

Nukleáris létesítmények leszerelésének tervezéséhez szükséges sugárvédelmi számítások

Kókai Zsófia

Témavezetők: Zagyvai Péter,

Török Szabina



Eötvös Lóránd Tudományegyetem
Környezettudományi Doktori Iskola beszámoló 2013. 05.30.

Leszerelési kötelezettség tartalma

- *IAEA IBSS General Safety Requirements Part 3: Jövő generációk védelme*
- Ismert és kutatandó technikák a leszerelési folyamatokhoz, pl. dekontaminálás, vágási technikák, hulladékkezelés, hulladék végleges elhelyezése, telephely helyreállítás
- Leszerelendő: nukleáris létesítmények, pl. atomreaktor, gyorsító, spallációs forrás, radioaktív hulladéktároló, uránbánya, fűtőelemgyártó, reprocesszáló üzem (újabbán fosszilis erőművek is)

A leszerelés folyamata

- Előzetes leszerelési terv a létesítés engedélyezéséhez (az építésnél ezt már figyelembe kell venni)
- A leszerelési terv folyamatos felülvizsgálata, új technológiák és információk beépítése, pl.:
 - Próbatestek
 - Aktiválódás modellezése (pl. ESS)
- A leszerelési terv véglegesítése és végrehajtása

Az Európai Neutronkutató Központ (ESS)

- a világ legnagyobb intenzitású spallációs neutronforrása lesz (kutatási célok)



- nagyenergiájú, hosszú impulzusú protonnyaláb: 2,5 GeV, 100 μ s, 300 kJ \rightarrow $3 \cdot 10^{15}$ n⁰



- nem tartalmaz hasadóanyagot
- fő részei: gyorsító (LINAC) és forgó W target
- üzemelés ideje: 2025-2065
- telephely: Lund, Svédország

Kutatás célja

- a telephely helyreállításához és a hulladékmenedzsment tervezéséhez szükség van a teljes üzemidő alatt várhatóan keletkező radioaktív hulladékok izotóponkénti mennyiségi és minőségi becslésére is (hulladéklerakók átvételi kritériuma)
- mivel az ESS egyedülálló kutatási létesítmény, nem lehet esettanulmányok alapján elvégezni a hulladékkategorizálást
- a legjelentősebb radioaktív hulladékok a target és a LINAC szerkezeti elemei és ezek árnyékolásai lesznek
- ezen elemek felaktiválódását célszerű Monte Carlo modellen alapuló szimulációkkal meghatározni (nagy számú részecske sztochasztikus mozgását írja le)

Eredmények

- Kapcsolódó dokumentációk (Technical Design Report, 2013) és szakirodalom (aktivációs számítások, radioaktív hulladékok) feldolgozása
- Meglévő izotópleltárakból hulladékindex számítás, felszabadítási szintek meghatározása ritka izotópokra és hulladék mennyiségek becslése
- Saját szimulációs modell elkészítéséhez a FLUKA kód adaptálása (nagy energia és részecske tartomány)
- Az aktivációs számításokhoz geometriai modell készítése

Eredmények - A target hulladékindexe

	c_A (Bq/g)(7 év)	$T_{1/2}$ (év)	CL(Bq/g)	WI	WI (150 év)
Co-60	6,96E+05	5,27E+00	1,00E-01	6,96E+06	1,89E-02
Ba-133	4,03E+06	1,05E+01	5,90E-01	6,83E+06	3,45E+02
Ta-179	7,02E+07	1,82E+00	1,10E+01	6,38E+06	9,88E-19
H-3	4,92E+08	1,24E+01	1,00E+02	4,92E+06	1,15E+03
Gd-148	1,52E+06	7,46E+01	4,30E-01	3,53E+06	8,77E+05
Eu-152	3,24E+05	1,35E+01	1,00E-01	3,24E+06	1,50E+03
Rh-101	2,24E+06	3,30E+00	7,90E-01	2,84E+06	5,88E-08
Lu-173	8,84E+06	1,37E+00	5,10E+00	1,73E+06	1,90E-27
Hf-172/Lu-172	1,45E+07	1,87E+00	1,00E+01	1,45E+06	1,03E-18
Eu-154	6,43E+04	8,59E+00	1,00E-01	6,43E+05	3,58E+00
Lu-174	2,71E+06	3,31E+00	6,60E+00	4,11E+05	9,37E-09
Na-22	1,88E+04	2,60E+00	1,00E-01	1,88E+05	8,31E-13
Pm-146	3,05E+04	5,53E+00	3,00E-01	1,02E+05	6,95E-04
Sr-90/Y-90	7,36E+04	2,88E+01	1,00E+00	7,36E+04	1,99E+03
Tb-158	3,11E+04	1,80E+02	4,30E-01	7,23E+04	4,06E+04
Összeg				3,97E+07 (HLW)	9,33E+05 (ILW)

