephelyen létesítendő új reaktorblokkok dózismegszorítása (SOM(R)435/3, Rev.3, SOM System Kft., 2011)
- [2] ÁNTSZ OTH KEF-14831-4/2012. sz. határozata (2012. október 15.)
- [3] J.R. Simmonds, G. Lawson, A. Mayall: Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, Report EUR 15760 (1995)
- [4] Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment (IAEA Safety Reports Series, No. 19, Vienna, 2001)
- [5] A KKÁT kibocsátási határértékeinek felülvizsgálata (SOM(R)/3/427, Rev.1, SOM System Kft., 2011)
- [6] Megrendelői adatközlés (CD, MVM Paks II. Zrt., 2014.05.26)
- [7] Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben 2013-ban (MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Paks, 2014. március)
- [8] Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases (IAEA Safety Series No. 57., Vienna, 1982)
- [9] Radiological Assessment: Predicting the Transport, Bioaccumulation and Uptake by Man of Radionuclides Released to the Environment (NCRP Report No. 76, Bethesda, 1984)
- [10] External exposure to radionuclides in air, water and soil (Federal Guidance Report No. 12, EPA-402-R-93-081, 1993)
- [11] IAEA Safety Standards. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (General Safety Requirements Part 3, Vienna, 2011, Interim Edition)
- [12] Kerekes A., Juhász L.: A PAE ellenőrzött zónájából kikerülő, kis mértékben radioaktívan szennyezett fapallók felszabadítási eljárását megalapozó tanulmány (Budapest, 2003)
- [13] Új atomerőművi blokk(ok) létesítése a paksi telephelyen. Környezeti Hatástanulmány, 2. Előrehaladási jelentés (MVM Paks II. Zrt., ERBE 13A380069000 25 002 v0)
- [14] A táplálékfogyasztási jellemzők felmérése Bátaapáti térségében (kérdőíves felmérés (OSSKI, Budapest, 1999)
- [15] KDV KTVF Laboratórium (2008-2010, Duna, Nagytétény)
- [16] UNSCEAR 2000 Report Vol. I Sources and Effects of Ionizing Radiation (Annex A)
- [17] A Paksi Atomerőmű kibocsátási határértékeinek meghatározása (OKK-OSSKI, Budapest, 2001)

[18] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103, Elsevier, 2007)

[19] A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Rendszer (HAKSER) éves jelentései 2002-2012 (OSSKI, Budapest)

[20] A telephely hidrológiai jellemzése (Zárójelentés, Lévai Projekt, MVM ERBE Zrt. S 11 122 0 009 v0 25, 2014)

FÜGGELÉK

F-1.a táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/év) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, 2009. évi meteorológiai adatok)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	1,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	7,0E-09	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-09
Cr-51	4,7E-05	2,0E-02	1,5E-09	2,0E-02
Mn-54	1,3E-03	5,9E+00	4,4E-07	5,9E+00
Co-60	3,9E-03	1,0E+02	8,2E-06	1,0E+02
Kr-83m	7,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-08
Kr-85m	2,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-04
Kr-85	8,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	8,0E-06
Kr-87	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03
Kr-88	3,1E-03	2,9E-05	2,5E-12	3,1E-03
Sr-89	1,4E-05	7,9E-02	7,6E-10	7,9E-02
Sr-90	3,0E-06	7,6E+00	1,0E-08	7,6E+00
I-131 (a)	5,7E-04	6,8E-02	5,0E-09	6,9E-02
I-132 (a)	3,3E-03	4,7E-03	3,6E-10	8,0E-03
I-133 (a)	9,2E-04	1,2E-02	8,9E-10	1,3E-02
I-134 (a)	3,5E-03	1,9E-03	1,4E-10	5,4E-03
I-135 (a)	2,5E-03	9,3E-03	7,6E-10	1,2E-02
I-131 (e)	5,4E-04	1,9E-01	1,4E-08	1,9E-01
I-132 (e)	3,2E-03	1,3E-02	1,0E-09	1,7E-02
I-133 (e)	8,8E-04	3,5E-02	2,5E-09	3,6E-02
I-134 (e)	3,4E-03	5,4E-03	4,1E-10	8,8E-03
I-135 (e)	2,4E-03	2,7E-02	2,2E-09	2,9E-02
I-131 (sz)	5,8E-04	7,0E-04	5,1E-11	1,3E-03
I-132 (sz)	3,3E-03	4,7E-05	3,6E-12	3,4E-03
I-133 (sz)	9,3E-04	1,2E-04	9,0E-12	1,1E-03
I-134 (sz)	3,6E-03	1,9E-05	1,5E-12	3,6E-03
I-135 (sz)	2,5E-03	9,4E-05	7,7E-12	2,6E-03
Xe-131m	1,2E-05	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-05
Xe-133	4,4E-05	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-05
Xe-135	3,4E-04	0,0E+00	0,0E+00	3,4E-04
Xe-138	1,3E-03	6,4E-05	5,4E-12	1,3E-03
Cs-134	2,4E-03	2,3E+01	1,7E-06	2,3E+01
Cs-137	8,6E-04	4,0E+01	2,9E-06	4,0E+01

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-1.b táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/év) a csámpai felnőttek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, 2009. évi meteorológiai adatok)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	1,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	7,0E-09	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-09
Cr-51	4,7E-05	2,0E-02	1,5E-09	2,0E-02
Mn-54	1,3E-03	5,9E+00	4,4E-07	5,9E+00
Co-60	3,9E-03	1,0E+02	8,2E-06	1,0E+02
Kr-83m	7,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-08
Kr-85m	2,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-04
Kr-85	8,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	8,0E-06
Kr-87	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03
Kr-88	3,1E-03	2,9E-05	2,5E-12	3,1E-03
Sr-89	1,4E-05	7,9E-02	7,6E-10	7,9E-02
Sr-90	3,0E-06	7,6E+00	1,0E-08	7,6E+00
I-131 (a)	5,7E-04	6,8E-02	5,0E-09	6,9E-02
I-132 (a)	3,3E-03	4,7E-03	3,6E-10	8,0E-03
I-133 (a)	9,2E-04	1,2E-02	8,9E-10	1,3E-02
I-134 (a)	3,5E-03	1,9E-03	1,4E-10	5,4E-03
I-135 (a)	2,5E-03	9,3E-03	7,6E-10	1,2E-02
I-131 (e)	5,4E-04	1,9E-01	1,4E-08	1,9E-01
I-132 (e)	3,2E-03	1,3E-02	1,0E-09	1,7E-02
I-133 (e)	8,8E-04	3,5E-02	2,5E-09	3,6E-02
I-134 (e)	3,4E-03	5,4E-03	4,1E-10	8,8E-03
I-135 (e)	2,4E-03	2,7E-02	2,2E-09	2,9E-02
I-131 (sz)	5,8E-04	7,0E-04	5,1E-11	1,3E-03
I-132 (sz)	3,3E-03	4,7E-05	3,6E-12	3,4E-03
I-133 (sz)	9,3E-04	1,2E-04	9,0E-12	1,1E-03
I-134 (sz)	3,6E-03	1,9E-05	1,5E-12	3,6E-03
I-135 (sz)	2,5E-03	9,4E-05	7,7E-12	2,6E-03
Xe-131m	1,2E-05	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-05
Xe-133	4,4E-05	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-05
Xe-135	3,4E-04	0,0E+00	0,0E+00	3,4E-04
Xe-138	1,3E-03	6,4E-05	5,4E-12	1,3E-03
Cs-134	2,4E-03	2,3E+01	1,7E-06	2,3E+01
Cs-137	8,6E-04	4,0E+01	2,9E-06	4,0E+01

