

Sugárvédelmi vonatkozású fejezetek az „atomerőművek biztonsága” című készülő könyvben

*Pázmándi Tamás, Sági László, Zagyvai Péter
MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet*

Atomerőművek biztonsága

Tervezett tartalom

Ötletgazdák - Főszerkesztők :

Elter József (PAE Zrt.), Gadó János (AEKI), Holló Előd (NUBIKI), Lux Iván (OAH)

Célközönség: Egyetemi hallgatók, szakirányú továbbképzések résztvevői.

A könyv tervezett fő részei:

I. Az atomreaktorokban lejátszódó legfontosabb folyamatok

II. Az atomerőmű felépítése

III. A reaktorok tervezési biztonságának alapjai

IV. A reaktorok üzemeltetési biztonsága

V. A biztonsági elemzések alapjai

VI. A reaktorbiztonság jogi keretei

A könyv 2012-ben fog megjelenni, az ELTE Eötvös Kiadónál, a SOMOS Kft. támogatásával.

Atomerőművek biztonsága

Sugárvédelmi tárgyú fejezetek

A könyv sugárvédelemhez kapcsolódó fejezeteinek megírására Pázmándi Tamást, Sági Lászlót és Zagyvai Pétert kérték fel.

Ezek az I. és az V. részhez fognak tartozni. Témáik:

- a forrástag jellemzése a környezeti hatások szempontjából;
- aktivitásterjedés az üzemi területen belül és a környezetben;
- az egészségügyi hatások értékelése.

Atomerőművek biztonsága

Sugárvédelmi tárgyú fejezetek

Az I. rész (*Az atomreaktorokban lejátszódó legfontosabb folyamatok*) I.5. fejezetében bemutatjuk az aktivitás kikerülésének folyamatát a forrástól (radionuklidok keletkezése) a kikerülésen és terjedésen át a célszemélyeket érő expozícióig.

A V. rész (*A biztonsági elemzések alapjai*) V. 5. fejezetében leírjuk az alkalmazott modelleket, az elemzések módszerét, közlünk néhány konkrét számítási módszert és eredményt, valamint a biztonsági kritériumokat is.

Az atomerőműben lejátszódó folyamatok

I. 5. fejezet: Aktivitásterjedés, környezeti hatások

A) A terjedés időbeli fázisai és térbeli kibontakozása

B) Terjedési helyzetek

A terjedés időbeli fázisai és térbeli kibontakozása

1) A környezetbe kijutni képes radioaktív anyagok keletkezése

- Hasadási és aktivációs termékek a fűtőelemekben, a hűtőközegben és a szerkezeti anyagokban; zónaleltár és résleltár.

2) Kikerülési útvonalak

- Eljutás a keletkezési helytől a kibocsátási pontig = terjedés a konténmenten, illetve az ellenőrzött területen belül.
- Gátak: a rendszer elemei, működésük jellemzése, a gátak függetlensége.
- Kibocsátások a sérült fűtőelemekből, a fűtőelem-sérülések mértéke, a konténment visszatartási képessége az aktivitásleltár egyes csoportjaira nézve. Az aktivitás leltár komponensei a környezetbe való kijutási pontokon.

A terjedés időbeli fázisai és térbeli kibontakozása

3) Szétterülés a környezetben:

$$\left(\frac{dc}{dt} \right)_i = S(t) + A + D + R + P - \lambda_i c_i$$

c: aktivitáskoncentráció környezeti közegben (levegő, felszíni víz, talajvíz);

S: forrástag, benne az „i-edik” komponenssel

A: advekció – a környezeti közeg kényszermozgása, jellemzően 1. r. diff. egyenlet;

D: diffúzió – a szennyező anyag fizikai-kémiai tulajdonságaitól és a közeg állapotától egyaránt függ, jellemzően 2. r. diff. egyenlet;

R: reakció – fizikai/kémiai kölcsönhatások a közeg egyes komponensei és a szennyezés között (pl. szorpció – deszorpció folyamatok);

P: ülepedés

A terjedés időbeli fázisai és térbeli kibontakozása

4) A biológiai transzport növényi és állati összetevői

Rekeszmodell: egy adott terjedési elemet homogénnek tételezünk fel, és a koncentrációváltozást ténylegesen csak a rekeszek között írjuk le.

