

**XLIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam ,
Hajdúszoboszló | 2019. április 16-18**

A LAKOSSÁGI ÓVINTÉZKEDÉSEK BEVEZETÉSÉNEK GYAKORLATI KÉRDÉSEI VESZÉLYHELYZETEBEN

Manga László, Deme Sándor, Vincze Árpád

TARTALOMJEGYZÉK

- **Bevezetés**
- **Mikor kell mérni?**
- **Hol kell mérni?**
- **Mivel kell mérni?**
- **Hogyan kell mérni?**
- **Hogyan kell az eredményeket értékelni?**
- **Következtetés**

BEVEZETÉS

Sugárvédelem

XI. évf. (2018) 2. szám. 1–7

A LAKOSSÁGI ÓVINTÉZKEDÉSEK BEVEZETÉSÉNEK FELTÉTELEI VESZÉLYHELYZETBEN

Kapitány Sándor* és Vincze Árpád



Óvintézkedések **SZISZ** (**S**zármaztatott **I**ntézkedési **S**zintek) alapján.



Elzárkóztatást, kitelepítést megalapozó **SZISZ1**.

BEVEZETÉS

SZISZ1: 1 méter magasan mért dózisteljesítmény I-II. veszélyhelyzeti tervezési kategóriába tartozó létesítmények esetén a veszélyhelyzet korai időszakában (7 nap), a MÓZ (3 km)-SÓZ (30 km) területen. Erre vonatkozó általános kritériumok: 100 mSv effektív dózis, 100 mSv magzati és 50 mSv pajzsmirigy egyenértékdózis az első 7 napra integrálva.



SZISZ1 érték **feletti** mérés alapján alapszabályként a sürgős óvintézkedések közül a **kimenekítés** javasolt. Amennyiben ez nem lehetséges az elzárkóztatást (nagy épület) és jódprofilaxis célszerű, amíg a kimenekítést nem lehet megoldani.

BEVEZETÉS

SZISZ1 származtatása: Kiindulási **forrástagként** egyrészt **3000 MW** hőteljesítményű, különböző kiégettségű **PWR** és **BWR** reaktor zónákra végzett **súlyos baleseti események elemzéséből**, másrészt korábbi balesetek tapasztalatai alapján (Csernobil, Fukushima) kerültek meghatározásra. Ennek megfelelően **19** jól elkülöníthető **forrástag került meghatározásra** a zóna leállása után eltelt idő függvényében ($A(t, \text{mix})$).



A számítások alapján a **SZISZ1** (t, mix) függvények mindegyik forrástag esetében **1 mSv/h** állandó értéknek megfelelő vonal **felett** helyezkedik el.



BEVEZETÉS

Ezzel konzervatív módon biztosítható, hogy a **SZISZ1** érték **feletti** mérés esetén nagy valószínűséggel a kapcsolódó **általános kritérium** is **teljesül**, tehát a **sürgős beavatkozás** indokolt.



Nem könnyűvizes atomerőművi kibocsátásból származó veszélyhelyzetek esetében ezt **ellenőrző számítással** ellenőrizni kell.



Talajfelszín felett 1 m magasan mért dózisteljesítmény 1 mSv/h.

MIKOR KELL MÉRNI?

Kibocsátás megszűnése után.



Súlyos baleset esetén (zónaolvadás) 0,5 – 10 óra között változhat.



Elzárkóztatás elrendelhető (felhő-, talajsugárzás miatt),
amikor még a **kibocsátás nem kezdődött el**.

A **kitelepítés** kritériuma a **SZISZ1** értékének meghaladása.



Az elzárkóztatás **nagyobb épületek** esetén, akár ötvened
részére is **csökkentheti** a talajsugárzás általi **dózisjárulékot**.



MIKOR KELL MÉRNI?

(EPR-NPP Public Protective Actions IAEA 2013)

A lakossági intézkedések	Redukciós tényező	Mire vonatkozik
Elzárkóztatás egyszerű épületben	0,4	Talajsugárzás
	0,6	Felhősugárzás
	0,5	Inhaláció*
<i>Elzárkóztatás nagy épületben</i>	0,02	<i>Talajsugárzás</i>
	0,3	Felhősugárzás
	0,2	Inhaláció*
Jódtabletta bevétele	0,1	Pajzsmirigy és anyaméh dózisa a radiojód inhalációja révén

