

8. Üzemzavarok következményei

8. ÜZEMZAVAROK KÖVETKEZMÉNYEI

Az üzemzavarok környezeti hatásainak értékelése összetett, a környezeti terjedési viszonyoktól erősen függő feladat. Az 5.5. alfejezetben áttekintést adtunk a Paksi Atomerőmű Végleges Biztonsági Jelentésében vizsgált tervezési üzemzavarok során várható kibocsátásokról, valamint a biztonsági övezet határán várható – prognosztizált – dózisokról. Utaltunk arra is, hogy a berendezések és rendszerek állapotvizsgálata, a tervszerű cserék és karbantartások rendszere az üzemzavarok gyakoriságában nem okozhat változást, mivel a meghibásodási gyakoriság-értékeket a biztonsági és a biztonság szempontjából fontos rendszereknél és rendszerelemeknél a 89/2005. (V. 5.) Korm. rendelet mellékletét képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatoknak megfelelően szinten kell tartani. Ennek ellenőrzése az OAH NBI hatáskörébe tartozik.

A Végleges Biztonsági Jelentés az alábbi üzemzavaroknál számol levegőkörnyezeti radioaktív kibocsátásokkal:

1. NÁ 73 mm-es 1 sz. víztisztító vezeték törése az 5. hurokban 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével;
2. NÁ 90 mm-es összekötő vezeték törése a TK és a biztonsági szelep között 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével;
3. NÁ 90 mm-es TK befecskendező vezeték törése 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével;
4. NÁ 111 mm-es NNY ZÜHR vezeték törése az 5. hurokban 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével;
5. NÁ 233 mm-es KNY ZÜHR vezeték törése a 4. hurokban 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével;
6. NÁ277 jelű töréses üzemzavar;
7. NÁ 492 mm hidegági vezeték törése a 4. hurokban 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével és maximális ZÜHR konfiguráció alkalmazásával;
8. NÁ 492 mm hidegági vezeték törése a 4. hurokban 108% teljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével. A TN és UH szellőző rendszerek hermetizáló szerelvényei 5 s késleltetéssel zárnak;
9. NÁ 492 mm melegági vezeték törése a 4. hurokban 108% teljesítményen, 2 sprinkler rendszer működésével;
10. Szabályzó köteg szándékolatlan kihúzását követő ATWS;
11. Három gőzfejlesztő cső törése, TFK, a gőzfejlesztő biztonsági szelepe nyitva marad;
12. Gőzfejlesztő kollektor felnyílása, TFK, a gőzfejlesztő biztonsági szelepe nyitva marad.

Ezen üzemzavarok közös jellemzője a primerköri aktivitáskészlet és az üzemanyag gázterében tárolt aktivitás egy részének kikerülése az üzemi főépület helyiségeibe, majd a levegőkörnyezetbe. A felszabaduló és a környezetbe kikerülő radioaktív izotópok spektrumát az 5.5.15. és 5.5.16. táblázatok tartalmazzák.

Az 1)-4) eseteket kis átmérőjű, az 5)-6) eseteket közepes átmérőjű csőtöréseknek tekinthetjük, a 7)-9) esetek jelentik az ún. „nagy csőtöréseket” amelyek az erőmű szovjet terveiben a maximális tervezési üzemzavarként szerepeltek (8 eset).

A környezeti következmények vizsgálatához a biztonsági övezetre számolt prognosztizált effektív dózis adatok összehasonlítását követően 4 burkoló esetet választottunk ki. A kis átmérőjű csőtörések közül a 3) esetet, míg a nagy átmérőjű csőtörések közül a 8) és a 9) eseteket tekintettük mértékadónak, mivel ezek vezetnek az adott kategóriában a legnagyobb kibocsátási értékekhez. A kis átmérőjű csőtörés vizsgálatát a kibocsátás eltérő jellege indokolja, mivel a többi esettel összehasonlítva itt kell hosszán tartó, 8 órát meghaladó folyamatos konténment szivárgással számolnunk. A biztonsági övezet határára számított dózisok is ennél az esetnél mutattak másodlagos maximumot. A gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílását az erőmű eredeti terve már olyan súlyos – a tervezési állapotot meghaladó – üzemzavarként kezelte, amelynél az Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Tervet is alkalmazni kell, de a jóváhagyott VBJ minősítési kritériumrendszere szerint ezt az esetet (12 esemény) még tervezési üzemzavarként kell kezelnünk. Az eddig végrehajtott biztonság növelő intézkedések hatására ezen események következményei is már enyhültek.

