



## TSO Szeminárium

A harmadik szintű valószínűségi  
biztonsági elemzések megalapozása

**Rudas Csilla, Pázmándi Tamás**

**2022. június 14.**



- Motiváció
- Projekt részei
  - 1.rész (2018) : Irodalom és nemzetközi gyakorlatok áttekintése
  - 2.rész (2018): Elemzőeszközök, input adatok, hazai környezet felmérése
    - Számítási célok, szoftverek
    - Programok számítási sémája
    - Számítási modellek, szükséges input adatok
  - 3.rész (2019): Magyarországi bevezethetőség vizsgálata
    - Hazai előírások, jogszabályi környezet
  - 4.rész (2020): Felhasználási területek, szükséges erőforrások
- Lehetséges folytatás






## A 3. szintű valószínűségi biztonsági elemzés (PSA3) módszerének megalapozása

- Nincs harmonizált módszertan
  - Különböző számítási célok, modellezési megfontolások elhanyagolások, eltérő számított mennyiségek
- Sokféle számítási cél – eltérő értelmezés:
  - Biztonsági célkitűzések, jogszabályi követelmények
  - Reaktor tervezés, méretezés, telephely választás
  - Baleset-elhárítási vagy biztonságnövelő stratégiák meghatározása
  - Biztonsági kockázatok kommunikációja a döntéshozók és lakosság részére
- Növekvő érdeklődés
  - Egységes módszertan kidolgozása
  - Valószínűségi kritérium bevezetése jogszabályi követelményként
  - Kutatás, szoftver fejlesztés



- Mit jelent a PSA3?

- Üzemzavari vagy baleseti radioaktív kibocsátás következtében kialakuló telephelyen túli lakossági következmények valószínűségi elemzése
- Eredményei lehetnek:

dózis [Sv] 	<del>korai és késői egészségi hatások, halálesetek száma [db]</del>	területi szennyezettség  [Bq/m <sup>2</sup> ]	óvintézkedések bevezetésének területe [m <sup>2</sup> ] 	<del>gazdasági hatások [€, \$]</del>
--	---	--	---	--

- PSA2-höz képest:

- PSA2 eredményei az egyes kibocsátási kategóriák előfordulási gyakoriságai - létesítményre jellemző eredmények
- PSA3 figyelembe veszi a telephelyi jellemzőket: meteorológia, lakossági életviteli jellemzők

- DSA-hoz képest:

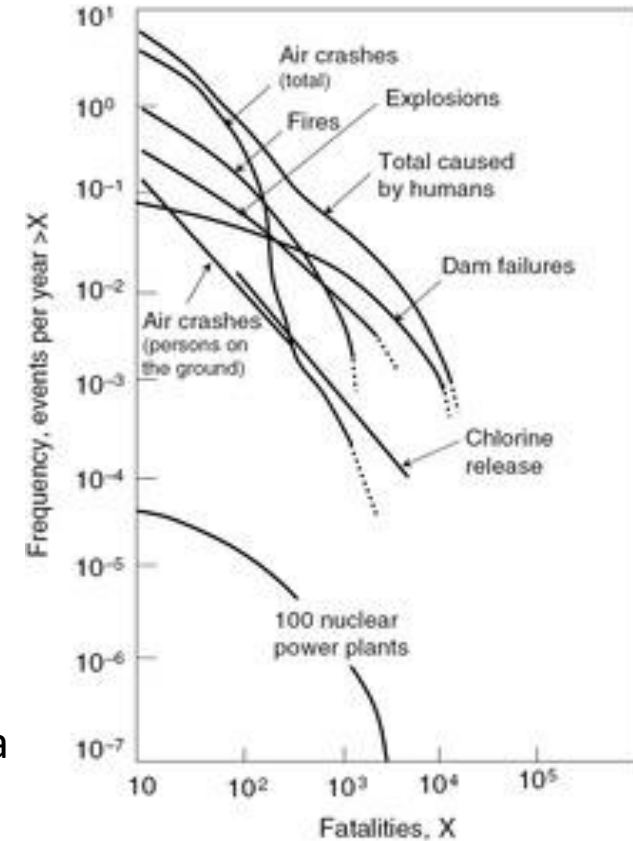
- Determinisztikus biztonsági elemzésnél egy kiválasztott input adatsorral (legjobb becslés, legrosszabb eset) végzik a számításokat
  - Egy kiválasztott meteorológiai eset
  - Referencia személy életviteli jellemzői
- PSA3-nál nem egy input-készlettel történik a számítás, hanem a input adatok valószínűségi eloszlása van figyelembe véve