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-2.a táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó külső dózisek (nSv/év) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (40 m-es kibocsátás, 2005. évi meteorológiai adatok)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	4,9E-08	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	3,3E-08	0,0E+00	0,0E+00	3,3E-08
Cr-51	2,1E-04	8,7E-02	6,5E-09	8,7E-02
Mn-54	5,7E-03	2,6E+01	2,0E-06	2,6E+01
Co-60	1,8E-02	4,5E+02	3,7E-05	4,5E+02
Kr-83m	2,9E-07	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-07
Kr-85m	9,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	9,2E-04
Kr-85	3,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	3,8E-05
Kr-87	4,4E-03	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-03
Kr-88	1,3E-02	1,9E-04	1,6E-11	1,4E-02
Sr-89	6,1E-05	3,5E-01	3,4E-09	3,5E-01
Sr-90	1,4E-05	3,4E+01	4,6E-08	3,4E+01
I-131 (a)	2,5E-03	3,0E-01	2,2E-08	3,1E-01
I-132 (a)	1,3E-02	1,9E-02	1,4E-09	3,2E-02
I-133 (a)	4,1E-03	5,4E-02	3,9E-09	5,8E-02
I-134 (a)	1,3E-02	6,6E-03	5,1E-10	1,9E-02
I-135 (a)	1,1E-02	4,0E-02	3,3E-09	5,1E-02
I-131 (e)	1,6E-03	5,8E-01	4,2E-08	5,8E-01
I-132 (e)	9,2E-03	3,9E-02	2,9E-09	4,8E-02
I-133 (e)	2,6E-03	1,1E-01	7,6E-09	1,1E-01
I-134 (e)	9,4E-03	1,5E-02	1,1E-09	2,4E-02
I-135 (e)	7,2E-03	8,1E-02	6,6E-09	8,8E-02
I-131 (sz)	2,7E-03	3,2E-03	2,4E-10	5,9E-03
I-132 (sz)	1,4E-02	2,0E-04	1,5E-11	1,4E-02
I-133 (sz)	4,3E-03	5,7E-04	4,1E-11	4,8E-03
I-134 (sz)	1,3E-02	6,9E-05	5,3E-12	1,3E-02
I-135 (sz)	1,1E-02	4,2E-04	3,5E-11	1,2E-02
Xe-131m	5,5E-05	0,0E+00	0,0E+00	5,5E-05
Xe-133	2,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-04
Xe-135	1,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-03
Xe-138	3,8E-03	2,6E-04	2,2E-11	4,2E-03
Cs-134	1,1E-02	1,0E+02	7,6E-06	1,0E+02
Cs-137	3,8E-03	1,8E+02	1,3E-05	1,8E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-2.b táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó külső dózisek (nSv/év) a csámpai felnőttek korcsoportjára (40 m-es kibocsátás, 2005. évi meteorológiai adatok)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	4,9E-08	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	3,3E-08	0,0E+00	0,0E+00	3,3E-08
Cr-51	2,1E-04	8,7E-02	6,5E-09	8,7E-02
Mn-54	5,7E-03	2,6E+01	2,0E-06	2,6E+01
Co-60	1,8E-02	4,5E+02	3,7E-05	4,5E+02
Kr-83m	2,9E-07	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-07
Kr-85m	9,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	9,2E-04
Kr-85	3,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	3,8E-05
Kr-87	4,4E-03	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-03
Kr-88	1,3E-02	1,9E-04	1,6E-11	1,4E-02
Sr-89	6,1E-05	3,5E-01	3,4E-09	3,5E-01
Sr-90	1,4E-05	3,4E+01	4,6E-08	3,4E+01
I-131 (a)	2,5E-03	3,0E-01	2,2E-08	3,1E-01
I-132 (a)	1,3E-02	1,9E-02	1,4E-09	3,2E-02
I-133 (a)	4,1E-03	5,4E-02	3,9E-09	5,8E-02
I-134 (a)	1,3E-02	6,6E-03	5,1E-10	1,9E-02
I-135 (a)	1,1E-02	4,0E-02	3,3E-09	5,1E-02
I-131 (e)	1,6E-03	5,8E-01	4,2E-08	5,8E-01
I-132 (e)	9,2E-03	3,9E-02	2,9E-09	4,8E-02
I-133 (e)	2,6E-03	1,1E-01	7,6E-09	1,1E-01
I-134 (e)	9,4E-03	1,5E-02	1,1E-09	2,4E-02
I-135 (e)	7,2E-03	8,1E-02	6,6E-09	8,8E-02
I-131 (sz)	2,7E-03	3,2E-03	2,4E-10	5,9E-03
I-132 (sz)	1,4E-02	2,0E-04	1,5E-11	1,4E-02
I-133 (sz)	4,3E-03	5,7E-04	4,1E-11	4,8E-03
I-134 (sz)	1,3E-02	6,9E-05	5,3E-12	1,3E-02
I-135 (sz)	1,1E-02	4,2E-04	3,5E-11	1,2E-02
Xe-131m	5,5E-05	0,0E+00	0,0E+00	5,5E-05
Xe-133	2,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-04
Xe-135	1,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-03
Xe-138	3,8E-03	2,6E-04	2,2E-11	4,2E-03
Cs-134	1,1E-02	1,0E+02	7,6E-06	1,0E+02
Cs-137	3,8E-03	1,8E+02	1,3E-05	1,8E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-3.a táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/év) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, 2009. évi meteorológiai adatokkal)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	1,3E-02
H-3 (HT)	8,3E-09	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,3E-09
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	9,2E-01
C-14 (sz)	2,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E-03
Cr-51	3,6E-04	8,1E-02	1,3E-01	7,3E-03	3,6E-01	1,1E-08	5,8E-01
Mn-54	1,1E-02	2,3E+00	3,6E+00	4,5E-01	1,8E-01	3,7E-06	6,5E+00
Co-60	1,5E-01	2,2E+01	3,5E+01	1,5E+02	1,8E+02	3,1E-04	3,9E+02
Kr-88	3,5E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,5E-05
Sr-89	5,1E-02	8,8E+00	1,4E+01	1,2E+01	5,6E+00	2,9E-06	4,1E+01
Sr-90	6,9E-01	9,9E+01	1,6E+02	4,8E+02	2,8E+02	2,3E-03	1,0E+03
I-131 (a)	1,2E-01	1,5E+01	2,4E+01	1,4E+02	2,4E+01	1,1E-06	2,0E+02
I-132 (a)	1,6E-03	1,3E-46	2,0E-46	2,6E-05	5,0E-65	1,7E-10	1,6E-03
I-133 (a)	3,1E-02	2,7E-05	4,2E-05	2,7E+00	6,0E-07	2,9E-08	2,7E+00
I-134 (a)	5,4E-04	4,7E-119	7,4E-119	2,2E-11	4,3E-168	2,2E-11	5,4E-04
I-135 (a)	6,2E-03	6,5E-17	1,0E-16	3,2E-02	4,9E-23	1,9E-09	3,8E-02
I-131 (e)	2,6E-01	4,3E+01	6,7E+01	4,0E+02	6,9E+01	6,8E-06	5,8E+02
I-132 (e)	3,6E-03	3,7E-46	5,8E-46	7,5E-05	1,4E-64	1,1E-09	3,6E-03
I-133 (e)	6,6E-02	7,7E-05	1,2E-04	7,7E+00	1,7E-06	1,9E-07	7,8E+00
I-134 (e)	9,8E-04	1,3E-118	2,1E-118	6,5E-11	1,2E-167	1,2E-10	9,8E-04
I-135 (e)	1,4E-02	1,9E-16	2,9E-16	9,2E-02	1,4E-22	1,2E-08	1,1E-01
I-131 (sz)	2,3E-01	1,5E-01	2,4E-01	1,4E+00	2,5E-01	2,0E-08	2,3E+00
I-132 (sz)	2,9E-03	1,3E-48	2,0E-48	2,6E-07	5,0E-67	3,1E-12	2,9E-03
I-133 (sz)	5,5E-02	2,7E-07	4,3E-07	2,7E-02	6,0E-09	5,3E-10	8,2E-02
I-134 (sz)	6,4E-04	4,7E-121	7,5E-121	2,3E-13	4,3E-170	2,6E-13	6,4E-04
I-135 (sz)	1,1E-02	6,6E-19	1,0E-18	3,2E-04	4,9E-25	3,5E-11	1,2E-02
Xe-138	2,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E-05
Cs-134	1,3E-02	1,2E+01	1,8E+01	5,7E+01	5,0E+01	9,1E-06	1,4E+02
Cs-137	9,3E-03	9,7E+00	1,5E+01	6,2E+01	5,5E+01	3,1E-05	1,4E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-3.b táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/év) a csámpai felnőttek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, 2009. évi meteorológiai adatokkal)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	1,3E-02
H-3 (HT)	1,9E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	9,2E-01
C-14 (sz)	6,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,0E-03
Cr-51	3,8E-04	4,2E-02	5,7E-02	1,3E-03	1,9E-01	1,2E-08	2,9E-01
Mn-54	1,5E-02	1,6E+00	2,2E+00	1,1E-01	1,3E-01	5,4E-06	4,1E+00
Co-60	3,2E-01	8,7E+00	1,2E+01	2,1E+01	7,6E+01	6,7E-04	1,2E+02
Kr-88	2,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E-05
Sr-89	8,1E-02	4,0E+00	5,4E+00	2,0E+00	2,6E+00	4,5E-06	1,4E+01
Sr-90	1,6E+00	1,2E+02	1,6E+02	2,0E+02	3,5E+02	5,5E-03	8,4E+02
I-131 (a)	7,6E-02	5,8E+00	7,8E+00	1,9E+01	9,6E+00	6,7E-07	4,2E+01
I-132 (a)	1,1E-03	4,8E-47	6,5E-47	3,5E-06	2,0E-65	1,1E-10	1,1E-03
I-133 (a)	1,5E-02	8,2E-06	1,1E-05	2,9E-01	1,9E-07	1,5E-08	3,1E-01
I-134 (a)	4,0E-04	2,1E-119	2,9E-119	3,6E-12	2,0E-168	1,6E-11	4,0E-04
I-135 (a)	3,2E-03	2,1E-17	2,9E-17	3,7E-03	1,7E-23	9,8E-10	6,9E-03
I-131 (e)	1,9E-01	1,6E+01	2,2E+01	5,4E+01	2,7E+01	5,1E-06	1,2E+02
I-132 (e)	2,9E-03	1,4E-46	1,9E-46	1,0E-05	5,6E-65	9,2E-10	2,9E-03
I-133 (e)	3,9E-02	2,4E-05	3,2E-05	8,4E-01	5,4E-07	1,1E-07	8,7E-01
I-134 (e)	1,3E-03	6,2E-119	8,4E-119	1,1E-11	5,9E-168	1,5E-10	1,3E-03
I-135 (e)	8,8E-03	6,1E-17	8,2E-17	1,1E-02	4,7E-23	8,1E-09	1,9E-02
I-131 (sz)	1,6E-01	5,8E-02	7,9E-02	1,9E-01	9,7E-02	1,4E-08	5,8E-01
I-132 (sz)	1,8E-03	4,8E-49	6,5E-49	3,5E-08	2,0E-67	2,0E-12	1,8E-03
I-133 (sz)	3,2E-02	8,3E-08	1,1E-07	2,9E-03	1,9E-09	3,1E-10	3,5E-02
I-134 (sz)	4,5E-04	2,2E-121	2,9E-121	3,7E-14	2,1E-170	1,8E-13	4,5E-04
I-135 (sz)	6,9E-03	2,1E-19	2,9E-19	3,7E-05	1,7E-25	2,1E-11	7,0E-03
Xe-138	2,5E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-05
Cs-134	6,8E-02	4,3E+01	5,8E+01	7,6E+01	1,9E+02	4,9E-05	3,7E+02
Cs-137	4,7E-02	3,3E+01	4,4E+01	7,5E+01	1,9E+02	1,6E-04	3,5E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-4.a táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/év) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (40 m-es kibocsátás, 2005. évi meteorológiai adatokkal)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	6,0E-02
H-3 (HT)	3,9E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	4,3E+00
C-14 (sz)	1,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-02
Cr-51	1,6E-03	3,6E-01	5,7E-01	3,3E-02	1,6E+00	4,9E-08	2,6E+00
Mn-54	4,7E-02	1,0E+01	1,6E+01	2,0E+00	7,9E-01	1,6E-05	2,9E+01
Co-60	6,6E-01	9,9E+01	1,6E+02	6,7E+02	8,2E+02	1,4E-03	1,8E+03
Kr-88	2,4E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,4E-04
Sr-89	2,3E-01	3,9E+01	6,2E+01	5,5E+01	2,5E+01	1,3E-05	1,8E+02
Sr-90	3,1E+00	4,4E+02	7,0E+02	2,1E+03	1,3E+03	1,0E-02	4,5E+03
I-131 (a)	5,5E-01	6,7E+01	1,1E+02	6,3E+02	1,1E+02	4,8E-06	9,1E+02
I-132 (a)	6,3E-03	5,1E-46	8,1E-46	1,1E-04	2,0E-64	6,7E-10	6,4E-03
I-133 (a)	1,3E-01	1,2E-04	1,9E-04	1,2E+01	2,6E-06	1,3E-07	1,2E+01
I-134 (a)	1,9E-03	1,7E-118	2,6E-118	8,0E-11	1,5E-167	7,8E-11	1,9E-03
I-135 (a)	2,7E-02	2,8E-16	4,4E-16	1,4E-01	2,1E-22	8,2E-09	1,7E-01
I-131 (e)	7,8E-01	1,3E+02	2,0E+02	1,2E+03	2,1E+02	2,0E-05	1,7E+03
I-132 (e)	1,0E-02	1,1E-45	1,7E-45	2,2E-04	4,1E-64	3,3E-09	1,1E-02
I-133 (e)	2,0E-01	2,3E-04	3,6E-04	2,3E+01	5,1E-06	5,7E-07	2,3E+01
I-134 (e)	2,7E-03	3,7E-118	5,9E-118	1,8E-10	3,4E-167	3,3E-10	2,7E-03
I-135 (e)	4,1E-02	5,6E-16	8,9E-16	2,8E-01	4,2E-22	3,8E-08	3,2E-01
I-131 (sz)	1,0E+00	7,0E-01	1,1E+00	6,6E+00	1,1E+00	9,3E-08	1,1E+01
I-132 (sz)	1,2E-02	5,4E-48	8,6E-48	1,1E-06	2,1E-66	1,3E-11	1,2E-02
I-133 (sz)	2,5E-01	1,2E-06	1,9E-06	1,2E-01	2,8E-08	2,4E-09	3,7E-01
I-134 (sz)	2,3E-03	1,7E-120	2,7E-120	8,2E-13	1,6E-169	9,4E-13	2,3E-03
I-135 (sz)	5,1E-02	3,0E-18	4,7E-18	1,5E-03	2,2E-24	1,6E-10	5,3E-02
Xe-138	1,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-04
Cs-134	5,6E-02	5,1E+01	8,1E+01	2,6E+02	2,2E+02	4,0E-05	6,1E+02
Cs-137	4,1E-02	4,3E+01	6,8E+01	2,8E+02	2,4E+02	1,4E-04	6,3E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-4.b táblázat Az új blokkok 1 GBq éves, normál üzemi légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/év) a csámpai felnőttek korcsoportjára (40 m-es kibocsátás, 2005. évi meteorológiai adatokkal)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	6,0E-02
H-3 (HT)	8,9E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,9E-08
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	4,3E+00
C-14 (sz)	2,9E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-02
Cr-51	1,7E-03	1,9E-01	2,5E-01	6,0E-03	8,6E-01	5,2E-08	1,3E+00
Mn-54	6,9E-02	7,3E+00	9,9E+00	5,1E-01	5,9E-01	2,4E-05	1,8E+01
Co-60	1,4E+00	3,9E+01	5,3E+01	9,4E+01	3,4E+02	3,0E-03	5,2E+02
Kr-88	1,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E-04
Sr-89	3,6E-01	1,8E+01	2,4E+01	8,8E+00	1,2E+01	2,0E-05	6,3E+01
Sr-90	7,3E+00	5,3E+02	7,2E+02	9,1E+02	1,6E+03	2,5E-02	3,7E+03
I-131 (a)	3,4E-01	2,6E+01	3,5E+01	8,6E+01	4,3E+01	3,0E-06	1,9E+02
I-132 (a)	4,3E-03	1,9E-46	2,6E-46	1,4E-05	7,8E-65	4,6E-10	4,3E-03
I-133 (a)	6,7E-02	3,6E-05	4,9E-05	1,3E+00	8,3E-07	6,4E-08	1,3E+00
I-134 (a)	1,4E-03	7,6E-119	1,0E-118	1,3E-11	7,2E-168	5,7E-11	1,4E-03
I-135 (a)	1,4E-02	9,2E-17	1,2E-16	1,6E-02	7,2E-23	4,3E-09	3,0E-02
I-131 (e)	5,8E-01	4,9E+01	6,6E+01	1,6E+02	8,2E+01	1,5E-05	3,6E+02
I-132 (e)	8,3E-03	4,0E-46	5,4E-46	2,9E-05	1,6E-64	2,7E-09	8,3E-03
I-133 (e)	1,2E-01	7,0E-05	9,5E-05	2,5E+00	1,6E-06	3,4E-07	2,6E+00
I-134 (e)	3,5E-03	1,7E-118	2,3E-118	2,9E-11	1,6E-167	4,3E-10	3,5E-03
I-135 (e)	2,7E-02	1,8E-16	2,5E-16	3,2E-02	1,4E-22	2,5E-08	5,9E-02
I-131 (sz)	7,2E-01	2,7E-01	3,6E-01	9,0E-01	4,5E-01	6,4E-08	2,7E+00
I-132 (sz)	7,9E-03	2,1E-48	2,8E-48	1,5E-07	8,3E-67	8,4E-12	7,9E-03
I-133 (sz)	1,5E-01	3,8E-07	5,1E-07	1,3E-02	8,8E-09	1,4E-09	1,6E-01
I-134 (sz)	1,6E-03	7,9E-121	1,1E-120	1,3E-13	7,4E-170	6,6E-13	1,6E-03
I-135 (sz)	3,1E-02	9,7E-19	1,3E-18	1,7E-04	7,5E-25	9,5E-11	3,1E-02
Xe-138	1,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-04
Cs-134	3,0E-01	1,9E+02	2,6E+02	3,4E+02	8,6E+02	2,2E-04	1,6E+03
Cs-137	2,1E-01	1,5E+02	2,0E+02	3,3E+02	8,6E+02	7,1E-04	1,5E+03