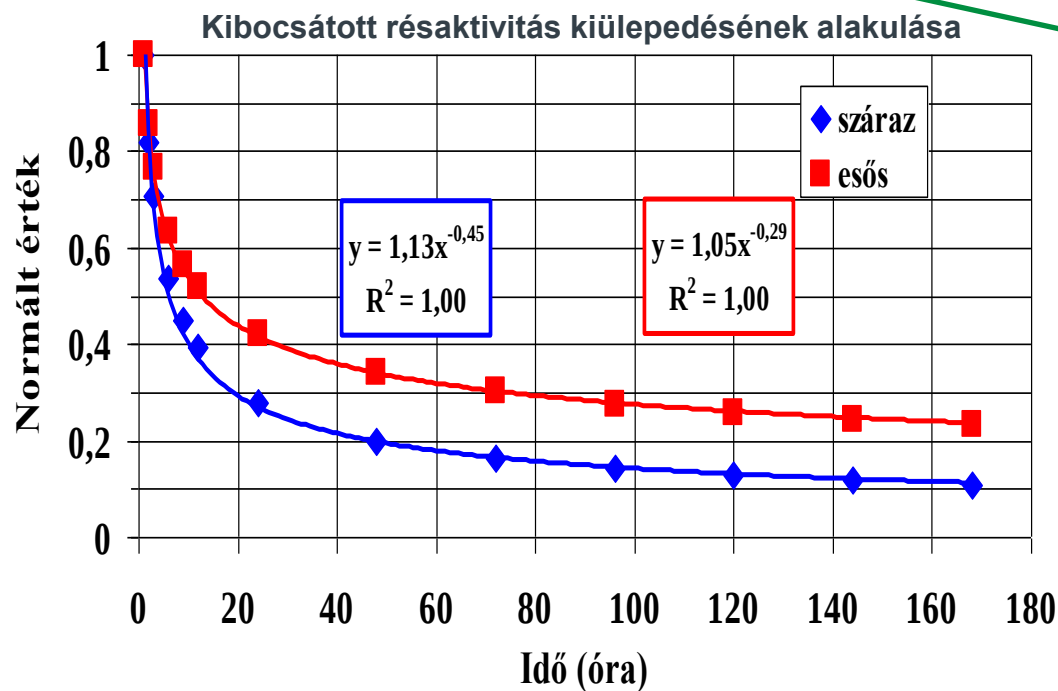
*: kétóránkénti légcserre esetén

MIKOR KELL MÉRNI?

Felhősugárzás → csóva elhaladási ideje alatt sugároz.



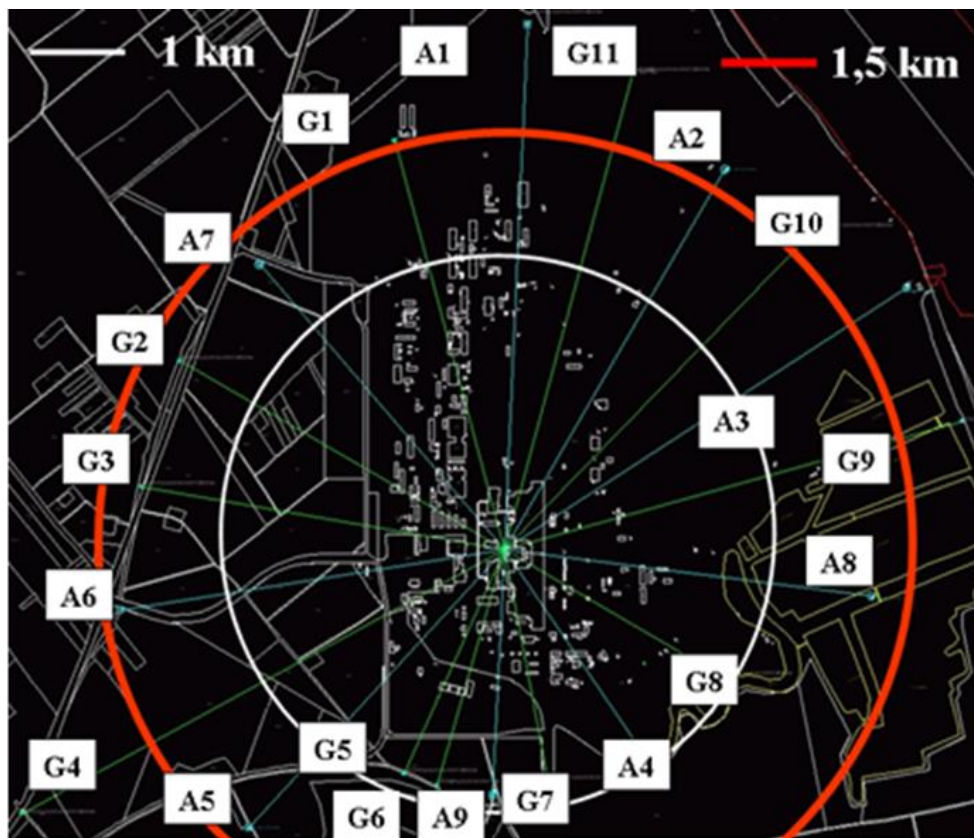
Talajszennyezettség → folyamatos sugárterhelést okoz.