A jelen fejezetben vizsgált négy esetben a kibocsátások az 5.5.15. és az 5.5.16. táblázatokban szereplő 3), 8), 9) és 12) esetek értékeivel jellemezhetők (a 12) esetre itt további – konzervatívabb – számítások is szerepelnek). A környezeti terjedés szempontjából a 8), 9) és 12) esetek pillanatszerű (a fél órát meg nem haladó) kibocsátásnak, míg a 3) eset folyamatos forrászerű kibocsátásnak tekinthető. A 3) eset elemzése ettől függetlenül pillanatszerű kibocsátással készült, mivel ez konzervatívabb eredményeket ad, s a VBJ-ben is ezt a feltételezést alkalmazták. Az aktivitás (üzemzavari kibocsátás) az esemény lefolyási időtartama alatt a főépület szellőző-rendszerén, vagy tömörtelenségein keresztül kerül ki a környezetbe a 3), 8) és 9) esetekben, míg az 12) esetben a kibocsátásra a turbinacsarnok tetején 40 m-es magasságban kerül sor.

Metodikai megfontolások

Az aktivitás terjedését az aktuális meteorológiai állapot (szélirány, szélesség, csapadék, a légköri turbulens diffúzió szórásparaméterei) fogja meghatározni. Az üzemzavari kibocsátások emiatt nem az atomerőmű teljes környezetében, hanem a szélirány által meghatározott 5-25° nyílásszögű szektorban fejtik ki hatásukat. A nagyobb szélességek a felhő gyorsabb átvonulását és hígulását, míg a szórásparaméterek (amik a légköri stabilitással korreláltak) a szektor-nyílásszöget határozzák meg. A kialakuló koncentrációk és az embert és az élővilágot érő dózisokat a nagyobb szélességek és instabilabb légköri rétegződések alacsonyabb értéken tartják, mint a kis szélességgel járó stabil/erősen stabil légállapot (Pakson a leggyakoribbak a semleges és enyhén instabil állapotok).

Az elemzéseket a COSYMA program segítségével végeztettük el. Az Európai Közösségek Bizottsága a MARIA (Methods for Assessing the Radiological Impact of Accident) projekt keretében tűzte ki célul egy új programrendszer kidolgozásának megvalósítását, hogy ezáltal az erőművek biztonságának megítélése Európában – a környezetbiztonságot illetően – azonos eszközzel, egyöntetűen történjen. Ezen eszköz a COSYMA (Code System for Maria) programrendszer, amelynek legújabb változatát (PC COSYMA Version 2.1) a Brüsszeli Bizottság 1996-ban bocsátotta ki. [1]

A COSYMA programrendszer alkalmas determinisztikus és valószínűségi elemzések végrehajtására. Az első opció kiválóan alkalmas biztonsági elemzésekben, környezeti hatástanulmányokban szereplő környezeti következmények becslésére. A program második opciója a valószínűségi elemzések (PSA Level-3) radiológiai, egészségügyi és gazdasági

következményeinek számítására használatos. A felhasználóbarát programrendszer alapjaiban három modul tartalmaz, melyben a következő műveletek elvégzése történik:

- bemenő paraméterek beállítása,
- számítások elvégzése,
- eredmények megtekintése.

A programrendszer a Gauss féle csóvamodellt alkalmazza az atmoszferikus terjedésszámítások során. A kibocsátási ponttól különböző távolságra (a körgyűrűkben) és a csóvatengelytől különböző szögekre (az ún. szektorokban) történik a levegő és a talajszennyezettség becslése időjárástól függően a következő paraméterekkel:

- stabilitási kategória (Pasquill A-F), szélirány, szélesség, csapadék,
- talajérdekesség,
- száraz és nedves kimosási tényezők.

A szennyezettség adatok felhasználásával a receptorpontokban a következő terhelési útvonalak figyelembevételével történik a (korai ill. késői) dózis meghatározása:

- felhődózis (a csóva átvonulásának teljes időtartamáig),
- talajdózis (a baleset bekövetkezésétől számított meghatározott ideig),
- inhalációs dózis (a csóva átvonulása alatt + reszuspenzióból eredően),
- táplálkozási dózis (ECOSYS ill.FARMLAND modell alkalmazásával).

A dózisok ismeretében az egészségügyi hatások számítása történik a következő hatásokra:

- Determinisztikus károsodás;
- Sztochasztikus megbetegedés (szervenként).

A programrendszer lehetővé teszi az ún. védőintézkedések (elzárkóztatás, kimenekítés és jódprofilaxis stb.) életbe-léptetésének szimulálását, valamint a normált életviszonyok feltételezésének figyelembevételét.

A 3), 8) és 9) esetenél konzervatívan Pasquill D és enyhe eső (1mm/h) feltételezésével kell számolnunk, mivel ezeknél a kéménykibocsátás a meghatározó. Az 12) eset (PRISE) 40 m-es kibocsátása miatt a Pasquill F lesz a konzervatív (1 m/s szélességgel), ezért itt ezt használtuk. A VBJ-ben a környezeti dózisok vizsgálatánál a 12) esetet is átlagos paksi meteorológiai állapot (Pasquill D – 5 m/s) feltételezésével értékelték, így indokolt ezen eredmények szerepeltetése is.