- 1. rész (2018. március)
  - A szakirodalom áttekintése, dokumentumok felkutatása, rendszerezése, feldolgozásának megkezdése.
  - Más országokban folyó PSA-3 elemzések gyakorlatának áttekintése.
- 2. rész (2018. november)
  - Elemzőeszközök felmérése.
  - Inputadatok körének meghatározása.
  - A hazai előírások és a jogszabályi háttér áttekintése.
  - Nemzetközi fejlemények nyomon követése.
- 3. rész (2019. október)
  - A magyarországi bevezethetőség vizsgálata.
  - Elemzésekhez szükséges erőforrások meghatározása.
  - Nemzetközi fejlemények nyomon követése.
- 4. rész (2020. október)
  - Az egyéb felhasználási területek felmérése.
  - Nemzetközi fejlemények nyomon követése.
  - Szükséges fejlesztések és a következő időszakra vonatkozó feladatok meghatározása



- Külföldi gyakorlat:
  - NRC WASH-1400 report (1975)
    - első teljes körű (1-3.szint) PSA elemzés
  - NRC NUREG-1150 Study (1990)
    - új adatok, tudás és technológiai fejlesztések
- Nemzetközi ajánlások, szabványok:
  - IAEA Recommendations „Blue Book” (1995)
    - már nem érvényes!
  - ANS Standard (2017)
    - PSA3 felülvizsgálati követelményeit tartalmazza
    - általános követelmények
    - nem tartalmaz konkrét számítási módszerek leírását



NRC WASH-1400 Report (1975)



- IAEA meeting és workshop (2012, 2013), OECD felmérés (2017)

Ország	Jogszabályi követelmény	PSA3 elemzés	Cél	Szoftver	PSA3 számítás nukleáris létesítményre
<b>Korea</b>	van	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>kockázati kritérium,</li> <li>veszélyhelyzeti tervezési zónák</li> </ul>	MACCS	nincs adat
<b>Hollandia</b>	van	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>kockázati kritérium</li> </ul>	COSYMA NUDOS2 MACCS	Borssele
<b>USA</b>	nincs	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>kockázati kritérium,</li> <li>környezeti hatástanulmány,</li> <li>súlyos baleseti intézkedési stratégiák</li> </ul>	MACCS	Surry, Peach Bottom, Zion, Sequoyah, Grand Gulf
<b>Japán</b>	nincs	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>kockázati kritérium,</li> <li>baleset-elhárítás, döntéstámogatás</li> </ul>	OSCAAR	nincs adat
<b>Finnország</b>	nincs	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>kutatás</li> </ul>	ARANO MACCS	nincs
<b>Svédország</b>	nincs	érdeklődés	<ul style="list-style-type: none"> <li>kutatás</li> </ul>	LENA	nincs



- Biztonsági elemzések
  - Determinisztikus
    - konzervatív vagy legjobb közelítést alkalmazó „best estimate” adatok
  - Valószínűségi
    - bemeneti adatok valószínűségi eloszlások
- Vészhelyzeti tervezési zónák (EPZ) meghatározása
  - A megelőző intézkedési és sürgős óvintézkedési zóna meghatározása dóziskritériumok alapján
- Környezeti hatástanulmány
  - A létesítmény közvetlen és közvetett radiológiai hatásainak meghatározása (társadalmi-gazdasági hatások, a levegőre és az élővilágra gyakorolt hatás, a telephely környezetében élő lakosság és élővilág sugárterhelése)
- Balesetelhárítás, döntéstámogatás
  - Valós idejű számítás a környezetben kialakuló sugárzási viszonyok és a lakossági terhelés meghatározására





# Szoftverek alkalmazása (2.rész)

Program	Determinisztikus biztonsági elemzés	Valószínűségi biztonsági elemzés	Vészhelyzeti tervezési zónák	Környezeti hatástanulmány	Balesetelhárítás, döntéstámogatás
MACCS (USA)	X	X	X	X	
RASCAL (USA)					X
PACE (UK)		X			X
NUDOS (holland)	X	X			
ARANO (finn)	X	X			
CONDOR (angol)		X			
LENA (svéd)	X	O			X
COSYMA (EU)	X	O			
JRODOS (német)	X				X
OSCAAR (koreai)		X	X		
SINAC (magyar)					X
CARC (magyar)	X	O			

o limitált valószínűségi számítási képesség (meteorológiai adatok valószínűségi figyelembevétele)



