

Kari Tudományos Diákköri Konferencia

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Rendészettudományi Kar

2024. október 30.

**A sugárvédelem kialakulása, fejlődése és szerepe a
katasztrófavédeleми feladatrendszerben**

Véd a pajzs, óv az élet!

2024. szeptember

2024.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
1.1. Célkitűzéseim	4
2. Radioaktivitás	5
2.1. Alapvető fizikai ismeretek	5
2.2. Radioaktivitás	6
2.3. Sugárvédelem szükségessége.....	7
2.4. A mesterséges eredetű sugárterhelés	8
2.5. Radioaktív hulladékok	9
2.6. Radioaktív hulladékok kezelésének lehetőségei	10
2.7. Bábaapáti kis- és közepes aktivitású radioaktív-hulladék lerakó	12
2.8. Sugárforrások kategorizálása	14
3. Nukleáris anyagok.....	18
3.1. Kategorizálás.....	18
3.2. Nukleáris fegyverek készítése	19
4. Atomerőművek	21
4.1. Radioaktív izotópok, és ionizáló sugárzások alkalmazása az iparban	21
4.2. Az atomerőművek előnyei és hátrányai	22
4.3. Országos Atomenergia Hivatal főbb tevékenységei	24
4.4. Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála INES skála	27
4.5. 1957-es kistimi nukleáris esemény ismertetése	28
5. Sugárvédelem aktualitásai	30
5.1. Radon probléma.....	35
5.2. Radioaktív izotópok egészségügyi alkalmazása.....	36
5.3. Magyarországi tenorm helyzet.....	37
5.4. Sugárvédelem oktatása Magyarországon	38

6.	<i>Sugárvédelem, nukleáris baleset elhárítás</i>	<i>39</i>
6.1.	Kitelepítés, befogadás	39
6.2.	Elzárkóztatás	39
6.3.	Jódprofilaxis.....	40
6.4.	Atomerőmű Tűzoltóság (ATÚ).....	41
6.5.	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER)	43
6.6.	Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer.....	43
6.7.	Dózis, sugárzás mérése	45
6.8.	Dózis.....	46
6.9.	A Katasztrófavédelem sugárvédelmi feladatai	47
6.10.	Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység (KSE)	48
6.11.	Katasztrófavédelmi Mobil Labor	49
7.	<i>A kérdőívből levont következtetések.....</i>	<i>51</i>
8.	<i>Jogszabályi alapok</i>	<i>54</i>
9.	<i>Javaslataim, értékek.....</i>	<i>56</i>
10.	<i>Összefoglalás.....</i>	<i>58</i>
11.	<i>Irodalomjegyzék.....</i>	<i>59</i>

1. Bevezetés

Céljaim közt szerepel, hogy az általam feldolgozott, viszonylag ritkán választott, kutatott anyag alkalmas legyen arra, hogy a felsőoktatásban felhasználható legyen. További célom, hogy a kutatott témát publikáljam, esetenként a kapcsolódó konferenciákon, fórumokon előadjam.

1.1. Célkitűzéseim

Az alábbi dolgozatomban a sugárvédelmet, annak kialakulását és fejlődési szakaszait fogom bemutatni, továbbá a katasztrófavédelemben kialakult szerepével annak feladataival, és hatásköreivel fogok foglalkozni. Azért választottam ezt a témát, mivel tanulmányaim során közel került hozzám, és szükségesnek érzem a téma fontosságának a kihangsúlyozását. A radioaktivitás a mindennapi életben is körülölel minket, hiszen a levegőben lévő radonból és kozmikus sugárzásból eredő természetes eredetű dózis folyamatosan éri az embereket. Az iparban atomerőművekben található meg ez a sugárzás, ahol maghasadás vagy magfúzió során keletkezett hőt használják fel áramtermelés céljára. Ez a ma ismert elektromos áram termelés leghatékonyabb módja. Ezen kívül a kormeghatározásba is hasznát veszik a sugárzásnak hiszen, a 14-es szén izotóp koncentrációjából lehet meghatározni az élőlények maradványaiból annak korát. Továbbá a nyomjelzés vagy radioaktív nyomkövetés is a sugárzáson alapszik. Ennek következményeként, a pajzsmirigy működését, az erek átjárhatóságát, a növények tápanyagcserjét lehet vizsgálni.

2. Radioaktivitás

Az ősi folyamatok közé tartozik a radioaktivitás, ami nélkül nem jöhetett volna létre a Földön élet. Rolf Maximilian Sievert, Louis Harold Gray és Marie Curie érték el olyan tudományos sikereket, amivel hozzájárultak ehhez a tudományág kialakulásához.

2.1. Alapvető fizikai ismeretek¹

A sugárzás szó hallatán mindenki általában valami ártalmas dologra gondol. Viszont az egész életünk sugárzásokra épül. Az atomok a testünkben és a környezetünkben megtalálható összes anyag építőkövei, amelyek kémiai módszerrel tovább nem bonthatóak. Az atomokról tudni érdemes, hogy rendkívül kicsik, szabad szemmel nem is látjuk őket. Két fő részből állnak, a középén elhelyezkedő atommagból, és az azt körülvevő elektronfelhőből. Az atommag az atomhoz viszonyítva is nagyon kicsi, de ez adja a tömegének a nagy részét (az elektronburokban található elektronok tömege a teljes atomtömegnek kevesebb, mint 1 ezrelékét jelenti). Egy atom mérete körülbelül 10^{-10} méter körül van. Kísérleti eredmények szerint az atom felosztható egy atommagra és az azt körülvevő elektronfelhőre. Az atommag mérete a 10^{-14} méter tartományt foglal magába, azaz a teljes atom térfogatának csak 1 billiomod, azaz 10^{-12} része az atommag által elfoglalt tér. A molekulákat az elektronfelhőjükkel összekapcsolódó több atom alkotja. A vízmolekulát például egy oxigén és két hidrogén atom, míg a konyhasó molekulát egy nátrium és egy klór atom alkotja. Az atommagot a proton és a neutron alkotja. A protonok töltése pozitív, míg a neutronoknak nincsen töltése, semlegesek. A protonok és neutronok összege adja a tömegszámot, a mag összes alkotóelemének számát. Az elektronok negatív elektromos töltéssel rendelkeznek (amely azonos nagyságú, de ellentétes előjelű a protonok pozitív töltésével). Ha egy atomban a pozitív és negatív töltésű részecskék száma megegyezik, azaz a magban található protonok és a héjat alkotó elektronok száma azonos, az atom elektromosan semleges lesz. Amikor egy elektront hozzáadunk vagy eltávolítunk az elektronfelhőtől, az atom elektromos töltése megváltozik. Abban az esetben, amikor az elektron távozik, a mag pozitív töltése túlsúlyba kerül, ha pedig elektron hozzáadódik, akkor az elektronok negatív töltése dominál. Az így keletkező töltött atomokat ionoknak nevezzük. Amikor egy atom vagy molekula elektromos töltésűvé válik, azt a folyamatot ionizációnak nevezzük.

¹ Környezetmérnöki Tudástár 14.kötet Sugárvédelem, szerkesztő: Dr. Somlai János, kiadás éve: 2011

Izotópok²

Ha két atomban a protonok száma azonos, de a neutronok száma eltérő, akkor az adott elem izotópjairól beszélünk. Például a vas atommagjában folyamatosan 26 proton található meg. A természetben előforduló vas atomok nagyjából 92%-ában 30 neutron található, körülbelül 6%-ában pedig 28 neutron. Emellett nagyon kis mennyiségben előfordulnak olyan vas atommagok is, amelyek 31 vagy 32 neutronból állnak.

Jelölésük: Az izotópok nagy részét a vegyjel előtti felső indexbe tett tömegszám segítségével különböztetjük meg. A vasnál az Fe-54 a vas 54-es tömegszámú izotópját jelöli (hiszen 26 proton van a vas atommagjában, az 54-es tömegszám azt jelzi, hogy a meglévő 26 proton mellett 28 neutron található), az Fe-56 izotóp pedig a vas 56-os tömegszámú izotópját, amelynek atommagjában 30 neutron található.

2.2. Radioaktivitás

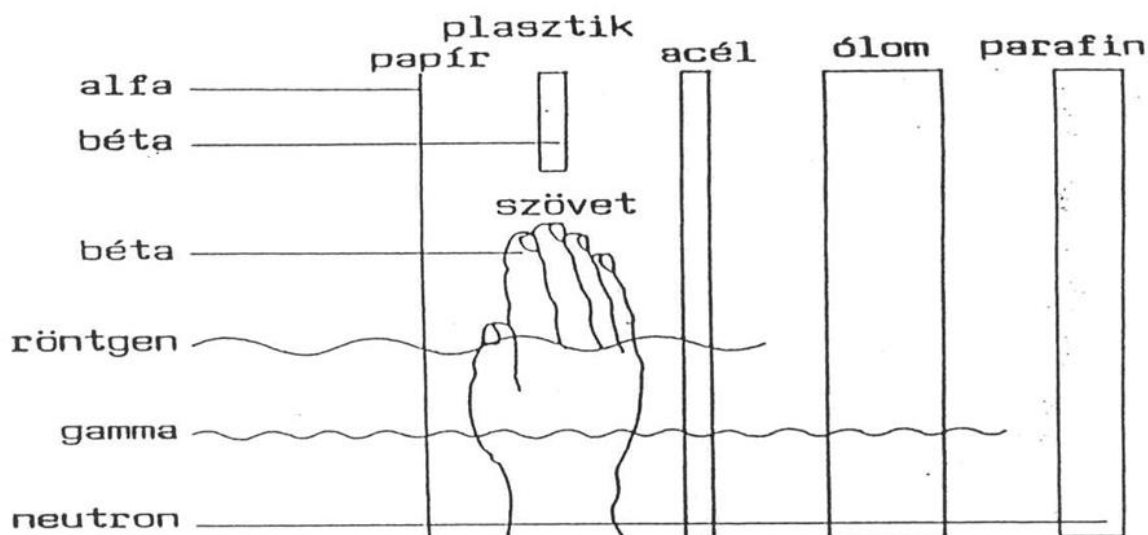
Ezen kifejezés alatt egy olyan átalakulást értünk, amikor az elektronmag a folyamat során ionizáló sugárzást bocsát ki. Ez a jelenség előfordulhat természetes úton, vagy mesterségesen előidézve.

A sugárzás típusai lehetnek, alfasugárzásból (α), amelynek összetétele 2 protonból és 2 neutronból áll, lényegében héliummag. Áthatoló képessége alacsony, mivel már egy papírlap vagy az emberi bőr külső rétege képes megállítani. Ionizáló ereje magas, hiszen lenyelve vagy belélegezve jelentős sejtkárosodást okozhat.

A sugárzás egyik másik típusa a béta-sugárzás (β). Nagy energiájú, nagy sebességű elektronokból (béta-mínusz) vagy pozitronokból (béta-plusz) áll. Áthatoló képessége erősebb, mint az alfa-sugárzásé, mivel áthatolhat a bőrön, de általában néhány milliméteres műanyag vagy üveg megállítja. Ionizáló ereje közepes, kevésbé ionizáló, mint az alfa-részecskék, de még mindig káros, különösen belsőleg.

A gamma-sugárzás (γ) nagy energiájú elektromágneses hullámokból, fotonokból állnak. Áthatoló képessége magas, a hatékony blokkoláshoz sűrű anyagokra, például ólomra vagy több centiméter vastag betonra van szükség. A gamma-sugárzás ionizáló ereje fotononként alacsony, de nagyon áthatoló és a belső szervekre is hatással lehet.

²Országos Atomenergia Hivatal honlapja: www.haea.gov.hu, letöltés ideje: 2024.07.05



1. ábra
Sugárzások áthatoló képességei
Forrás: Dr. Dobor József Sugárvédelem jegyzet 2024.07.12

2.3. Sugárvédelem szükségessége³

Az ionizáló sugárzások például röntgensugarak és mag sugárzások biológiai ártalmainak lehetősége már röviddel azok 1895-ös felfedezése után egyértelművé vált. Az első jelentős lépést 1928-ban tették meg a sugárvédelem területén, amikor meghatározták a besugárzási dózis fogalmát, annak mérési módját, és javaslatot tettek a sugárvédelem gyakorlati megszervezésére. A megengedett dózist úgy definiálták, mint azt a besugárzási szintet, amelyet az emberi szervezet maradandó károsodás nélkül el tud viselni. Azóta többször módosították az egységek definícióját, és folyamatosan csökkentették a megengedett sugárzási szinteket is. Jelenleg a sugárvédelem alapvető kérdéseivel a második világháború előtt megszervezett Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság foglalkozik, ami angolul International Commission on Radiological Protection továbbiakban (ICRP). Az ionizáló sugárzások alkalmazási területe az elmúlt évszázad során jelentősen és folyamatosan bővült. Az elmúlt évtizedekben különösen látványos fejlődésnek lehettünk tanúi a modern diagnosztikai módszerek, például a computer-tomográfia (CT)⁴ és a pozitronemissziós tomográfia (PET) területén. Ennek következtében az ionizáló sugárzással hivatásszerűen

³ Eötvös Loránd Tudományegyetem által kiadott atomfizika honlapja: www.atomfizika.elte.hu, letöltés ideje: 2024.07.06.

⁴ Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakosztályának honlapja: www.elftsv.hu, letöltés ideje: 2024.07.07.

foglalkozók száma egyenesen arányosan növekedett. Magyarországon ma, a laboratóriumi gyakorlatban is bemutatott film-doziméterrel körülbelül hatóságilag 15 ezer embert ellenőriznek.

Mi ellen védekezünk?

A ma élő embert folyamatosan éri az ionizáló sugárzás, amely különböző forrásokból származik. Védekeznünk kell a természetes sugárterhelés ellen, aminek a fele vagy kétharmada abból ered, hogy zárt helyiségekben az építőanyagokból továbbá a talajból radon gáz kerül a levegőbe. Emiatt a sugárterhelés itt, a természetes, szabad levegőhöz képest akár nagyságrendekkel is magasabb lehet. Tehát a radon az egyetlen olyan természetes sugárforrás, amely ellen védekezni szükséges a Földön.

2.4. A mesterséges eredetű sugárterhelés

Az orvosi diagnosztikai és terápiás eljárásokból származik a mesterséges sugárterhelés 95%-a, míg a fennmaradó 5%-ot főként a légkörben történő atomrobbantások hosszú távú hatásai váltják ki. A nukleáris technológiákból eredő sugárterhelés csak ezt követően jelentkezik.

A társadalom hozzáállása a nukleáris technológiákhoz ellentmondásos. Miközben szívesen kihasználják az orvosi diagnosztikai eljárás mód előnyeit és a nukleáris energiatermelésből származó elektromos áramot, amely Magyarország elektromos energia szükségletének 40%-át fedezi, kevesen vannak tisztában azzal, hogy ezek az előnyök tudatos kockázatvállalást vonnak maguk után, amelyet az előnyök és a hátrányok alapos mérlegelésével kell megtenni. Egyértelmű, hogy az egész társadalom, látva a tudományos és technikai előrehaladás gyorsaságát, nem tudna könnyen lemondani, vagy csak nagy áldozatokat hozva azokról az eredményekről és előnyökről, amelyeket a sugárzó anyagok, sugárforrások és az atomenergia használata biztosít.

A Föld lakói és az élővilág mindig is ki voltak és ki lesznek téve a kozmikus térből és a természetes radioaktív anyagokból származó háttérsugárzásnak. Az élet ilyen körülmények között alakult ki és maradt fenn.

A radioaktivitástól való félelem teljes mértékben érthető, mivel az ionizáló sugárzást érzékszerveinkkel nem tudjuk érzékelni. A gamma- és röntgensugárzás kvantumainak

energiája sokkal nagyobb, mint a fényé, bár mindkettő elektromágneses sugárzás. A halált okozó dózis által átadott energia egy fokot sem változtat meg az emberi test hőmérsékletén, és hagyományos eszközökkel, például hőmérővel, kimutatni sem lehet.

Az ionizáló sugárzást a hozzá való eszközökkel nagyon pontosan ki lehet mutatni. A legegyszerűbb és legköltséghatékonyabb módja ennek a GM-csőves detektor, amely néhány százalékos pontossággal követi a természetes sugárzási szintet. Ezt a természetes sugárzási szintet folyamatosan detektálják az Országos Sugárzásfigyelő Jelző- és Ellenőrző Rendszer, aminek rövidítése az OSJER keretein belül, és az adatok bárki számára hozzáférhetők az interneten, az omosjer.reak.bme.hu oldalon vagy az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján. A film-doziméteres ellenőrzés során a 25%-os eltérést a természetes háttérsugárzási szinttől már rögzítik, viszont ez még mindig csak a dolgozók számára megengedett érték körülbelül százada.⁵

2.5. Radioaktív hulladékok⁶

A radioaktív hulladékok, olyan radioaktív anyagok, amelyeket nem lehet további felhasználásra alkalmasnak tekinteni, és amelyeket a birtokosuk nem szándékozik a közeljövőben újrahasznosítani. 1996-os CXVI. törvény második atomtörvénye szerint az ilyen radioaktív hulladékok végleges elhelyezéséről az állam gondoskodik, és ezek kezelési költségeit, amennyiben lehetséges, azok a létesítmény viseli, amely az adott radioaktív hulladék keletkezését okozta.