48 órás elzárkóztatás alatt a kezdeti dózisteljesítmény az ötödére vagy harmadára csökken.

MIKOR KELL MÉRNI?

Paksi Atomerőmű esetén a kibocsátás megszűntének időpont-jára jól használhatók a környezeti mérőállomások **mért adatai**.



HOL KELL MÉRNI?

Csóva irányába, figyelembe véve a csapadékviszonyokat.



„Ideálisan **sík terepen**, járművektől, fáktól, épületektől, utaktól távol”
(OBEIT 3.5 útmutató alapján).



1. Elsőbbség illeti azokat a helyeket, ahol a **csóva** áthaladás alatt **csapadék** hullott.
2. Csóva felmérés során, ahol **legnagyobb dózisteljesítményeket** találtak.

HOL KELL MÉRNI?

Az „ideálisan **sík terepen**, járművektől, fáktól, épületektől, utaktól távoli pontok” nem releváns a lakosok szempontjából.



A Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetében 74 település található.



Csóvairányba eső településeken célszerű először **hossz sugárirányú** méréseket végezni és amennyiben a megadott értéket meghaladja, akkor az adott helyen keresztirányú mérésekre is szükség van.

HOL KELL MÉRNI?

A **Paksi Atomerőmű** esetén megint csak a távadó állomások nyújtanak segítséget.



A csapadékot illetően csak az erőmű közvetlen környezetére vonatkozóan van adat, de a **gamma-szondák** jelzése a csapadékos időjárás esetén is mérvadó és a csóvairány meghatározásában is támpontot ad.



1. eset: **6-os út** mentén való felderítés.



2. eset: **Duna bal parti** településein átmenő utak felmérése.

MIVEL KELL MÉRNI?

További két kérdést vett fel.

Milyen műszerrel?

Milyen járművel?

Alapvető követelmény a **gyorsaság** → érzékeny műszerek.

hazai fejlesztések, tapasztalatok tekintetében

dózismérők

- GM-csövek,
- NaI(Tl) detektorok.

légi-, szárazföldi felderítő járművel

- Helikopter, UAV,
- Sugárvédelmi mérőkocsi.

MIVEL KELL MÉRNI?

hordozó járművek

légi járművek

szárazföldi járművek

helikopter

UAV

FABV

RDO

MI-24D

SZOJKA-III

KML

SUGÁRFELDERÍTŐ AUTÓ

TVS-3ML

FABV

MIVEL KELL MÉRNI?

Helikopter esetén használatos:



NDI-65/SK (speciális kialakítású 75*50 mm-es **Nal(Tl)** szcintillátor).

BNS-98 (nagy felületű SZBT-10-es **GM cső**).

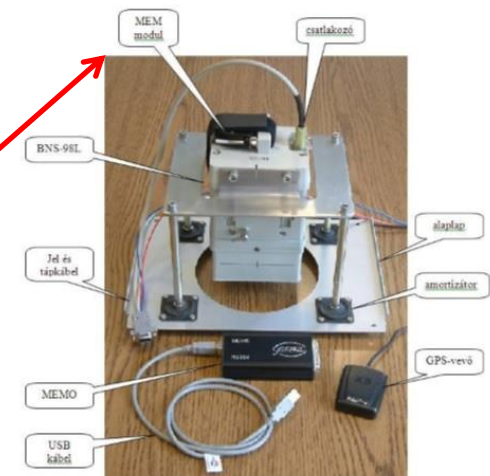


MIVEL KELL MÉRNI?

UAV esetén használatos:



BNS-98L (nagy felületű SZBT-10-es **GM cső**).



MIVEL KELL MÉRNI?

Szárazföldi jármű esetén használatos:



BNS-94FM (75*50 mm
NaI(Tl) szcintillátor).



IH-99DM (nagy felületű
SZBT-10-es GM cső)



MIVEL KELL MÉRNI?

Paksi Atomerőmű esetén elsődlegesek a **távadók** adatai (egyszerű, gyors, megbízható, nagy méréshatárral rendelkeznek).



SER MT



SER KK

MIVEL KELL MÉRNI?

Másik lehetőség a sugárvédelmi **mérőkocsival** való felderítés.



HOGYAN KELL MÉRNI?

1 méteres magasságra tudunk dózisteljesítményt meghatározni a felszínre kiülededett izotópokból.



Hazai tapasztalatok alapján.