A táplálkozásnál feltételeztük hogy a körgyűrű mentén megtermelt javak a körgyűrűben elfogyasztásra kerülnek. Végül is ez is pesszimista álláspont, mivel így nem tételezzük fel más helyről behozott termékek fogyasztását. Semmilyen védőintézkedés bevezetését nem tételeztük fel. A táplálkozási útvonal becslésénél a COSYMA két lehetősége közül az ECOSYS modellt alkalmaztuk, ez felel meg a magyar táplálkozási szokásoknak leginkább. Feltételeztük, hogy a z üzemzavar nyáron történik meg, az aratási időszakban. A korai dózisoknál 7 napra számítottuk a következő terheléseket : felhő, talaj, inhalációtól eredő komponensek. A késői dózisoknál 50 évre számítottuk a felhő, talaj, inhaláció és a táplálkozási terheléseket.

A reggeli és esti órákban a felszínközeli rétegeket az inverziós plafon határolja (ez 800-1000 m közötti magasságtól 2000-5000 m magasságig mozog a napsugárzástól és a magaslégköri jellemzőktől függően), ami nagyobb energiatartalék nélkül a kibocsátások nem tudnak áttörni. Felszínközeli inverziós réteg jelenlétében a hígulás függőleges irányban nem

folymatódhat, ha a csóva az inverziós rétegnek ütközött. A COSYMA programban az F kategória esetén az inverziós réteg magasságát 200 m-en, D kategória esetén 560 m-en feltételezik. Meg kell jegyeznünk, hogy az E-F légköri stabilitási kategóriák előfordulásai a paksi telephelyen csak 5-12 % között vannak.

Az elemzések eredményei

Az elvégzett elemzések eredményeit az előzőekben vázolt peremfeltételeknek és feltételezéseknek megfelelően az alábbiak szerint foglalhatók össze:

3) eset: Kis átmérőjű csőtörés

A kis csőtörés esetét pillanatszerű kibocsátással vizsgálva a hatásminősítésre vonatkozó követelmények tartalékkal teljesülnek. A rövidtávú dóziskövetkezményeket a 8.1. és 8.2. táblázatok tartalmazzák.

8.1. táblázat: 7 napos egyéni átlagos dózisek a kis csőtöréses (3) esetre

Távolság km	Effektív dózis, Sv	Pajzsmi- rigy, Sv	Szemlencse Sv	Gonad, Sv	Bőr, Sv	Tüdő, Sv	Csontvelő, Sv	Gyomor- béltraktus, Sv
1	1,07E-06	3,77E-06	9,45E-07	7,99E-07	1,63E-05	1,35E-06	8,46E-07	1,07E-06
2	6,27E-07	2,82E-06	4,88E-07	4,15E-07	1,36E-05	8,44E-07	4,41E-07	6,49E-07
3	4,04E-07	1,76E-06	3,21E-07	2,72E-07	8,34E-06	5,39E-07	2,89E-07	4,16E-07
4	2,88E-07	1,18E-06	2,36E-07	2,00E-07	5,46E-06	3,77E-07	2,12E-07	2,94E-07
5	2,20E-07	8,44E-07	1,86E-07	1,57E-07	3,82E-06	2,83E-07	1,67E-07	2,22E-07
10	9,37E-08	2,85E-07	8,68E-08	7,33E-08	1,15E-06	1,14E-07	7,74E-08	9,19E-08
20	4,30E-08	1,27E-07	4,03E-08	3,40E-08	5,02E-07	5,22E-08	3,59E-08	4,21E-08
30	2,66E-08	7,82E-08	2,49E-08	2,10E-08	3,10E-07	3,24E-08	2,22E-08	2,61E-08
50,5	1,35E-08	3,95E-08	1,27E-08	1,07E-08	1,57E-07	1,65E-08	1,13E-08	1,33E-08

8.2. táblázat: 7 napos egyéni maximális dózisek a kis csőtöréses (3) esetre

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	2,04E-05
2	1,33E-05
3	9,11E-06
4	6,79E-06
5	5,37E-06
10	2,56E-06
20	1,31E-06
30	8,68E-07
50,5	4,80E-07

Mind a rövid távú, mind a hosszú távú – a 8.3. táblázatban szereplő – hatások a biztonsági övezet határánál már olyan szintre csökkennek, ami a semleges besorolást indokolja. A semleges hatásminősítés feltételei 2,3 km-es távolságban jönnek létre, ezen belül a hatás elviselhető.