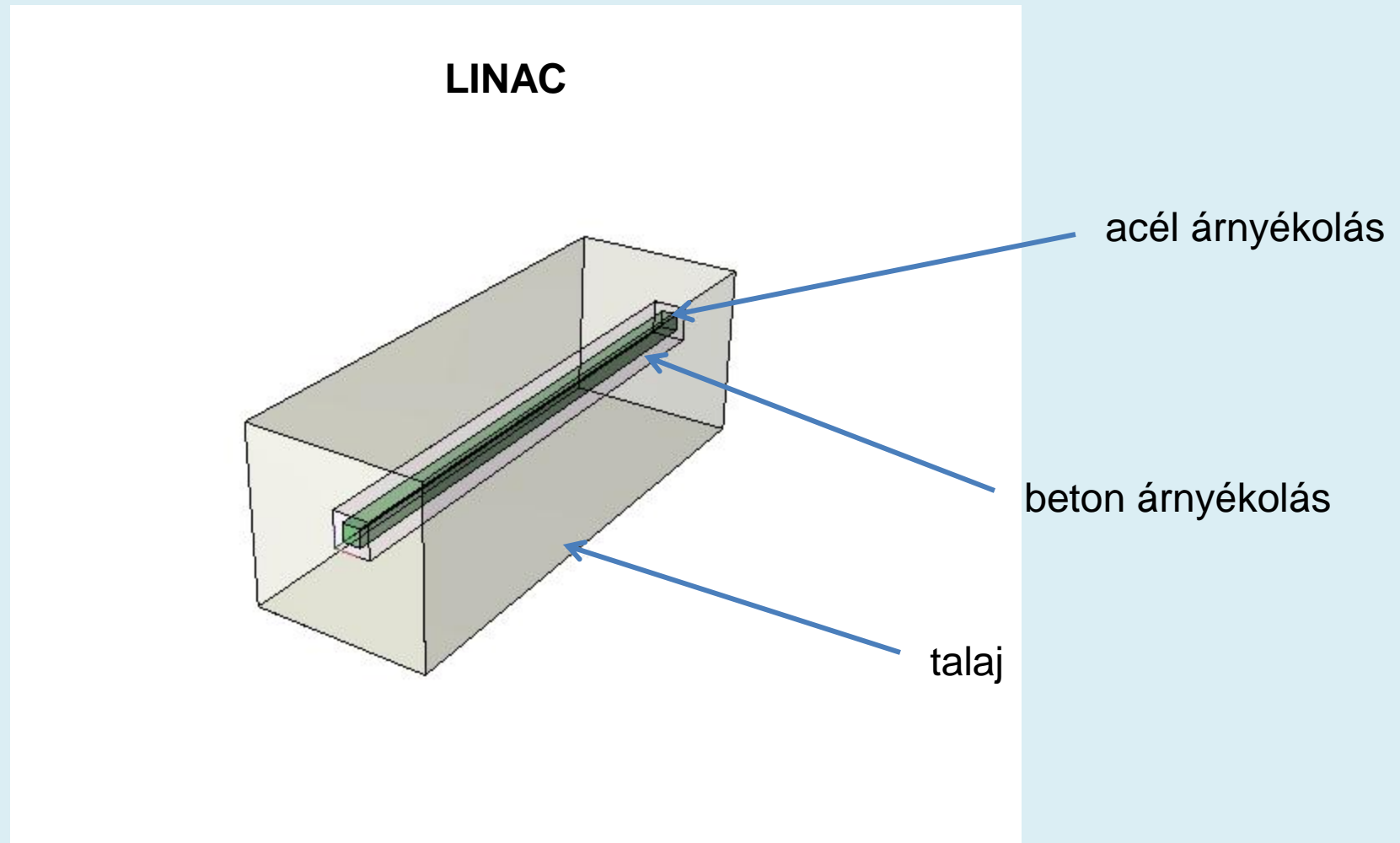
$$WI = \sum_i \frac{c_{A,i}}{CL_i}$$

CL: SSM SSMFS 2008-549; IAEA SSS GSG-1; DF vagy DCF felhasználásával a szerzők által számított adatok