Kiterjedt forrás esetén **légi felderítés**-re a következő képlet használható:

$$P_1 = k_1 \cdot P_h e^{k_2 h}$$

P_1 – sugárszint (Gy/h);

P_h – h magasságon mért dózisteljesítmény (Gy/h);

h – mérési magasság (m);

K_1 – terepviszony elnyelési faktor (1,7 – 2);

K_2 – légkör elnyelési faktor (0,007 - 0,012);



HOGYAN KELL MÉRNI?

Figyelembe véve a magassági **gyengítési tényezőt**.



1 méteres referenciamagasságra történő konverzió alapuló értékeket kapunk.



Ezzel a módszerrel a **földi felderítéssel egyenértékű** méréseket lehet végezni.



1 óra alatt 300 km²-t lehet helikopterrel felderíteni 80-100 méteres magasságból 150-180 km/h sebesség mellett.

HOGYAN KELL MÉRNI?

A szárazföldi járművekre vonatkozóan ugyancsak az **1 méteres referenciamagasság** a mérvadó.



A **detektor(ok) látószögének** és a gépjármű árnyékolási képességéhez mérten a megfelelő **korrelációs faktorokat** kell alkalmazni.



RDO 3221 CBRN



RDO 3221 RSV

HOGYAN KELL MÉRNI?

representativitás



Az átlagos kiüledés mérésére a fűvel borított **vízszintes területek** az ideálisak.



Ebben az esetben a **légi** felderítés hatékony.



Kisebb területek esetén a **drón**.



Nagyobb területek esetén a merevszárnyú **UAV** vagy **helikopter**.

HOGYAN KELL MÉRNI?

A **részletesebb felmérésre** a **gépkocsis** felderítés a célszerű.



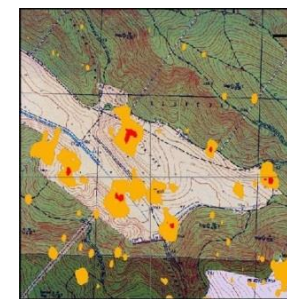
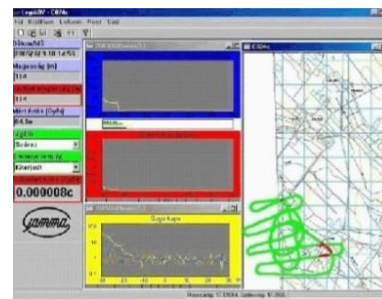
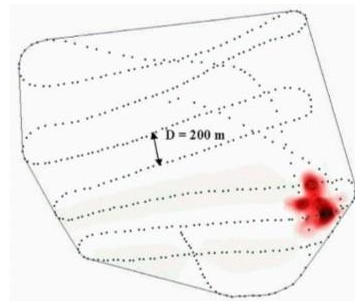
A gépkocsival az **utak szennyezettségét** tudjuk mérni.