8.3. táblázat: 50 éves effektív egyéni dózisok a kis csőtörés (3) esetre

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	2,27E-04
2	1,18E-04
3	7,75E-05
4	5,70E-05
5	4,48E-05
10	2,10E-05
20	9,73E-06
30	6,04E-06
50,5	3,07E-06

8) eset: Hideg-ági nagy csőtörés

A nagy csőtörés esetét pillanatszerű kibocsátással vizsgálva a hatásminősítésre vonatkozó követelmények tartalékkal teljesülnek. A rövid távú dóziskövetkezményeket a 8.4. és 8.5. táblázatok tartalmazzák.

8.4. Táblázat: 7 napos egyéni átlagos dózisok a hideg-ági nagy csőtörés (8) esetre

Távolság km	Effektív dózis, Sv	Pajzsmirigy, Sv	Szemlencse Sv	Gonad, Sv	Bőr, Sv	Tüdő, Sv	Csontvelő, Sv	Gyomor-béltraktus, Sv
1	2,50E-06	9,20E-06	2,19E-06	1,85E-06	3,86E-05	3,04E-06	1,96E-06	2,42E-06
2	1,47E-06	6,93E-06	1,13E-06	9,63E-07	3,20E-05	1,89E-06	1,02E-06	1,46E-06
3	9,43E-07	4,31E-06	7,43E-07	6,31E-07	1,97E-05	1,21E-06	6,71E-07	9,35E-07
4	6,70E-07	2,88E-06	5,46E-07	4,63E-07	1,29E-05	8,45E-07	4,92E-07	6,60E-07
5	5,11E-07	2,06E-06	4,29E-07	3,63E-07	9,01E-06	6,35E-07	3,85E-07	5,00E-07
10	2,16E-07	6,90E-07	1,99E-07	1,68E-07	2,70E-06	2,57E-07	1,78E-07	2,07E-07
20	9,91E-08	3,06E-07	9,22E-08	7,78E-08	1,18E-06	1,17E-07	8,21E-08	9,48E-08
30	6,12E-08	1,89E-07	5,69E-08	4,80E-08	7,27E-07	7,25E-08	5,07E-08	5,86E-08
50,5	3,10E-08	9,49E-08	2,89E-08	2,43E-08	3,66E-07	3,68E-08	2,57E-08	2,98E-08

8.5. táblázat: 7 napos egyéni maximális dózisok a hideg-ági nagy csőtörés (8) esetre

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1,00	4,737E-05
2,00	3,094E-05
3,00	2,123E-05
4,00	1,581E-05
5,00	1,249E-05
10,00	5,911E-06
20,00	3,026E-06
30,00	1,993E-06
50,50	1,098E-06

A konzervatív előfeltevések alapján meghatározott maximális egyéni effektív dózisok az erőműtől 5,3 km-es távolságban csökkennek a 90 μ Sv/év érték alá, így a D stabilitási

kategóriának megfelelő (12,5°-os) csóva által érintett terület középvonalában kell ezt a távolságot értenünk. A biztonsági övezetben és környezetében az 5,3 km-es távolságig a hatás elviselhető lesz. Az 50 éves effektív dózisek értékeit a 8.6. táblázat tartalmazza.

8.6. táblázat: 50 éves effektív egyéni dózisek a hideg-ági nagy csőtöréses (8) esetre

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	4,71E-04
2	2,45E-04
3	1,61E-04
4	1,18E-04
5	9,29E-05
10	4,35E-05
20	2,02E-05
30	1,25E-05
50,5	6,37E-06

9) eset: Meleg-ági nagy csőtörés

A nagy csőtörés esetét pillanatszerű kibocsátással vizsgálva a hatásminősítésre vonatkozó követelmények tartalékkal teljesülnek. A rövid távú dóziskövetkezményeket a 8.7. és 8.8. táblázatok tartalmazzák.

8.7. táblázat: 7 napos egyéni átlagos dózisek a meleg-ági nagy csőtöréses (9) esetre

Távolság km	Effektív dózis, Sv	Pajzsmirigy, Sv	Szemlencse Sv	Gonad, Sv	Bőr, Sv	Tüdő, Sv	Csontvelő, Sv	Gyomor-béltraktus, Sv
1	3,16E-06	1,15E-05	2,77E-06	2,34E-06	4,88E-05	3,89E-06	2,48E-06	3,09E-06
2	1,85E-06	8,67E-06	1,43E-06	1,22E-06	4,05E-05	2,42E-06	1,29E-06	1,87E-06
3	1,19E-06	5,39E-06	9,39E-07	7,97E-07	2,49E-05	1,55E-06	8,48E-07	1,20E-06
4	8,48E-07	3,61E-06	6,91E-07	5,86E-07	1,63E-05	1,08E-06	6,22E-07	8,45E-07
5	6,46E-07	2,58E-06	5,43E-07	4,60E-07	1,14E-05	8,13E-07	4,87E-07	6,39E-07
10	2,74E-07	8,67E-07	2,53E-07	2,14E-07	3,42E-06	3,29E-07	2,26E-07	2,65E-07
20	1,26E-07	3,85E-07	1,17E-07	9,88E-08	1,50E-06	1,50E-07	1,04E-07	1,21E-07
30	7,78E-08	2,37E-07	7,24E-08	6,11E-08	9,23E-07	9,30E-08	6,45E-08	7,51E-08
50,5	3,95E-08	1,20E-07	3,68E-08	3,10E-08	4,65E-07	4,73E-08	3,28E-08	3,82E-08