Fontos megjegyezni, hogy az atomreaktorok, atomerőművek használt, "kiégett" fűtőelemei nem minősülnek radioaktív hulladéknak a fent említett definíció szerint, mivel ezek még újrahasznosíthatók. Azonban a használt fűtőelemek reprocessálása (feldolgozási eljárás), abban az esetben működik, ha az adott ország atomfegyverrel rendelkezik. A radioaktív hulladékokat számos csoportba illetve kategóriákba sorolhatjuk, és ebből a szempontból nemzetközileg sem konzisztens az eljárás. Magyarországon az osztályozás alapját képezi a 14344. számú szabvány, amely először 1989-ben jelent meg, majd 2004-ben módosították.

⁵ www.haea.gov.hu, letöltés ideje: 2024.07.07.

⁶9/2022.(XII. 29.) OAH rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

2.6. Radioaktív hulladékok kezelésének lehetőségei

A radioaktív hulladékok kezelése, feldolgozása igen széles fogalomkört jelent és több lépésből áll:

- Összegyűjtés, előzetes minősítés és ideiglenes tárolás:

A radioaktív hulladékokat először összegyűjtik és előzetesen minősítik a halmazállapotuk, aktivitásuk és egyéb tulajdonságaik alapján. Ideiglenes tárolásra kerülnek, amíg a további kezelési lépések megtörténnek.

- Hulladékok szállítása:

A megfelelő biztonsági előírások betartása mellett történik a radioaktív hulladékok szállítása a feldolgozó üzembe vagy a végleges elhelyezés helyszínére.

- Hulladékfeldolgozás:

A feldolgozás lépései a hulladékok halmazállapotától és osztályozásától függenek.

Szilárd hulladékok esetén lehet mechanikai vagy kémiai feldolgozás, esetleg kompaktálás vagy formázás.

Folyékony hulladékoknál kezelhetik kezelési eljárásokkal, például kémiai kezeléssel vagy szűréssel.

Légnemű hulladékok esetén adszorpció, folyadékfázisú kezelés vagy más specifikus eljárások alkalmazhatók.

- Feldolgozott hulladék elszállítása és átmeneti tárolása:

Miután a hulladékot feldolgozták, az elkészült anyagokat biztonságosan elszállítják a végleges elhelyezés vagy tárolás helyszínére.

- Hulladék végleges elhelyezése:

A végleges elhelyezés során a radioaktív hulladékot olyan helyre kell helyezni, ahol biztonságosan tárolható hosszú időn át, minimális környezeti kockázattal.

A végleges elhelyezés lehet földalatti tárolás, mély geológiai formációba történő elhelyezés vagy más biztonságos módszerek alkalmazása.

Változatosak és specifikusak lehetnek ezek az eljárások és lépések a hulladékok típusától és tulajdonságaitól függően, de mindegyiknek fő célja a biztonságos kezelés és tárolás biztosítása, továbbá a környezeti, közegészségügyi kockázatok csökkentése.

Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT)⁷

Közismertebb nevén püspökszilágyi atomtemető, itt viszont nem atomerőmű eredetű sugárforrásokkal foglalkoznak, hanem úgynevezett intézményi eredetű hulladékok kezelése és tárolása a cél.

Kisnémedi és Püspökszilágyi határában található a telep, ahol kis és közepes aktivitású mezőgazdasági, ipari, egészségügyi, kutatási, oktatási tevékenységek során keletkezett radioaktív hulladékokat tárolnak. Jelenleg évente nagyjából 3-15 m³ kis és közepes aktivitással rendelkező hulladék, valamint körülbelül 300 darab elhasznált sugárforrás keletkezik. Ezen kívül nagyjából 1000 darab füstérzékelőből kisserelt sugárforrás is keletkezik. A leggyakoribb izotópok a Co-60, Cs-137, Sr-90, C-14 és H-3.

A telep földrajzi adottságait tekintve a radioaktív izotópok felszín alatti vizekben történő terjedése elkerülhető, mivel a tároló a környezethez viszonyítva magasan, agyagos-lösszös talajba lett építve, így a talajvíz legközelebb 20 méteres mélységben található. A tároló részét képezik az ellenőrzött vasbeton tárolómedencék, szénacél és rozsdamentes acél csőkutak. A telep kültéri tárolóiban véglegesen 5040 m³ radioaktív hulladék helyezhető el, míg az üzemi épületben lévő átmeneti tárolókban körülbelül 300 m³ hulladék ideiglenes tárolására van lehetőség.

A radioaktív hulladék útja

A radioaktív, szilárd hulladékot az RHK Kft. a saját járműveivel szállítja a telephelyre, előre egyeztetett időpontok alapján. Az átadó intézmény rendszerint fémhordóba csomagolt hulladékot ad át. Elhasznált sugárforrások esetén speciálisan az erre szolgáló sugárárnyékolt konténerben történik a szállítás, és a csomagolást az RHFT-nél dolgozó szakemberek végzik. Az RHFT munkatársa leellenőrzi a csomag sértetlenségét valamint annak sugárzását, utána azonosítóval látja el és beteszi a szállítójárműbe. Az ADR követelményei szerint jelzik a veszélyes anyag szállítását.

A telephelyre érve a jármű a sugárkapun megy át, ahol ismételten megméri a radioaktivitást. Az üzemi épületben történik hulladék fogadása és lerakodása, ahol egyedi azonosítót kapnak a hordók és az átmeneti tárolóba viszik őket. A feldolgozás előtt az ipari hordószkenner segítségével átvilágítják a hordókat, majd a 2015-ben felújított válogatóboxban válogatják szét az anyagokat. Ezzel a technológiával lehetővé válik, hogy a személyzet a hulladékok

⁷ www.rhk.hu/timeline/radioaktiv-hulladek-feldolgozo-es-tarolo, letöltés ideje: 2024.07.10

osztályozását, a környezettől elzárva, biztonságosan és gyorsan tudják végrehajtani. A hulladékot szükség esetén további feldolgozási eljárásoknak vetik alá, majd tömörítik, továbbá szabványos hordókba csomagolják, beveszik a nyilvántartásba, és az "A" típusú medencékben teszik el.

Az zárt, elhasznált sugárforrások speciális kezelést igényelnek, és mennyiségük lényegesen kisebb, mint a hordós hulladéké. Tárolás előtt ezeket a sugárforrásokat a forrókamrában szükséges feldolgozni. A forrókamra egy olyan zárt biztonságos rendszer, ami ólommal árnyékol, és kémlelő-ablakokkal van felszerelve. Szakembereink manipulátorok segítségével végzik a szükséges munkafolyamatokat, amelyek precízen lemásolják az emberi kéz mozdulatait, lehetővé téve a finom mozgásokat, fogást és munkavégzést.

A szétszerelés és tömörítés után a kisméretű radioaktív anyagok korrózióálló acél gyűjtőtökbe kerülnek, amelyeket hegesztéssel lezárnak a forrókamrában. A pincszinten található csökutakban és a kültéren elhelyezkedő "B" vagy "D" típusú csöves tárolókban tárolják a tokozott sugárforrásokat. A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóba érkezett és tárolt anyagokról nyilvántartást vezetnek. Ehhez a nyilvántartáshoz 2015-ben készült egy hulladék nyilvántartó modul, aminek a segítségével automatikusan nyomon követhető a hulladék útja. Ez a modul kapott egy internetes felületet is, amelyen keresztül a partnerek egyszerűen valamint biztonságosan jelezhetnek, amikor hulladékot szeretnének átadni.

A telephely fő tevékenységeire vonatkozóan rendelkezik országos területi kiterjedésű engedéllyel a radioaktív hulladék közúti szállítására, üzemeltetési engedéllyel, környezetvédelmi működési engedéllyel, továbbá, szennyvíz- és csapadékvíz-elvezetés vízjogi üzemeltetési és telephely vízellátás engedéllyel.

2.7. Bábaapáti kis- és közepes aktivitású radioaktív-hulladék lerakó⁸

Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT)

Itt az atomerőművi eredetű kis és közepes aktivitású hulladékokat kezelik. Az atomerőmű üzemeltetése során keletkező szilárd radioaktív hulladék többségét tömörítve, 200 literes acélhordókban tárolják, míg a folyékony radioaktív hulladékot tartályokban gyűjtik. A hulladékok végleges elhelyezése csak szilárd formában lehetséges, ezért a végleges tárolóba szállítás előtt a folyékony hulladékot megszilárdítják az atomerőműben. Az atomerőmű

⁸ www.rhk.hu/nemzeti-radioaktivhulladek-tarolo-nrht, letöltés ideje: 2024.07.10.

lebontása során is keletkezik kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék, amelyet feldolgozott és szilárd halmazállapotban kell véglegesen elhelyezni, együtt az üzemviteli hulladékokkal.

Kis valamint közepes aktivitással rendelkező radioaktív hulladékok is keletkeznek a Paksi Atomerőmű működése során az elhasznált (kiégett) fűtőelemekből, amelynek kezeléséről és elhelyezéséről gondoskodni szükséges. E célból hozták létre a Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolót, aminek rövidítése az (NRHT). A tárolás úgynevezett monolit blokkokban történik, ami azt jelenti, hogy a hordókat vaskonténerbe helyezik, majd a vaskonténereket inaktív betonnal feltöltik. Behelyezés előtt 7 napot kellett pihentetni ezeket a legfeljebb 16 tonnás monolit blokkokat. Ez így történt 2017-ig, amíg az NRHT I-K1 meg nem telt. 537 darab konténer és 4833 darab hordó található itt. Megnyílt az I-K2 kamra, ami már fogadja a Paksi Atomerőműben előállított hulladékcsomagokat, majd ennek megtelése után a további tároló kamrákat nyitnak.

A hulladékokat a felszín alatt 200-250 méteres mélységben kialakított tároló kamrákban helyezik el véglegesen. A tároló kamrákhoz két párhuzamos, 10% lejtésű lejtőszakna vezet le, melyek hossza 1,7 kilométer, és 250 méterenként keresztvágtatok kötik össze őket, biztosítva a menekülési útvonalat veszély esetén. Az alagútszisztem, amely közel 6 kilométer hosszú, két részre osztható, az ellenőrzött zónára a tároló kamrákkal és az építési területre. A két területet leplombált kerítés választja el egymástól. A hulladékcsomagok végleges elhelyezése a tároló kamrákban történik, míg az építési területről történik a tároló további bővítése.

Tárolási mód

I-K1 tároló kamrában a hulladékot 200 literes acéltartályokba helyezték, majd összepréselték és lezárták hordókat. Szigorú ellenőrzéseket végeztek, amelyek során vizsgálták, hogy keletkezett-e fizikai sérülés, gamma-dózisteljesítményt ellenőriztek a hordó felületén továbbá ezt a mérést egy méterről is megismételték, valamint dörzsmintát vettek a felületi szennyezettség ellenőrzésére. Továbbá speciális szoftver ellenőrizte, hogy a hordókban lévő aktivitások megfelelnek-e az NRHT átvételi korlátainak. Miután ezek az ellenőrzések megtörténtek, szakembereink átvették a hordókat, és az M6-os autópályán, a Paks-Bátaszék-Bábaapáti útvonalon, az erre a célra kialakított hatósági engedéllyel rendelkező gépjárművel szállították az Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolóba.

I-K2 tároló kamrában már más koncepció alapján járnak el. Az új tervek szerint vasbetonkonténerek helyett úgynevezett kompakt hulladékcsomagokat használnak, rövidítése a (KHCS), melyeket a Paksi Atomerőműben készítenek el a szakemberek. Négyesével helyezik el a 200 literes fémhordókat egy vékonyfalú, merevített acélkonténerbe. A hordók

közötti teret is kitöltik, de ezúttal folyékony radioaktív hulladékból kevert cementpéppel, így a konténerek eddigi holt terét is radioaktív hulladék tölti ki. Ezeket az acélsomagokat az RHK Kft. munkatársai négyesével szállítják Bataapátiba, a már megszokott, szigorú ellenőrzések elvégzése után, az eddig is használt útvonalon. Ez az új eljárás megkövetelte a tároló kamrák kialakításának módosítását. A csomagokat egy speciális targonca teszi be a vasbetonmedencébe, a lezárt medence tetejére hordók is kerülnek a még jobb helykihasználás érdekében. A kamrát szakaszosan töltik fel, és körülbelül 19 méterenként vasbeton építőelemekből készült falakkal zárják le. Cementhabarccsal töltik ki a konténerek körüli megmaradt üres teret. Ez az eljárás helytakarékosabb, mint az előző és a biztonságot a már megszokott színvonalon biztosítják. Jelenlegi állás szerint I-K1 kamra megtelt, az I-K2 tároló kamra elkészült a hulladékcsomagok fogadására. Az I-K3 és I-K4 kamra kibányászása megtörtént. Az utolsó két tároló kamra N1 és N2 kialakítása a jövő zenéje. Ezekkel a tárolókkal a teljes befogadóképesség 20 ezer köbméter lesz, ami elegendő helyet fog biztosítani az atomerőmű üzemelése során keletkező kis valamint közepes aktivitással rendelkező radioaktív hulladékok elhelyezésére.

2.8. Sugárforrások kategorizálása⁹

Veszélyességi kategóriák

1-es veszélyességi kategória (kiemelten veszélyes)

Erről a sugárforrásról azt érdemes tudni, hogyha a hatáság nem ellenőrzi, és nem az eljárások szerint kezelik vagy védik, már pár perctől egy óráig tartó expozíció alatt is rendkívül veszélyes lehet. Az egészségre gyakorolt hatása determinisztikus, és akár halálos következményekkel is járhat. Ha egy ilyen radioaktivitást tartalmazó anyaghoz csak pár percen keresztül közel tartózkodunk, már megvan az esély arra, hogy maradandó egészségkárosodásokat szenvedjünk el. Meg is halhat az, aki árnyékolás nélküli forráshoz nagyon közel tartózkodik ebben az időtartamban. A szétszóródott radioaktív anyag, tűz vagy robbanás következtében maradandó sérüléseket okozhat azoknak, akik a közelében tevékenykednek. Pár száz méteres körzeten túl azonnali egészségkárosító hatásra nem kell számítani. Ugyanakkor a szennyezett területet a nemzetközi előírásoknak megfelelően kell

⁹ www.haea.gov.hu, letöltés ideje: 2024.07.12

mentesíteni. A tisztításra szoruló terület nagysága több tényezőtől függ. Függhet a forrás méreteitől, típusától, az adott időjárási viszonyoktól és a szétszóródástól. Azok a sugárforrások, amelyeknek nagy az aktivitásuk a szennyezett térség akár több négyzetkilométeres is lehet.

2-es veszélyességi kategória (nagyon veszélyes)

Ez a fajta sugárforrás abban az esetben, ha a hatóság nem ellenőrzi, továbbá nem megfelelően kezelik, vagy helytelenül védik néhány órától néhány napig tartó expozíció során az emberi egészségre rendkívül veszélyes, determinisztikus és akár halálos hatásokat is kifejthet. Ez a mennyiségű radioaktív anyag már pár órnyi közelség következtében is maradandó egészségkárosodást okozhat. Halálos végkimenetelű lehet, ha valaki a fedetlen forrás közelében tartózkodik ebben az időintervallumban, mivel robbanás vagy tűz következtében a szétszóródott radioaktív anyag maradandó sérüléseket okozhat. Pár száz méteres körzeten túl a hatás elenyésző vagy kismértékű. Ugyanakkor a szennyezett területet a nemzetközi előírásoknak megfelelően kell mentesíteni. A szennyezett terület nagyságát több tényező alakíthatja, mint például a forrás mérete, típusa, az adott időjárás és terjedés körülményei, de valószínűleg nem ér el négyzetkilométeres értéket.

3-as veszélyességi kategória (veszélyes)

Abban az esetben, ha a sugárforrás kikerül a hatóság figyelme alól és nem megfelelően kezelik, vagy nem az előírások szerint védik, pár naptól néhány hétig tartó expozíció során az emberi egészségre rendkívül veszélyes, determinisztikus és akár halálos hatásokat is kifejthet. Ez a mennyiségű radioaktív anyag már néhány napos közelség után is maradandó egészségkárosodásokat okozhat. Halálos végkimenetelű is lehet, ha valaki a fedetlen forrás környezetében tartózkodik ebben az időintervallumban, továbbá tűz vagy robbanás következtében a szétszóródott radioaktív anyag maradandó sérüléseket okozhat.

A forrástól számított pár méteren kívül elenyésző vagy nem is jelentkező egészség károsító hatásra számíthatunk. A mentesítendő terület kiterjedését több tényező együttes hatása határozza meg, mint például a forrás mérete, típusa, az adott időjárási körülmények és a terjedés körülményei, de valószínűleg csak a négyzetkilométeres nagyságrend töredéke lesz.

4-es veszélyességi kategória (kevésbé veszélyes)

Abban az esetben, ha a sugárforrás kikerül a hatóság figyelme alól és nem megfelelően kezelik, vagy nem az előírások szerint védik, néhány hét alatt nem valószínű, hogy rendkívül veszélyes, determinisztikus vagy halálos hatást gyakorolna az emberi egészségre a sugárterhelés következtében. Azonban ez a radioaktív anyag átmeneti egészségkárosodást okozhat azoknak, akik 1-2 hetet töltenek a sugárforrás közelében. A szétszóródott radioaktív anyag robbanás illetve tűz következtében nem tud maradandó sérüléseket okozni.