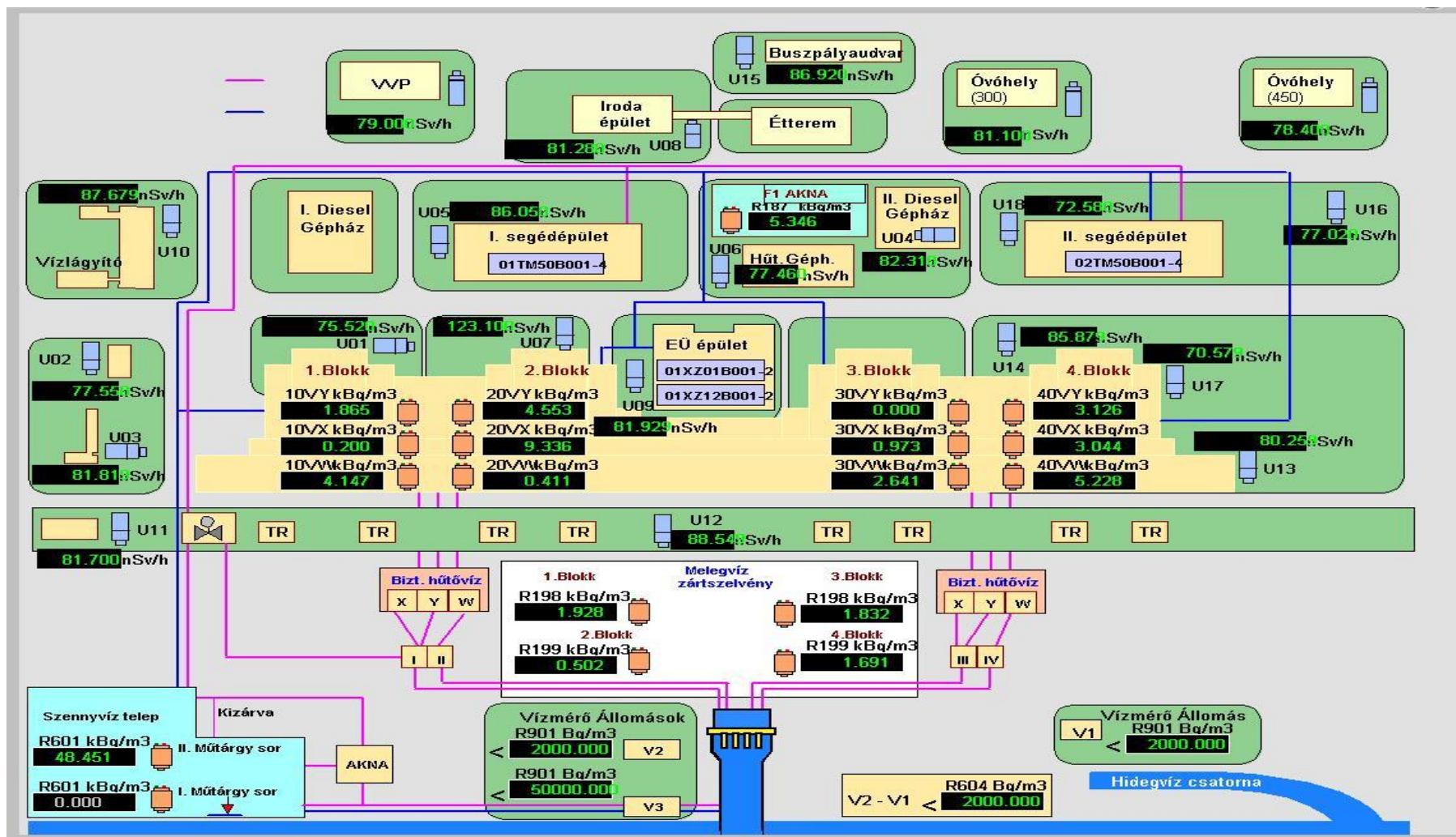
Száraz időben ez irányadó lehet, de **esős időben** az utak szennyezettsége kisebb, az útról lefolyt csapadék útvonala pedig nagyobb a középértéknél.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE?

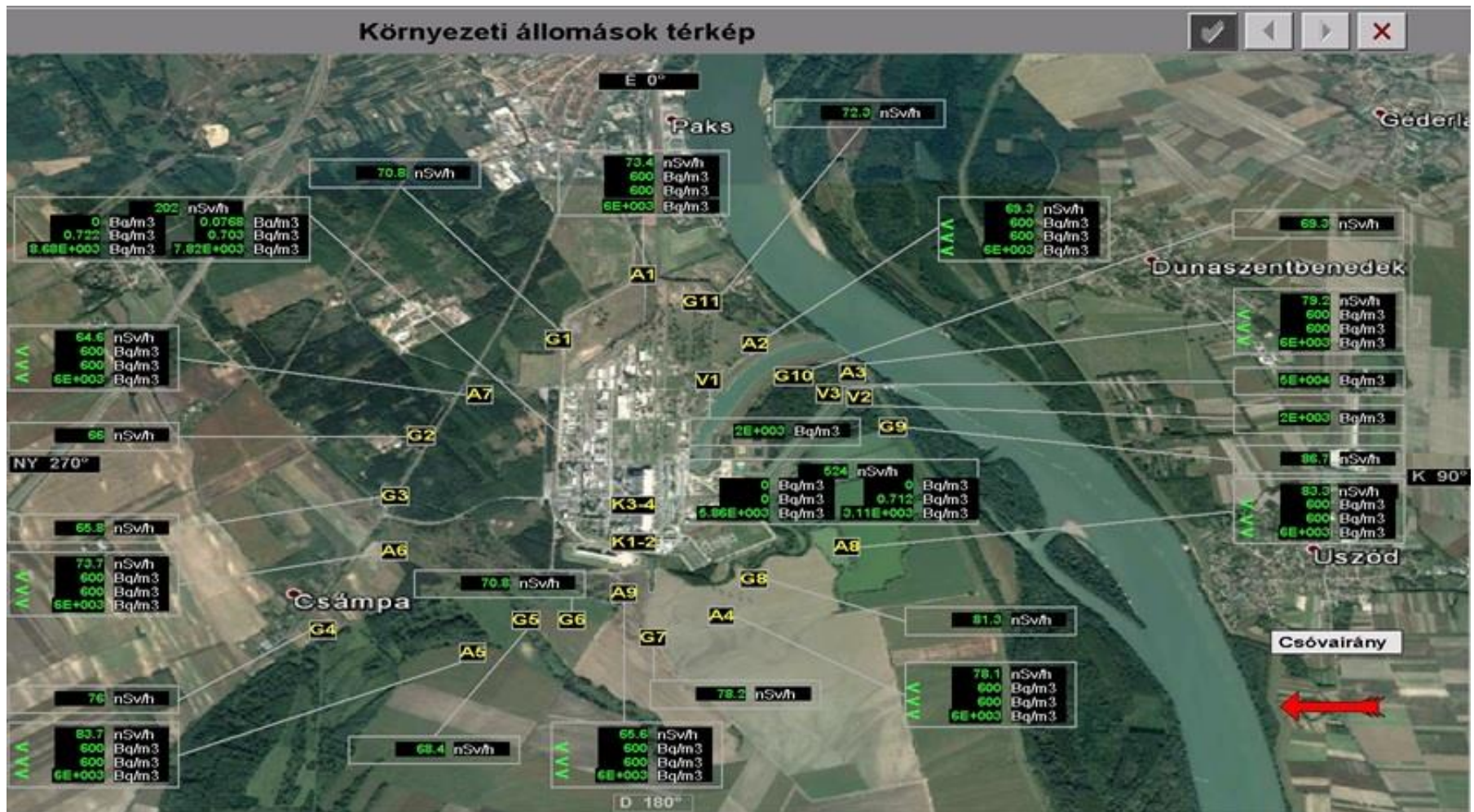
Célszerű a műszerek által mért
eredmények térképi megjelenítése.



MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE?

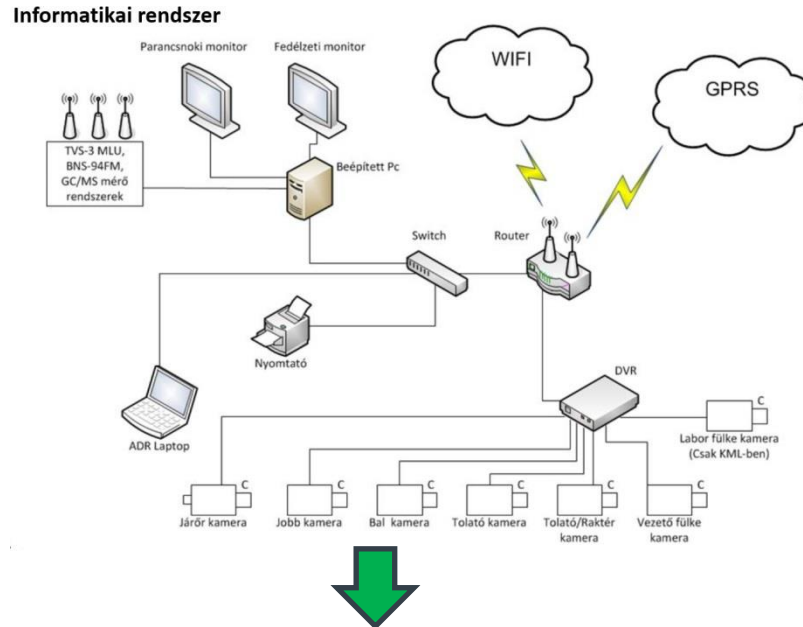


MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE?

