

XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Had- és Rendészettudományi Szekció

Budapest, 2013. április 16-18.

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

Az energia, mint a környezetvédelem és környezetbiztonság aktuális kérdése

Jelige:wesley

2012.12.15.

Tartalomjegyzék

Bevezető-----	2
Témaválasztás indoklása-----	2
Hipotézisek-----	3-4
Célkitűzések-----	4
1.Energiaforrások és használatuk-----	5
1.1Növekvő energiaigények -----	5-8
1.2 Energiaforrások, megújuló energiaforrások-----	8-10
1.3 Nem megújuló energiaforrások-----	10-11
2. Erőművek káros kibocsátásai-----	11-12
2.1 Normál üzemű kibocsátások-----	12-15
2.2 Fukusimai katasztrófa-----	15-18
2.3 Természetes háttérsugárzás-----	18-21
2.4 Mesterséges sugárzások-----	21-24
3. Atomerőművek biztonsága és társadalmi elfogadottsága, megoldás-----	24
3.1A paksi atomerőmű és hulladéklerakója miatti viták-----	25-26
3.2 OAH tevékenysége-----	26-27
3.3 Az atomerőmű és a lakosság kapcsolata-----	27-31
3.4 AGNES program és biztonsági jelentés-----	31-32
3.5 A tórium, mint lehetséges megoldás-----	32
4.Összefoglalás-----	31-33
Irodalomjegyzék-----	34-35

Bevezető

Napjaink energiafelhasználása rohamosan nő, amit fedeznünk kell, megújuló vagy nem megújuló energiaforrásból. A megújuló energiahordozókból, napenergia, szélenergia, biomassa, geotermikus energia, vízenergiából a nyerhető energiamennyiség jóval kevesebb a nem megújulóakból, kőolaj, kőszén, földgáz, és az atomenergia, amik közül az első háromnak a készletei földünkön rohamosan fogynak. Az atomenergiától a balesetek kapcsán, mint nemrégiben a fukusimai katasztrófa, és az eddigi legnagyobb atomerőmű szerencsétlenség a csernobilban történtek meghatározzák az emberek hozzáállását az atomenergiával kapcsolatban. Használatuk viszont szükségzerű, ha fedezni szeretnénk igényünket. Magyarországon a paksi erőmű legveszélyesebb zónája 30 km-en belül található, de valójában 300 km átmérőjű kört jelent, ami az ország döntő többségét érinti. Vajon mennyire biztonságos az atomenergia használata, tudunk békésen együtt élni ezzel a hihetetlen erőforrással, és ha igen, akkor mi módon? Mit kell tennünk, hogy ezt az energiaforrást biztonságosan jhasználjuk?

Témaválasztás indoklása

Témaválasztásomat azzal indokolom, hogy a növekvő energiaszükségletünk fedezését meg kell oldanunk, tehát ez egy fontos feladat az emberiségnek, melyhez szükségesek a kellő információk és ezek ismertetése a lakosság körében, szükséges, hogy energiatudatosan éljünk, és az energiaforrásainkat biztonságosan használjuk úgy itthon, mint a határokon túl. A paksi atomerőmű Dunaújvároshoz, ahol élek, közel fekszik, így mindig is foglalkoztatott az atomenergia békés felhasználása, ezért ennek példáján keresztül a különböző engedélyezési eljárásokat és biztonsági környezetvédelmi jelentéseket is vizsgálom, hogy közelebb jussak a válaszhoz. A szakemberek és a döntéshozók részére is kérdés, hogy az atomenergiát részesítsék előnyben, így a témát „körüljáró kutatások részükre is fontosak lehetnek.

Hipotézisek

A világban történt demográfiai robbanás velejárója, hogy napjaink energiafelhasználása fokozatosan nő. A megújuló erőforrások alkalmazása helyes megoldás lenne, de az atomerőművekhez hasonlítva, kevesebb energiát tudnak termelni, nem tudják eltárolni, használatukat befolyásolják a földrajzi viszonyok és drágább a kialakítása is, vagyis az atomenergia olcsóbban előállítható. Az atomenergia tehát előnyösebb lehet.