5-ös veszélyességi kategória (nem veszélyes)

Ilyen sugárforrás hasonló mennyiségben nem okozhat maradandó egészségkárosodást. A szétszóródott radioaktív anyag, tűz vagy robbanás esetén szétszóródik, viszont nem okoz maradandó sérüléseket az ott tartózkodó embereknek.

Sugárforrás	Aktivitás (TBq)	D érték (TBq-re vonatkoztatva)	A/D hányados	Kategória
Co-60	$6,9 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^4$	1
Cs-137	$9,3 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^2$	2
Ir-192	$4,8 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^0$	3
Ra-226	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	4
Cd-109	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	5

1.Táblázat

Gyakrabban használt radioaktív izotópok fontosabb paramétereinek összefoglalása

Forrás: www.haea.gov.hu, letöltés ideje: 2024.07.12.

A radioaktivitás forrásai lehetnek

- Természetes források: A természetben előforduló radioaktív anyagok, mint az urán és a tórium.
- Mesterséges források: Atomreaktorok, orvosi kezelések (sugárterápia), ipari alkalmazások (radiográfia) és nukleáris fegyverek.

Radioaktív bomlás

A radioaktív bomlás egy véletlenszerű folyamat az egyes atomok szintjén, amikor egy instabil atommag sugárzás kibocsátásával energiát veszít. A bomlási folyamatoknak több típusa létezik:

- Alfa-bomlás: Egy instabil atommag alfa-részecskét bocsát ki.
- Béta-bomlás: Egy neutron protonra alakul át egy elektron kibocsátásával (béta-mínusz), vagy egy proton neutronra alakul át egy pozitron kibocsátásával (béta-plusz).
- Gamma-bomlás: Az alfa- vagy béta-bomlás után az atommag gyakran gerjesztett állapotban marad, és gammasugár kibocsátásával energiát szabadít fel.

Felezési idő

Egy radioaktív anyag felezési ideje az az idő, amely a mintában lévő radioaktív atommagok felének bomlásához szükséges. Ez a másodperc töredékeitől az izotóptól függően több millió évig terjedhet.

3. Nukleáris anyagok

3.1. Kategorizálás¹⁰

- A besugárzott és nem besugárzott nukleáris anyagokat a jogosulatlan eltulajdonítás megelőzése, továbbá a nem besugárzott anyagok ellehetetlenítés elleni védelme érdekében a hasadóanyag-mennyiség szerint a melléklet 1. táblázata alapján szükséges besorolni.
- A szabotázs elleni védelem céljából a besugárzott nukleáris anyagokat a Cs-137 izotóptartalmának aktivitása szerint az melléklet tartozó 2. táblázat alapján kell kategorizálni.
- Amikor a nukleáris anyagokat a jogosulatlan megghiúsítás elleni védelem szerint kategorizálják, azonos típusú anyagok esetén ugyanabban a fizikai védelmi területen tárolt, használt vagy szállított mennyiséget összevontan kell figyelembe venni, míg a különböző típusú anyagokat külön-külön kell értékelni.

Ha nukleáris anyaggal/anyagokkal szeretnénk dolgozni, azok tárolása és szállítása a célunk, akkor két féle eljárás valósulhat meg, hogy meghatározhassuk a fizikai védelmi szinteket:

1. Nukleáris anyag jogtalan eltulajdonítása: Ebben az esetben a megfelelő tudással és technikával rendelkező csoport hasadóanyagot távolít el, majd nukleáris fegyvert készít belőle. Ilyen esetben a kategorizálás alapját a nukleáris fegyver készítésére való alkalmassági szint adja. Erről szól a Rendelet 4. § (3) bekezdése, miszerint a különböző típusú hasadóanyagokat egymástól függetlenül kell kategorizálni.
2. Szabotázs és radiológiai diszperziós eszköz készítése: Ebben a forgatókönyvben az anyag ellen szabotázszt követnek el, vagy radiológiai diszperziós eszközt akarnak készíteni belőle. Ebben a felállásban a kategorizálás alapját a nukleáris anyagban található radioaktív anyagok veszélyessége adja.

A nukleáris fegyverek készítésére való alkalmasságot az anyag tulajdonságai alapján kategorizálják.

¹⁰ www.haea.gov.hu, letöltés ideje: 2024.07.12.

Az anyag típusától függően lehet plutónium, urán-235 vagy urán-233 típusú izotóp. Az anyag izotóp összetétele és sugárzási mértéke is fontos szempont. A kategorizálás során figyelembe kell venni az anyag kezdeti hasadóanyag-tartalmát.

3.2. Nukleáris fegyverek készítése¹¹

Az alacsony dúsítású üzemanyag esetében, amelyet a Budapesti Kutatóreaktorban használnak, fontos szempont az urán-235 tartalom alapján történő kategorizálás.

1. Egy darab fűtőelem-kazetta esetén: Az üzemanyag $19,7 \pm 0,3\%$ urán-235 tartalommal és $50 \pm 0,5$ g tömeggel rendelkezik. Egy ilyen kazetta U-235 tartalma nem éri el a III-as kategória alsó határát, ezért egyetlen kazetta sem sorolható be III-as kategóriába.
2. Szállítmány esetén (legalább 21 darab kazetta): Ha egy szállítmány legalább 21 darabból áll, akkor az összes kazetta összesített U-235 tartalma meghaladhatja az 1 kg-ot. Még akkor is, ha egy kazetta tartalma szélsőséges esetben nem éri el az 1 kg-ot, az összesített mennyiség alapján a szállítmány már III-as kategóriába sorolható.

Ez azt jelenti, hogy nagy mennyiségben, például 21 vagy annál több darab kazetta esetén a Budapesti Kutatóreaktor alacsony dúsítású üzemanyaga III-as kategóriába tartozik, mivel az összesített U-235 tartalom meghaladja az 1 kg-ot.

Ha fűtőelem-kazetták száma 23 darab vagy annál azt meghaladja, akkor a szállítmány már II-es kategóriába tartozik, mivel az összes U-235 tartalma több mint 10 kg. Ez azért fontos, mert magasabb mennyiségű urán-235 használata esetén növekszik a potenciális veszély és az elbírálás szükségessége a biztonsági előírások szerint.

Ugyanígy, hasonló megközelítés kell, hogy érvényesüljön a fűtőelem-kazetták tárolása és alkalmazása során is, hogy a biztonságos kezelés és a megfelelő védelem biztosítva legyen.

A Paksi Atomerőmű profilírozott munkakazettájának urán tartalma átlagosan 4,2%-os dúsítással $120 \pm 1,5$ kg. Ennek alapján az urán-235 tartalom minimálisan kb. 4,977 kg.

1. Egy munkakazetta esetén: Egy munkakazetta U-235 tartalma nem éri el a III-as kategória alsó határát, mivel ennek a kategóriának a limitje 10 kg urán-235.
2. Három munkakazetta esetén: Ha három munkakazetta együtt van, akkor az urán-235 összesített tartalma meghaladja a III-as kategória alsó határát (10 kg). Ezért ezek a munkakazetták együttesen már III-as kategóriába sorolhatóak.

¹¹ www.haea.gov.hu - Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása, letöltés ideje: 2024.07.15.

Ez a besorolás fontos szempont a nukleáris anyagok biztonságos kezelésében és tárolásában, figyelembe véve azok potenciális veszélyeit és a szigorú biztonsági előírásokat.

Amikor különböző típusú és összetételű nukleáris anyagokat tárolnak egy adott telephelyen, mindig a legmagasabb besorolási kategóriájú nukleáris anyag alapján történik a telephelyek illetve épületek kategorizálása és védelmi szintjének besorolása. Ez azt jelenti, hogy az egy telephelyen tárolt különböző anyagokat a legmagasabb besorolási kategóriába sorolják, amely az adott telephelyen található. Például, ha egy telephelyen két különböző épületben tárolnak 4 kg-nál magasabb dúsítású uránt, és az egyes anyagok külön-külön csak II-es kategóriába sorolhatóak, de az épületek külön megerősített fizikai védelme helyett a telephely egészét védik, akkor az anyagok együttesen az I-es kategóriába sorolhatók. Ennek megfelelően a telephelyre magas védelmi szintet kell biztosítani.

Ez a megközelítés biztosítja, hogy a nukleáris anyagok tárolása és kezelése minden esetben a legmagasabb biztonsági szempontok szerint történjen, és hogy a telephelyen a megfelelő védelmi intézkedések legyenek érvényben a potenciális veszélyek minimalizálása érdekében.

4. Atomerőművek

Az alábbi fejezetben, általánosságban az atomerőművekkel kapcsolatos ismeretek olvashatók.

4.1. Radioaktív izotópok, és ionizáló sugárzások alkalmazása az iparban¹²

Atomerőművek

Az atomerőmű olyan létesítmény, amely nukleáris energia felhasználásával termel villamos energiát. Az atomenergia elsődleges forrása a maghasadás, amely során a nehéz atommagok (jellemzően urán-235 vagy plutónium-239) neutron hatására kisebb részekre hasadnak, és jelentős mennyiségű energiát szabadítanak fel.

Az atomerőmű felépítése és működése

Reaktor: Az a központi elem, ahol a maghasadás végbemegy. Urániummal vagy plutóniummal töltött fűtőelemeket tartalmaz. A hasadási folyamat során hő keletkezik, amely egy hűtőközegbe, általában vízbe kerül.

Gőzfejlesztő: A reaktorban termelt hőt a víz, gőzzé alakítására használják. Ezt a gőzt aztán nagy nyomáson a turbinákba vezetik.

Turbina és generátor: A nagynyomású gőz hajtja a turbinát, amely a hőenergiát mechanikai energiává alakítja. Ezt a mechanikai energiát a csatlakoztatott generátor alakítja át elektromos energiává.

Hűtőrendszer: A gőzt lehűtik és visszasűrítik vízzé, amelyet aztán visszakeringtetnek a gőzfejlesztőbe. A hűtőrendszer gyakran hűtőtornyokat vagy természetes vízforrásokat, például tavakat vagy folyókat használ.

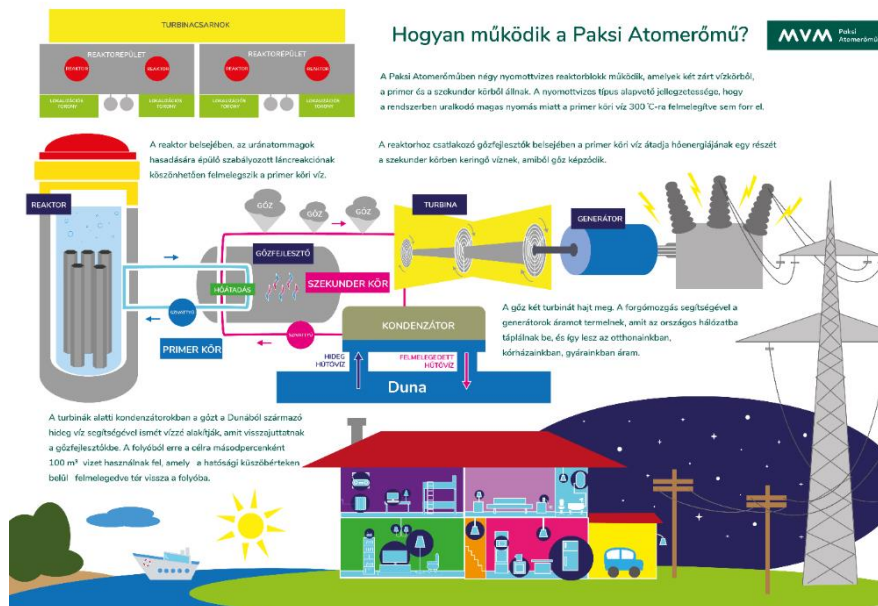
MVM Paksi Atomerőmű¹³

Magyarországon az első és az egyetlen atomerőmű. Paks városától körülbelül 5,5km-re található délre, a Duna jobb partján. Dunaszentbenedekkel szemben fekszik, továbbá Szekszárd és Kalocsa városok találhatók meg a közelében.

A Paksi Atomerőmű négy reaktorblokkal rendelkezik, összteljesítménye 1860 MW, amely a Magyarországi villamosenergia-felhasználás 40%-át biztosítja. Az első blokk 1982. decemberének a végén került a hálózatra.

¹² Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény

¹³ MVM Paksi Atomerőmű honlapja: www.atomeromu.mvm.hu, letöltés ideje: 2024.07.20.



2. ábra
Paksi Atomerőmű működését bemutató ábra
Forrás: www.atomeromu.mvm.hu, letöltés ideje: 2024.06.12

Az atomerőmű üzemeltetése során keletkeznek folyékony, szilárd és gáznemű radioaktív anyagok és hulladékok. A folyékony radioaktív vizet ioncserés és desztillációs módszerrel tisztítják. A radioaktív gáz anyagot aeroszolos és adszorpciós szűrőkkel tisztítják meg. Azokat a radioaktív nemesgázokat, amiket nem tudnak kiszűrni azokat egy-egy százméteres szellőzőkémény segítségével jutatnak a szabadba. A szilárd valamint folyékony hulladékok térfogatát csökkentik és így kerülnek végleges tárolójukba. Az erőművet friss vízzel hűtik, ez a víz a Dunából származik.

4.2. Az atomerőművek előnyei és hátrányai¹⁴

Előnyök:

Nagy energiatermelés, hiszen az atomerőművek kis mennyiségű tüzelőanyagból nagy mennyiségű villamos energiát tudnak előállítani. Alacsony üvegházhatású gázkibocsátás, aminek köszönhetően működése során elhanyagolható mennyiségű szén-dioxidot engednek ki, így alacsony kibocsátású energiaforrásnak számítanak. Megbízható áramellátást, stabil és folyamatos áramforrást biztosítanak, amelyet nem befolyásolnak az időjárási körülmények.

¹⁴ itthon 2024 honlapja: hu.economy-pedia.com, letöltés ideje: 2024.06.30.

Hátrányok:

Radioaktív hulladék keletkezik az atomerőművek működése során, amely hosszú távú kezelést és ártalmatlanítást igényel. Balesetveszély fenn áll, bár ritkák, a nukleáris balesetek súlyos következményekkel járhatnak, mint ahogyan azt Csernobilban és Fukusimában láthattuk. A Csernobili 1986. április 26-án, Fukushimai 2011. március 11-én következett be. Magas kezdeti költségekre kell számítani. Az atomerőművek építése és fenntartása drága és jelentős beruházásokat igényel.

Atomerőművek biztonsága

Az atomerőműveket számos biztonsági rendszerrel tervezték a balesetek megelőzésére és a sugárzás megfékezésére. Többszörös fizikai akadályokat tartanak fenn a radioaktív anyagok visszatartására. Redundáns biztonsági rendszerek működnek a biztonsági mentés biztosítása érdekében. A túlmelegedés megelőzésére vészhelyzeti maghűtő rendszerek üzemelnek. Rendszeres biztonsági gyakorlatokat tartanak a lehetséges vészhelyzetekre való felkészülés érdekében.

Az nukleáris energiatermelés jövője¹⁵

- A gazdaságosan kitermelhető fosszilis energiahordozók kimerülőben vannak: ha a fogyasztás nem változik, a kőolaj 45 évig, a földgáz 50 évig és a szén körülbelül 170 évig elegendő.
- A fosszilis energiahordozók feldolgozása üvegházhatásuk révén globális klímaváltozást okozhatnak
- Amiket most használunk, azok értékes, nem-megújuló vegyipari nyersanyagok a jövő generációi számára

Ezért szükség van az atomerőművek működtetésére, én ebben látom a jövőt.

Fúziós reaktorok: A csillagokban felszabaduló energia nukleáris fúziós reakciókból származik. Nagyobb csillagok esetén a magasabb belső hőmérséklet következtében a karbonciklusú fúzió válhat uralkodóvá. A fúziós reakciók során egyre nehezebb elemek alakulnak ki, melyek legfeljebb a vasig terjedhetnek, mivel ez a legstabilabb atommag. A Napban zajló folyamatok vizsgálata vezette el a tudományt annak felismeréséhez, hogy a fúziót nukleáris energiatermelésre is lehetne használni.

¹⁵ Atomenergetikai és nukleáris technológia, írta: Pátzay György, kiadás éve: 2011

Következtetés

Az atomerőművek jelentős szerepet játszanak a globális energiamixben, nagy mennyiségű, alacsony kibocsátású villamos energiát biztosítva. Bár az atomerőművek olyan kihívásokkal járnak, mint a radioaktív hulladék kezelése és a magas költségek, a technológia és a biztonság terén elért előrelépések folyamatosan növelik életképességüket, mint fenntartható energiaforrást.

Atomerőművek sugárvédelme

Magyarországon az atomerőművekre vonatkozó biztonsági előírások átfogóak és szigorúak, amelyek célja a létesítmények biztonságos üzemeltetésének biztosítása, valamint a közegészség és a környezet védelme. A szabályozási keretet elsősorban az Országos Atomenergia Hivatal, rövidítése az OAH szabályozza, amely a nukleáris biztonság és a sugárvédelem minden aspektusát felügyeli.

4.3. Országos Atomenergia Hivatal főbb tevékenységei¹⁶

Magyarországon az Országos Atomenergia Hivatal a felelős, a nukleáris létesítmények felügyeletéért és szabályozásáért és egyben a fő szabályozó szerve is. Biztosítja, hogy az atomerőművek biztonságosan a nemzeti és nemzetközi előírásoknak megfelelően működjenek.