8.8. táblázat: 7 napos egyéni maximális dózisek a meleg-ági nagy csőtöréses (9) esetre

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	5,99E-05
2	3,91E-05
3	2,68E-05
4	2,00E-05
5	1,58E-05
10	7,50E-06
20	3,84E-06
30	2,53E-06
50,5	1,40E-06

A konzervatív előfeltevések alapján meghatározott maximális egyéni effektív dózisok az erőműtől 6,3 km-es távolságban csökkennek a 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ érték alá, a D stabilitási kategóriának megfelelő (12,5^o-os) csóva által érintett terület középvonalaiban. A biztonsági övezetben elhelyezkedő lakóépületeknél és a 6,3 km-ig terjedő távolságban a hatások elviselhető minősítéssel jellemezhetők. Az 50 éves effektív dózisok értékeit a 8.9. táblázat tartalmazza.

8.9. táblázat: 50 éves effektív egyéni dózisok a meleg-ági nagy csőtöréses (9) esetre

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	6,23E-04
2	3,23E-04
3	2,12E-04
4	1,56E-04
5	1,23E-04
10	5,74E-05
20	2,67E-05
30	1,65E-05
50,5	8,42E-06

12) eset: Gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása

A kollektor fedél felnyílásának esetét pillanatszerű kibocsátással vizsgálva a hatásminősítésre vonatkozó követelmények tartalékkal teljesülnek. A rövid távú dóziskövetkezményeket kedvezőtlen és átlagos légköri terjedési viszonyokra a 8.10.,8.11, 8.12 és 8.13. táblázatok tartalmazzák.

8.10. táblázat: 7 napos egyéni átlagos dózisok a gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása (12) esetre kedvezőtlen légköri terjedési viszonyoknál

Távolság km	Effektív dózis, Sv	Pajzsmirigy, Sv	Szemlencse Sv	Gonad, Sv	Bőr, Sv	Tüdő, Sv	Csontvelő, Sv	Gyomor-béltraktus, Sv
1	2,46E-05	3,43E-04	8,12E-06	7,06E-06	1,55E-03	8,41E-06	7,49E-06	7,01E-06
2	9,08E-06	1,22E-04	3,28E-06	2,83E-06	5,50E-04	3,35E-06	3,01E-06	2,80E-06
3	4,88E-06	6,36E-05	1,89E-06	1,62E-06	2,86E-04	1,92E-06	1,73E-06	1,61E-06
4	3,10E-06	3,93E-05	1,27E-06	1,09E-06	1,76E-04	1,28E-06	1,16E-06	1,07E-06
5	2,17E-06	2,68E-05	9,28E-07	7,95E-07	1,20E-04	9,32E-07	8,45E-07	7,84E-07
10	6,91E-07	7,72E-06	3,46E-07	2,94E-07	3,42E-05	3,42E-07	3,13E-07	2,89E-07
20	2,11E-07	2,10E-06	1,22E-07	1,03E-07	9,16E-06	1,19E-07	1,10E-07	1,01E-07
30	1,15E-07	1,14E-06	6,62E-08	5,61E-08	5,01E-06	6,47E-08	5,96E-08	5,49E-08

8.11. táblázat: 7 napos egyéni átlagos dózisek a gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása (12) esetre átlagos légköri terjedési viszonyoknál

Távolság km	Effektív dózis, Sv	Pajzsmirigy, Sv	Szemlencse Sv	Gonad, Sv	Bőr, Sv	Tüdő, Sv	Csontvelő, Sv	Gyomor-béltraktus, Sv
1	9,92E-06	1,13E-04	4,81E-06	4,11E-06	5,01E-04	4,77E-06	4,36E-06	4,03E-06
2	3,27E-06	3,08E-05	1,98E-06	1,68E-06	1,33E-04	1,92E-06	1,78E-06	1,63E-06
3	1,76E-06	1,44E-05	1,20E-06	1,01E-06	6,08E-05	1,16E-06	1,07E-06	9,82E-07
4	1,14E-06	8,35E-06	8,42E-07	7,11E-07	3,46E-05	8,09E-07	7,54E-07	6,89E-07
5	8,26E-07	5,48E-06	6,42E-07	5,42E-07	2,23E-05	6,15E-07	5,75E-07	5,24E-07
10	3,60E-07	2,26E-06	2,87E-07	2,42E-07	9,10E-06	2,74E-07	2,57E-07	2,34E-07
20	1,47E-07	9,25E-07	1,17E-07	9,85E-08	3,72E-06	1,12E-07	1,05E-07	9,53E-08
30	8,19E-08	5,19E-07	6,51E-08	5,49E-08	2,10E-06	6,22E-08	5,82E-08	5,31E-08