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-5.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, 5 mm eső)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	7,0E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	4,7E-07	0,0E+00	0,0E+00	4,7E-07
Cr-51	1,8E-03	1,8E+01	1,4E-06	1,8E+01
Mn-54	4,9E-02	5,5E+03	4,2E-04	5,5E+03
Co-60	1,5E-01	9,8E+04	7,9E-03	9,8E+04
Kr-83m	4,9E-06	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-06
Kr-85m	1,4E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-02
Kr-85	5,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	5,3E-04
Kr-87	7,9E-02	0,0E+00	0,0E+00	7,9E-02
Kr-88	2,1E-01	5,7E-02	4,9E-09	2,7E-01
Sr-89	5,3E-04	7,5E+01	7,2E-07	7,5E+01
Sr-90	1,2E-04	8,0E+03	1,1E-05	8,0E+03
I-131 (a)	2,2E-02	6,4E+01	4,7E-06	6,4E+01
I-132 (a)	1,3E-01	4,3E+00	3,2E-07	4,4E+00
I-133 (a)	3,6E-02	1,2E+01	8,4E-07	1,2E+01
I-134 (a)	1,5E-01	1,9E+00	1,4E-07	2,0E+00
I-135 (a)	9,1E-02	8,2E+00	6,7E-07	8,3E+00
I-131 (e)	2,4E-02	3,6E+00	2,6E-07	3,6E+00
I-132 (e)	1,5E-01	2,6E-01	2,0E-08	4,1E-01
I-133 (e)	3,9E-02	6,5E-01	4,7E-08	6,9E-01
I-134 (e)	1,6E-01	1,1E-01	8,1E-09	2,7E-01
I-135 (e)	1,1E-01	5,0E-01	4,1E-08	6,0E-01
I-131 (sz)	3,7E-02	2,6E-02	1,9E-09	6,3E-02
I-132 (sz)	2,3E-01	1,9E-03	1,4E-10	2,3E-01
I-133 (sz)	6,0E-02	4,7E-03	3,4E-10	6,5E-02
I-134 (sz)	2,5E-01	7,8E-04	6,0E-11	2,5E-01
I-135 (sz)	1,6E-01	3,6E-03	2,9E-10	1,7E-01
Xe-131m	7,8E-04	0,0E+00	0,0E+00	7,8E-04
Xe-133	2,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-03
Xe-135	2,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-02
Xe-138	1,0E-01	1,5E-01	1,2E-08	2,5E-01
Cs-134	9,1E-02	2,2E+04	1,6E-03	2,2E+04
Cs-137	3,3E-02	4,2E+04	3,0E-03	4,2E+04

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-5.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnőttek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, 5 mm eső)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	7,0E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	4,7E-07	0,0E+00	0,0E+00	4,7E-07
Cr-51	1,8E-03	1,8E+01	1,4E-06	1,8E+01
Mn-54	4,9E-02	5,5E+03	4,2E-04	5,5E+03
Co-60	1,5E-01	9,8E+04	7,9E-03	9,8E+04
Kr-83m	4,9E-06	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-06
Kr-85m	1,4E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-02
Kr-85	5,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	5,3E-04
Kr-87	7,9E-02	0,0E+00	0,0E+00	7,9E-02
Kr-88	2,1E-01	5,7E-02	4,9E-09	2,7E-01
Sr-89	5,3E-04	7,5E+01	7,2E-07	7,5E+01
Sr-90	1,2E-04	8,0E+03	1,1E-05	8,0E+03
I-131 (a)	2,2E-02	6,4E+01	4,7E-06	6,4E+01
I-132 (a)	1,3E-01	4,3E+00	3,2E-07	4,4E+00
I-133 (a)	3,6E-02	1,2E+01	8,4E-07	1,2E+01
I-134 (a)	1,5E-01	1,9E+00	1,4E-07	2,0E+00
I-135 (a)	9,1E-02	8,2E+00	6,7E-07	8,3E+00
I-131 (e)	2,4E-02	3,6E+00	2,6E-07	3,6E+00
I-132 (e)	1,5E-01	2,6E-01	2,0E-08	4,1E-01
I-133 (e)	3,9E-02	6,5E-01	4,7E-08	6,9E-01
I-134 (e)	1,6E-01	1,1E-01	8,1E-09	2,7E-01
I-135 (e)	1,1E-01	5,0E-01	4,1E-08	6,0E-01
I-131 (sz)	3,7E-02	2,6E-02	1,9E-09	6,3E-02
I-132 (sz)	2,3E-01	1,9E-03	1,4E-10	2,3E-01
I-133 (sz)	6,0E-02	4,7E-03	3,4E-10	6,5E-02
I-134 (sz)	2,5E-01	7,8E-04	6,0E-11	2,5E-01
I-135 (sz)	1,6E-01	3,6E-03	2,9E-10	1,7E-01
Xe-131m	7,8E-04	0,0E+00	0,0E+00	7,8E-04
Xe-133	2,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-03
Xe-135	2,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-02
Xe-138	1,0E-01	1,5E-01	1,2E-08	2,5E-01
Cs-134	9,1E-02	2,2E+04	1,6E-03	2,2E+04
Cs-137	3,3E-02	4,2E+04	3,0E-03	4,2E+04