Feladatai: Engedélyezés, ellenőrzés, a biztonsági előírások betartatása és a vészhelyzetekre való felkészülés.

Atomenergiáról szóló törvény (1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról)

Ez a törvény biztosítja az atomenergia magyarországi felhasználásának jogi kereteit, beleértve az atomerőművek üzemeltetését is, továbbá meghatározza az alapelveit is az atomenergia békés és biztonságos célú alkalmazásának.

Rendelkezések: A jogszabály kiterjed az engedélyezési követelményekre, a biztonsági előírásokra, amiben leírja, hogy nagy hangsúlyt kell fektetni a biztonsági előírások betartására, biztosítani kell, hogy ne jöhessen létre káresemény, ami elindítana egy nukleáris láncreakciót, továbbá a sugárvédelemre és a radioaktív hulladékok kezelésére.

¹⁶ Országos Atomenergia Hivatal honlapja: www.oah.hu - Jegyzet alapfokozatú sugárvédelmi képzésekhez, letöltés ideje: 2024.07.20.

Kormányrendeletek és miniszteri rendeletek

A magyar kormány és az illetékes minisztériumok által kiadott különböző rendeletek és utasítások az atomenergiával kapcsolatos konkrét biztonsági előírásokat, eljárásokat és felelőségeket határozzák meg.

Legfontosabb biztonsági előírások

Engedélyezés

Az atomerőműveknek engedélyt kell szerezniük az Országos Atomenergia Hivataltól az építéshez, az üzemeltetéshez és a leszereléshez. Az engedélyezési eljárás szigorú biztonsági értékeléseket és nyilvános konzultációkat foglal magában.

Biztonsági előírások és ellenőrzések

Az Országos Atomenergia Hivatal rendszeresen ellenőrzi és auditálja a nukleáris létesítményeket a biztonsági előírások betartásának biztosítása érdekében. Ezek az ellenőrzések a reaktorbiztonságra, a sugárvédelemre, a vészhelyzeti készülségre és a környezeti ellenőrzésre terjednek ki.

Vészhelyzeti felkészültség

Az atomerőműveknek átfogó vészhelyzeti készenléti tervekkel kell rendelkezniük. Ezeket a terveket rendszeresen tesztelik gyakorlatok és gyakorlatok keretében, a nemzeti és helyi vészhelyzeti reagáló szervekkel összehangoltan.

Sugárvédeleme

A munkavállalók, a lakosság és a környezet védelme érdekében szigorú sugárvédelmi intézkedéseket kell alkalmazni. Ez magában foglalja a sugárzási szintek ellenőrzését, a radioaktív anyagok kibocsátásának ellenőrzését, továbbá a megfelelő hulladékkezelés biztosítását.

Képzés és képesítés

Az atomerőművekben dolgozó személyzetnek szigorú képzéseken és képesítési programokon kell részt vennie annak érdekében, hogy biztosítsák a feladataik biztonságos ellátásához szükséges kompetenciákat.

Nyilvános kommunikáció és átláthatóság

Az Országos Atomenergia Hivatal és az atomerőművek üzemeltetői kötelesek fenntartani az átláthatóságot, és rendszeresen tájékoztatni a nyilvánosságot a biztonsági intézkedésekről, az üzemállapotról és az esetlegesen bekövetkező eseményekről.

Nemzetközi együttműködés és megfelelés

Magyarország számos, a nukleáris biztonsággal kapcsolatos nemzetközi szervezetnek és egyezménynek tagja, többek között: Magyarország betartja az Országos Atomenergia Hivatal által meghatározott biztonsági előírásokat és iránymutatásokat, és részt vesz a nemzetközi szakértői felülvizsgálatokban és értékelésekben.

Európai Unió (EU): Az EU tagjaként Magyarország betartja az EU nukleáris biztonsági irányelveit és rendeleteit, beleértve a nukleáris létesítmények biztonságával és a radioaktív hulladékok kezelésével kapcsolatosakat is.

Nukleáris biztonságról szóló egyezmény: Magyarország aláírta ezt a nemzetközi egyezményt, amely kötelezi a tagállamokat a magas szintű nukleáris biztonság fenntartására. A TANÁCS 2009/71/EURATOM IRÁNYELVE (2009. június 25.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról, nemzetközi egyezmény, amelynek célja a nukleáris biztonság világszerte történő elősegítése

Összegzésként

Magyarországon az atomerőművek biztonságára vonatkozó szabályozási keret stabilan megállja a helyét és összhangban van a legjobb nemzetközi gyakorlatokkal. Az Országos Atomenergia Hivatal döntő szerepet játszik annak biztosításában, hogy a nukleáris létesítmények biztonságosan működjenek, és hogy hatékony intézkedésekkel teljesen kizárják a potenciális kockázatok bekövetkezésének a lehetőségét, ezzel védjék az embereket és a környezetet.

Sugárvédelmi megbízott¹⁷

Sugárvédelmi rendelet szerint, minden engedéllyel rendelkező szervezetnek szüksége van egy írásban megbízott személyre a sugárvédelmi feladatok ellátására és a hatóságokkal való kapcsolattartásra. Ezt a személyt sugárvédelmi megbízottnak nevezik. A 2/2022 (IV.29.) Országos Atomenergia Hivatal által kiadott rendelet szerint, az engedélyes által sugárvédelmi feladatok ellátásával és hatósági kapcsolattartással írásban megbízott személy a sugárvédelmi

¹⁷2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

megbízott. A megbízott személy jelentési kötelezettséggel tartozik az engedélyes sugárvédelmi követelmények végrehajtásáért felelős vezetőjének. Több sugárvédelmi megbízott esetén a feladataik összehangolása érdekében sugárvédelmi szolgálat hozható létre, ott, ahol különböző típusú sugárveszélyes munkahelyek találhatók. A sugárvédelmi rendelet részletesen leírja a megbízott feladatait, több mint 20 pontban.

4.4. Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála INES skála¹⁸

A Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála úgynevezett (INES-skála) célja, hogy azonnali és következetes tájékoztatást nyújtson a lakosságnak a sugárzás forrásaival kapcsolatos események biztonsági jelentőségéről. Ez a skála a gyakorlati alkalmazások széles spektrumát foglalja magába, beleértve az ipari felhasználásokat, mint például az ipari radiográfiát (anyagvizsgálat), a sugárforrások kórházi alkalmazását (diagnosztika, terápia), a nukleáris létesítményekben végzett tevékenységeket, valamint a radioaktív anyagok szállítását.

Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála



3. ábra

Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála

Forrás: Dr. Dobor József Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.06.15

¹⁸ www.oah.hu - Jegyzet alapfokozatú sugárvédelmi képzésekhez 2024.07.20.

Az INES-skálát a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség és az OECD Nukleáris Energia Ügynöksége által összehívott nemzetközi szakértői csoport dolgozta ki 1989-ben. Az eredeti verzió Franciaországban és Japánban alkalmazott hasonló skálák tapasztalatait, valamint más országokban használt minősítéseket vette figyelembe. Azóta a skálát folyamatosan fejlesztik a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség vezetésével, az OECD Nukleáris Energia Ügynökséggel együttműködve.

Sugárbalet: Olyan véletlen, rendkívüli esemény, amely radioaktív anyag felhasználása vagy ionizáló sugárforrások alkalmazása során következik be, és amelynek következtében a személyzet és/vagy a veszélyeztetett környezetben tartózkodó vagy ott élő további személyek a megengedett dóziskorláton felüli sugárterhelést kapnak, illetve külön intézkedés vagy beavatkozás nélkül kaphatnak.

Nukleáris baleset: Olyan sugárbalet, amely a nukleáris anyag előállítás, szállítása, felhasználása vagy kezelése során következik be, például atomerőművekben, kutatási vagy oktatási célú atomreaktorokban, urándúsító vagy reprocesszáló üzemekben. A nukleáris baleset során radioaktív anyagok ellenőrizetlenül kerülhetnek a környezetbe, ami a személyzeten túl a lakosság körében is rendkívüli sugárterhelést és egészségkárosodást okozhat.

Nukleáris baleset (atomtörvény): minden olyan rendkívüli esemény, amely atomkárt okoz

4.5. 1957-es kistimi nukleáris esemény ismertetése¹⁹

Nem Csernobil volt az egyetlen hely, ahol atomkatasztrófa történt. Ami Kistimben történt 1957-ben, az nem annyira ivódott be a köztudatba. Szovjetunió számos titkos létesítményt épített, gyakran sietve és gyenge minőségben, hogy bővítse nukleáris arzenálját, ezek közül az egyik a Majak nukleáris üzemanyag-feldolgozó üzem is, Oszjorszk városában, ami Oroszországban található. Egy hulladéktároló tartály hűtőrendszere meghibásodott. A tartályban lévő kiszáradt radioaktív anyag túlmelegedett és felrobbant, halálos részecskéket szórva szét Oszjorszk felett, körülbelül 300 négyzetmérföldnyi területen. A területen élő 10000 ember evakuálása egy hétbe telt, magyarázat nélkül az üzem titkossága miatt.

¹⁹ Britannica honlapja: www.britannica.com, letöltés ideje: 2024.08.01

Következtetések szerint 200-250 ezer ember halt meg vagy betegedett meg a sugárzás következtében. A pontos adatok ismeretlenek, mivel a szél a szennyeződést az Urál régióiba sodorta, megkímélve Európát a következményektől. Igazából a Kistim-tragédia kétszer akkora szennyeződést hagyott maga után, mint a csernobili katasztrófa.

2003. január 1-én a lakossági tiltakozások hatására az üzemegységet bezárták, a Karacsáj-tóba helyezték el a hulladékot, ami mára a Föld egyik legszennyezettebb helyévé vált.

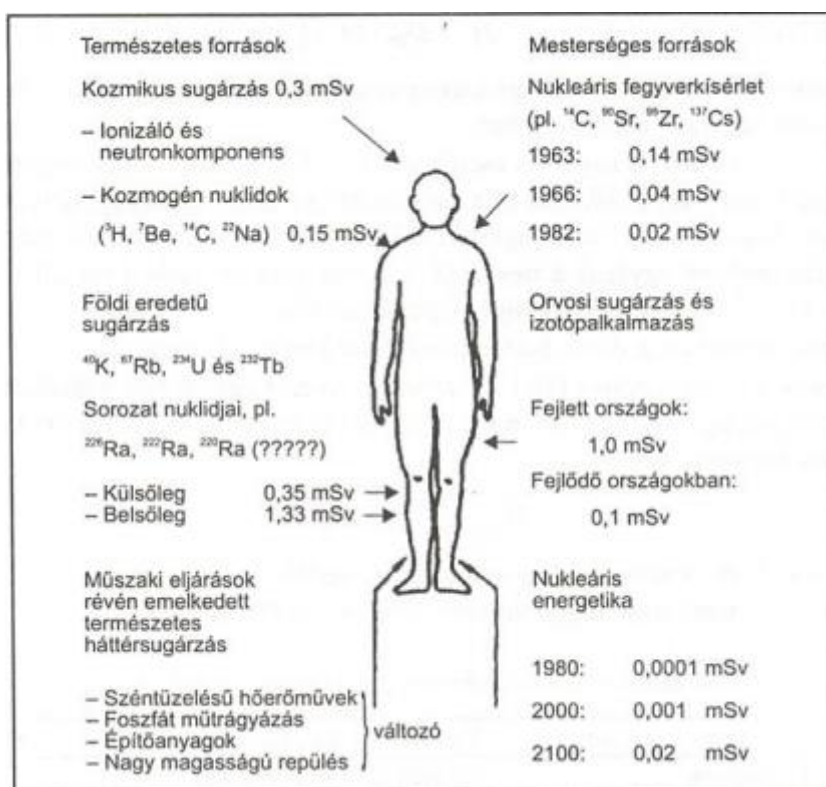
Az incidenst Kistim városához kapcsolták, mivel akkoriban Oszorszk nem szerepelt egy hivatalos térképeken sem. Emiatt nem kapott akkora médiavisszhangot, mint Csernobil. Gorbacsov az 1980-as években elérhetővé tette az információkat a nyilvánosság számára.

5. Sugárvédelem aktualitásai²⁰

A társadalom folyamatosan ki van téve különféle természetes és mesterséges ionizáló sugárzásoknak. A szervezetet érő sugárterhelés származhat külső és belső, valamint természetes és mesterséges forrásokból.

Külső sugárterhelés: a környezetből érkező sugárzás eredménye

Belső sugárterhelés: az emberi szervezetbe táplálékláncon keresztül vagy belégzéssel bekerült radioaktív izotópok sugárzásából adódik.



4. ábra

Az emberi szervezetet érő sugárhatások

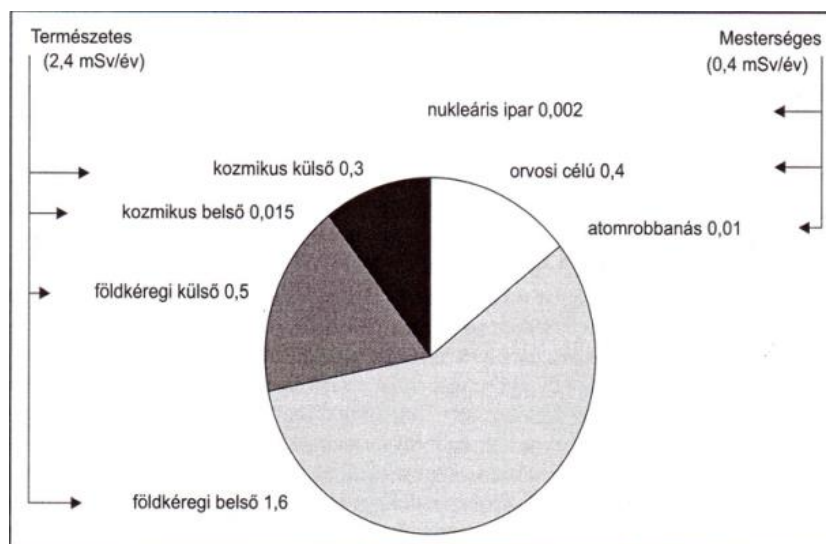
Forrás: www.karotazs.hu 2024.06.20

Az emberi szervezetre ható természetes külső sugárzás legszámottevőbb forrása a talajból és az épületekből származó gamma-sugárzás. Az épületekben elnyelt dózis mennyisége függ az építmények anyagától és szerkezetétől, mivel ezek védelmet nyújtanak a külső földi és kozmikus sugárzás ellen, továbbá az építőanyagokban található Ra-226 és Th-232 izotópok befolyásolják a belső tér radioaktivitását. Az α -sugárzó Rn-222 és Rn-220 izotópok zárt, rosszul szellőztetett épületekben jelentős sugárterhelést okozhatnak, amelyek koncentrációja

²⁰ Karotázs Tudományos Műszaki és Kereskedelmi Kft honlapja: www.karotazs.hu, letöltés ideje: 2024.06.20
Eötvös Loránd Tudományegyetem tudományos honlapja: www.pavogy.web.elte.hu, letöltés ideje: 2024.09.05

sokszorososa lehet a jól szellőztetett épületekben található. Az egész testre vonatkoztatva a legnagyobb dózist a ^{40}K , valamint a Rn-222 és leányelemeik aktivitása jelenti. A többi természetes eredetű radioaktív izotóp, mint például a ^{87}Rb és a ^{14}C , együttes sugárterhelése kisebb mértékű. Ezek az adatok az egész testre vonatkoznak, de némely szervek és szövetek kaphatnak ennél nagyobb illetve kisebb sugárdózist. Például a Ra-226 nagy része a csontokban halmozódik fel, ami a csontozatot érő sugárterhelést átlagosan 0,5 mSv-re növeli. Az ENSZ Atomsugárzásokat Vizsgáló Tudományos Bizottságának, angolul UNSCEAR 1988-as felmérése szerint a Föld népességének átlagos sugárterhelése 2,8 mSv/év, amelynek nagyobb része (2,4 mSv/év) természetes háttérsugárzásból ered, ennek pedig kétharmada belső, egyharmada külső forrásokból származik.

Az emberiséget érő sugárzások megoszlása



5. ábra

Lakosságot érintő természetes és mesterséges sugárforrások megoszlása

Forrás: www.karotazs.hu, letöltés ideje: 2024.06.20

A sugárzás szervezetre gyakorolt elsőrendű hatása az ionizáció.