Egy atomerőműben fontos, hogy fel legyenek készülve egy balesetre, és mindenki tudja, mit kell tenni veszély esetén, melynek kialakulásában az emberi tényező is sok hiba forrása lehet. A lakosság megfelelő tudásszintje és felkészültsége szintén elengedhetetlen. Az információ hiánya, a felkészületlenség további hibák forrásául szolgálhat.

Az feltételezésem, a biztonsági előírások betartása és a felkészítés megfelelő volta esetén az atomenergiánál nincs hatékonyabb az energiaszükségletünk fedezésére, mely megfelelő óvintézkedésekkel, felkészültséggel és tájékoztatással kellően biztonságos.

Végezetül a feltételezem, hogy az atomerőműveknek a környezeti hatásai, a természetes háttérsugárzással összevetve, továbbá a paksi erőműnek normál üzeme esetén nem nagyobb. Feltételezem, hogy a paksi erőmű komoly hangsúlyt fektet az üzembiztonságra, környezetvédelemre és kockázatok minimálisra csökkentésére.

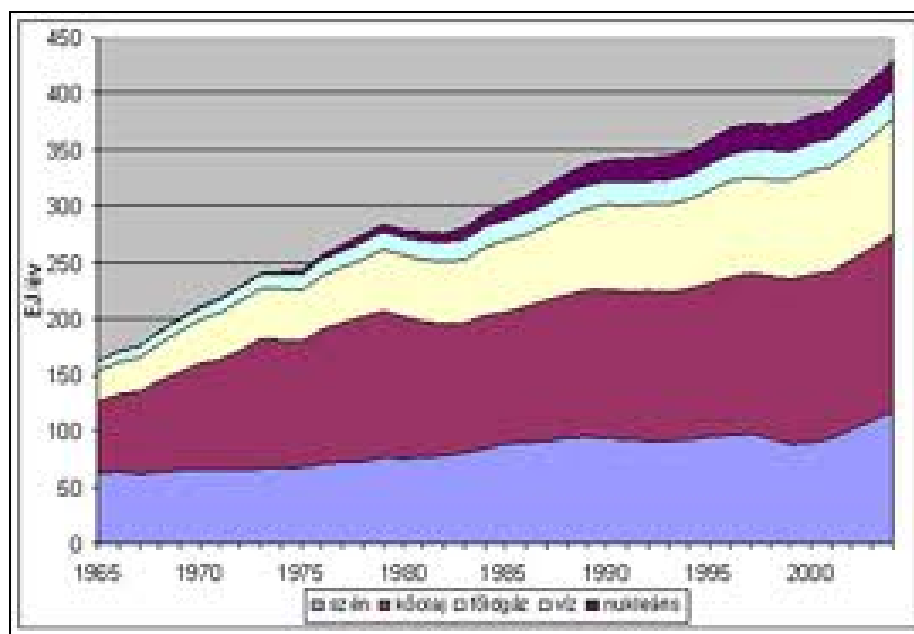
Célkitűzés

A feltételezések igazolása vagy elvetése érdekében vizsgálom az energiaigény növekedését, megújuló energiaforrásokat, az atomenergia szükségességét, működését, valamint normál üzem esetén a kibocsátott sugárzás mennyiségét, és a különböző biztonsági jelentéseket, főbb programokat, mely az információk lakossággal való megismertetést segíti, és elfogadását is előmozdítja.