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-6.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség, 5 mm eső)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	1,2E-06	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	7,8E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,8E-07
Cr-51	1,8E-03	1,8E+01	1,4E-06	1,8E+01
Mn-54	4,9E-02	5,5E+03	4,2E-04	5,5E+03
Co-60	1,5E-01	9,8E+04	7,9E-03	9,8E+04
Kr-83m	8,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	8,0E-06
Kr-85m	2,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-02
Kr-85	8,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	8,9E-04
Kr-87	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-01
Kr-88	3,7E-01	1,5E-01	1,3E-08	5,2E-01
Sr-89	5,3E-04	7,5E+01	7,2E-07	7,5E+01
Sr-90	1,2E-04	8,0E+03	1,1E-05	8,0E+03
I-131 (a)	2,2E-02	6,4E+01	4,7E-06	6,4E+01
I-132 (a)	1,4E-01	4,7E+00	3,5E-07	4,8E+00
I-133 (a)	3,6E-02	1,2E+01	8,4E-07	1,2E+01
I-134 (a)	1,5E-01	1,9E+00	1,4E-07	2,0E+00
I-135 (a)	9,9E-02	9,0E+00	7,4E-07	9,1E+00
I-131 (e)	2,6E-02	3,8E+00	2,8E-07	3,9E+00
I-132 (e)	1,5E-01	2,6E-01	2,0E-08	4,1E-01
I-133 (e)	4,2E-02	7,0E-01	5,0E-08	7,4E-01
I-134 (e)	1,6E-01	1,1E-01	8,1E-09	2,7E-01
I-135 (e)	1,2E-01	5,4E-01	4,4E-08	6,5E-01
I-131 (sz)	6,1E-02	4,3E-02	3,2E-09	1,0E-01
I-132 (sz)	3,5E-01	2,9E-03	2,2E-10	3,6E-01
I-133 (sz)	9,6E-02	7,5E-03	5,4E-10	1,0E-01
I-134 (sz)	3,7E-01	1,1E-03	8,8E-11	3,7E-01
I-135 (sz)	2,6E-01	5,7E-03	4,7E-10	2,7E-01
Xe-131m	1,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-03
Xe-133	4,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-03
Xe-135	3,9E-02	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-02
Xe-138	1,5E-01	2,9E-01	2,4E-08	4,4E-01
Cs-134	9,1E-02	2,2E+04	1,6E-03	2,2E+04
Cs-137	3,3E-02	4,2E+04	3,0E-03	4,2E+04

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-6.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnöttek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség, 5 mm eső)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	1,2E-06	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	7,8E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,8E-07
Cr-51	1,8E-03	1,8E+01	1,4E-06	1,8E+01
Mn-54	4,9E-02	5,5E+03	4,2E-04	5,5E+03
Co-60	1,5E-01	9,8E+04	7,9E-03	9,8E+04
Kr-83m	8,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	8,0E-06
Kr-85m	2,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-02
Kr-85	8,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	8,9E-04
Kr-87	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-01
Kr-88	3,7E-01	1,5E-01	1,3E-08	5,2E-01
Sr-89	5,3E-04	7,5E+01	7,2E-07	7,5E+01
Sr-90	1,2E-04	8,0E+03	1,1E-05	8,0E+03
I-131 (a)	2,2E-02	6,4E+01	4,7E-06	6,4E+01
I-132 (a)	1,4E-01	4,7E+00	3,5E-07	4,8E+00
I-133 (a)	3,6E-02	1,2E+01	8,4E-07	1,2E+01
I-134 (a)	1,5E-01	1,9E+00	1,4E-07	2,0E+00
I-135 (a)	9,9E-02	9,0E+00	7,4E-07	9,1E+00
I-131 (e)	2,6E-02	3,8E+00	2,8E-07	3,9E+00
I-132 (e)	1,5E-01	2,6E-01	2,0E-08	4,1E-01
I-133 (e)	4,2E-02	7,0E-01	5,0E-08	7,4E-01
I-134 (e)	1,6E-01	1,1E-01	8,1E-09	2,7E-01
I-135 (e)	1,2E-01	5,4E-01	4,4E-08	6,5E-01
I-131 (sz)	6,1E-02	4,3E-02	3,2E-09	1,0E-01
I-132 (sz)	3,5E-01	2,9E-03	2,2E-10	3,6E-01
I-133 (sz)	9,6E-02	7,5E-03	5,4E-10	1,0E-01
I-134 (sz)	3,7E-01	1,1E-03	8,8E-11	3,7E-01
I-135 (sz)	2,6E-01	5,7E-03	4,7E-10	2,7E-01
Xe-131m	1,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-03
Xe-133	4,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-03
Xe-135	3,9E-02	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-02
Xe-138	1,5E-01	2,9E-01	2,4E-08	4,4E-01
Cs-134	9,1E-02	2,2E+04	1,6E-03	2,2E+04
Cs-137	3,3E-02	4,2E+04	3,0E-03	4,2E+04

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-7.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesebbesség, 5 mm eső)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	2,9E-01
H-3 (HT)	4,5E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,5E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	2,1E+01
C-14 (sz)	1,5E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,5E-01
Cr-51	1,1E-02	7,7E+01	1,2E+02	6,9E+00	3,4E+02	1,0E-05	5,4E+02
Mn-54	3,3E-01	2,2E+03	3,5E+03	4,2E+02	1,7E+02	3,5E-03	6,4E+03
Co-60	4,6E+00	2,2E+04	3,4E+04	1,4E+05	1,8E+05	3,0E-01	3,7E+05
Kr-88	2,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-03
Sr-89	1,6E+00	8,5E+03	1,3E+04	1,2E+04	5,2E+03	2,7E-03	3,9E+04
Sr-90	2,1E+01	1,0E+05	1,6E+05	5,0E+05	2,9E+05	2,4E+00	1,0E+06
I-131 (a)	3,8E+00	1,4E+04	2,2E+04	1,3E+05	2,3E+04	1,0E-03	1,9E+05
I-132 (a)	4,7E-02	1,2E-43	1,8E-43	2,4E-02	4,5E-62	1,5E-07	7,1E-02
I-133 (a)	9,6E-01	2,5E-02	4,0E-02	2,6E+03	5,7E-04	2,8E-05	2,6E+03
I-134 (a)	1,8E-02	4,7E-116	7,4E-116	2,3E-08	4,3E-165	2,2E-08	1,8E-02
I-135 (a)	1,8E-01	5,7E-14	9,0E-14	2,8E+01	4,3E-20	1,7E-06	2,8E+01
I-131 (e)	9,2E+00	7,8E+02	1,2E+03	7,4E+03	1,3E+03	1,3E-04	1,1E+04
I-132 (e)	1,3E-01	7,1E-45	1,1E-44	1,5E-03	2,7E-63	2,2E-08	1,3E-01
I-133 (e)	2,4E+00	1,4E-03	2,2E-03	1,4E+02	3,2E-05	3,5E-06	1,4E+02
I-134 (e)	3,7E-02	2,6E-117	4,1E-117	1,3E-09	2,4E-166	2,3E-09	3,7E-02
I-135 (e)	4,9E-01	3,5E-15	5,5E-15	1,7E+00	2,6E-21	2,3E-07	2,2E+00
I-131 (sz)	1,2E+01	5,6E+00	8,9E+00	5,3E+01	9,1E+00	7,5E-07	8,8E+01
I-132 (sz)	1,6E-01	5,1E-47	8,0E-47	1,0E-05	2,0E-65	1,2E-10	1,6E-01
I-133 (sz)	2,8E+00	1,0E-05	1,6E-05	1,0E+00	2,3E-07	2,0E-08	3,9E+00
I-134 (sz)	3,6E-02	1,9E-119	3,1E-119	9,3E-12	1,8E-168	1,1E-11	3,6E-02
I-135 (sz)	5,9E-01	2,5E-17	3,9E-17	1,2E-02	1,9E-23	1,3E-09	6,1E-01
Xe-138	2,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-03
Cs-134	3,9E-01	1,1E+04	1,8E+04	5,4E+04	4,7E+04	8,5E-03	1,3E+05
Cs-137	2,9E-01	9,6E+03	1,5E+04	6,1E+04	5,4E+04	3,3E-02	1,4E+05