Az ionizáció az a folyamat, amikor egy atomból vagy molekulából, elektronok elvételével vagy hozzáadásával elektromos töltésű ion keletkezik. Az atomban az elektronokat elektronhéjakon találhatjuk meg. Az ionizáció attól is függ, hogy pozitív vagy negatív töltésű ion keletkezik. Amikor az atomból ion lesz, azt az energiamennyiséget nevezzük ionizációs energiának. A pozitív töltésű ionokat kationnak, a negatív töltésű ionokat anionnak nevezzük. Jelenlegi ismereteink alapján a szervezetben található vegyületek, sejtek, szövetek és szervek károsodása két módon történhet:

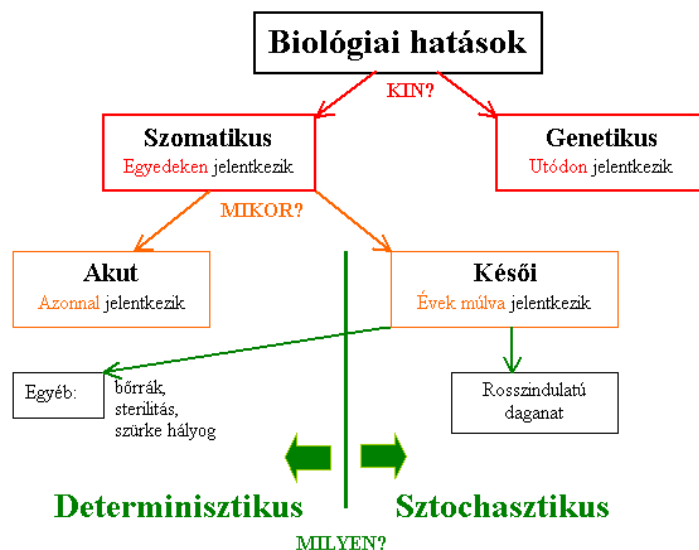
- A részecskéket és kvantumokat elnyelő molekulák közvetlenül károsodást szenvednek el ionok vagy esetleg gyökök képződése folyamán.

- A szervezetben található nagy mennyiségű vízmolekulák ionizálódnak, és a további károsodás ennek a folytatódólagos következménye.

A sugárzás miatt a sejtekben elsősorban az energia elraktározása következtében fizikai változások történnek meg, amelyek később biológiai elváltozásokhoz vezetnek a szervezetben. Hogy megismerjük a sugárzások biológiai hatásait ismernünk kell a testszövetekben elnyelt energia értéket. Emiatt alkalmazzák a dózismennyiségeket, amelyek általánosságban az anyagban elnyelt sugárzási energiát jelölik. Ez nagymértékben függ attól, hogy az elnyelt dózis sztochasztikus (kisebb besugárzás, későbbi megbetegedés) vagy determinisztikus (életveszélyes besugárzás).

Ionizáló sugárzások biológiai hatása²¹

Kin? Mikor? Milyen? kérdések alapján osztályozhatjuk be a sugárzások biológiai hatásait



6. ábra

Ionizáló sugárzások biológiai hatása

Forrás: www.pavogy.web.elte.hu 2024.09.05

Sztokasztikus hatás

Ezek a hatások, amelyek később alakulnak ki, közé tartoznak a különféle rákos megbetegedések, például a leukémia. A nagy dózisu besugárzások során szerzett információk lehetővé tették egy dózis-hatás görbe elkészítését, amely a rák kialakulásának valószínűségét összekapcsolja az egyén által elszenvedett sugárterhelés nagyságával. Abban az esetben, ha besugárzott sejt nem pusztul el, hanem valamilyen elváltozás történik benne, az eredmény

²¹ www.pavogy.web.elte.hu, letöltés ideje: 2024.09.05

sztochasztikus hatás lehet. Nincs bizonyíték arra, hogy bizonyos küszöbdózis alatt ne alakulhatna ki rákos elváltozás. Ha az ionizáló sugárzás miatt károsodott sejt egy ivarsejt, amelynek funkciója a genetikai információ átvitele az utódba, akkor a besugárzott személy leszármazottaiban különféle örökletes hatások jelenhetnek meg. A sztochasztikus hatások valószínűsége feltételezhetően arányos a kapott dózissal, és nincs küszöbértéke, így a dózis-hatás összefüggése lineárisnak tekinthető.

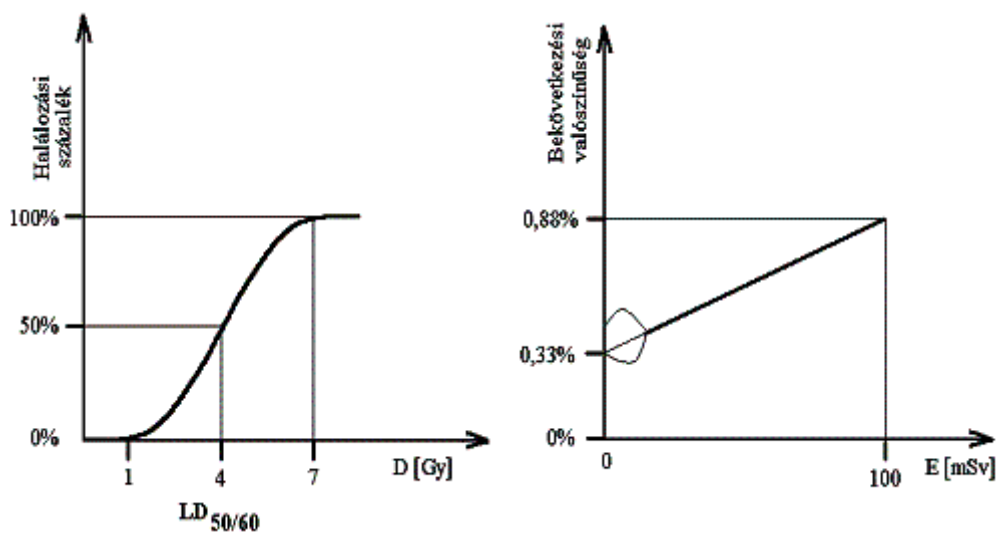
Determinisztikus hatás

Ha a sugárterhelés meghaladja a 250 mSv-t, különféle rövid távon megjelenő hatások jelentkezhetnek, melyek súlyossága a dózis mértékével növekszik (ez a determinisztikus hatás). Nagy dózisok esetén a sugárhatásként jelentkező hányinger, bőrpír vagy súlyosabb, heveny elváltozások már rövid idővel a besugárzás után klinikailag felismerhetőek az érintett személyeknél. Ha a dózis meghalad egy küszöbértéket, akkor ezek a mellékhatások biztos, hogy megjelennek. A determinisztikus hatásokat különböző folyamatok eredményezik, főként a nagy sugárszintek esetén bekövetkező sejtpusztulás és a késleltetett sejtosztódás. Ha ezek jelentős mértékűek, károsítják az érintett szövet működését. Egy adott determinisztikus hatás súlyossága növekszik a kiváltásához szükséges küszöbdózis feletti dózissal.

A 9. ábra jobb oldalán látható görbe kiindulópontja Magyarországon a rosszindulatú daganatos betegségek miatti 0,33%-os éves halálozási adatot tükrözi. Azonban vitatott kérdés, hogy a tartós, kis mértékű dózisznövekedés (például magasabb háttérsugárzás) jelentősen növeli-e a betegség előfordulásának valószínűségét (felső görbe), vagy van-e stimuláló hatása (alsó görbe). Egyes adatok szerint kis dózisok segíthetik a szervezet hibajavító mechanizmusait.

A genetikai sugárhatások azt jelentik, hogy az ionizáló sugárzás a csírasejtek kromoszómáiban és génjeiben öröklődő károsodásokat okoz. Az ilyen mutációk általában kóros elváltozásokhoz vezetnek, amelyek csökkentik az utódok életképességét, mint például sükettség, vakság. A mutációk többnyire recesszívek, tehát nem azonnal az érintett egyén utódaiban, hanem későbbi generációkban jelennek meg, ha azonos mutációjú kromoszómák találkoznak az utódnemzés során. Amíg a társadalom csak kis része van kitéve a megemelkedett sugárzásnak, a genetikai károsodások valószínűsége nem túl nagy. Ha azonban a népesség jelentős hányada kerül kapcsolatba sugárzással, a genetikai sérülések esélye drasztikusan megnőhet. A Hirosima és Nagasaki atomtámadásainak túlélői között

végzett vizsgálatok nem mutattak ki közvetlen genetikai hatást a túlélők gyermekeiben, de ez nem zárta ki annak lehetőségét, hogy a sugárzásnak mégis lehetett genetikai következménye.



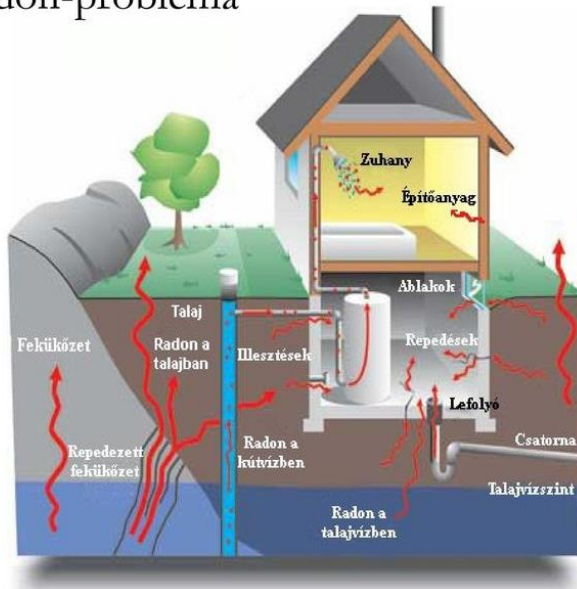
7. ábra

Az ionizáló sugárzások biológiai hatásának dóziszfüggése.
 Forrás: www.pavogy.web.elte.hu, letöltés ideje: 2024.09.05

5.1. Radon probléma²²

„radon-probléma”

- kőzetek, talajok urán-, rádiumtartalma → radon az épületek levegőjében felhalmozódhat
- nagy mennyiségben bizonyítottan növeli a tüdőrák kialakulásának kockázatát (ICRP, 1987)



8. ábra

Radonnal kapcsolatos problémák bemutatása ábra segítségével
Forrás: www.docplayer.hu, letöltés ideje: 2024.08.25.

Szintelen, szagtalan, íztelen, radioaktív nemesgáz, az egyik legmagasabb forrás és olvadásponttal rendelkezik, növeli a tüdőrák kockázatának kialakulását.

Bár a tüdő állandóan az öntisztulásra törekszik, amely során a belső felületeket borító csillószőrök kifelé irányuló mozgása segít a szennyeződések eltávolításában, ennek az időszükséglete néhány óra. Ez az idő azonban gyakran hosszabb, mint amennyi idő alatt a radon bomlástermékei jelentős része lebomlik. Míg az anyaelem, a radon, az emberi tüdőben tartózkodása alatt csak elenyészően kis része bomlik el, addig a radon bomlástermékei jelentős mértékben a tüdőben bomlanak le.

A radon mind fizikai, mind kémiai tulajdonságai alapján rendkívül mozgékony: a földkéreg radionuklidjai közül ez az egyetlen, amely gáznemű és kémiaileg inert nemesgáz. Gáz halmazállapota biztosítja a mozgékonyágát, nemesgáz volta pedig azt, hogy kémiaileg nem kötődik a környezet anyagaihoz.

²² Dr. Dobor József – Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.08.02.

5.2. Radioaktív izotópok egészségügyi alkalmazása²³

Radioaktív izotópok és ionizáló sugárzások széles körben alkalmazhatók daganatos megbetegedések kezelésére, a célzott sejtpusztítás mellett a képalkotó diagnosztikában, és folyamatos ízületi gyulladás csillapítására. Továbbá gyógymódot jelent pajzsmirigybetegekre.

A periódusos rendszer 118 elemet tartalmaz, amik közül mindössze 94 található meg a természetben. A tudomány jelenlegi állása szerint 254 stabil izotóp létezik, és több mint 3000 radioaktív izotóp ismeretes, közülük körülbelül 84 található meg a természetben.

Képalkotó diagnosztikai felhasználás

Hatalmas előnyt jelent, a képalkotó vizsgálatok során a korai stádiumban lévő megbetegedések feltérképezésében, egyes rendellenességek kimutatásában, és segítséget nyújt kialakítani a terápiás alkalmazásokat. Ezek használata kevesebb sugárterheléssel jár, mint a röntgenvizsgálatok. A vizsgálatok során az instabil izotópot szájon át, belélegezve vagy a leggyakrabban vénás úton kerül be az emberi szervezetbe. Az izotópdiagnosztikai eljárások közül a csontszcintigráfia²⁴ a leggyakoribb. Ez az eljárás a foszfátok csontokba való beépülésének mérésén alapszik, kimutatható a daganatos megbetegedések esetén, van-e csonttáttét. Továbbá segít a megfelelően gyógyuló csonttörések esetén és elő következmények nélküli csontfájdalmak vizsgálására, és állapotfelmérésre is alkalmazható ízületi protéziseknél.

A daganatok örökletes módon is kialakulhatnak, viszont a rossz életmóddal nagyobb valószínűséggel jelentkezhetnek hatásai. A kobalt-60 radioaktív izotóp a felelős az ilyen fajta betegségek gyógyításában, felkutatásában. A 9. ábrán láthatóak a tulajdonságai

²³ Hadmérnök 17. évfolyam (2022) 4. szám 100-112, letöltés ideje: 2024.09.08

²⁴ A rosszindulatú daganatok csonttáttéteinek kimutatására szolgáló egyik legérzékenyebb képalkotó eljárás



9. ábra
Kobalt-60 radioaktív izotóp jellemzése
Forrás: Hadmérnök 17. évfolyam (2022) 4. szám 100-112,
letöltés ideje: 2024.09.08

Ezekkel az eljárásokkal hasonló minőségű eredmények érhetőek el mindamellett, hogy a betegek életminősége nem romlik le, mint egy műtétet követően. Rosszindulatú daganat esetében 50-60 százalékban javasolnak sugárkezelést. A külső sugárterápia esetében kobaltágyúval külsőleg, gamma-sugárzással kezelik a szövetet. Ólom maszkkal próbálják megvédeni az ép szövetet a kezelés során.

A röntgensugárzás alkalmazása az egészségügyben nélkülözhetetlen a különböző diagnosztikai eljárások során. A röntgenvizsgálatok gyorsak, nem invazívak, és lehetővé teszik az orvosok számára, hogy pontosan diagnosztizálják a betegségeket és sérüléseket. A megfelelő biztonsági intézkedések betartása mellett a röntgensugárzás hatékony és biztonságos eszköz a modern orvosi gyakorlatban.

5.3. Magyarországi tenorm²⁵ helyzet²⁶

A TENORM anyagok által okozott sugárterhelés gyakran jelentkezik olyan helyeken, ahol az átlagosnál magasabb természetes radioaktivitású anyagokat bányásznak, illetve a bányatermékek feldolgozása és felhasználása során. Az uránbányászat és érckezelés tipikus

²⁵ Természetes eredetű radioaktív anyagok

²⁶ A környezeti sugárzás anomáliái, szerző: Dr. Várhegyi András

példái a bányászattal kapcsolatos többlet sugárterhelésnek, amely mind a munkavállalókat, mind a lakosságot érinti. Ezen kívül a szénbányászat és az erre alapozott energiatermelés is többlet sugárterhelést okozhat, ha a kitermelt szén radioaktivitása a földkéreg átlagos szintjét meghaladja. Magyarországon az ajkai és egyes tatabányai úgynevezett eocén szenek, amelyek erősen urános jellegűek, valamint a pécsi szén, amely közepesen urán-tóriumos, vegyes karakterű, tekinthetők radioaktivitás szempontjából kétségesnek. Ezzel szemben a nógrádi és borsodi szénfélések alacsony radioaktivitásúak. A szén elégetése során a keletkező pernyében és salakban az eredetileg is anomális radioaktivitás tovább koncentrálódik, és a környezetbe kerülve, például meddőhányók formájában, növelheti a természetes háttérsugárzás mértékét.

5.4. Sugárvédelem oktatása Magyarországon²⁷

Napjainkban Magyarországon többféle sugárvédelmi képzés közül választhatunk, itt mindenki megtalálhatja a számára megfelelő tanfolyamot, amelyek különböző szintű és célú tanfolyamot biztosítanak. Létezik alapfokú és bővített fokozatú sugárvédelmi tanfolyam.

Az alapfokú képzés szükséges azoknak a személyeknek, akik ipari területen olyan munkát vállalnak, ahol sugárveszélyes tevékenységgel foglalkoznak, az egészségügyi területen, sugárveszélyes helyen takarítanak, izotópot szállítanak gépjárművel és akik röntgen közelében dolgoznak.

A bővített fokozatú sugárvédelmi tanfolyam, azoknak az embereknek szükséges, ipari és egészségügyi munkaterületen ionizáló sugárforrással dolgoznak, és azt önállóan kezelik.

Szerintem ezeket a képzéseket be lehetne vezetni a szakközépiskolákban, gimnáziumokban a természettudományi tantárgyak iránt érdeklődők számára, így korán megtanulhatják a sugárvédelem fontosságát, továbbá lehetőségük lenne az alapfokú tanfolyam elvégzésére.

²⁷Sugárvédelmi- és Munkavédelmi Szakértő és Oktató Kft. honlapja: www.sugarvedelmikft.hu, letöltés ideje: 2024.09.10.

6. Sugárvédelem, nukleáris baleset elhárítás

Az alábbi fejezet Magyarország egyetlen atomerőművét és a hozzá kapcsolódó védelmi rendszereket mutatja be.

6.1. Kitelepítés, befogadás²⁸

A Paksi Atomerőműtől 3 km-re található Paks-Csámpapuszta, egy Tolna vármegyei település, amely közigazgatásilag Paks része, és körülbelül 140 lakos él itt. A lakosság tervezett kitelepítéséhez három gyülekezési helyet jelöltek ki, ahonnan a lakosok szállítóeszközökkel gyorsan evakuálhatók.