5) Expozíció, dózisszámítás (terhelési útvonalak: felhő, talaj, inhaláció és tápláléklánc). Kiindulás: a terjedési egyenlet megoldásával előálló radioaktív koncentráció az egyes környezeti közegekben, az idő és a hely függvényében, előállítandó a koncentráció időintegrálja.

6) Hatások: egészségügyi (determinisztikus és sztochasztikus), gazdasági.

7) Korlátozások: European Utility Requirements (EUR), hatósági, üzemi és egyéb határértékek

European Utility Requirements

EUR = European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants

*British Energy plc • Desarrollo Tecnológico Nuclear, S. L. •
Electricité de France • Fortum & Teollisuuden Voima Oy •
NRG • SOGIN • Tractebel • UAK • Vattenfall / FKA • Verband
der Elektrizitätswirtschaft e. V.*

<http://www.europeanutilityrequirements.org/>

European Utility Requirements

Atomerőmű állapotai:

- Normál(is) üzem és üzemzavar (Normal and Incident Conditions)
- Design Basis Conditions : DBC (= DBA)
- Design Extension Conditions : DEC (= BDBA)

„Célértékek” (Radiological Targets): tervezési dózisek [Sv] (~dózismegszorítás) és kibocsátási aktivitások [Bq/év].

Súlyos baleseteknél egy ún. referencia forrástag (Reference Source Term: RST) kiválasztása szükséges.

European Utility Requirements - idézet

Normális és üzemzavari helyzetben a célérték „közvetlen besugárzásra” (direct radiation dose) 0,1 mSv/év, erőműtípustól függetlenül.

A meghatározást a legnagyobb dózist kapó személyre illetve ilyen csoport tagjaira kell elvégezni, akik

- a legjelentősebb sugárforrástól 100 m-re tartózkodnak, 1/30 tartózkodási tényezővel, vagy
- 300 m-re tartózkodnak, 1 tartózkodási tényezővel, vagy
- a pontosan definiált, a forráshoz legközelebbi helyen tartózkodnak, 1 tartózkodási tényezővel, minden jelentős közvetlen besugárzás figyelembe vételével.

Terjedési helyzetek

- Normális üzem során, üzemzavar (várható, a normális állapottól eltérő üzemi esemény), tervezési üzemzavar/baleset (DBA), tervezésen túli üzemzavar/súlyos baleset (BDBA) esetén;
- Pihentető medencével és leállított reaktorral kapcsolatos helyzetek;
- Egyéb terjedési helyzetek: üzemi hulladékok kezelése és/vagy eltávolítása, leszerelés.

A biztonsági elemzések alapjai

V. 5. fejezet: Forrástag, aktivitásterjedés az erőműben és a környezetben, az egészségügyi hatások értékelése

- A) Forrástagok*
- B) A terjedésszámítás során alkalmazott módszerek és modellek*
- C) Az elemzések során alkalmazott összetett terjedési és dózisszámító modellek/kódok/programok működése és használata*
- D) A biztonsági kritériumok*

A forrástag jellemzése

A) Forrástagok: A kibocsátható radioaktivitás összetevőinek részletes bemutatása, csoportosításuk:

1) Általános alapkategóriák

- A hasadóanyag hasadási és aktivációs termékei;
- A fémes szerkezeti anyagok aktivációs termékei;
- A biológiai védelem építőanyagainak aktivációs termékei;
- A moderátor és/vagy a primer hűtőközeg komponenseinek aktivációs termékei;
- Egyéb (pl. levegő) aktivációs termékek.