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-7.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnőttek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, 5 mm eső)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	2,9E-01
H-3 (HT)	1,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	2,1E+01
C-14 (sz)	3,2E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,2E-01
Cr-51	1,2E-02	4,0E+01	5,4E+01	1,3E+00	1,8E+02	1,1E-05	2,8E+02
Mn-54	4,8E-01	1,6E+03	2,2E+03	1,1E+02	1,2E+02	5,0E-03	4,0E+03
Co-60	9,9E+00	8,6E+03	1,2E+04	2,0E+04	7,2E+04	6,4E-01	1,1E+05
Kr-88	1,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,8E-03
Sr-89	2,5E+00	3,8E+03	5,2E+03	1,8E+03	2,5E+03	4,2E-03	1,3E+04
Sr-90	5,1E+01	1,2E+05	1,6E+05	2,1E+05	3,6E+05	5,8E+00	8,6E+05
I-131 (a)	2,4E+00	5,4E+03	7,3E+03	1,8E+04	9,1E+03	6,3E-04	4,0E+04
I-132 (a)	3,2E-02	4,4E-44	6,0E-44	3,2E-03	1,8E-62	1,0E-07	3,5E-02
I-133 (a)	4,8E-01	7,8E-03	1,1E-02	2,8E+02	1,8E-04	1,4E-05	2,8E+02
I-134 (a)	1,3E-02	2,2E-116	2,9E-116	3,7E-09	2,0E-165	1,6E-08	1,3E-02
I-135 (a)	9,4E-02	1,9E-14	2,5E-14	3,3E+00	1,5E-20	8,7E-07	3,4E+00
I-131 (e)	6,9E+00	3,0E+02	4,1E+02	1,0E+03	5,0E+02	9,4E-05	2,2E+03
I-132 (e)	1,1E-01	2,7E-45	3,6E-45	1,9E-04	1,1E-63	1,8E-08	1,1E-01
I-133 (e)	1,4E+00	4,3E-04	5,9E-04	1,5E+01	1,0E-05	2,1E-06	1,7E+01
I-134 (e)	4,8E-02	1,2E-117	1,6E-117	2,0E-10	1,1E-166	3,0E-09	4,8E-02
I-135 (e)	3,2E-01	1,1E-15	1,5E-15	2,0E-01	8,8E-22	1,5E-07	5,2E-01
I-131 (sz)	8,0E+00	2,2E+00	2,9E+00	7,2E+00	3,6E+00	5,2E-07	2,4E+01
I-132 (sz)	1,0E-01	1,9E-47	2,6E-47	1,4E-06	7,7E-66	7,8E-11	1,0E-01
I-133 (sz)	1,7E+00	3,1E-06	4,2E-06	1,1E-01	7,2E-08	1,2E-08	1,8E+00
I-134 (sz)	2,5E-02	8,9E-120	1,2E-119	1,5E-12	8,4E-169	7,4E-12	2,5E-02
I-135 (sz)	3,6E-01	8,1E-18	1,1E-17	1,4E-03	6,4E-24	8,0E-10	3,6E-01
Xe-138	1,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E-03
Cs-134	2,1E+00	4,2E+04	5,7E+04	7,1E+04	1,8E+05	4,6E-02	3,5E+05
Cs-137	1,5E+00	3,3E+04	4,4E+04	7,4E+04	1,9E+05	1,7E-01	3,4E+05

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-8.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 2 m/s szélsősebesség, 5 mm eső)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	4,8E-01
H-3 (HT)	7,5E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,5E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	3,5E+01
C-14 (sz)	2,5E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-01
Cr-51	1,1E-02	7,7E+01	1,2E+02	6,9E+00	3,4E+02	1,0E-05	5,4E+02
Mn-54	3,3E-01	2,2E+03	3,5E+03	4,2E+02	1,7E+02	3,5E-03	6,4E+03
Co-60	4,6E+00	2,2E+04	3,4E+04	1,4E+05	1,8E+05	3,0E-01	3,7E+05
Kr-88	6,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,0E-03
Sr-89	1,6E+00	8,5E+03	1,3E+04	1,2E+04	5,2E+03	2,7E-03	3,9E+04
Sr-90	2,1E+01	1,0E+05	1,6E+05	5,0E+05	2,9E+05	2,4E+00	1,0E+06
I-131 (a)	3,8E+00	1,4E+04	2,2E+04	1,3E+05	2,3E+04	1,0E-03	1,9E+05
I-132 (a)	5,1E-02	1,3E-43	2,0E-43	2,6E-02	4,9E-62	1,6E-07	7,7E-02
I-133 (a)	9,6E-01	2,5E-02	4,0E-02	2,6E+03	5,7E-04	2,8E-05	2,6E+03
I-134 (a)	1,8E-02	4,7E-116	7,4E-116	2,3E-08	4,3E-165	2,2E-08	1,8E-02
I-135 (a)	2,0E-01	6,2E-14	9,8E-14	3,1E+01	4,7E-20	1,8E-06	3,1E+01
I-131 (e)	9,9E+00	8,5E+02	1,3E+03	8,0E+03	1,4E+03	1,4E-04	1,2E+04
I-132 (e)	1,3E-01	7,1E-45	1,1E-44	1,5E-03	2,7E-63	2,2E-08	1,3E-01
I-133 (e)	2,5E+00	1,5E-03	2,4E-03	1,5E+02	3,4E-05	3,8E-06	1,6E+02
I-134 (e)	3,7E-02	2,6E-117	4,1E-117	1,3E-09	2,4E-166	2,3E-09	3,7E-02
I-135 (e)	5,3E-01	3,7E-15	5,9E-15	1,8E+00	2,8E-21	2,5E-07	2,4E+00
I-131 (sz)	1,9E+01	9,3E+00	1,5E+01	8,8E+01	1,5E+01	1,2E-06	1,5E+02
I-132 (sz)	2,5E-01	7,9E-47	1,2E-46	1,6E-05	3,1E-65	1,9E-10	2,5E-01
I-133 (sz)	4,5E+00	1,6E-05	2,6E-05	1,6E+00	3,6E-07	3,2E-08	6,2E+00
I-134 (sz)	5,3E-02	2,9E-119	4,5E-119	1,4E-11	2,6E-168	1,6E-11	5,3E-02
I-135 (sz)	9,5E-01	4,0E-17	6,3E-17	2,0E-02	3,0E-23	2,1E-09	9,7E-01
Xe-138	4,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,1E-03
Cs-134	3,9E-01	1,1E+04	1,8E+04	5,4E+04	4,7E+04	8,5E-03	1,3E+05
Cs-137	2,9E-01	9,6E+03	1,5E+04	6,1E+04	5,4E+04	3,3E-02	1,4E+05

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-8.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnőtt korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, C Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség, 5 mm eső)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	4,8E-01
H-3 (HT)	1,7E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	3,5E+01
C-14 (sz)	5,4E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,4E-01
Cr-51	1,2E-02	4,0E+01	5,4E+01	1,3E+00	1,8E+02	1,1E-05	2,8E+02
Mn-54	4,8E-01	1,6E+03	2,2E+03	1,1E+02	1,2E+02	5,0E-03	4,0E+03
Co-60	9,9E+00	8,6E+03	1,2E+04	2,0E+04	7,2E+04	6,4E-01	1,1E+05
Kr-88	4,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,8E-03
Sr-89	2,5E+00	3,8E+03	5,2E+03	1,8E+03	2,5E+03	4,2E-03	1,3E+04
Sr-90	5,1E+01	1,2E+05	1,6E+05	2,1E+05	3,6E+05	5,8E+00	8,6E+05
I-131 (a)	2,4E+00	5,4E+03	7,3E+03	1,8E+04	9,1E+03	6,3E-04	4,0E+04
I-132 (a)	3,5E-02	4,8E-44	6,5E-44	3,5E-03	1,9E-62	1,1E-07	3,9E-02
I-133 (a)	4,8E-01	7,8E-03	1,1E-02	2,8E+02	1,8E-04	1,4E-05	2,8E+02
I-134 (a)	1,3E-02	2,2E-116	2,9E-116	3,7E-09	2,0E-165	1,6E-08	1,3E-02
I-135 (a)	1,0E-01	2,0E-14	2,8E-14	3,6E+00	1,6E-20	9,5E-07	3,7E+00
I-131 (e)	7,5E+00	3,2E+02	4,4E+02	1,1E+03	5,4E+02	1,0E-04	2,4E+03
I-132 (e)	1,1E-01	2,7E-45	3,6E-45	1,9E-04	1,1E-63	1,8E-08	1,1E-01
I-133 (e)	1,5E+00	4,7E-04	6,3E-04	1,7E+01	1,1E-05	2,2E-06	1,8E+01
I-134 (e)	4,8E-02	1,2E-117	1,6E-117	2,0E-10	1,1E-166	3,0E-09	4,8E-02
I-135 (e)	3,4E-01	1,2E-15	1,7E-15	2,1E-01	9,5E-22	1,6E-07	5,6E-01
I-131 (sz)	1,3E+01	3,6E+00	4,8E+00	1,2E+01	6,0E+00	8,5E-07	3,9E+01
I-132 (sz)	1,6E-01	3,0E-47	4,0E-47	2,2E-06	1,2E-65	1,2E-10	1,6E-01
I-133 (sz)	2,6E+00	5,0E-06	6,7E-06	1,8E-01	1,2E-07	1,8E-08	2,8E+00
I-134 (sz)	3,7E-02	1,3E-119	1,8E-119	2,2E-12	1,2E-168	1,1E-11	3,7E-02
I-135 (sz)	5,8E-01	1,3E-17	1,8E-17	2,3E-03	1,0E-23	1,3E-09	5,8E-01
Xe-138	3,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,8E-03
Cs-134	2,1E+00	4,2E+04	5,7E+04	7,1E+04	1,8E+05	4,6E-02	3,5E+05
Cs-137	1,5E+00	3,3E+04	4,4E+04	7,4E+04	1,9E+05	1,7E-01	3,4E+05