Tolna vármegyében a Paksi Atomerőműtől 3-30 km-re eső zónába 60 településen kell kitelepítésről gondoskodni, ami körülbelül 125.000 fő. Bács-Kiskun vármegyében a 30 km-es tervezési zónába 26 település tartozik bele, ahol az érintett lakosság 80.000 fő. Fejér vármegyében nyolc település érintett a kitelepítésben, itt mintegy 13.000 főt kell kitelepíteni. A kitelepítéshez a megyék autóbusz közlekedését biztosító társaságokat is bevonták. A lakosság biztonságos kitelepítéséhez elegendő az előre kijelölt útvonalak áteresztő képessége.

6.2. Elzárkóztatás

Az elzárkóztatásról akkor érdemes gondoskodni, ha a becsült elkerülhető dózis két nap alatt meghaladja a 10mSv-t. Ilyenkor a lakosságot tájékoztatni kell arról, hogy maradjanak az épületeken belül, és zárják be az ablakokat és ajtókat. Ezzel a könnyen megvalósítható módszerrel az épületek árnyékoló hatásának köszönhetően, ami függ a falvastagságtól, anyagminőségtől és egyéb tényezőktől, a külső sugárzás 10-100-szorosára csökkenthető, míg az ajtók és ablakok lezárásával a radioaktív aeroszolok belégzéséből származó belső sugárterhelés ötszörösére mérsékelhető. Az intézkedés bevezetésével azonban megváltozhatnak az életviteli szokások, mint például a családok szétszakadása és a vásárlási nehézségek miatt csak korlátozott ideig tartható fenn. Ezt az állapotot nem célszerű hosszabb ideig fenntartani, hiszen a különböző közintézményekben, mint például a munkahelyeken,

²⁸ Dr. Dobor József – Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.08.01.
www.atomeromu.mvm.hu, letöltés ideje: 2024.08.01.

iskolákban, óvodákban hosszabb idő esetén szembeszegülések megjelenésével kell számolni. Időszakos áttelepítés csak akkor javasolható, ha 1 hónap alatt 30mSv effektív dózis várható.

6.3. Jódprofilaxis²⁹

A pajzsmirigy az emberi test legnagyobb belső elválasztású mirigye, ami gége előtt, két oldalon található. Az anyagcserét és az energiafelhasználást A pajzsmirigy által termelt thyroxin nevű hormon szabályozza. A hormontermelést az agyalapi mirigy által kibocsátott TSH irányítja.



10. ábra

Jód-131 radioaktív izotóp jellemzése

Forrás: www.folyoirat.ludovika.hu Hadmérnök 17. évfolyam (2022) 4.szám

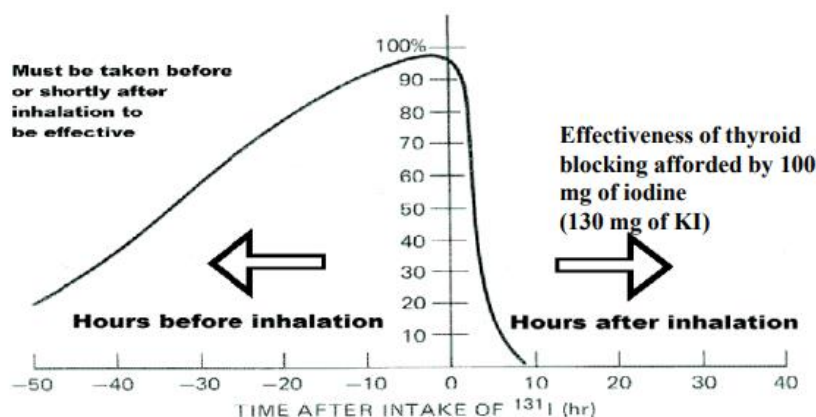
Letöltés ideje: 2024.09.04.

A pajzsmirigy működése lehet alulműködő vagy túlműködő. TSH hiány esetén pajzsmirigy alulműködést válthat ki, ami tüneteket okozhat, mint például fáradékonyság, székrekedés, súlygyarapodás, depresszió, és terhesség esetén akár a magzat fejlődését is befolyásolhatja. A pajzsmirigy túlműködését jelezheti a foltos hajhullás, az alvászavarok, a szapora szívverés, a hirtelen súlyváltozások, izomgyengeség, légzési nehézségek vagy kézremegés. Az alulműködést gyógyszeres kezeléssel, műtéttel vagy radiojód-terápiával lehet kezelni. A felnőttek napi jódszükséglete 0,15-0,2 mg, míg a gyermekeké kortól függően 0,09-0,15 mg

²⁹ Ludovika az NKE tudományos portáljának honlapja: www.folyoirat.ludovika.hu Hadmérnök 17. évfolyam (2022) 4.szám, letöltés ideje: 2024.09.04.

Dr. Dobor József Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.06.20

között változik. A jód a pajzsmirigyben halmozódik fel. Ha másfél év gyógyszeres kezelés nem hoz eredményt, és nincsenek kizáró okok, akkor radiojódos kezelés javasolt. Nukleáris baleset esetén, mielőtt még megérkezne a radioaktív felhő, a Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetében élő lakosoknak van arra lehetőségük, hogy az inaktív jódkészítmény bevétele után védelmet kapjanak a sugárzás ellen. A radiojódos kezelés célja a pajzsmirigy működési zavarának és méretnövekedésének megszüntetése, valamint a mirigy méretének csökkentése, ezzel megelőzhető az pajzsmirigy alulműködése. A jódbevitel időzítése nagyon fontos, hiszen a radioaktív jód szervezetbe jutása előtt néhány órával, de legkésőbb egy órával utána viszünk be inaktív jódkészítményt, az több mint 90%-os védőhatást biztosít. Hat óra elteltével bevett jódtabletta 50%-os védelmet nyújt, míg egy nappal későbbi jódpofilaxis esetén a dóziscsökkenés mértéke 5% alá csökken. 8 nap a 131-es jódiszotóp felezési ideje, míg a 129-es jódiszotóp az egyik leghosszabb felezési idejű, amely 15,7 millió év. Mindkét izotóp béta-sugárzó, azaz nagy energiájú elektronokat bocsát ki.



11. ábra

Jódprofilaxis

Forrás: Dr. Dobor József Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.06.20

6.4. Atomerőmű Tűzoltóság (ATŰ)³⁰

Egészen 1986. április eleje óta látnak el készenléti szolgálatot a hivatásos tűzoltók, kezdetekben az Országos Tűzoltó Parancsnoksághoz tartoztak, majd 1994. július 1-től alakultak át létesítményi tűzoltósággá. Az atomerőmű folyamatos működésével megnövekedett a biztonsági kockázat, aminek a következményeként szükség van az állandó létszámú létesítményi tűzoltóságra és a megfelelő eszközökkel való munkavégzésre. A

³⁰Paksi Atomerőmű Tűzoltóságának honlapja: atomix.mvm.hu/hu-HU/Bemutakozas/Tevekenyseg/BiztonsagiUzletag, letöltés ideje: 2024.09.05.

tűzoltóságon dolgozókat folyamatosan képzésekre, gyakorlatokra küldik, hogy éles riasztás és üzemzavar esetén az elhárítás minden esetben sikeres legyen. Természetesen speciális atomerőművi helyismerettel kell rendelkezniük az itt dolgozóknak. A megfelelő testi és lelki állapot fenntartása miatt indult el az egészségmegőrző program, melybe beletartozik a sportfoglalkozásokon, rendszeres orvosi ellenőrző vizsgálatokon való részvétel továbbá, a budapesti pszichikai gyakorló pálya használata és a folyamatos reggeli jóga gyakorlatok alkalmazása. Ezen felül az állomány tagjai részt vesznek különböző személyiségfejlesztő tréningeken, a vállalkozó kedvűek még angolul is tanulhatnak. Az ATOMIX Kft. működése alá tartozó Atomerőművi Tűzoltóság országos szinten az egyik legkorszerűbben felszerelt és legfelkészültebb állománnyal rendelkezik. Céljaik között szerepel a megbízhatóság, korszerű magas színvonalú tudás, eszköz és gépjármű parkja szinten tartása a kor változó igényeinek kielégítése érdekében. A magasban és a mélyben történő mentési munkákra való felkészülés miatt született meg az úgynevezett IPARI ALPIN képzés (Emelőkosár vagy állványzat használatát kötéltechnikával helyettesítve, nehezen hozzáférhető helyeken). Az idő előrehaladtával megbizonyosodhatunk róla, hogy az egyre bővülő és mélyülő szakmai munka az atomerőmű és az állampolgárok biztonságát szolgálják egyre magasabb színvonalon napról napra.

Technikai eszközeik:

Számomra a legérdekesebb a Mercedes-Benz Vario 616 D 4 hengeres 156 LE EURO4 diesel motor által hajtott 6t teherbírású háromszemélyes tehergépjármű, aminek a málha felszerelés része tartalmazza az informatikai eszközöket, amelyek monitorokból, vezérlő számítógépből és rádiókészülékekből állnak. Ezek lehetővé teszik térképek, veszélyes anyagok, szöveges dokumentumok és jogszabályok keresését. Ezenkívül alkalmasak arra, hogy a helyszínen történő intézkedéseket képi és hang formájában rögzítsék. Továbbá rendelkeznek Rosenbauer TLF 2000-es, TLF-4000 Mercedes ATEGO és Rosenbauer ULF 6500/1000-es vegyes használatú gépjárműfecskendőkkel, valamint emelőkosaras gépjárművel SS-600 SIMON, és konténer gépjárművel. Mercedes Sprinter rohamkocsi áll rendelkezésre a magas szintű egészségügyi ellátás feltételeinek biztosítása érdekében, továbbá HONDA WTD 40 szivattyú, TURBEX vízturbinás könnyű-habgenerátor, veszélyes anyag kárfelszámolás utánfutó és CROSS FIRE-típusú telepíthető vízágyú áll a rendelkezéseikre.

6.5. Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER)³¹

Magyarországon a nukleárisbaleset-elhárítási feladatokat a katasztrófák elleni védekezésről szóló 1999. évi LXXIV. törvény, közismertebb nevén a Katasztrófatörvény szabályozza, amely 2000. január 1-jén lépett hatályba. Katasztrófa esetén a Nukleárisbaleset-elhárítási Védekezési Munkabizottság és az Operatív Törzs együtt vesznek részt a döntések előkészítésében és végrehajtásában. Az ONER működését a Kormányzati Koordinációs Bizottság (KKB) határozza meg, amit a Belügyminiszter irányít, nukleáris veszélyhelyzet esetén helyettesíti az OAH Főigazgatója. A veszélyhelyzet kihirdetése és feloldása a kormány feladatkörébe tartozik, a KKB elnökének javaslata alapján.

Négy működési állapota van: normál, készenléti, veszélyhelyzeti, helyreállítási.

Normál működési állapotban történik az országos sugárzási helyzet folyamatos figyelemmel kísérése, a radiológiai adatok gyűjtése, ellenőrzése, elemzése és értékelése, valamint az ezekről szóló jelzések továbbítása. Továbbá működeti az ONER riasztási rendszert, naprakészen tartja a nukleárisbaleset-elhárítási terveket, felkészíti a lakosságot és a nukleárisbaleset-elhárításban érintett szervezeteket, valamint biztosítja nukleárisbaleset-elhárítási feladatok anyagi és technikai részeit.

6.6. Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer³²

A kormányzati koordinációs szerv számára elengedhetetlen információk biztosítása érdekében működik az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (röviden: OSJER). Az OSJER felépítését és működését a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság jóváhagyja, melynek vezetője a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter, a Belügyminiszter. Az OSJER feladatait az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER) működéséről szóló 167/2010. (V.11.) Korm. rendelet határozza meg.

Az OSJER különböző működési szintjein a következő feladatokat látja el:

- Az országos sugárzási helyzet folyamatos figyelése, jelzése, ellenőrzése során gyűjti, ellenőrzi, kezeli, jelzi, elemzi és értékeli a radiológiai mérési adatokat és eredményeket.

³¹ Dr. Dobor József – Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.08.20.

³² Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság honlapja: www.katasztrofavedelem.hu, letöltés ideje: 2024.08.20.

- Az ONER működési állapotának megfelelő riasztás és értesítés előkészítése és működtetésében részt vevő szervek tájékoztatása.
- Sugárvédelmi intézkedések megalapozása a lakosság életkörülményeinek és munkafeltételeinek fenntartásához, az anyagi javak védelméhez és a nukleárisbaleset-elhárítási tevékenységhez.
- Biztosítja az ország radioaktív szennyezettségre jellemző adatait nemzetközi értesítési kötelezettségének teljesítése érdekében az OSJER szerveknél és az atomenergia alkalmazójánál működő mérőhelyek mérési adatai alapján, és a BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központjának értékelésére alapozva.
- Feladatai közé tartozik az ország nukleárisbaleset-elhárítási helyzet előrejelzése. Jelzi az országos sugárzási szintet az OSJER távmérőhálózat mérési adatai alapján.
- Az OSJER az ország nemzetközi radiológiai monitoring adatcsere rendszerének nemzeti központjaként is működik, továbbá részt vesz a lakosság nukleárisbaleset-elhárítási tájékoztatásában.
- Az OSJER segíti a kormányzati koordinációs szervet nukleárisbaleset-elhárítási döntés-előkészítő tevékenységében.
- Az OSJER felelős a biztonságot kedvezőtlenül befolyásoló eseményekből származó sugárzó anyagok várható terjedési útvonalának előrejelzéséért, és működteti a nemzetközi valós idejű, online nukleárisbaleset-elhárítási döntéstámogató rendszert.

Az OSJER alrendszerei

- A Radiológiai Távmérő Hálózat telepített automata monitoring távmérőállomásokból áll, amelyek az ország nukleárisbaleset-elhárítási korai riasztási rendszereként működnek.
- A Mobil Radiológiai Laboratóriumok hálózata szükség esetén biztosítja a sugárzási viszonyok helyszíni felderítését és elemzését.
- A Helyhez Kötött Laboratóriumok Hálózata a beszállított minták radioaktivitásának mérését végzi, amely az óvintézkedések bevezetésének alapját képezi

6.7. Dózis, sugárzás mérése³³

A sugárvédelem területén az első mérvadó lépés 1928-ban történt, amikor meghatározták a besugárzási dózis fogalmát és a mérésének módját.

Ezt követően a sugárzások indukálta biológiai hatások kialakulása és megfigyelése során fejlődött tovább a sugárvédelem. A sugárvédelem gyakorlati megvalósítására számos példa található, mint például a Paksi Atomerőműben kialakított sugárvédelmi rendszer.

A sugárvédelem történetének további fontosabb mérföldkövei:

- 1895: Röntgen felfedezi az x-sugarakat
- A természetes radioaktív izotópok tulajdonságainak megismerése
- A sugárvédelem és dozimetria kapcsolatának megértése
- A sugárvédelem jogi szabályozásának fejlődése
- A sugárfizikai és sugárvédelmi ismeretek bővülése

Összességében a sugárvédelem kialakulása a sugárzások felfedezésétől kezdve egy folyamatos fejlődési út, amely a sugárfizika, dozimetria, sugárbiológia és jogi szabályozás terén elért eredményeken alapul.

A radioaktivitás alkalmazási területei

- Orvostudomány: Diagnosztikában (pl. PET-vizsgálatok) és kezelésben (pl. sugárterápia).
- Energia: Az atomreaktorok ellenőrzött maghasadással termelnek energiát.
- Ipar: Radiográfia a hegesztési varratok és anyagok vizsgálatára, valamint nyomjelzők a folyamatok tanulmányozására.
- Régészet: Szén kormeghatározás (a szén-14 izotóp felhasználásával) a leletek korának meghatározására.

Bár a radioaktivitás számos előnyös felhasználási lehetőséggel bír, jelentős egészségügyi kockázatokat is rejt magában. A hosszan tartó sugárterhelés sugárbetegséghez, rákhoz és genetikai károsodáshoz vezethet. Ezért a radioaktív anyagok kezelése szigorú biztonsági protokollokat igényel, beleértve az árnyékolást, a távolságot és az expozíciós idő korlátozását.

Észlelés és mérés

³³ www.atomfizika.elte.hu, letöltés ideje: 2024.09.05.

- Geiger-Müller-számlálók: Az ionizáló sugárzás (alfa, béta és gamma) kimutatása.
- Szcintillációs számlálók: Az ionizáló sugárzásból származó, bizonyos anyagokkal kölcsönhatásba lépő fény mérése.
- Doziméterek: Személyi eszközök, amelyek a sugárterhelést mérik az idő múlásával.

A radioaktivitás megértése kulcsfontosságú ahhoz, hogy hasznosítani tudjuk az előnyeit, miközben minimalizáljuk a kockázatait.

A radioaktivitás mérőszáma azt mutatja meg, hogy egy adott anyagban hány atommag alakul át másodpercenként. Ezt becquerel-ben (Bq) mérik: egy becquerel aktivitású anyagban egy atommag bomlik el másodpercenként. A természetben előforduló radioaktív anyagok miatt egy átlagos testsúlyú emberben másodpercenként több mint ötezer ilyen természetes átalakulás történik. A természetes sugárzás mindig is jelen volt a Földön, és az élővilág ezekhez a körülményekhez alkalmazkodva fejlődött ki.

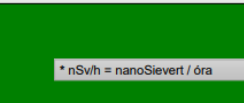
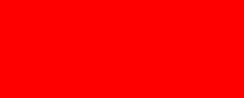
6.8. Dózis³⁴

Dózis alatt azt az energiát értjük, amelyet a sugárzás a terjedése során az adott közegnek átad. Egysége a gray (Gy), jele D; $[D] = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gy}$, ami azt jelenti, hogy az egységnyi tömegű közegben elnyelt energiát méri.