8.12. táblázat: 7 napos egyéni maximális dózisek a gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása (12) esetre kedvezőtlen légköri terjedési viszonyoknál

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	2,84E-04
2	1,40E-04
3	8,70E-05
4	6,07E-05
5	4,55E-05
10	1,78E-05
20	6,71E-06
30	4,07E-06

8.13. táblázat: 7 napos egyéni maximális dózisek a gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása (12) esetre átlagos légköri terjedési viszonyoknál

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	1,35E-04
2	6,01E-05
3	3,68E-05
4	2,60E-05
5	1,99E-05
10	1,02E-05
20	4,90E-06
30	2,97E-06

A konzervatív előfeltevések alapján meghatározott maximális egyéni effektív dózisek az erőműtől 24 km-es távolságban csökkennek a $90 \mu\text{Sv}/\text{év}$ érték alá az F stabilitási kategóriának megfelelő ($2,5^\circ$ -os) csóva által érintett terület középvonalában. A kibocsátási ponttól mért 4,5 és 24 km közötti távolságig a hatások elviselhető minősítéssel jellemezhetők. Átlagos légköri terjedési állapotokat feltételezve csak kis mértékű változásokat észleltünk a

modellezés során. Ennek az az oka, hogy a sugárterhelésben meghatározó szerepet játszik az élelmiszer termelés és fogyasztás, amit egy ilyen típusú üzemzavar után – a tényleges mérési eredmények alapján – valószínűleg korlátozni kell. Ezt, illetve a korlátozás dóziscsökkentő hatásait azonban a környezeti hatástanulmányban nem szabad figyelembe vennünk. Az 50 éves effektív dózisok értékeit a 8.14. és 8.15. táblázat tartalmazza.

8.14. táblázat: 50 éves effektív egyéni dózisok a gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása (12) esetre kedvezőtlen légköri terjedési viszonyoknál

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	5,55E-03
2	2,42E-03
3	1,47E-03
4	1,04E-03
5	7,87E-04
10	3,30E-04
20	1,29E-04
30	7,31E-05
50,5	3,01E-05

8.15. táblázat: 50 éves effektív egyéni dózisok a gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása (12) esetre átlagos légköri terjedési viszonyoknál

Távolság, km	Effektív dózis, Sv
1	4,12E-03
2	1,86E-03
3	1,18E-03
4	8,56E-04
5	6,66E-04
10	3,05E-04
20	1,27E-04
30	7,30E-05
50,5	3,08E-05

Legkedvezőtlenebb környezeti következményekre jelenleg tehát a primerköri kollektor fedél gőzfejlesztőn belüli felnyílásakor kell számolni, mivel ebben az esetben a hermetikus tér védőhatása nem érvényesül.

A PA Rt. részéről már évekkal ezelőtt döntés született egy olyan átalakítás elindításáról, amely lehetővé teszi PRISE esetekben (lásd 12. eset) a kibocsátásnak a hermetikus térbe történő „visszavezetését”. Az átalakítás lényege: a primerkörből a szekunderkörbe történő átfolyás esetén – a gőzfejlesztők jelenlegi leiszapoló vezetékeit használva – a törött gőzfejlesztőt vízdalról automatikusan lefűvatják a hermetikus térbe, és ezzel megakadályozzák a törött gőzfejlesztő feltelését és a biztonsági szelepek felnyílását (ami eddig közvetlen környezeti kibocsátást eredményezett).

Az OAH NBI a RE-4026 sz. határozatában kötelezte a PA Rt.-t a PRISE gőzfejlesztő vízdali lefűtás terveinek elkészítésére, engedélyeztetésére és az átalakítás megvalósítását tartalmazó ütemterv benyújtására. Ezt a PA Rt. az 1914-H3010/2005. sz., 2005. december 20-án iktatott levelében teljesítette, melyet az OAH NBI az AL-00694/2006 sz. levelében elfogadott. Az átalakítás tervezése folyamatban van, a jelenlegi ütemterv szerint az átalakítás várhatóan 2008-ban megvalósul. Az átalakítás után a számított kibocsátási értékek egy nagyságrenddel alacsonyabbak lesznek az összes, fent felsorolt egyéb csőtöréses eset kibocsátási értékeinél.

Az eredmények összefoglalása

Az üzemzavarok hatásterületének megállapításához konzervatív módszereket és kiinduló adatokat alkalmazva olyan eredményeket kaptunk, hogy az eredeti terveknek megfelelő tervezési üzemzavaroknál az elviselhető hatások a biztonsági övezeten túl a kibocsátási ponttól 5,2-6,3 km távolsáig valószínűsíthetők csak, azon kívül semleges hatásokkal kell számolnunk.