Eredmények - Főbb radioaktív hulladékok

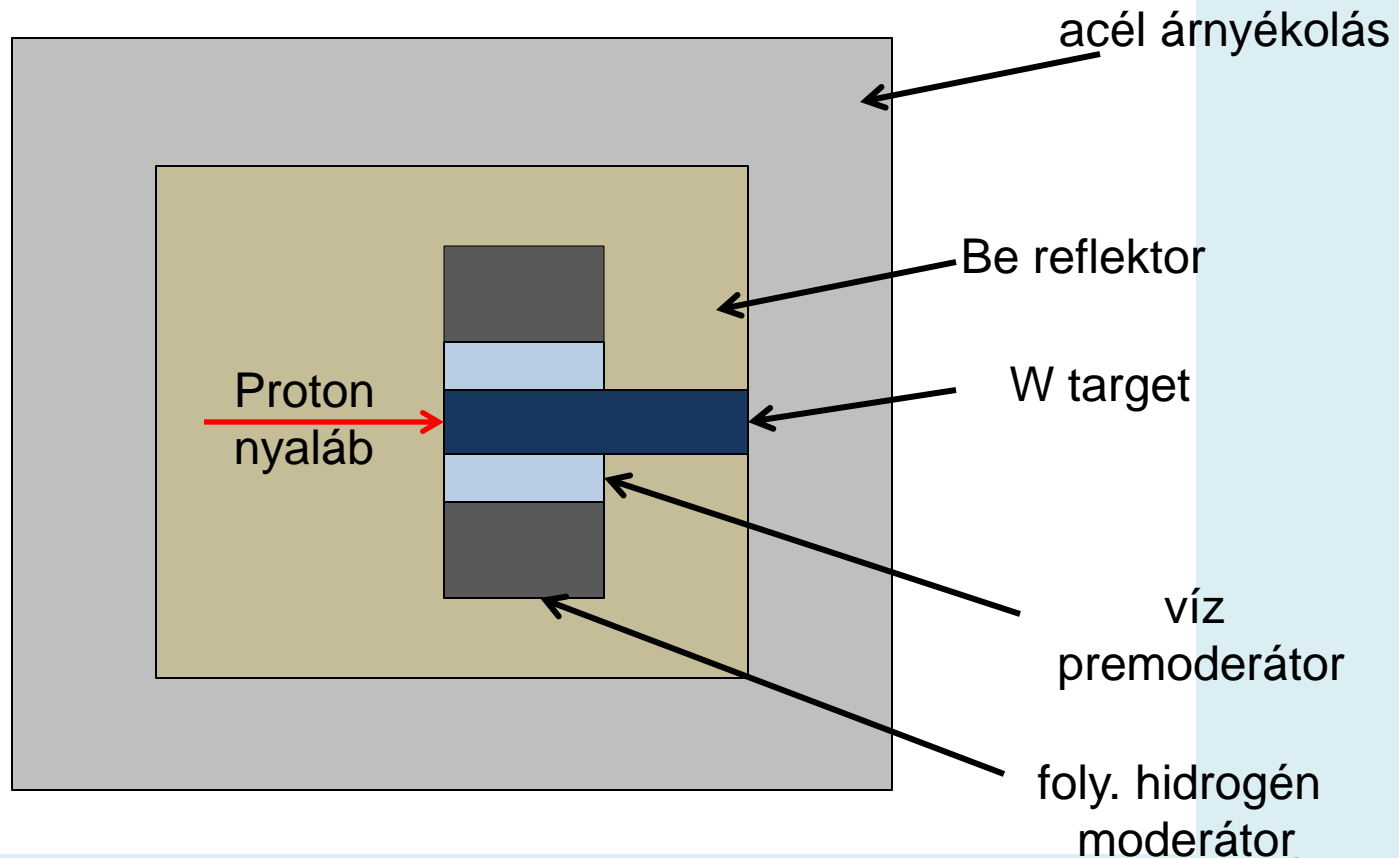
Anyag	Tömeg	WI(t=0)	Kategória	Megjegyzés
LINAC körüli beton	14961 t	90	VLLW	a felszabadítási szintet kb. 40 év hűtési idő alatt éri el
LINAC körüli talaj	14800 t	31	VLLW	a felszabadítási szintet kb. 15 év hűtési idő alatt éri el
W targetek	34,56 t	$3,97 \cdot 10^7$	HLW	az ILW szintet kb. 150 év hűtési idő alatt éri el
Be reflektor	0,46 t	$1,07 \cdot 10^8$	HLW	

Eredmények - A szimulációkhoz szükséges modellek



Eredmények - A szimulációkhoz szükséges modellek

TARGET



Publikációk

- Zagyvai Péter, Kókai Zsófia: Initial decommissioning plan for ESS, 2012
- Kókai Zsófia, Zagyvai Péter, Bodor Károly: Az Európai neutronkutató központ (ESS) előzetes leszerelési tervével kapcsolatos kutatások, XXXVIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2013
- Kókai Zsófia, Breitner Dániel, Török Szabina: Nagyaktivitású hulladék végleges elhelyezésére vonatkozó nemzetközi elképzelések, Nukleáris Technikai Szimpózium, Paks, 2012
- Zagyvai Péter, Kókai Zsófia: A nukleáris energiatermelés radioaktív hulladékai lektorált egyetemi jegyzet (megjelenés alatt)

Külföldi továbbképzés

- IAEA Interregional Training Course in Nuclear Facility Decommissioning and Environmental Remediation Skills, Argonne, 2013

További tervek

- néhány hónapos helyszíni kutatás Lundban (ESS Target division)
- ALLEGRO (4. generációs gázhűtésű demonstrációs reaktor) leszerelési tervezésével kapcsolatos kutatások
- modellszámítások publikációja 2013 végéig

Köszönöm a figyelmet!