1. Energiaforrások és használatuk

1.1 Növekvő energiaigények

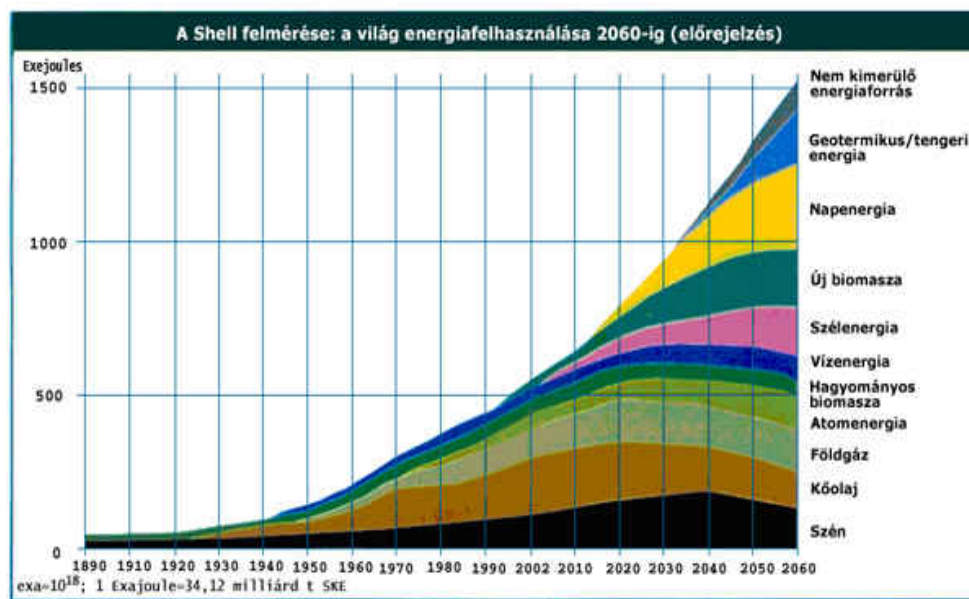
Az ember megjelenésével környezetünk terhelése is megkezdődött. A vadászattal felhagyva, és a földművelésre áttérve, tovább fokozta a természet kihasználását és szennyezését. Jelenlegi népességünk számának kialakulásához ez is hozzájárult. Ez a folyamat hosszú múltra tekint vissza, de a nagy fordulat az ipari forradalommal kezdődött, mikor megjelent a gőzgép, amelyhez szénre is szükség volt. A tudományos ismeretek bővülése által a technika is fejlődött, és ez hatással lett az iparra, közlekedésre, építkezésre, mezőgazdaságra. Mindezek feltétele volt, hogy a kőszén rendelkezésre álljon, tehát energiaigényünk már itt kezdett növekedni. A fejlődés és egyéb tényezők következtében ugrásszerűen megnőtt a lakosság száma, mely növekedés ma is folytatódik folyamatosan, míg az energiahordozók készletei rohamosan fogynak. Megoldást kell tehát találnunk szükségleteink kielégítésére. A világ energiafogyasztását az 1. számú ábrán mutatja.



1. sz. ábra: A világ energiafelhasználása az elmúlt 40 évben

Forrás: www.e-gepesz.hu Letöltés: 2012.10.05.

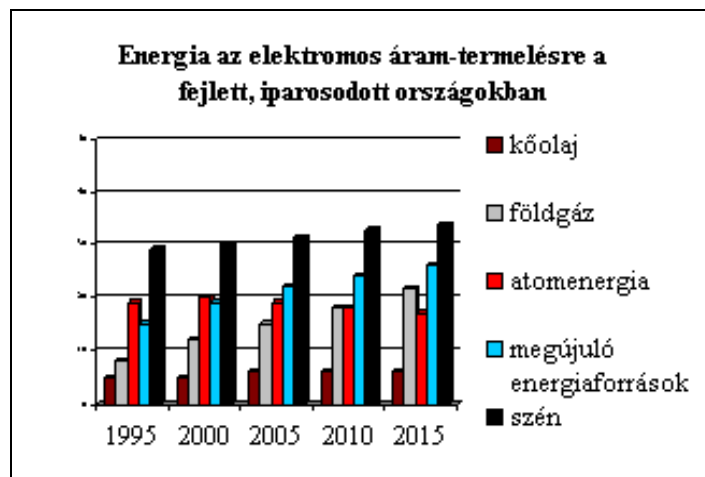
A következő képen az energia felhasználását és előrejelzése értékelhető, mely grafikonból a Shell felmérése szerint az látszik, hogy a nem megújuló erőforrások használata hanyatlani kezd egy idő után, és a megújuló erőforrások előtérbe kerülnek.