- PSA3 számításra alkalmas és egyéb szoftverek számítási sémája

## VALÓSZÍNŰSÉGI INPUT ADATOK

Forrástag  
(S)

Meteorológiai  
adatok (M)

Lakossági  
adatok (P)

Óvintézkedések  
(C)

Légtörési terjedés  
és kiülepedés

Dózisszámítás

~~Érzségségi és gazdasági  
kockázatok~~

## FIX INPUT

Modell  
paraméterek

Dóziskonverziós  
tényezők

~~Kockázati tényezők,  
gazdasági tényezők~~

## EREDMÉNYEK

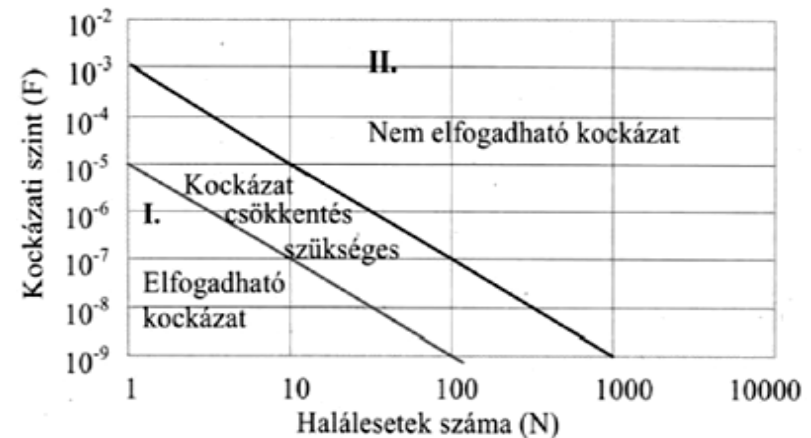
Aktivításkoncentráció (S x M)  
• levegő, talaj, víz,  
élelmiszer

Dózisok (S x M x P x C)  
• külső (cl, gr, skin)  
• belső (inh, resus, ing)

~~Kockázatok (S x M x P x C)  
• egészségi, gazdasági~~



- Magyarországon nincs PSA3-ra vonatkozó jogszabály
- Van példa **NEM NUKLEÁRIS** létesítményekre valószínűségi kritériumra
  - Veszélyes ipari létesítményekre vonatkozó: 219/2011. (X.20.) korm. rend.
  - Egyéni halálozási kockázati kategóriák, a veszélyeztetettség szintjei:
    - elfogadható:
  $p < 10^{-6}$  esemény/év
    - feltételekkel elfogadható:
  $10^{-6} < p < 10^{-5}$  esemény/év
    - nem elfogadható:
  $p > 10^{-5}$  esemény/év
  - Társadalmi kockázat (ábra):
- **PSA3-at nem így kellene!!!**
  - A **dózis legyen a végeredmény**, hiszen a nukleáris iparon belüli használat szempontjából nem hordoz kevesebb információt!

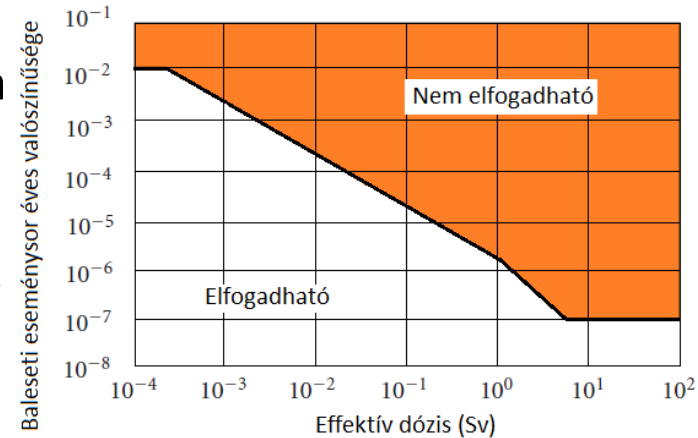


219/2011. (X.20.) korm. rend. 7. melléklet



• Jogsabályi kritériumok teljesülésének igazolása

- korai és késői egészségi hatások (USA, Kanada, Japán, Dél-Korea, Hollandia, Dél-Afrika)
- effektív dózis (UK, Argentína)



[González 2011 The Argentine Approach to Radiation Safety: Its Ethical Basis, Science and Technology of Nuclear Installations] szerk.