A forrástag jellemzése

2) A forrástag összetevői a radioaktív anyagok illékonysága (terjedési képessége) szerint:

- Nemesgázok;

- További, a hűtőközegben oldódó gázok, pl. trícium;

- Radiojódok csoportja;

- Tellúrcsoport;

- Alkáli fémek;

- Alkáli földfémek;

- Egyéb fémek.

Egyes radioaktív anyagok kémiai és fizikai átalakulása (pl. az ioncserélő gyantán, vagy a gyanta anyagának radiolízise révén stb.)

3) További, az elemzések során alkalmazott gyakorlati csoportosítások (pl. kationok, anionok, szerves és szervetlen vegyületek stb.)

Aktivitásterjedés az erőműben és a környezetben

B) A terjedésszámítás során alkalmazott módszerek és modellek

- 1) A radioaktív anyagok kikerülése a fűtőelemekből. A fűtőelemtabletták anyagszerkezetének hatása, „spiking”, kikerülési hányadok az inhermetikusság okának függvényében.
- 2) Terjedés a primerkörben. Kijutási útvonalak és hányadok a primerkörből a konténmentbe.
- 3) Terjedés a hermetikus térben.
- 4) Terjedés a létesítmény konténmenten kívüli helyiségeiben.
- 5) A terjedési helyzet ellenőrzése: a létesítményen belüli monitorozás, kibocsátás-ellenőrzés.

Aktivitásterjedés az erőműben és a környezetben

6) Szétterülés a környezetben

Folyamatos és pillanatszerű (szakaszos) kibocsátásokhoz kapcsolódó terjedési számítások a levegőbe és vízbe történő kibocsátások esetén. A talajban és a biológiai rendszerekben végbemenő terjedés számítása.

Az alábbiakból fogunk válogatni:

PC CREAM (üzemi helyzetekre)

PC COSYMA (DBA, BDBA)

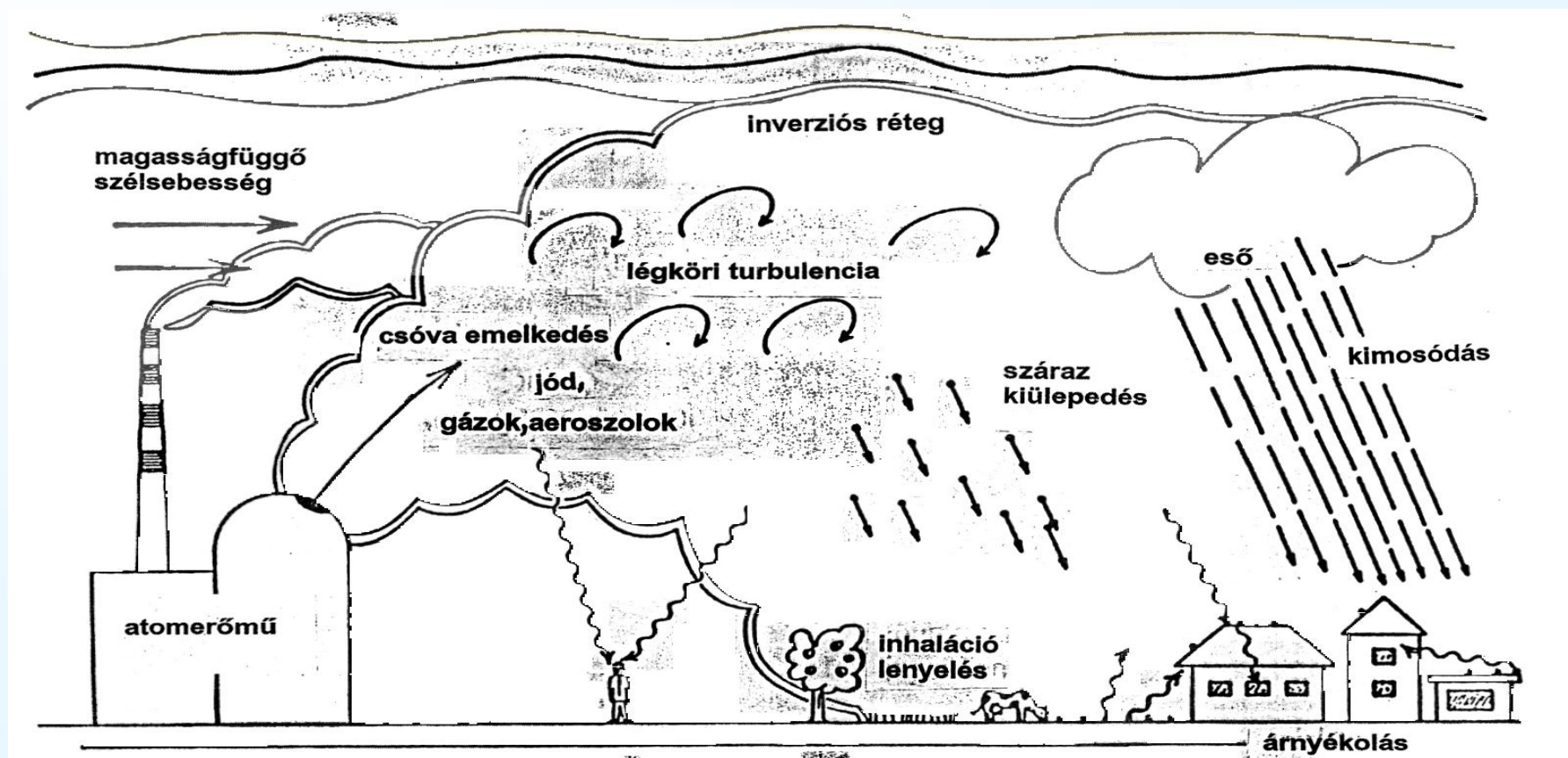
SINAC (interaktív; baleseti helyzetekre; továbbfejlesztése folyamatban)