2.sz.ábra: A világ energiafogyasztása

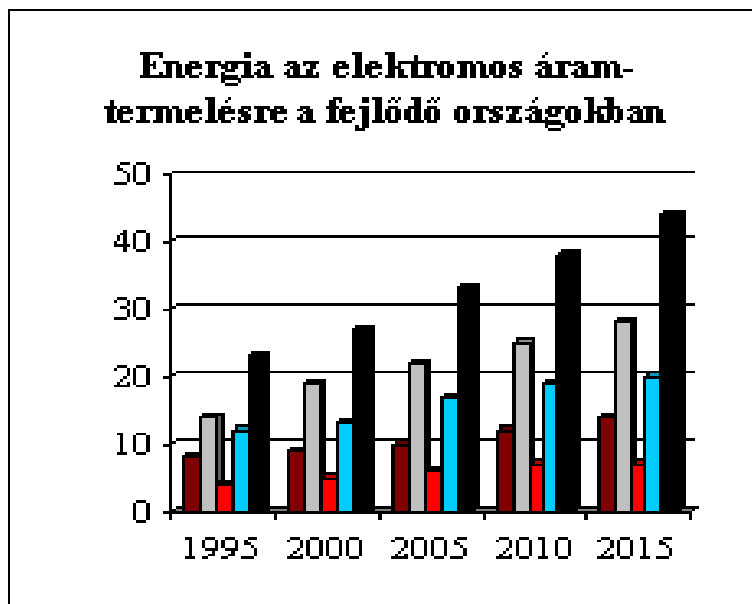
Forrás: http://www.kzs.hu/nap/hungarian/b_napjaink_vilagenergiafogy.htm Letöltés:2012.10.05.

Az energiafogyasztás emelkedése a föld népességének növekedésével összefügg. 1900-ig a lakosság 1,6 milliárd volt, majd 30 év elteltével, 2 milliárdra nőtt, majd megint ennyi idő múltán már 3 milliárdan voltunk, majd még 45 év elteltével lettünk 4 milliárdan, és jelenleg több, mint 7 milliárd ember él a Földön. A népesség növekedése a fejlődő országokban fokozatosan emelkedik, itt Kína és India a meghatározó, még az iparosodott országokban közel azonos tendenciát mutat. A fejlődő országok hatalmas mennyiségű fosszilis energiahordozót használnak az elektromos áram termelésre is, mely részben helyettesíthető lenne az atomenergiával is, de e technika alkalmazása igen alacsony szintet mutat. Az iparosodott országokban az atomenergiát jóval nagyobb mértékben használják az elektromos áram előállítására. Ezt szemlélteti a 3. számú ábra.



3.sz. ábra: Energia az elektromos áram termelésre,a fejlett iparosodott országokban

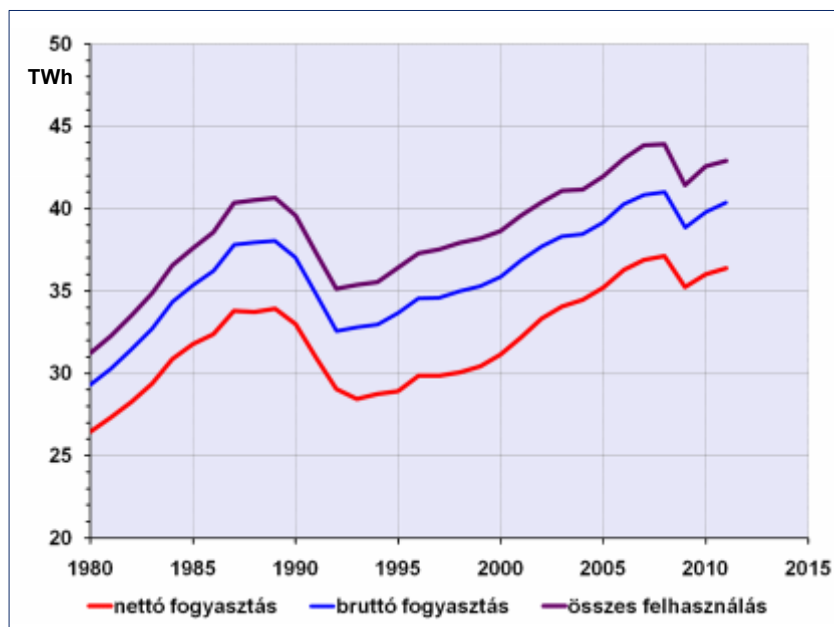
Forrás: <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/global/009.htm> Letöltés:2012.10.06.



4. sz. ábra: Energia az elektromos áram termelésre a fejlődő országokban

Forrás: <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/global/009.htm> Letöltés:2012.10.06.