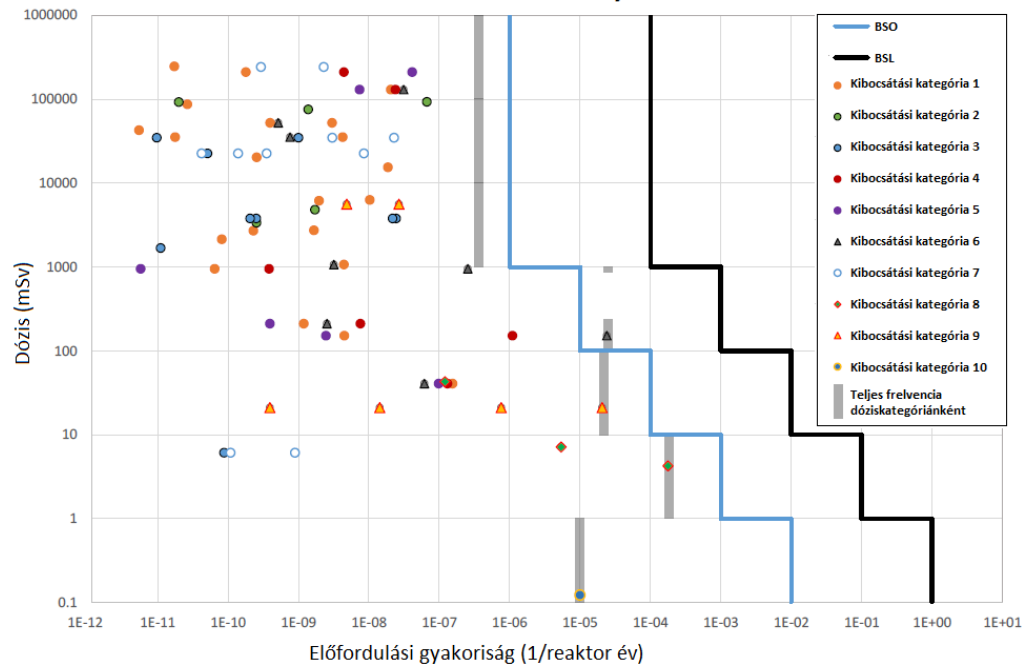
Effektív dózis [mSv]	Előfordulási gyakoriság [1/év]	
	BSL	BSO
0.1 – 1	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$
1 – 10	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$
10 – 100	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$
100 – 1000	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$
> 1000	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-7}$

Angol kockázati kritériumok [OECD 2009 Probabilistic Risk Criteria and Safety Goals]

BSL (Basic Safety Level): Biztonsági szint

BSO (Basic Safety Objective): Biztonsági célkitűzés

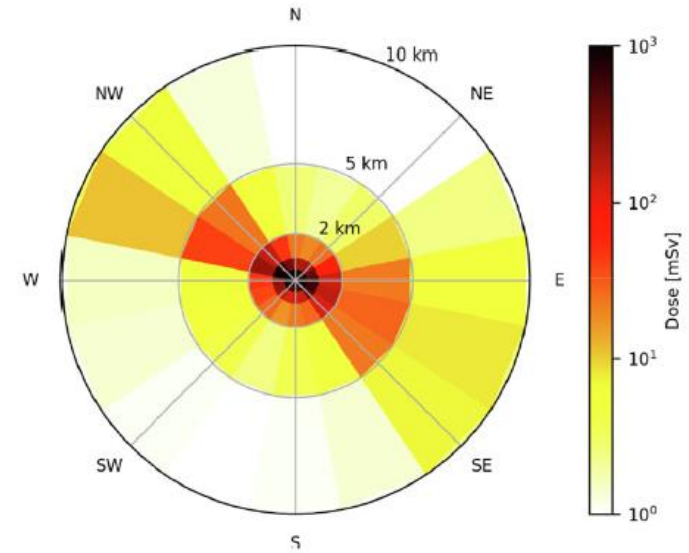
Példa számítási eredmények illusztrációként



[Neil Harman, Presentation: Probabilistic Safety Goals in the UK: Details and Practical Application, WS on L3 PSA, 2019 Budapest] szerk.