Mivel a PRISE esetek következményeit csökkentő átalakítás az üzemidő hosszabbítás engedélyeztetési időpontjára megvalósul, ezért a radiológiai hatásterület szempontjából az előzőekben említett tervezési üzemzavarok lesznek a meghatározók. Tehát az üzemidő hosszabbítás során a 8.1. ábrán ábrázolt, 6,3 km sugarú körrel lehatárolható hatásterület lesz a mérvadó. Az országhatáron (bármely irányba) így mindenhol semleges hatás prognosztizálható.

Az üzemzavari vízkörnyezeti kibocsátások a légkörieknél 4-5 nagyságrenddel alacsonyabbak, kimutathatóságukat a 10. fejezetben értékeljük.

A hagyományos rendkívüli eseményeket és azok hatásterület-becslését az 5. fejezet 5.5.17. táblázatában foglaltuk össze. A hagyományos rendkívüli események hatásterületét térképen a vízszennyezésekre vonatkozóan a 7. fejezetben található 7.3. ábra vízi hatásterülete tartalmazza, levegőszennyezésre vonatkozóan a hatásterület az erőmű biztonsági övezete.

Következménycsökkentő baleseti stratégiák

Az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálatokat lezáró RE-2537 határozatban az OAH NBI előírta, hogy 2003. december 31-ig el kell készülnie egy a következmény-csökkentő balesetkezelési stratégiák értékelésére alkalmas 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzésnek.

Már a korábbi NBSZ is előírta, hogy a tervezési alapul választott üzemzavarokat meghaladó események, balesetek következményeinek enyhítésére „specifikus kiegészítő rendszereket” kell kialakítani. A közelmúltban kiadott új NBSZ számos további, a balesetkezelés megvalósítására irányuló előírást tartalmaz.

A fent említett hatósági elvárások miatt a PA Rt. főkonzulensével együttműködve a balesetkezelés megvalósítására irányuló koncepciót dolgozott ki. Ennek kapcsán olyan balesetkezelési lehetőségeket (eljárásokat és azok megvalósításához esetleg szükséges átalakításokat) értékelték, amelyek alkalmazására az aktív zóna sérülését (olvadását) követően, a következmények mérséklése céljából kerülne sor. A kidolgozott koncepció javaslatai olyan elemeket tartalmaznak, amelyekről belátható volt, hogy alkalmazásuk

mindenképpen a súlyos baleseti folyamatok következményeinek csökkentését szolgálja, valamint igyekeztek elsőbbséget adni azoknak az intézkedéseknek, amelyeknek a kockázat csökkentési hatékonysága jelentősebbnek becsülhető.

Nyilvánvaló, hogy balesetkezeléssel sem szüntethető meg a nagy radioaktív kibocsátások lehetősége, de az ilyen esetek gyakorisága és/vagy következménye mérsékelhető. A kidolgozott koncepció elfogadásra került, és megkezdték az üzemidő hosszabbítással összhangban a koncepció szerinti intézkedéseket.

Az összeállított koncepció a teendőket két prioritási csoportba sorolta:

- Az 1. prioritású csomagot az üzemidő hosszabbítás előkészítési, engedélyezési folyamata során kell megvalósítani, ennek előfeltétele a szükséges műszaki módosítások megtervezése, engedélyeztetése és végrehajtásának megkezdése, a balesetkezelési utasításrendszer elkészítése (esetenként hiányzó vagy ideiglenes elemekkel), és a megfelelő szervezési változtatások végrehajtása.
- A 2. prioritású csomaghoz tartoznak azok a műszaki módosítások és egyéb intézkedések, amelyek bevezetése az ezzel a témával foglalkozó nemzetközi projektek lezárultát követően történik meg.

Az 1. prioritású balesetkezelési utasítások bevezetéséhez szükséges intézkedések a következők:

Kezelési utasítások, MŰSZ módosítások

1. Az Állapot Orientált Kezelési Utasítások kiterjesztése a leállási üzemállapotokra és a pihentető medencére.
2. A balesetkezelési utasításrendszer elkészítése.
3. Intézkedési terv készítése a többi – nem sérült – blokk teendőire vonatkozóan.
4. A tiszta kondenzátum rendszer speciális kapcsolásaival és a különböző üzemállapotokban szükséges rendelkezésre állásával kapcsolatos MŰSZ módosítás és kezelési utasítás kidolgozása és bevezetése.
5. A ZŰHR-rendszerek új – hosszú idejű járatást is tartalmazó – tesztelési stratégiájának bevezetése.