Magyarország villamos energiafelhasználása változatos képet mutat, többször is ingadozások voltak tapasztalhatók. Az ország bruttó villamos energia termeléséhez a hazai egyetlen atomerőmű a paksi 43, 25 %-ban járult hozzá. Hazánk energia importra is szorul, a felhasználás 15,48 %-át teszi ez ki, a többi energiát a szén, kőolaj és földgázból nyerjük, és kis hányadát megújuló energiaforrásból.



5. sz. ábra: A villamos energia harmincéves változása hazánkban

Forrás: www.mavir.hu/.../test:...tanulmany...tanulmany...PÖYRY-2012-1-tan Letöltés: 2012.10.07.

1.2 Energiaforrások, megújuló energiaforrások

Energiát nyerhetünk megújuló és nem megújuló erőforrásból egyaránt.

Megújuló erőforrások:

- Napenergia
- Szélenergia
- Vízenergia
- Biomassza
- Geotermikus energia

Nem megújuló erőforrások:

- Kőolaj
- Kőszén
- Földgáz
- Atomenergia

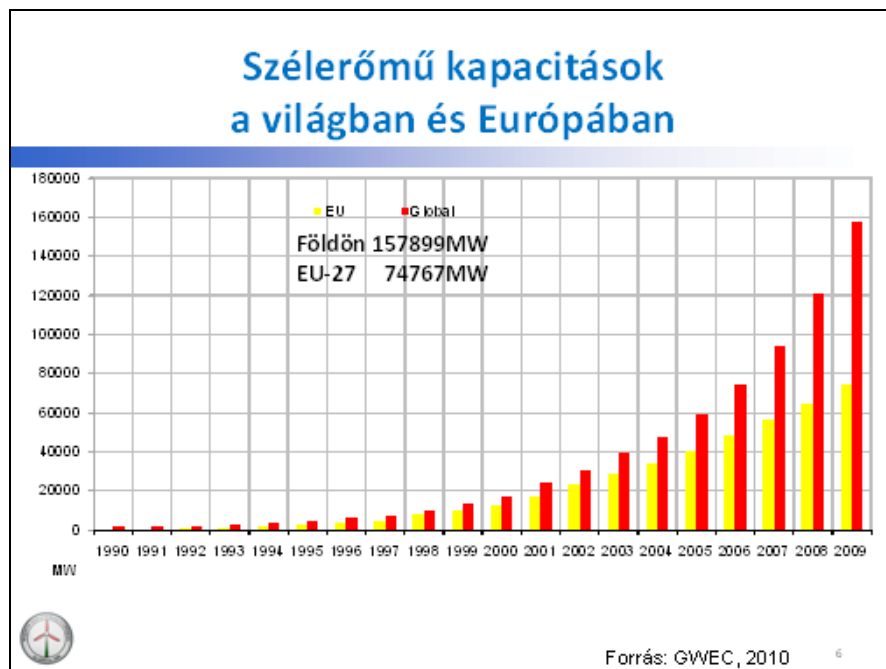
A **napenergiát** többféleképpen is hasznosíthatjuk, például energia-hatékony építkezésnél, melegvíz előállításra, uszoda fűtésére, légfűtésre és szárításra aktív szolár légtechnikai berendezésekkel, elektromos áram előállítására a háztartásokban, és nap erőművekben. A napenergia hasznosításához a napsugarakat össze kell gyűjteni napelemmel vagy kollektorral,

majd abszorber felületen el kell „nyeletni”, ezt követően a felfogott hővel a hőcserélőt fel lehet melegíteni, és ehhez kell üzemeltetni egy rendszert. A hasznosítását befolyásolja a napsütéses órák száma, az épület külső átlagos és belső hőmérséklete, az ablakok árnyékoltsága és iránya.

A **biomassza** magába foglalja a mezőgazdasági termények melléktermékeit, mint a szalma kukoricaszár és cső, továbbá az energetikai célokra termesztett cukorrépa, repce, és egyéb növény. Ide sorolható még az erdőgazdálkodási és fafeldolgozási tevékenység során keletkezett fa apríték, forgács, fűrészpor, hancs és hasonló hulladékok. Ezen kívül állati eredetű biomassza, a trágya is ide tartozik.