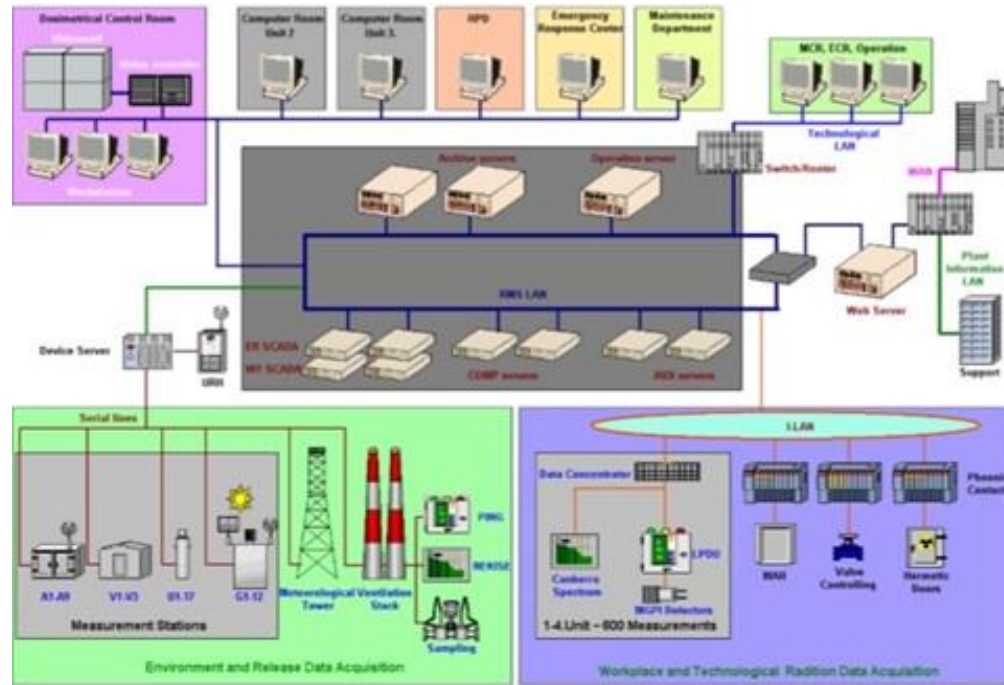


MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE?

Előnyös a távoli **vezetési ponton** való megjelenítés.



MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE?



KÖVETKEZTETÉS

1. **Döntéshozók felé** minden olyan mérési **adatok** megadása fontos, ahol a **lakosság** a **normál életvitel jelentős** részét tölti.
2. A sugárzási és meteorológiai paramétereket mérő **távadók** adatainak **folyamatos** nyomon **követése** szükséges.
3. **Döntéstámogató rendszerek használata** (adatok szűrése, előrejelzés) szükséges.
4. Döntés szempontjából **releváns eredmények** továbbítása az elsődleges.
5. Amennyiben a telepített **távadók nem szolgáltatnak elegendő adatot** a döntés meghozatalához vagy kiegészítő adatokra, információkra van szükség, **mobilizálható „erők”** bevetésére van szükség – amik az előzőekben ismertetésre kerültek –.
6. Mivel ilyenkor az **idő** az egyik leg**fontosabb** tényező, a döntéshez elegendő adatok esetén, minél hamarabb meg kell hozni a lakossági óvintézkedésekre vonatkozó intézkedéseket.

Köszönöm a figyelmet!



SZISZ 1 SZÁMÍTÁSA 4_1

A fentiek szerint meghatározott forrástag-idő függvények mindegyikére kiszámításra kerül a SZISZ1 érték időbeli függése ($SZISZ1(t, mix)$) alábbi lépések szerint:

1. Az egyes forrástagokban (mix) lévő valamennyi izotóp relatív aktivitását meghatározzuk a zóna leállást követő idő (t) függvényében ($RA_i(t, mix)$):

$$RA_i(t, mix) = \frac{A_i(t, mix)}{\sum_{j=1}^n A_j(t, mix)}$$

ahol n a figyelembe vett radionuklidok száma és $A_i(t, mix)$ az alábbi módon kerül meghatározásra.

$$A_i(t, mix) = I_{ü,i}(t) \times RF_i(mix),$$

ahol $I_{ü,i}(t) = I_{üzemanyag,i}(t_0) \times e^{-\lambda_i \times (t-t_0)}$ és $I_{ü,i}(t_0)$ az $ü$ típusú üzemanyagban az i izotóp teljes mennyisége a leállást követő 30. percben ($t_0=1800$ s), a második tag a bomlás korrekció a t_0 idő óta eltelt idő különbségre számítva.

$RF_i(mix)$ az adott mix forrástag esetében az i izotóp kibocsátási hányada.

2. Vonatkoztatási személy meghatározása az ICRP ajánlásai alapján. A vonatkoztatási személy egy elméleti modell, nem az érintett lakosság egy konkrét tagját értjük alatta. A modell konzervatív módon egyesíti az ICRP által bevezetett különböző korú vonatkoztatási személyek belső és külső dózis modelljeit úgy, hogy az adott besugárzási útvonalon a legnagyobb dózisterhelést kapjuk. Ezzel biztosítható, hogy az érintett lakossági csoport egyik tagja sem kaphat a vonatkoztatási személyre számítható dózisnál nagyobb sugárterhelést [2].
3. Besugárzási útvonalak és a vonatkozó dóziskonverziós tényezők meghatározása. Ezzel kapcsolatban feltesszük, hogy az érintett lakosság normál életet él 7 napig, azonban nem fogyaszt a szennyezett területről származó élelmiszert, tejet vagy ivóvizet, mert

SZISZ 1 SZÁMÍTÁSA 4_2

feltételezzük, hogy az általános veszélyhelyzet kihirdetése miatt az élelmiszer korlátozások megelőző óvintézkedésként már bevezetésre kerültek. A SZISZ1 esetében csak a talajra kihullott szennyezettségtől származó dózist vesszük figyelembe, a radioaktív felhőtől származó (cloud-shine) és annak belélegzésétől származó dózisokat nem, hiszen feltesszük, hogy az általános veszélyhelyzet kihirdetése alapján bevezetett megelőző óvintézkedések ettől a lakosságot már sikeresen megvédték.