RODOS (EU - Real time Offsite Decision Support System)

InterRAS (IAEA Incident and Emergency Centre)

IAEA-TECDOC-1616 Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments
stb.

Aktivitásterjedés az erőműben és a környezetben



Aktivitásterjedés az erőműben és a környezetben

7) A környezeti terjedési helyzet ellenőrzése: környezeti monitorozás

8) A kikerülő radioaktivitás által okozott dózisteljesítmény és dózis számítása

Az expozíció számítása az I.5) fejezetben ismertetett besugárzási útvonalakon. Munkahelyi és lakossági dózisok, referencia személy - kritikus lakossági csoport.

Az üzemi, üzemzavari és baleseti esetek mellett foglalkozni kell a leállított reaktorhoz, a pihentető medencéhez és az egyéb potenciális forrásokhoz kapcsolható terjedési helyzetekkel is.

Az egészségügyi hatások értékelése

C) Az elemzések során alkalmazott összetett terjedési és dózisszámító modellek/kódok/programok működése és használata

A terjedés- és dózisszámítás elemeinek összekapcsolása. A dózis csökkentésére irányuló intézkedések bemutatása, ezek megjelenése a modellszámításokban.

D) A biztonsági kritériumok

A dóziskorlátokra, dózismegszorításra és a tervezési (referencia) dózisszintekre vonatkozó IAEA ajánlások, EUR kritériumok, magyarországi hatósági szabályozás és üzemi kritériumok bemutatása. Az okozható dózis kapcsolata a besugárzási forgatókönyveken keresztül a kibocsátási határértékek rendszerével. A kibocsátási határérték-kritérium értelmezése.

$$KHK = \sum_i \frac{A(t)_i}{KH_i}$$

$A(t)_i$: Az i-edik összetevő időben változó aktivitása

KH: a dózismegszorításhoz kapcsolódó kibocsátási határérték

Köszönöm a figyelmet!