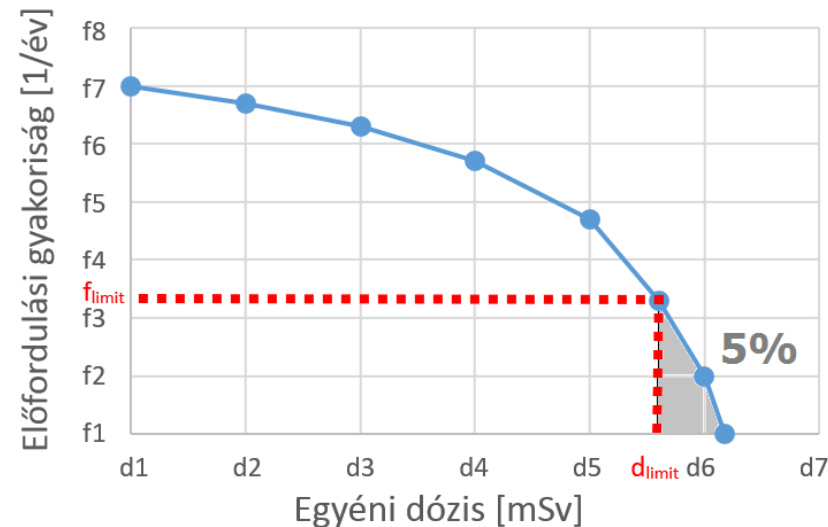
- Tervezési, létesítési, üzemeltetési döntéstámogatás (Hollandia)
  - hatósági engedélyeztetés támogatása
  - új tervezési lehetőségek kockázatainak összehasonlítása, előnyök azonosítása
  - telephely specifikus jellemzők kockázathoz való hozzájárulása
- Biztonságnövelő intézkedések (BNI) rangsorolása
  - biztonságot befolyásoló problémák azonosítása
  - BNI-k optimalizálása a költségek és a várható haszon összehasonlításával
- Környezeti hatástanulmány készítése (Hollandia, USA, Oroszország, UK)
  - dóziskövetkezményeinek meghatározása a telephely közeli környezetére
- Veszélyhelyzeti tervek és zónák meghatározása/felülvizsgálata (Hollandia, Dél-Korea, Svájc, Kanada)
  - a terület meghatározása, ahol a dózisek meghaladhatják a védőintézkedés bevezetésére vonatkozó határértékeket
- Súlyos baleseti óvintézkedési stratégiák optimalizálása (USA)
- Kockázatkommunikáció
- Biztosítási összeg meghatározása



Accident Dose 72 h (15 m release height) from SMR  
[Hummel 2020. Ann. Nucl. Energy]



- Felhasználási célok meghatározása
- Megfelelő elemzőeszköz kiválasztása
  - kereskedelmi forgalomban kapható szoftver adaptálása
    - MACCS (USA – Sandia National Laboratories)
    - PACE (UK – Public Health England)
  - saját program kidolgozása és fejlesztése
- Esettanulmány a hazai alkalmazhatóság vizsgálatára
- Hazai valószínűségi dóziskritérium definiálása, követelmény bevezetése
  - Dózis-kockázati görbe / adott (pl. 95.) percentilis kritérium
- Hatósági útmutató kidolgozása





Köszönjük a NUBIKI munkatársainak a segítséget!






Energiatudományi Kutatóközpont

Köszönöm a figyelmet!

Várom a kérdéseket!





- A **PSA3 eredményei** ~~ne az egészségi vagy gazdasági kockázatok~~ legyenek, hanem **a dózisok!!** 
  - Hozzáértők számára nem hordoznak kevesebb információt
  - A egészségi vagy gazdasági kockázatok számításából nincs plusz bizonytalanság
- PSA3 ↔ PSA2:
  - telephelyen túli, lakossági kockázatok
- PSA3 ↔ DSA:
  - eredmények valószínűségi eloszlását adja
  - meteorológiai és lakossági adatok eloszlásként figyelembe véve