4. A talaj-dózis számítása során az alábbi besugárzási forgatókönyveknek megfelelő dózisok kerülnek kiszámításra:
 - a. a talajra kihullott radioaktív izotópoktól származó, az egyéves gyermeket érő külső effektív dózis és az embriót érő egyenérték dózis 7 napra integrálva;
 - b. a talajra kihullott radioaktív izotópok természetes felkavaródása során a levegőbe visszajutott izotópoktól származó, az 1 éves gyermeket érő külső effektív dózis és az embriót érő egyenérték dózis 7 napra integrálva;
 - c. a talajra kihullott radioaktív izotópok természetes felkavaródása során a levegőbe visszajutott izotópok belélegzéséből származó, egy könnyű fizikai terhelésnek kitett légzési sebességű felnőttet érő lekötött effektív dózis és hasonló körülményeknek kitett állapotos nő esetében az embriót érő lekötött egyenérték dózis;
 - d. radioaktív por véletlen lenyeléséből származó, átlagos viselkedésű gyerek lekötött effektív dózisa és hasonló körülményeknek kitett állapotos nő esetében az embriót érő lekötött egyenérték dózis;

SZISZ 1 SZÁMÍTÁSA 4_3

Az egyes besugárzási útvonalakhoz tartozó izotóp specifikus (i) dóziskonverziós tényezők (teljes effektív dózis Δ időre integrálva $E_{talaj,i}(\Delta)$ [Sv/(Bq/m²)], illetve az embriót érő egyenérték dózis $H_{talaj,emb,i}(\Delta)$ [Sv/(Bq/m²)] levezetése és értékei a [2] irodalomban találhatók, részletezésüktől itt eltekintünk.

5. A környezeti dózisegyenérték-teljesítmény meghatározása. A SZISZ1 esetében a környezeti dózisegyenérték-teljesítményt $H^*(10)$ mérjük 1 m magasságban, amelyet a fentebb ismertetett dóziskonverziós tényezők ismeretében az alábbi módon tudunk számítani:

Számítjuk az adott i izotóp egységnyi felületi aktivitása esetén mérhető környezeti személyi dózisegyenérték-teljesítményt $[H^*_{talaj,i} [(Sv/s)/(Bq/m^2)]]$ az alábbi egyenlet alapján.

$$H^*_{talaj,i} = e_{sik,i}(felnőtt) \times CorF_{talaj} \times SF_{e \rightarrow H^*}$$

ahol $e_{sik,i}(felnőtt)$ [(Sv/s)/(Bq/m²)] az egységnyi felületi aktivitás-koncentrációjú i izotóppal egyenletesen szennyezett végtelen síkra számítható effektív dózisteljesítmény, $CorF_{talaj} = 0.7$, a talaj egyenetlenségére vonatkozó korrekciós faktor és =1.4 scaling-faktor, amely a releváns foton-energiák esetében a mérhető környezeti dózisegyenérték-teljesítmény és az effektív-dózis teljesítmény hányadosa.

SZISZ 1 SZÁMÍTÁSA 4_4

6. A SZISZ1 étékének számítása forrástagonként az idő függvényében ($SZISZ1(t, mix)$ [$\mu\text{Sv/h}$]) az alábbi egyenlet alapján történik:

$$SZISZ1(t, mix) = \left(\sum_i (RA_i(t, mix) \times H_{tala,j,i}^*) \right) \times WF_{SZISZ1} \times UC \times DA_{SZISZ1}(t, mix)$$

ahol

$WF_{SZISZ1} = 3$, biztonsági tényező annak elkerülésére, hogy a SZISZ1 feletti mérés alapján nem indokolt beavatkozást rendeljenek el, $UC = 3.6 \times 10^9$ ($\mu\text{Sv/h}$)/(Sv/s) dimenzió konverziós tényező.

$DA_{SZISZ1}(t, mix)$ [Bq/m^2] az adott mix forrástagnak megfelelő izotóp-összetétel esetében az a legkisebb összes felületi aktivitáskoncentráció érték ($A_{SZISZ1}(t, mix)$), amely esetében már az SZISZ1-hez tartozó általános dózis kritérium ($\dot{A}K(\text{sürgős}, 7 \text{ nap})$) valamelyike teljesül. Általánosságban egy adott általános kritériumhoz tartozóan ez a feltétel a következőképp írható fel:

$$A_{SZISZ1}(t, mix) \times \left(\sum_i (E_{tala,j,i}(7 \text{ nap}) - RA_i(t, mix)) \right) \geq \dot{A}K(\text{sürgős}, 7 \text{ nap})$$