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-9.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, D Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, száraz idő)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	7,6E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	5,2E-07	0,0E+00	0,0E+00	5,2E-07
Cr-51	3,5E-03	8,5E-02	6,3E-09	8,8E-02
Mn-54	9,5E-02	2,5E+01	1,9E-06	2,5E+01
Co-60	2,9E-01	4,5E+02	3,6E-05	4,5E+02
Kr-83m	5,6E-06	0,0E+00	0,0E+00	5,6E-06
Kr-85m	1,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-02
Kr-85	5,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	5,9E-04
Kr-87	8,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	8,7E-02
Kr-88	2,4E-01	1,5E-04	1,3E-11	2,4E-01
Sr-89	1,0E-03	3,4E-01	3,3E-09	3,4E-01
Sr-90	2,3E-04	3,7E+01	4,9E-08	3,7E+01
I-131 (a)	4,2E-02	3,0E-01	2,2E-08	3,4E-01
I-132 (a)	2,6E-01	2,1E-02	1,6E-09	2,8E-01
I-133 (a)	6,9E-02	5,4E-02	3,9E-09	1,2E-01
I-134 (a)	2,9E-01	9,0E-03	6,9E-10	3,0E-01
I-135 (a)	1,9E-01	4,1E-02	3,4E-09	2,3E-01
I-131 (e)	4,2E-02	5,9E+00	4,3E-07	6,0E+00
I-132 (e)	2,5E-01	4,1E-01	3,1E-08	6,6E-01
I-133 (e)	6,9E-02	1,1E+00	7,7E-08	1,1E+00
I-134 (e)	2,8E-01	1,7E-01	1,3E-08	4,5E-01
I-135 (e)	1,9E-01	8,2E-01	6,7E-08	1,0E+00
I-131 (sz)	4,2E-02	3,0E-02	2,2E-09	7,2E-02
I-132 (sz)	2,6E-01	2,1E-03	1,6E-10	2,6E-01
I-133 (sz)	6,9E-02	5,4E-03	3,9E-10	7,5E-02
I-134 (sz)	2,9E-01	9,0E-04	6,9E-11	2,9E-01
I-135 (sz)	1,9E-01	4,1E-03	3,4E-10	1,9E-01
Xe-131m	8,5E-04	0,0E+00	0,0E+00	8,5E-04
Xe-133	3,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	3,2E-03
Xe-135	2,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-02
Xe-138	1,1E-01	3,9E-04	3,2E-11	1,2E-01
Cs-134	1,8E-01	1,0E+02	7,4E-06	1,0E+02
Cs-137	6,3E-02	1,9E+02	1,4E-05	1,9E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-9.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnöttek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, D Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, száraz idő)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	7,6E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	5,2E-07	0,0E+00	0,0E+00	5,2E-07
Cr-51	3,5E-03	8,5E-02	6,3E-09	8,8E-02
Mn-54	9,5E-02	2,5E+01	1,9E-06	2,5E+01
Co-60	2,9E-01	4,5E+02	3,6E-05	4,5E+02
Kr-83m	5,6E-06	0,0E+00	0,0E+00	5,6E-06
Kr-85m	1,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-02
Kr-85	5,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	5,9E-04
Kr-87	8,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	8,7E-02
Kr-88	2,4E-01	1,5E-04	1,3E-11	2,4E-01
Sr-89	1,0E-03	3,4E-01	3,3E-09	3,4E-01
Sr-90	2,3E-04	3,7E+01	4,9E-08	3,7E+01
I-131 (a)	4,2E-02	3,0E-01	2,2E-08	3,4E-01
I-132 (a)	2,6E-01	2,1E-02	1,6E-09	2,8E-01
I-133 (a)	6,9E-02	5,4E-02	3,9E-09	1,2E-01
I-134 (a)	2,9E-01	9,0E-03	6,9E-10	3,0E-01
I-135 (a)	1,9E-01	4,1E-02	3,4E-09	2,3E-01
I-131 (e)	4,2E-02	5,9E+00	4,3E-07	6,0E+00
I-132 (e)	2,5E-01	4,1E-01	3,1E-08	6,6E-01
I-133 (e)	6,9E-02	1,1E+00	7,7E-08	1,1E+00
I-134 (e)	2,8E-01	1,7E-01	1,3E-08	4,5E-01
I-135 (e)	1,9E-01	8,2E-01	6,7E-08	1,0E+00
I-131 (sz)	4,2E-02	3,0E-02	2,2E-09	7,2E-02
I-132 (sz)	2,6E-01	2,1E-03	1,6E-10	2,6E-01
I-133 (sz)	6,9E-02	5,4E-03	3,9E-10	7,5E-02
I-134 (sz)	2,9E-01	9,0E-04	6,9E-11	2,9E-01
I-135 (sz)	1,9E-01	4,1E-03	3,4E-10	1,9E-01
Xe-131m	8,5E-04	0,0E+00	0,0E+00	8,5E-04
Xe-133	3,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	3,2E-03
Xe-135	2,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-02
Xe-138	1,1E-01	3,9E-04	3,2E-11	1,2E-01
Cs-134	1,8E-01	1,0E+02	7,4E-06	1,0E+02
Cs-137	6,3E-02	1,9E+02	1,4E-05	1,9E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-10.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, F Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség, száraz idő)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	4,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	4,0E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	2,7E-06	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-06
Cr-51	1,8E-02	4,4E-01	3,3E-08	4,6E-01
Mn-54	4,9E-01	1,3E+02	1,0E-05	1,3E+02
Co-60	1,5E+00	2,3E+03	1,9E-04	2,3E+03
Kr-83m	2,7E-05	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-05
Kr-85m	7,5E-02	0,0E+00	0,0E+00	7,5E-02
Kr-85	3,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	3,1E-03
Kr-87	3,9E-01	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-01
Kr-88	1,2E+00	1,2E-03	1,0E-10	1,2E+00
Sr-89	5,3E-03	1,8E+00	1,7E-08	1,8E+00
Sr-90	1,2E-03	1,9E+02	2,6E-07	1,9E+02
I-131 (a)	2,2E-01	1,5E+00	1,1E-07	1,8E+00
I-132 (a)	1,3E+00	1,0E-01	7,8E-09	1,4E+00
I-133 (a)	3,6E-01	2,8E-01	2,0E-08	6,4E-01
I-134 (a)	1,3E+00	4,1E-02	3,1E-09	1,4E+00
I-135 (a)	9,1E-01	2,0E-01	1,6E-08	1,1E+00
I-131 (e)	1,8E-01	2,5E+01	1,9E-06	2,6E+01
I-132 (e)	1,1E+00	1,8E+00	1,3E-07	2,8E+00
I-133 (e)	3,0E-01	4,6E+00	3,3E-07	4,9E+00
I-134 (e)	1,1E+00	7,1E-01	5,4E-08	1,9E+00
I-135 (e)	8,1E-01	3,5E+00	2,9E-07	4,3E+00
I-131 (sz)	2,2E-01	1,6E-01	1,1E-08	3,8E-01
I-132 (sz)	1,3E+00	1,0E-02	7,8E-10	1,3E+00
I-133 (sz)	3,6E-01	2,8E-02	2,0E-09	3,9E-01
I-134 (sz)	1,3E+00	4,1E-03	3,1E-10	1,3E+00
I-135 (sz)	9,1E-01	2,0E-02	1,6E-09	9,3E-01
Xe-131m	4,4E-03	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-03
Xe-133	1,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-02
Xe-135	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-01
Xe-138	5,0E-01	2,3E-03	1,9E-10	5,0E-01
Cs-134	9,1E-01	5,2E+02	3,9E-05	5,2E+02
Cs-137	3,3E-01	1,0E+03	7,3E-05	1,0E+03

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-10.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó külső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnöttek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, F Pasquill-kategória, 2 m/s szélesebbesség, száraz idő)

Radionuklid	levegő	talaj	reszuszpenzió	teljes külső
H-3 (HTO)	-	-	-	-
H-3 (HT)	4,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	4,0E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-
C-14 (sz)	2,7E-06	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-06
Cr-51	1,8E-02	4,4E-01	3,3E-08	4,6E-01
Mn-54	4,9E-01	1,3E+02	1,0E-05	1,3E+02
Co-60	1,5E+00	2,3E+03	1,9E-04	2,3E+03
Kr-83m	2,7E-05	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-05
Kr-85m	7,5E-02	0,0E+00	0,0E+00	7,5E-02
Kr-85	3,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	3,1E-03
Kr-87	3,9E-01	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-01
Kr-88	1,2E+00	1,2E-03	1,0E-10	1,2E+00
Sr-89	5,3E-03	1,8E+00	1,7E-08	1,8E+00
Sr-90	1,2E-03	1,9E+02	2,6E-07	1,9E+02
I-131 (a)	2,2E-01	1,5E+00	1,1E-07	1,8E+00
I-132 (a)	1,3E+00	1,0E-01	7,8E-09	1,4E+00
I-133 (a)	3,6E-01	2,8E-01	2,0E-08	6,4E-01
I-134 (a)	1,3E+00	4,1E-02	3,1E-09	1,4E+00
I-135 (a)	9,1E-01	2,0E-01	1,6E-08	1,1E+00
I-131 (e)	1,8E-01	2,5E+01	1,9E-06	2,6E+01
I-132 (e)	1,1E+00	1,8E+00	1,3E-07	2,8E+00
I-133 (e)	3,0E-01	4,6E+00	3,3E-07	4,9E+00
I-134 (e)	1,1E+00	7,1E-01	5,4E-08	1,9E+00
I-135 (e)	8,1E-01	3,5E+00	2,9E-07	4,3E+00
I-131 (sz)	2,2E-01	1,6E-01	1,1E-08	3,8E-01
I-132 (sz)	1,3E+00	1,0E-02	7,8E-10	1,3E+00
I-133 (sz)	3,6E-01	2,8E-02	2,0E-09	3,9E-01
I-134 (sz)	1,3E+00	4,1E-03	3,1E-10	1,3E+00
I-135 (sz)	9,1E-01	2,0E-02	1,6E-09	9,3E-01
Xe-131m	4,4E-03	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-03
Xe-133	1,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-02
Xe-135	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-01
Xe-138	5,0E-01	2,3E-03	1,9E-10	5,0E-01
Cs-134	9,1E-01	5,2E+02	3,9E-05	5,2E+02
Cs-137	3,3E-01	1,0E+03	7,3E-05	1,0E+03