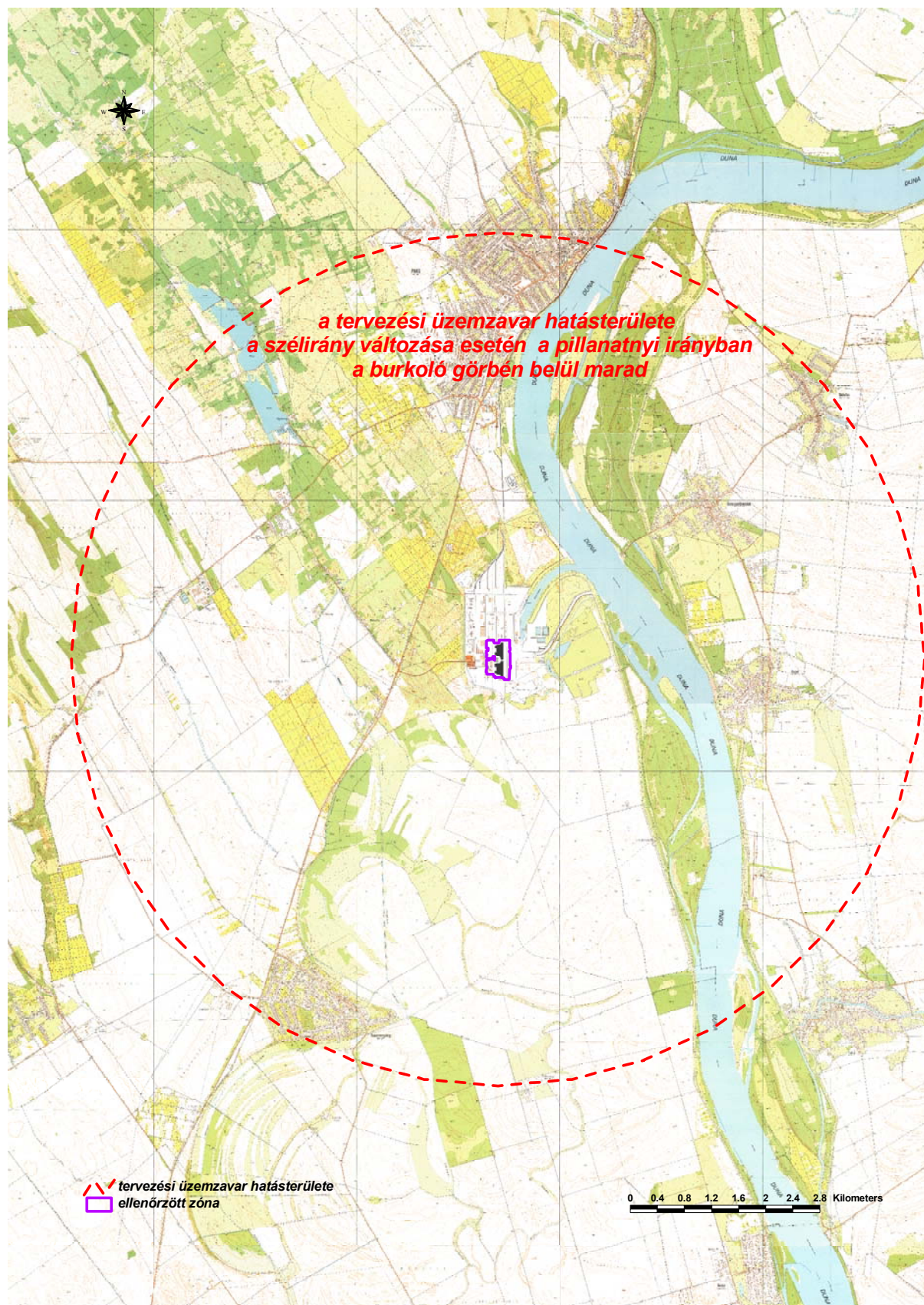
Technológiai átalakítások

6. A primerköri nyomásmentesítés megbízható végrehajtásához a térfogat-kompenzátor biztonsági szelepéhez autonóm villamos betáplálás létesítése.
7. A hidrogénkezelés megvalósításához blokkonként mintegy 30 db rekombinátor installálása.
8. A reaktorakna elárasztásához szükséges útvonal kiépítése.
9. A pihentető medence hűtőkör kizáró szelepei és a falátvezetések közti csőszakaszok megerősítése, a szelepek helyettesítése gyorsműködésű armatúrákkal, és ezek működtetése a helyiség-vízszint reteszjelről.
10. A balesetkezeléshez szükséges műszerezés alkalmasságának tételes felülvizsgálata, valamint az új baleseti műszerezés installálása.

Szervezési intézkedések

11. Megfelelő szervezési változtatások kidolgozása és bevezetése, műszaki támogató központ létesítése.

8.1. ábra: Hatásterület tervezési üzemzavarok esetén



IRODALOMJEGYZÉK

- [1] PC Cosyma (Version 2): An accident consequence assessment package for use on a PC
EUR 16239 EN (Final Report, ISBN 92-827-5779-X, 1996)