A szárazföldi biomasszában hatalmas mennyiségű energia van felhalmozva, ami $95 \text{ Tw/év} = 10^6 \text{ Mw}$, a fotoszintézis által meg tud újulni. Használata során a légkör CO_2 tartalma nem nő, és a káros anyagok emissziója lényegesen kevesebb, mint a fosszilis energiahordozóknál, lehet alkalmazni tüzelésnél, előkészítéssel vagy anélkül, továbbá kémiai átalakítással üzemanyagként és éghető gázként. Hátránya, hogy nagy a beruházási igénye, nem minden faanyag és termény felel meg, csak a fűz, akác, nyár, fű, és a magas cukortartalmú növények. A feldolgozásnál, a meglévő agrártechnikába nehezen illeszthető be, és az átalakító berendezéseknek kicsi a hatásfoka, és száraz helyen kell tartani. Előnye viszont, hogy fűtőértéke a barnaszénével azonos, és kén tartalma csak 15/30-ad része.

A **szélenergiát** is lehet energiatermelésre használni, megvalósító eszközének többfajta elnevezése ismeretes, mint például szélmotor, szélérőmű, szélturbina, szélgenerátor. Többféle lapátszámmal és formával rendelkeznek. Erősebb széljárású területeken lehet alkalmazni, de minimum 4-5 km/h átlagsebesség szükséges, így a tengernél előbb alkalmazták, mint szárazföld belsejében. Hasznos tud lenni olyan helyeken is, ahol a villamoshálózat nincs kiépítve. Hazánkban főleg az észak-nyugati részen telepítettek szélérőműveket. Hálózatra is lehet kötni, de lehet használni saját célra is, de erre speciális szabályzás vonatkozik. Egyre elterjedtebb a szélenergia alkalmazása, melyek fokozatosan épülnek a világban, a 6. számú ábra szemlélteti ezt.



6. sz. ábra: Szélerőmű kapacitások a világban és Európában

Forrás: www.tankonyvtar.hu Letöltés: 2012.10.08.

Víz energiája a következő, mely hozzájárulhat az energiaszükséglet fedezéséhez. A vizet használták legelőbb az emberek, hogy megkönnyítsék munkájukat, a vízikereket már 5000 éve alkalmazták az öntözéshez, és az ókorban is működtek már a vízimalmok. Többféle berendezéssel hasznosíthatjuk, tározós erőművel, árapály erőművel, hullám erőművel, a folyadék mozgási energiáját hasznosító propellererőművel, természetes vagy duzzasztott esésmagassággal rendelkezésre álló turbinaerőművel. A vízfolyások, tengerek, tavak mechanikai energiakészletét ezek a berendezések villamos energiává alakítják. Így a vízenergia szoros kapcsolatban áll a földrajzi környezettel.

A geotermikus energia, nem más, mint a felszín alatti víz hőtartalmának hasznosítása. Ezt alkalmazhatjuk lakások fűtésére, mezőgazdaságban üvegházak fűtésére, utak téli jégmentesítésére, haltenyésztésre, és elektromos áram termelésre is. A gazdaságos hasznosításhoz fontos, az után-pótlódó víz mennyisége és víztartása, továbbá a geotermikus gradienstől is, ami kifejezi a föld középpontja felé 100 méterenként növekvő hőmérsékletet. Ez területenként eltérő lehet, a Kárpát-medencében vékony a földkéreg, sok termálvizünk van, ami könnyen kinyerhető, vagyis kis mélységben magas hőmérsékletűek ezek a vizek. A megújuló energiaforrások elterjedésében szerepe van a költségeknek. A megújuló energiaforrásokból nyerhető energiát és ezek járulékos költségeit szeretném összehasonlítóként szemléltetni a 8 számú ábrán.