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-11.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, D Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, száraz idő)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	3,2E-01
H-3 (HT)	4,9E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-07
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	2,3E+01
C-14 (sz)	1,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-01
Cr-51	2,1E-02	3,5E-01	5,6E-01	3,2E-02	1,6E+00	4,8E-08	2,5E+00
Mn-54	6,3E-01	1,0E+01	1,6E+01	1,9E+00	7,7E-01	1,6E-05	3,0E+01
Co-60	8,8E+00	1,0E+02	1,6E+02	6,6E+02	8,0E+02	1,4E-03	1,7E+03
Kr-88	2,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-03
Sr-89	3,1E+00	3,9E+01	6,1E+01	5,3E+01	2,4E+01	1,2E-05	1,8E+02
Sr-90	4,1E+01	4,6E+02	7,3E+02	2,3E+03	1,3E+03	1,1E-02	4,9E+03
I-131 (a)	7,4E+00	6,5E+01	1,0E+02	6,1E+02	1,0E+02	4,7E-06	8,9E+02
I-132 (a)	9,8E-02	5,8E-46	9,2E-46	1,2E-04	2,3E-64	7,6E-10	9,8E-02
I-133 (a)	1,8E+00	1,2E-04	1,8E-04	1,2E+01	2,6E-06	1,3E-07	1,4E+01
I-134 (a)	3,6E-02	2,3E-118	3,5E-118	1,1E-10	2,0E-167	1,1E-10	3,6E-02
I-135 (a)	3,8E-01	2,9E-16	4,5E-16	1,4E-01	2,2E-22	8,4E-09	5,2E-01
I-131 (e)	1,6E+01	1,3E+03	2,0E+03	1,2E+04	2,1E+03	2,1E-04	1,8E+04
I-132 (e)	2,2E-01	1,1E-44	1,8E-44	2,3E-03	4,3E-63	3,5E-08	2,3E-01
I-133 (e)	4,2E+00	2,3E-03	3,7E-03	2,4E+02	5,2E-05	5,8E-06	2,4E+02
I-134 (e)	6,4E-02	4,3E-117	6,8E-117	2,1E-09	3,9E-166	3,8E-09	6,4E-02
I-135 (e)	8,7E-01	5,7E-15	9,0E-15	2,8E+00	4,3E-21	3,8E-07	3,7E+00
I-131 (sz)	1,3E+01	6,5E+00	1,0E+01	6,1E+01	1,0E+01	8,6E-07	1,0E+02
I-132 (sz)	1,8E-01	5,8E-47	9,2E-47	1,2E-05	2,3E-65	1,4E-10	1,8E-01
I-133 (sz)	3,3E+00	1,2E-05	1,8E-05	1,2E+00	2,6E-07	2,3E-08	4,4E+00
I-134 (sz)	4,2E-02	2,3E-119	3,5E-119	1,1E-11	2,0E-168	1,2E-11	4,2E-02
I-135 (sz)	6,8E-01	2,9E-17	4,5E-17	1,4E-02	2,2E-23	1,5E-09	7,0E-01
Xe-138	2,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-03
Cs-134	7,5E-01	5,2E+01	8,2E+01	2,5E+02	2,1E+02	3,9E-05	6,0E+02
Cs-137	5,5E-01	4,4E+01	7,0E+01	2,8E+02	2,5E+02	1,5E-04	6,4E+02

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-11.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnőttek korcsoportjára (120 m-es kibocsátás, D Pasquill-kategória, 3,5 m/s szélesség, száraz idő)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	3,2E-01
H-3 (HT)	1,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	2,3E+01
C-14 (sz)	3,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,6E-01
Cr-51	2,3E-02	1,8E-01	2,5E-01	5,8E-03	8,4E-01	5,1E-08	1,3E+00
Mn-54	9,2E-01	7,4E+00	1,0E+01	4,9E-01	5,7E-01	2,3E-05	1,9E+01
Co-60	1,9E+01	3,9E+01	5,3E+01	9,2E+01	3,3E+02	2,9E-03	5,3E+02
Kr-88	2,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-03
Sr-89	4,8E+00	1,8E+01	2,4E+01	8,5E+00	1,1E+01	1,9E-05	6,6E+01
Sr-90	9,8E+01	5,6E+02	7,5E+02	9,7E+02	1,7E+03	2,7E-02	4,0E+03
I-131 (a)	4,5E+00	2,5E+01	3,4E+01	8,3E+01	4,2E+01	2,9E-06	1,9E+02
I-132 (a)	6,7E-02	2,2E-46	3,0E-46	1,6E-05	8,9E-65	5,2E-10	6,7E-02
I-133 (a)	9,2E-01	3,6E-05	4,8E-05	1,3E+00	8,3E-07	6,4E-08	2,2E+00
I-134 (a)	2,6E-02	1,0E-118	1,4E-118	1,8E-11	9,8E-168	7,8E-11	2,6E-02
I-135 (a)	2,0E-01	9,4E-17	1,3E-16	1,6E-02	7,3E-23	4,3E-09	2,1E-01
I-131 (e)	1,2E+01	5,0E+02	6,7E+02	1,7E+03	8,3E+02	1,6E-04	3,7E+03
I-132 (e)	1,8E-01	4,2E-45	5,7E-45	3,1E-04	1,7E-63	2,8E-08	1,8E-01
I-133 (e)	2,5E+00	7,2E-04	9,7E-04	2,5E+01	1,7E-05	3,4E-06	2,8E+01
I-134 (e)	8,4E-02	2,0E-117	2,7E-117	3,4E-10	1,9E-166	4,9E-09	8,4E-02
I-135 (e)	5,6E-01	1,9E-15	2,5E-15	3,3E-01	1,5E-21	2,5E-07	8,9E-01
I-131 (sz)	9,2E+00	2,5E+00	3,4E+00	8,3E+00	4,2E+00	6,0E-07	2,7E+01
I-132 (sz)	1,2E-01	2,2E-47	3,0E-47	1,6E-06	8,9E-66	9,0E-11	1,2E-01
I-133 (sz)	1,9E+00	3,6E-06	4,8E-06	1,3E-01	8,3E-08	1,3E-08	2,0E+00
I-134 (sz)	2,9E-02	1,0E-119	1,4E-119	1,8E-12	9,8E-169	8,6E-12	2,9E-02
I-135 (sz)	4,2E-01	9,4E-18	1,3E-17	1,6E-03	7,3E-24	9,2E-10	4,2E-01
Xe-138	2,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-03
Cs-134	4,0E+00	1,9E+02	2,6E+02	3,3E+02	8,3E+02	2,1E-04	1,6E+03
Cs-137	2,8E+00	1,5E+02	2,0E+02	3,4E+02	8,7E+02	7,7E-04	1,6E+03

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-12.a táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai 1 éves gyermekek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, F Pasquill-kategória, 2 m/s szélesség, száraz idő)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	1,6E+00
H-3 (HT)	2,6E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	1,2E+02
C-14 (sz)	8,5E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,5E-01
Cr-51	1,1E-01	1,8E+00	2,9E+00	1,6E-01	8,1E+00	2,5E-07	1,3E+01
Mn-54	3,3E+00	5,4E+01	8,5E+01	1,0E+01	4,0E+00	8,3E-05	1,6E+02
Co-60	4,6E+01	5,2E+02	8,2E+02	3,4E+03	4,2E+03	7,1E-03	9,0E+03
Kr-88	2,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-02
Sr-89	1,6E+01	2,0E+02	3,2E+02	2,8E+02	1,3E+02	6,4E-05	9,4E+02
Sr-90	2,1E+02	2,4E+03	3,8E+03	1,2E+04	7,0E+03	5,8E-02	2,5E+04
I-131 (a)	3,8E+01	3,4E+02	5,3E+02	3,2E+03	5,5E+02	2,4E-05	4,7E+03
I-132 (a)	4,7E-01	2,8E-45	4,4E-45	5,8E-04	1,1E-63	3,6E-09	4,7E-01
I-133 (a)	9,6E+00	6,1E-04	9,6E-04	6,1E+01	1,4E-05	6,7E-07	7,1E+01
I-134 (a)	1,6E-01	1,0E-117	1,6E-117	4,9E-10	9,3E-167	4,8E-10	1,6E-01
I-135 (a)	1,8E+00	1,4E-15	2,2E-15	6,8E-01	1,0E-21	4,0E-08	2,5E+00
I-131 (e)	7,0E+01	5,6E+03	8,8E+03	5,3E+04	9,0E+03	9,0E-04	7,6E+04
I-132 (e)	9,6E-01	4,8E-44	7,5E-44	9,8E-03	1,9E-62	1,5E-07	9,7E-01
I-133 (e)	1,8E+01	1,0E-02	1,6E-02	1,0E+03	2,2E-04	2,5E-05	1,0E+03
I-134 (e)	2,6E-01	1,8E-116	2,8E-116	8,4E-09	1,6E-165	1,5E-08	2,6E-01
I-135 (e)	3,7E+00	2,4E-14	3,8E-14	1,2E+01	1,8E-20	1,6E-06	1,6E+01
I-131 (sz)	6,9E+01	3,4E+01	5,3E+01	3,2E+02	5,5E+01	4,5E-06	5,3E+02
I-132 (sz)	8,8E-01	2,8E-46	4,4E-46	5,8E-05	1,1E-64	6,8E-10	8,8E-01
I-133 (sz)	1,7E+01	6,1E-05	9,6E-05	6,1E+00	1,4E-06	1,2E-07	2,3E+01
I-134 (sz)	1,9E-01	1,0E-118	1,6E-118	4,9E-11	9,3E-168	5,6E-11	1,9E-01
I-135 (sz)	3,3E+00	1,4E-16	2,2E-16	6,8E-02	1,0E-22	7,3E-09	3,3E+00
Xe-138	1,4E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-02
Cs-134	3,9E+00	2,7E+02	4,3E+02	1,3E+03	1,1E+03	2,0E-04	3,1E+03
Cs-137	2,9E+00	2,3E+02	3,6E+02	1,5E+03	1,3E+03	7,9E-04	3,4E+03

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-12.b táblázat Az új blokkok várható üzemi esemény során történő, 1 GBq légköri kibocsátásaiból származó belső dózisok (nSv/esemény) a csámpai felnőttek korcsoportjára (35 m-es kibocsátás, F Pasquill-kategória, 2 m/s szélesebbesség, száraz idő)