A dózis mértéke a sugárzás és az anyag kölcsönhatásától függ, tehát befolyásolja a sugárzás fajtája, energiája, az anyag minősége és a kölcsönhatás időtartama. Megkülönböztetünk egyenérték dózist és effektív dózist. Amennyiben a biológiai szövetek és szervek érzékenységét, illetve válaszreakcióit is figyelembe vesszük, egyenértékdózisról beszélünk. Az effektív dózis egy olyan dóziszfogalom, amely esetében figyelembe kell venni a különböző szövetek eltérő kockázatnövelő hatásait, egész testre vonatkozóan. Az egyenértékdózis esetében nem lett megvizsgálva, hogy a különböző szervek, szövetek különbözően reagálnak ugyanarra a sugárzásra. Ezek mértékegysége a sievert (Sv). Minél hosszabb ideig és minél nagyobb sugárzás éri az élő szervezetet, annál nagyobb károsodást okozhat. Az egységnyi idő alatt elnyelt vagy mért dózist dózisteljesítménynek hívják, amelynek mértékegysége Sv/h (sievert/óra). A környezetben mért dózisteljesítményt (háttérsugárzást) gyakran nSv/h (nanosievert/óra, 10^{-9} Sv/h) mértékegységgel adják meg.

³⁴ www.atomfizika.elte.hu, letöltés ideje: 2024.09.05.

Magyarországon a háttérsugárzás mértéke 50-180 nSv/h között ingadozik, amely függ a magasságtól, a talaj típusától, valamint a természeti és időjárási körülményektől (elsősorban a csapadéktól). Ha valamelyik mérőállomáson a dózisteljesítmény jelentősen megváltozik, azonnal megkezdik a kivizsgálást, vagy szükség esetén helyszíni ellenőrzést és óvintézkedéseket rendelnek el. A hazai figyelmeztetési szint 250 nSv/h, a riasztási szint pedig 500 nSv/h. Ezek a jelzési szintek még nem jelentenek valós veszélyt, de azt jelzik a szakemberek számára, hogy indokolt a növekedés okának kivizsgálása, mielőtt az biztonsági kockázattá válna.

Szin kód	Határérték	Reakció az OKF részéről
	0 - 250 nSv/h * [Normál Szint]	A természetes izotópoktól eredő háttérsugárzás Magyarországon 60-160 nSv/h érték között ingadozik. Az ingadozást természeti hatások, időjárási körülmények (légnyomás, csapadék mennyiség) változásai befolyásolják. A 250 nSv/h alatti háttérsugárzás természetes és semmilyen veszélyt nem jelent.
	250 - 500 nSv/h *	Magyarországon igen ritka a 250 nSv/h értéket meghaladó háttérsugárzás, ezért az országos Sugárfigyelő Jelző és Ellenőrző rendszer távmérő hálózata úgy van beállítva, hogy 250 nSv/h érték fölött jelezzen a központi szerveknek. A jelzés után a központok fokozott figyelmet fordítanak az adott állomásra, és ha a sugárzás mért értéke az adott állomáson folyamatos növekedést mutat, vagy a környező állomásokon is emelkedik, megkezdik az eset kivizsgálását.
	> 500 nSv/h *	A figyelmeztető szint 500 nSv/h. Ez a szint a természetes háttérsugárzás mintegy ötszöröse, azonban még mindig nem jelenti azt, hogy az állomás közelében lévő emberek veszélyben lennének. Csúpan a szakembereket figyelmezteti a kivizsgálás megkezdésére.

12. ábra

Országos háttérsugárzási adatok

Forrás: Dr. Dobor József Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.07.10

6.9. A Katasztrófavédelem sugárvédelmi feladatai³⁵

Iratkezelés és adatvédelem

- Az Igazgatási Főosztály felelős a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságához érkező és ott keletkező nemzeti és külföldi minősített adatok ügyirat-kezeléséért.
- Kidolgozza és karbantartja az iratkezelési szabályzatot és az elektronikus iratkezelő rendszert.
- Gondoskodik az iratok biztonságos megőrzéséről és az irattár működtetéséről.

Sugárfigyelés és korai előrejelzés

³⁵ www.katasztrofavedelem.hu, letöltés ideje: 2024.09.01.

Dr. Dobor József – Sugárvédelem jegyzet, letöltés ideje: 2024.09.01.

- Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer központi feladata az ország nukleáris baleset-elhárítási korai előrejelzése és a nemzetközi radiológiai monitoring adatsere biztosítása.
- A Katasztrófavédelmi Mobil Laborok hatékonyan alkalmazhatók a sugárzási viszonyok helyszíni felderítésének támogatására.

Ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések üzemeltetése és karbantartása

- A BM OKF felügyeli az ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések üzemeltetését és karbantartását.

6.10. Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység (KSE)³⁶

Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma hét Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység (KSE) járművet adományozott Magyarországnak, hogy támogassa a sugárzó anyagok illegális kereskedelmének és környezeti kibocsátásának globális visszaszorítását. Ezek a járművek a Bács-Kiskun, Békés, Csongrád, Győr-Moson-Sopron, Hajdú-Bihar, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Zala vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóságok alatt látnak el szolgálatot.

A KSE járművek elsődleges feladata a Magyarországon áthaladó főbb tranzit útvonalakon a radioaktív és nukleáris anyagok szállításának ellenőrzése, valamint a vármegyei és fővárosi KML radiológiai és nukleáris anyagokkal kapcsolatos bevetéseinek támogatása. Ha a káresemény jellege és kiterjedése indokolja, a KSE járművek mobil vezetési pontként is működhetnek.

A mobil vezetési pont kialakításának célja, hogy egy olyan eszközt hozzanak létre, amely közvetlenül a kárhelyszíneken használható, könnyen kezelhető, mobil, és gyorsan telepíthető, miközben támogatja a vezetői döntéshozatalt, információk fogadását, feldolgozását és továbbítását, valamint helyszíni műveletirányítást végez. Az eszköz minimális humánerőforrást igényel az üzemeltetéséhez. Emellett az MVP megfelel annak a fejlesztési iránynak is, amely az önálló informatikai eszközök alkalmazását célozza a járműveken belül és kívül egyaránt, amelyek alapvető jellemzőikben és képességeikben megegyeznek a fix vezetési pontokon használt eszközökkel.

³⁶ Hadtudományi Szemle 12.évfolyam (2019) 2.szám 129-138, letöltés ideje: 2024.09.05.
www.katasztrofavedelem.hu, letöltés ideje:2024.09.05.

A KSE egy Fiat Ducato típusú tehergépjármű átépítésével született meg. A járművet a rendvédelmi feladatokhoz szükséges megkülönböztető fény- és hangjelző berendezésekkel, valamint KATASZTRÓFAVÉDELEM feliratú matricákkal látták el. A jármű vezetéséhez elegendő egy B kategóriás gépjárművezetői engedély, így az állomány bármely tagja az előírt alapfokú vezetéstechnikai tréning elvégzése után részt vehet a közúti forgalomban.

A KSE elsődleges feladatát a gépjárműbe beépített, nagy érzékenységgű neutron- és gamma-sugárzást egyaránt érzékelni képes sugárkapu, valamint a hordozható és kézi sugárzásdetektáló, és a radioaktív anyagok beazonosítására is alkalmas mérőeszközök biztosítják. Ezek lehetővé teszik a sugárzó anyagok vizsgálatát nyílt területen, épületekben, járművekben, vasúton, repülőgépeken és hajókon egyaránt. Az eszközök továbbá lehetőséget adnak a sugárzó anyagok személyeknél való jelenlétének, pontos helyének felderítésére és azok fajtájának meghatározására. Menet közben a KSE adott sebességgel, meghatározott útvonalon haladva képes egy terület sugárszintjének felmérésére és a környezeti háttérsugárzás változásának folyamatos ellenőrzésére. A felderítő feladatok ellátásához szükséges berendezéseket és eszközöket a jármű rakterében, a mobil vezetési pont alkalmazáshoz szükséges technikával együtt szerelték. Ezek az eszközök lehetővé teszik a sugárzás folyamatos monitorozását is. A raktérben kialakított két vagy többmonitoros munkaállomásán lehetőséget ad a helyszínen szerzett információk gyűjtésére, feldolgozására és monitorozására és kiszolgálja a műveletirányítási feladatokat.

6.11. Katasztrófavédelmi Mobil Labor³⁷

Minden vármegyei igazgatóság rendelkezik egy ilyen felépítményes tehergépjárművel, jelenleg 18 darab, plusz 1 darab fővárosi, továbbá a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéri KML-ek látják el Magyarország védelmét. A fővárosi és a reptéri mobil laborok a nap 24 órájában állnak rendelkezésre 2 perces vonulási idővel, 24/48 órás munkarendben. A vármegyei KML-ek hivatali munkarendben működnek, hivatali időn belül 20 perc, hivatali időn kívül 1 óra készenléti idővel szolgálnak. Riasztás esetén a kijelölt személyzet ezzel a speciálisan felszerelt járművel érkezik a helyszínre, hogy kimutassa és felderítse a sugárzó, mérgező és fertőző anyagokat, amelyek a lakosok és a környezet számára veszélyt jelent, továbbá megteremtse a biztonságos munkafeltételeket azoknak az elsődlegesen beavatkozó

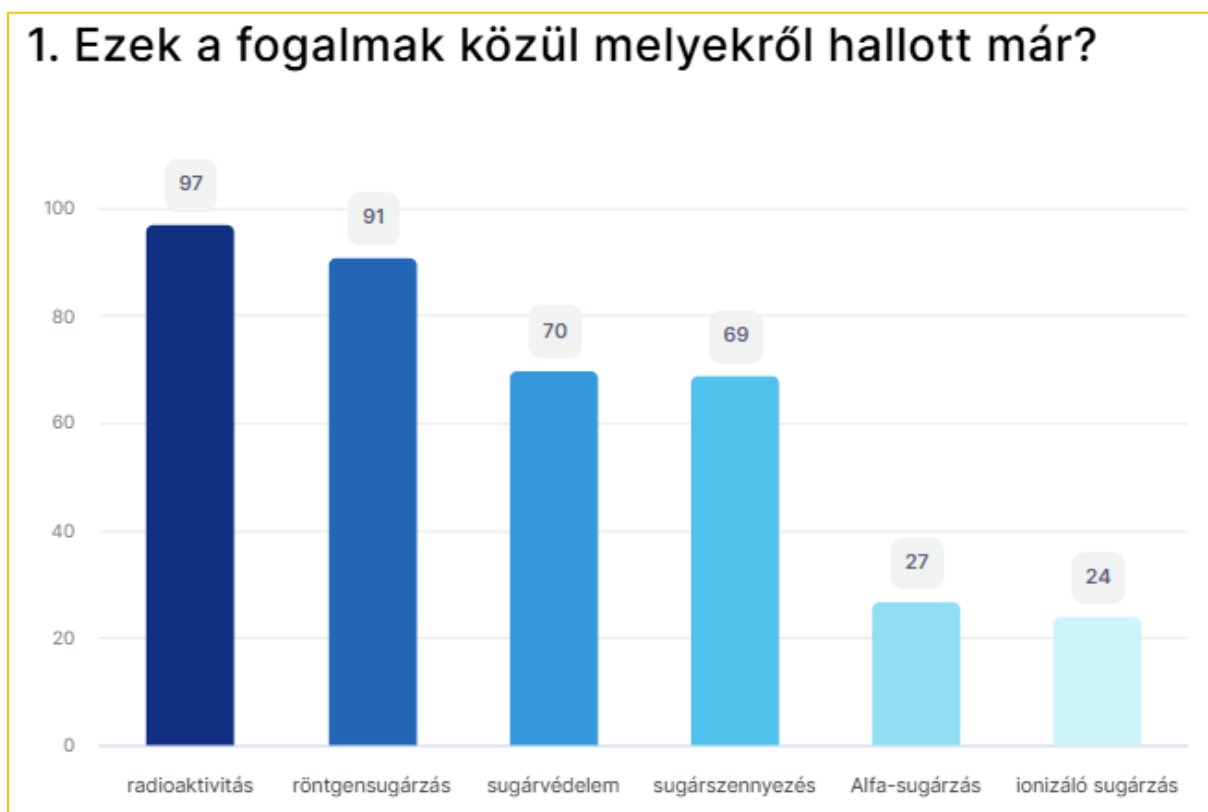
³⁷ Hadtudományi Szemle 12.évfolyam (2019) 2.szám 129-138, letöltés ideje: 2024.09.05.
www.katasztrofavedelem.hu, letöltés ideje: 2024.09.05.

szerveknek, akik a helyszínre lettek riasztva. A mobil laborok a mindennapi tevékenységük során a katasztrófavédelmi igazgatóságok működési területén ellenőrzéseket végeznek a veszélyes anyagok szállításával (ADR, ADN, RID) kapcsolatban. Emellett segítenek a baleseti kivizsgálásokban, valamint a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek időszakos hatósági ellenőrzésében és baleseti vizsgálataiban is.

Ahhoz, hogy valaki tagja lehessen a Katasztrófavédelmi Mobil Labornak, szüksége van egy komplex, átfogó oktatásra, ahol speciális ismereteket szerez vegyi, biológiai és radioaktív anyagokról, valamint azok detektálásának módszereiről. Emellett járványügyi, egészségügyi, pszichológiai, híradó-technikai, és térképészeti képzéseken is részt vesznek, továbbá megtanulják használni a GPS-t. Nagy hangsúlyt fektetnek a beavatkozói állomány testi és szellemi képességeinek a fejlesztésére.

7. A kérdőívből levont következtetések

Összeállítottam egy 15 kérdésből álló kérdőívet a sugárzás/sugárvédelmi témával kapcsolatban, amit megosztottam Facebookon az ismerőseim között. A kérdőívet 100-an töltötték ki. Az eredmények alapján azt tudom kijelenteni, hogy az emberek nagy része ismeri a sugárzással kapcsolatos fogalmakat. 100 emberből 97-en a radioaktivitást jelölték, de utána nem sokkal van lemaradva a röntgensugárzás, mint fogalom. Ahogy a diagramokon is látni, kevesen hallottak az Alfa-sugárzásról, és az ionizáló sugárzásról.

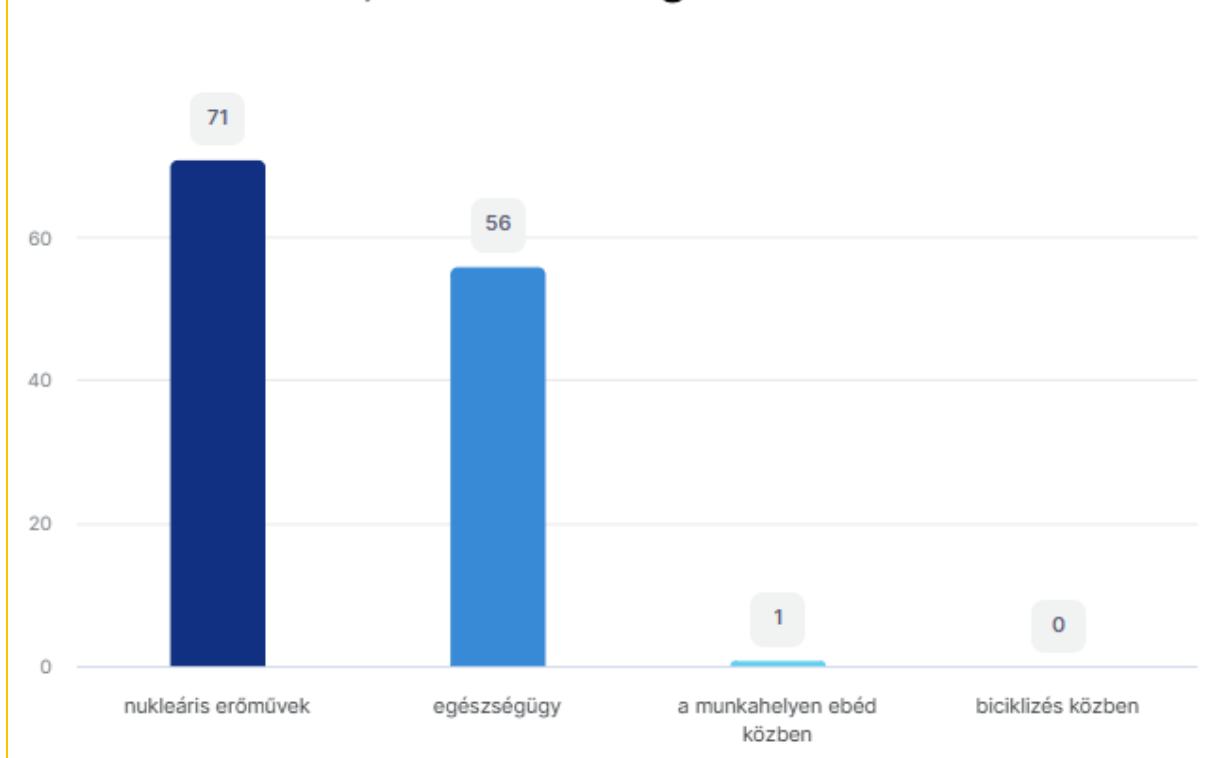


1. Diagram

Forrás: Általam készített kérdőív eredménye
letöltés ideje: 2024.07.22

A diagramok alapján kiolvasható, hogy a kitöltők tisztában vannak azzal, miszerint az ionizáló sugárzást az egészségügyben és a nukleáris erőművekben alkalmazzák. 100 emberből 71-en választották a nukleáris erőműveket, és 100 emberből 56-an jelölték az egészségügyet. Véleményem szerint az átlagember az egészségügyben találkozik a legtöbbet az ionizáló sugárzással.