Tipus	Változat	Teljesítmény, MW	Energia, GWh/a	Beruházás, Mrd Ft	Költség, Ft/ kWh
Nap	Napelem	4 x 0,05 = 0,2	0,06 - 0,08	0,4 - 0,5	180 - 200
	Termikus	1 x 10 = 10	6 - 8	8 - 10	90 - 100
Szél	Kicsik	4 x 0,25 = 1	0,8 - 1,0	0,4 - 0,5	50 - 70
	Nagyok	5 x 0,60 = 3	2,5 - 3,0	1,0 - 1,2	40 - 50
Biomassza	Fára	2 x 5 = 10	20 - 30	10 - 15	35 - 50
	Szalmára	1 x 20 = 20	70 - 80	16 - 20	30 - 40
Geotermális	CRC	3 x 1 = 3	15 - 20	5 - 7	35 - 50
	Összetett	1 x 65 = 65	400 - 500	45 - 50	15 - 20
Összes	Min.	13 - 15	40 - 60	15 - 20	30 - 40
	Max.	80 - 100	500 - 700	70 - 80	20 - 25
Jelenleg	Víz	48	180		
	Hulladék	24	110		
	Egyéb	3	10		
	Összesen	75	300		14 - 15

7. sz.ábra: Megújuló energiaforrások erőművi lehetőségei Magyarországon

Forrás:

http://www.undp.hu/oss_hu/tartalom/kiadvanyh/kiadvanyh_body/csinajukjol/szam18/szam18_body/18_1fej_elemei/18_1fej_body.htm Letöltés:2012.10.08.

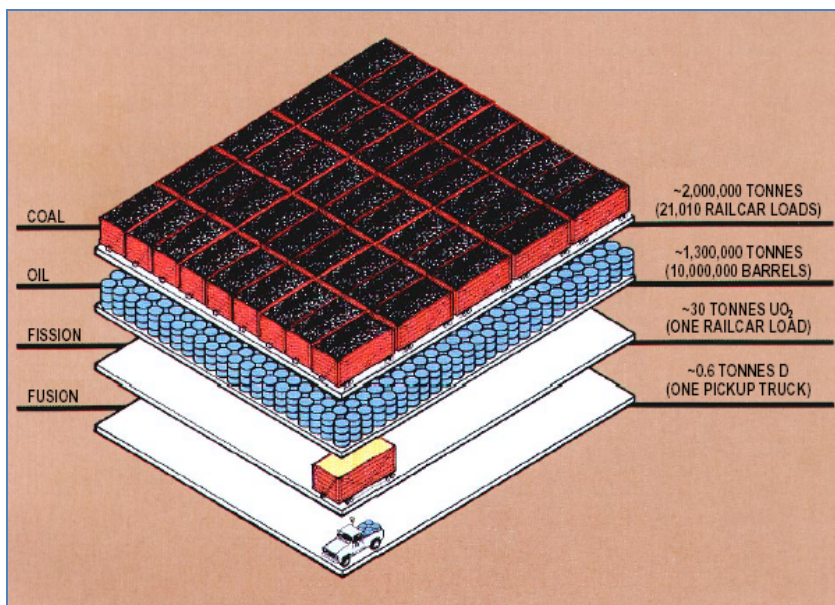
1.3 Nem megújuló energiaforrások

A nem megújuló erőforrások hasznosításának lehetőségeit, jellemzőit is meg kell vizsgálnunk! Ezek a kőszén, kőolaj, földgáz, atomenergia. Az előbbiek készletei rohamosan fogynak, de az előbbiekben láthattuk, hogy a használatuk a fejlődő országokban még mindig nő, ahelyett, hogy az atomenergiát vagy nem megújuló energiaforrást részesítenének előnyben. Az atomenergiához használt urán készletei is nyilván fogynak, de több évre van még elegendő, mint a kőszén, kőolaj, vagy földgázból. A földkéreg átlagos urántartalma 1g/1 t talaj, vagyis a földkéreg tömegének $1 \cdot 10^{-4}$ %-a. Az urántartalom azonban változó a földkéregben, Kanadában vannak olyan ércek, melyeknek az urán tartalma meghaladja az 1%-ot, a világ többi részén átlagban 0,1%. Indiában fedeztek fel most jó minőségű hatalmas uránmezőt, mellyel még meghosszabbodik az urán használatának lehetősége, ezen kívül még a mélyebb rétegeket sem tárták fel.