Radionuklid	belégzés	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3 (HTO)	-	-	-	-	-	-	1,6E+00
H-3 (HT)	5,8E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,8E-06
C-14 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	1,2E+02
C-14 (sz)	1,9E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+00
Cr-51	1,2E-01	9,6E-01	1,3E+00	3,0E-02	4,4E+00	2,6E-07	6,8E+00
Mn-54	4,8E+00	3,9E+01	5,2E+01	2,6E+00	3,0E+00	1,2E-04	1,0E+02
Co-60	9,9E+01	2,1E+02	2,8E+02	4,8E+02	1,7E+03	1,5E-02	2,8E+03
Kr-88	1,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-02
Sr-89	2,5E+01	9,2E+01	1,2E+02	4,4E+01	5,9E+01	1,0E-04	3,4E+02
Sr-90	5,1E+02	2,9E+03	3,9E+03	5,1E+03	8,7E+03	1,4E-01	2,1E+04
I-131 (a)	2,4E+01	1,3E+02	1,8E+02	4,3E+02	2,2E+02	1,5E-05	9,8E+02
I-132 (a)	3,2E-01	1,1E-45	1,4E-45	7,7E-05	4,3E-64	2,5E-09	3,2E-01
I-133 (a)	4,8E+00	1,9E-04	2,5E-04	6,6E+00	4,3E-06	3,3E-07	1,1E+01
I-134 (a)	1,2E-01	4,7E-118	6,4E-118	8,0E-11	4,4E-167	3,5E-10	1,2E-01
I-135 (a)	9,4E-01	4,5E-16	6,1E-16	7,8E-02	3,5E-22	2,1E-08	1,0E+00
I-131 (e)	5,3E+01	2,1E+03	2,9E+03	7,1E+03	3,6E+03	6,7E-04	1,6E+04
I-132 (e)	7,8E-01	1,8E-44	2,4E-44	1,3E-03	7,3E-63	1,2E-07	7,8E-01
I-133 (e)	1,1E+01	3,1E-03	4,2E-03	1,1E+02	7,1E-05	1,5E-05	1,2E+02
I-134 (e)	3,4E-01	8,1E-117	1,1E-116	1,4E-09	7,6E-166	2,0E-08	3,4E-01
I-135 (e)	2,4E+00	8,0E-15	1,1E-14	1,4E+00	6,2E-21	1,1E-06	3,8E+00
I-131 (sz)	4,8E+01	1,3E+01	1,8E+01	4,3E+01	2,2E+01	3,1E-06	1,4E+02
I-132 (sz)	5,6E-01	1,1E-46	1,4E-46	7,7E-06	4,3E-65	4,3E-10	5,6E-01
I-133 (sz)	9,9E+00	1,9E-05	2,5E-05	6,6E-01	4,3E-07	6,9E-08	1,1E+01
I-134 (sz)	1,3E-01	4,7E-119	6,4E-119	8,0E-12	4,4E-168	3,9E-11	1,3E-01
I-135 (sz)	2,0E+00	4,5E-17	6,1E-17	7,8E-03	3,5E-23	4,4E-09	2,0E+00
Xe-138	1,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-02
Cs-134	2,1E+01	1,0E+03	1,4E+03	1,7E+03	4,3E+03	1,1E-03	8,4E+03
Cs-137	1,5E+01	7,8E+02	1,1E+03	1,8E+03	4,5E+03	4,0E-03	8,2E+03

Megjegyzés: (sz) – szerves; (a) – aeroszol; (e) – elemi

F-13.a táblázat A gerjén 1 éves gyermekek éves külső sugárterhelése az új blokkok 1 GBq éves, folyékony kibocsátásaiból (nSv/év)

Radionuklid	úszás	csónakázás	vízpart	öntözött talaj	reszuszp.	teljes külső
H-3	-	-	-	-	-	-
C-14	-	-	-	-	-	-
Cr-51	4,7E-04	7,8E-05	1,9E-02	2,6E-04	2,2E-11	2,0E-02
Mn-54	1,3E-02	2,1E-03	4,6E-01	7,7E-02	6,6E-09	5,5E-01
Co-58	1,5E-02	2,4E-03	8,8E-01	2,0E-02	1,7E-09	9,2E-01
Co-60	3,9E-02	6,5E-03	7,6E+00	1,3E+00	1,2E-07	9,0E+00
Sr-89	2,1E-05	3,5E-06	1,1E-02	1,1E-03	1,1E-11	1,2E-02
Sr-90	5,4E-05	8,9E-06	8,9E-02	1,8E-01	2,7E-10	2,7E-01
I-131	5,6E-03	9,4E-04	1,0E-04	9,1E-04	7,6E-11	7,6E-03
I-132	3,4E-02	5,7E-03	7,4E-06	6,5E-05	5,6E-12	4,0E-02
I-133	9,1E-03	1,5E-03	1,8E-05	1,6E-04	1,3E-11	1,1E-02
I-134	4,0E-02	6,7E-03	3,2E-06	2,9E-05	2,5E-12	4,7E-02
I-135	2,5E-02	4,1E-03	1,4E-05	1,3E-04	1,2E-11	2,9E-02
Cs-134	2,3E-02	3,9E-03	1,1E+00	3,5E-01	2,9E-08	1,4E+00
Cs-137	8,9E-03	1,5E-03	4,6E-01	9,3E-01	7,7E-08	1,4E+00

F-13.b táblázat A gerjén felnőttek éves külső sugárterhelése az új blokkok 1 GBq éves, folyékony kibocsátásaiból (nSv/év)

Radionuklid	úszás	csónakázás	vízpart	öntözött talaj	reszuszp.	teljes külső
H-3	-	-	-	-	-	-
C-14	-	-	-	-	-	-
Cr-51	4,7E-04	4,7E-04	1,9E-02	2,6E-04	2,2E-11	2,0E-02
Mn-54	1,3E-02	1,3E-02	4,6E-01	7,7E-02	6,6E-09	5,6E-01
Co-58	1,5E-02	1,5E-02	8,8E-01	2,0E-02	1,7E-09	9,3E-01
Co-60	3,9E-02	3,9E-02	7,6E+00	1,3E+00	1,2E-07	9,0E+00
Sr-89	2,1E-05	2,1E-05	1,1E-02	1,1E-03	1,1E-11	1,2E-02
Sr-90	5,4E-05	5,4E-05	8,9E-02	1,8E-01	2,7E-10	2,7E-01
I-131	5,6E-03	5,6E-03	1,0E-04	9,1E-04	7,6E-11	1,2E-02
I-132	3,4E-02	3,4E-02	7,4E-06	6,5E-05	5,6E-12	6,9E-02
I-133	9,1E-03	9,1E-03	1,8E-05	1,6E-04	1,3E-11	1,8E-02
I-134	4,0E-02	4,0E-02	3,2E-06	2,9E-05	2,5E-12	8,0E-02
I-135	2,5E-02	2,5E-02	1,4E-05	1,3E-04	1,2E-11	4,9E-02
Cs-134	2,3E-02	2,3E-02	1,1E+00	3,5E-01	2,9E-08	1,5E+00
Cs-137	8,9E-03	8,9E-03	4,6E-01	9,3E-01	7,7E-08	1,4E+00

F-14.a táblázat A gerjéni 1 éves gyermekek éves belső sugárterhelése az új blokkok 1 GBq éves, folyékony kibocsátásaiból (nSv/év)

Radionuklid	ivóvíz	hal	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3	-	-	-	-	-	-	-	6,8E-03
C-14	-	-	-	-	-	-	-	4,3E+01
Cr-51	7,6E-03	1,2E-02	9,6E-03	1,5E-02	9,3E-04	4,5E-02	1,8E-10	9,1E-02
Mn-54	1,0E-01	3,3E-01	2,6E-01	4,2E-01	4,1E-02	1,6E-02	6,0E-08	1,2E+00
Co-58	1,4E-01	3,5E-01	2,9E-01	4,5E-01	1,3E+00	1,3E+00	1,6E-08	3,8E+00
Co-60	8,9E-01	2,1E+00	2,5E+00	3,8E+00	1,3E+01	1,6E+01	5,0E-06	3,9E+01
Sr-89	5,9E-01	1,7E-01	1,0E+00	1,6E+00	1,4E+00	6,4E-01	4,7E-08	5,5E+00
Sr-90	2,4E+00	6,7E-01	9,8E+00	1,1E+01	3,8E+01	2,2E+01	6,7E-05	8,4E+01
I-131	5,9E+00	1,9E+00	1,8E+00	2,8E+00	2,0E+01	3,3E+00	1,8E-08	3,5E+01
I-132	7,9E-02	2,5E-02	1,6E-47	2,5E-47	3,6E-05	6,1E-65	2,8E-12	1,0E-01
I-133	1,4E+00	4,6E-01	3,2E-06	5,0E-06	6,9E-01	1,4E-07	4,8E-10	2,6E+00
I-134	2,5E-02	7,9E-03	6,4E-120	1,0E-119	8,3E-11	1,4E-167	4,2E-13	3,3E-02
I-135	2,9E-01	9,4E-02	7,8E-18	1,2E-17	1,7E-02	2,4E-23	3,1E-11	4,0E-01
Cs-134	5,3E-01	1,9E+01	1,4E+00	2,2E+00	6,5E+00	5,6E+00	1,7E-07	3,5E+01
Cs-137	3,9E-01	1,4E+01	1,1E+00	1,7E+00	6,4E+00	5,6E+00	9,1E-07	3,0E+01

F-14.b táblázat A gerjén felnőttek éves belső sugárterhelése az új blokkok 1 GBq éves, folyékony kibocsátásaiból (nSv/év)

Radionuklid	ivóvíz	hal	lev. zölds.	egyéb zölds.	tej	hús	reszuszp.	teljes belső
H-3	-	-	-	-	-	-	-	6,8E-03
C-14	-	-	-	-	-	-	-	4,3E+01
Cr-51	7,6E-03	1,2E-02	9,6E-03	1,5E-02	9,3E-04	4,5E-02	1,8E-10	9,1E-02
Mn-54	1,0E-01	3,3E-01	2,6E-01	4,2E-01	4,1E-02	1,6E-02	6,0E-08	1,2E+00
Co-58	1,4E-01	3,5E-01	2,9E-01	4,5E-01	1,3E+00	1,3E+00	1,6E-08	3,8E+00
Co-60	8,9E-01	2,1E+00	2,5E+00	3,8E+00	1,3E+01	1,6E+01	5,0E-06	3,9E+01
Sr-89	5,9E-01	1,7E-01	1,0E+00	1,6E+00	1,4E+00	6,4E-01	4,7E-08	5,5E+00
Sr-90	2,4E+00	6,7E-01	9,8E+00	1,1E+01	3,8E+01	2,2E+01	6,7E-05	8,4E+01
I-131	5,9E+00	1,9E+00	1,8E+00	2,8E+00	2,0E+01	3,3E+00	1,8E-08	3,5E+01
I-132	7,9E-02	2,5E-02	1,6E-47	2,5E-47	3,6E-05	6,1E-65	2,8E-12	1,0E-01
I-133	1,4E+00	4,6E-01	3,2E-06	5,0E-06	6,9E-01	1,4E-07	4,8E-10	2,6E+00
I-134	2,5E-02	7,9E-03	6,4E-120	1,0E-119	8,3E-11	1,4E-167	4,2E-13	3,3E-02
I-135	2,9E-01	9,4E-02	7,8E-18	1,2E-17	1,7E-02	2,4E-23	3,1E-11	4,0E-01
Cs-134	5,3E-01	1,9E+01	1,4E+00	2,2E+00	6,5E+00	5,6E+00	1,7E-07	3,5E+01
Cs-137	3,9E-01	1,4E+01	1,1E+00	1,7E+00	6,4E+00	5,6E+00	9,1E-07	3,0E+01