4. Ön szerint hol alkalmazzák az ionizáló sugárzást, szervezetetten, és biztonságosan?



2. Diagram

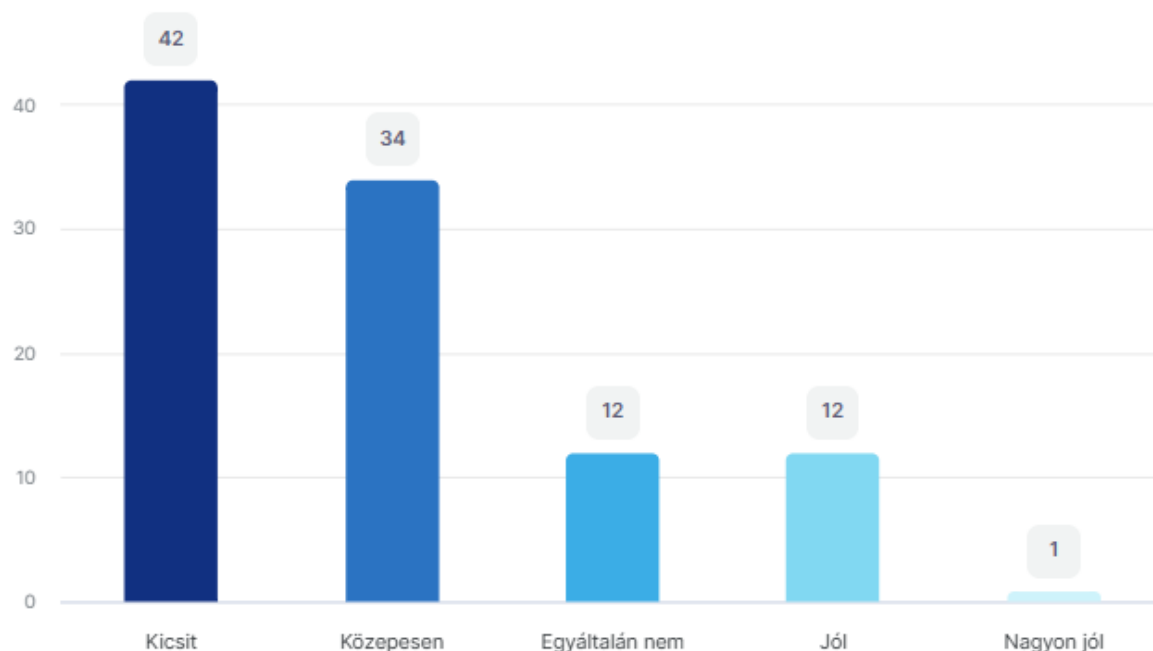
Forrás: Általam készített kérdőív eredménye
letöltés ideje: 2024.07.22.

Az eredményekből kimutatható, hogy elenyésző számú ember járt már a Paksi Atomerőműben és a BME oktatóreaktorban, és kevesen vettek részt sugárvédelmi képzésen. A kitöltők fele-fele arányban tudják, hogy Magyarország területén végeznek sugárvédelmi ellenőrzéseket.

Számomra az volt meglepő, hogy a kitöltők nem szívesen vállalnának munkát, olyan helyen, ahol köztudottan nagyobb eséllyel lépnek kapcsolatba sugárzással, viszont nagy részük fizetéstől függően meggondolná magát.

Sajnos az emberek kevés része van tisztába a sugárzások egészségügyi hatásaival, milyen következményeket von mag után, milyen változásokat képes okozni.

5. Mennyire ismeri a különböző sugárzások egészségügyi hatásait?



3. Diagram

Forrás: Általam készített kérdőív eredménye
letöltés ideje: 2024.07.22.

8. Jogszabályi alapok

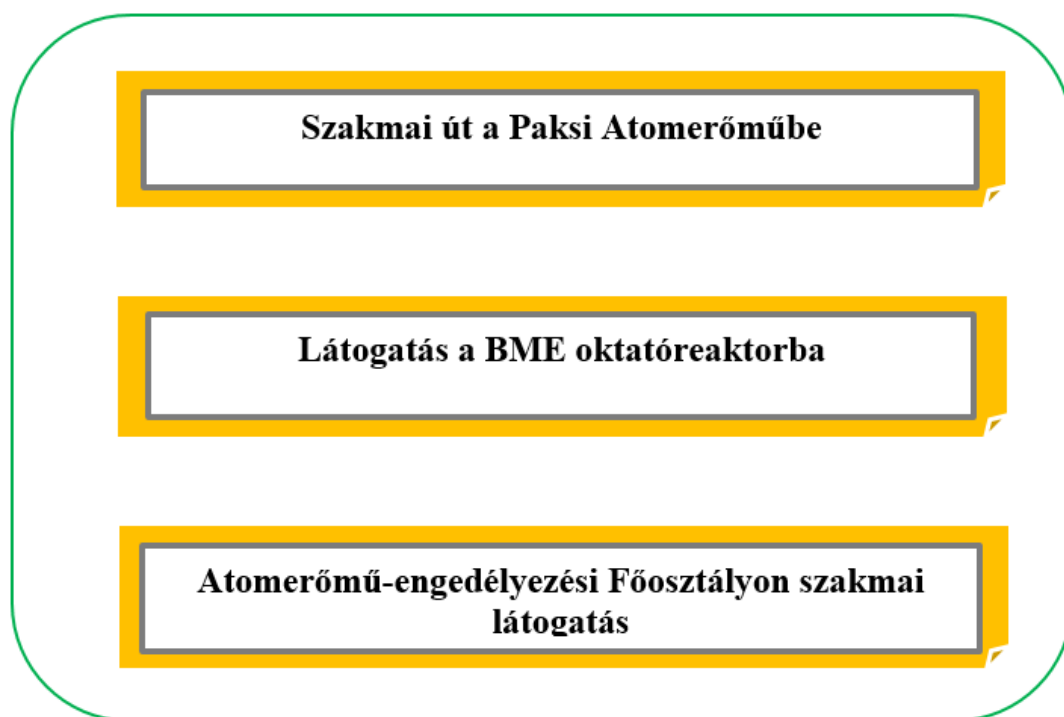
Ebben a fejezetben összefoglalom a dolgozatomban szempontjából legfontosabb szabályzókat, röviden kivonatolom.

- 1/2024. (IV. 8.) OAH rendelet a jogszabály alapján feljogosított független ellenőrző szervezet nyilvántartásáról, valamint az akkreditálás során érvényesítendő követelményekről
- 2/2024. (IV. 8.) OAH rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet módosításáról
- 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- A TANÁCS 2013/59/EURATOM IRÁNYELVE (2013. december 5.) Az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről
- 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- 12/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról
- 90/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról

- 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről
- 3/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról
- 4/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól
- 5/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértőről
- 6/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértői tevékenységgel kapcsolatos eljárások díjairól
- 7/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az atomenergiáról szóló törvény hatálya alá tartozó építményekkel, létesítményekkel kapcsolatos műszaki szakértői, tervezői, műszaki ellenőri és felelős műszaki vezetői tevékenység szerinti szakmagyakorlásra való alkalmasság igazolásának és nyilvántartásba vételének részletes szabályairól, továbbá a nyilvántartás adattartalmára vonatkozó szabályokról
- 8/2022. (XII. 15.) OAH rendelet az Országos Atomenergia Hivatal elnökének a rendeletkiadásban való helyettesítéséről
- 9/2022. (XII. 29.) OAH rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről
- 10/2022. (XII. 29.) OAH rendelet a nukleáris létesítményben foglalkoztatott munkavállalók speciális szakmai képzéséről, továbbképzéséről és az atomenergia alkalmazásával összefüggő tevékenységek folytatására jogosultak köréről

9. Javaslataim, értékek

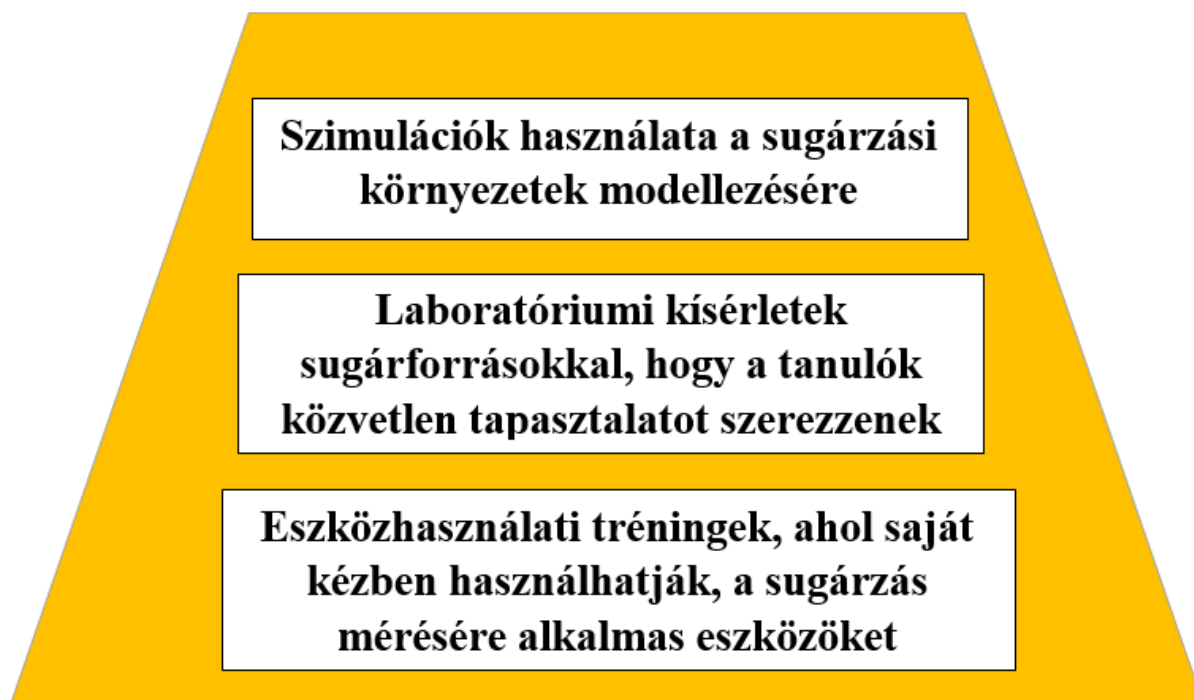
Szakmai út a Paksi Atomerőműbe egy nagyon jó lehetőség lenne a hivatásos állományoknak és azoknak a hallgatóknak, akik iparbiztonságot tanulnak nappali illetve levelező munkarendben. Ez nagyban segítené, hogy betekintést nyerjenek a rendszer működésébe és ezek a tapasztalatok hozzájárulhatnak a megelőzési és beavatkozási feladatok sikeres megoldásában. Az ATOMIX Kft. alatt működő Atomerőmű Tűzoltóság tapasztalatait is be lehetne mutatni a látogatóknak és egy úttal eszmecserét folytatnának, ami a jövőben mind a két fél hasznára válhatna. Véleményem szerint szakmai céllal történő látogatás felkeltené az emberek érdeklődését a téma iránt. Ezen felül az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságon működő Atomerőmű-engedélyezési Főosztályon történő munkálatok megtekintése hasznára válhatna a hallgatóknak.



13. ábra
Javaslataim az érintett állomány részére
Forrás: Saját ábrám

Katasztrófavédelmi szakemberek oktatásához javasolnám, hogy az adott tananyagban ne legyen felesleges információ, legyen az elsajátítandó szöveg értelmes és lényegre törő. Lehetne több olyan oktatás, amivel a sugárvédelem közelebb kerülne az emberekhez. Évente

többszöri továbbképzéseket javasolnék, ahol teszt megírásával megmérhetnék tudásukat, így jobban megragadna az adott tananyag. Az oktatás lehetne gyakorlat orientáltabb.



14. ábra
Javaslataim az oktatásra
Forrás: Saját ábrám

A sugárzás egy összetett és gyakran félreértelmezett terület, ezért érdemes lenne tudománykommunikációs képzéseket bevezetni, hogy a szakemberek hatékonyabban és érthetőbben tudják közvetíteni a sugárzás kockázataival és védelmével kapcsolatos információkat a laikusok felé.

10. Összefoglalás

Céljaimat legjobb tudásom szerint próbáltam elérni és remélem, ezt a munkámon látni lehet. A dolgozat célja a sugárzás és az ehhez kapcsolódó megelőzési teendők vizsgálata volt, különös tekintettel, a sugárzás kialakulásának aspektusai, fontosabb balesetek, amik megváltoztatták a világ nézőpontját erről az egész tudományról, továbbá kitértem a Katasztrófavédelmi feladatrendszerben elfoglalt helyére. A kutatás során kérdőíves felmérést végeztem 100 résztvevő bevonásával. A dolgozatom eredményei egyértelműen megmutatták, hogy a sugárvédelmi protokollok és szabályozások fontos szerepet töltenek be mind a lakosság, mind a szakemberek egészségének megóvásában. Az elemzett sugárzási források és azok hatásainak vizsgálata alapján megállapítható, hogy a megfelelő védelmi intézkedések és korszerű technológiák alkalmazása nagymértékben csökkentheti a sugárzás káros hatásait. Fontos szerepe van a sugárzásmérő eszközök helyes használatának, az oktatási képzések fejlesztésének, valamint a lakosság tájékoztatásának. Az eredmények megerősítik, hogy az jelenlegi sugárvédelmi irányelvek megbízhatóak és hatékonyak, azonban folyamatos fejlesztésük elengedhetetlen a technológiai fejlődés tükrében. A vizsgált esetek alapján látható, hogy az orvosi és ipari sugárzásforrások kezelésében jelentős előrelépések történtek, de a kisebb sugárzási források, mint például a radon, további figyelmet igényelnek. A munkám során nagyon sok területet érintettem, de néhány kérdés még megoldatlan maradt, és további vizsgálatokat igényelnek. A jövőbeli kutatások egyik fontos iránya lehet a sugárzás hosszú távú hatásainak tanulmányozása különböző környezeti tényezők figyelembevételével. Összegzésként a sugárvédelem területén végzett kutatások eredményei egyértelműen bizonyítják, hogy a megfelelő szabályozások és technológiai fejlesztések alapvetőek a sugárzás káros hatásainak minimalizálásában. Ahhoz, hogy az egészségügyi, ipari és nukleáris célú felhasználásuk biztonságosak maradjanak, elengedhetetlen, hogy a jövőben is kiemelt figyelmet fordítsunk a kutatásra, fejlesztésre és a tudatosság növelésére. Ez nemcsak a szakemberek, hanem a lakosság biztonságát is szolgálja.

11. Irodalomjegyzék

- Környezetmérnöki Tudástár 14. kötet Sugárvédelem, szerkesztő: Dr. Somlai János, kiadás éve: 2011
- Országos Atomenergia Hivatal honlapja: www.haea.gov.hu
- Radioaktív Hulladék Kezelő Kft. honlapja: www.rhk.hu/sugarvedelem
- Dr. Dobor József Sugárvédelem jegyzet
- Eötvös Loránd Tudományegyetem által kiadott atomfizika honlapja: www.atomfizika.elte.hu
- Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakosztályának honlapja: www.elftsv.hu
- Radioaktív Hulladék Kezelő Kft. honlapja: www.rhk.hu/timeline/radioaktiv-hulladek-feldolgozo-es-tarolo
- Radioaktív Hulladék Kezelő Kft. honlapja: www.rhk.hu/nemzeti-radioaktivhulladek-tarolo-nrht
- MVM Paksi Atomerőmű honlapja: www.atomeromu.mvm.hu
- itthon 2024 honlapja: hu.economy-pedia.com
- Országos Atomenergia Hivatal honlapja www.oah.hu - Jegyzet alapfokozatú sugárvédelmi képzésekhez
- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- Britannica honlapja: www.britannica.com
- Ludovika az NKE tudományos portáljának honlapja: www.folyoirat.ludovika.hu
Hadmérnök 17. évfolyam (2022) 4. szám
- Atomerőmű Tűzoltóság honlapja: www.atomix.mvm.hu
- Karotázs Tudományos Műszaki és Kereskedelmi Kft. honlapja: www.karotazs.hu
- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- Eötvös Loránd Tudományegyetem által tudományos honlapja: www.pavogy.web.elte.hu
- Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság honlapja: www.katasztrofavedelem.hu
- Hadtudományi Szemle 12. évfolyam (2019) 2. szám 129-138

- Atomenergetikai és nukleáris technológia, írta: Pátzay György, kiadás éve: 2011
- Környezetmérnöki Tudástár 14. kötet Sugárvédelem, szerkesztő: Dr. Somlai János, kiadás éve: 2011
- A környezeti sugárzás anomáliái, szerző: Dr. Várhegyi András:
https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7688/0021_A_kornyezeti_sugarzas_anomaliai.pdf?sequence=1