2. Erőművek káros kibocsátásai

A széntüzelésű erőműveket, vagy akár a földgáz, kőolaj elégetését összehasonlítva egy atomerőmű maghasadásakor keletkező energiával, az atomerőművekben sokmilliószor annyi energia keletkezik, mint az előzőekben felsoroltaknál. Például egy C atom elégetésével 4 eV energia keletkezik, míg ugyanennyi urán hasításakor 200 MeV. Összehasonlításképpen a 8. számú ábra jól mutatja a különbséget. A széntüzelésű erőművek továbbá üvegházhatású

gázokat bocsájtanak ki, több hulladék keletkezik. Az atomerőművekben az energia eltárolható, és az egyik legolcsóbb, földrajzi és klimatikus viszonyok nem befolyásolják, és környezetkímélőbb.



8. sz. ábra: Energiahordozók összehasonlítása

Forrás: Molnár László Környezeti fizika előadásából

A hagyományos fosszilis energiahordozóval működő erőművek rengeteg oxigént fogyasztanak a légkörből, pedig az oxigén jelenléte létfontosságú az életfolyamatokhoz. Továbbá szén-dioxidot bocsájtanak ki, ami tovább fokozza az üvegházhatást, és a föld felmelegedését. Emellett kén-dioxidot is juttatnak a légkörbe, ami a savas esők kialakulásához vezet. Továbbá nitrogén-oxidokat, ami által szintén alakulhat ki savas eső, és a napsugárzás hatására a troposzférikus ózon, mely a szervezetre káros. Az erőművek füstjei nagy mennyiségű port, és hamut is tartalmaznak, kivéve az atomerőművek, amelyek nem.



9.sz .ábra: Paksi atomerőmű

Forrás: [www. http://atomeromu.hu/fotok](http://atomeromu.hu/fotok) Letöltés: 2012.10.09.

2.1 Normál üzemi kibocsátások¹

A nukleáris fűtőanyagciklus hat a környezetünkre a természetes készletek fogyásával, továbbá kémiai, termikus, radioaktív szennyeződés kibocsátásával. Az atomerőművekben az atommagok hasadásakor többféle radioizotóp keletkezik, melyeknek a felezési idejük is néhány perctől a hosszú évekig terjedhet, például a I^{129} felezési ideje 16 millió év. A nagyon rövid felezési idejű anyagok a környezetbe nem jutnak ki, csak esetleges baleset folytán.

Az atomerőművekben van radioaktív kibocsátás normál üzem esetén is, melynek korlátait a 15/2001. (VI.8.) KÖM rendelet szabályozza, mind a folyékonyt és légneműt is, melynek mértékét 90 mSv dóziskorláthoz viszonyítja. Ennek mennyiségét szeretném összehasonlításaként bemutatni a fentebb ismertetett természetes háttérsugárzás mértékéhez képest. 2010-ben a paksi atomerőmű 0,25 %-ban használta ki a kibocsátási korlátot, ez az érték 2011-ben 0,20 %, melyből 0,13 % folyékony és 0,07 % légnemű.

A korróziós és hasadási termékek látszólagos növekedést mutatnak, mert más meghatározási rendszert kell alkalmazni, tehát a kibocsátási adatokat izotópszelektív mérésekből határozzák meg, a nem mért izotópokat pedig a kimutatási határértékkel veszik figyelembe. Ezelőtt az összes béta sugárzás méréseivel határozták meg. A 2010-es adatokból nézve a kibocsátások felette vannak a PWR típusú reaktorok 1998-2002 közötti világban nézett átlagának, ami összefügg a reaktor életkorával és inhermetikusságával, ugyanakkor nem éri el a káros hatást. Nőtt a radioaktív nemesgáz kibocsátás is, ezt a pótvíz és gáztisztító rendszerrel kapcsolatos problémák okozták, de ez 2011-re valamelyest csökkent. Kis mértékben növekedett a légnemű radiókarbon és trícium mennyisége is, és kis mértékben magasabb az éves világtátlagnál, de 2011-ben ez a világtátlagéval megegyező lett. Az

¹ Forrás: www.atomeromu.hu környezetvédelmi jelentés

atomerőmű ÜKSER rendszerének feladata közvetlen környezeti mérésekkel bizonyítani, hogy a megengedettnél nagyobb hatással a környezetre nincs. Az atomerőmű 30 km-es környezetében távmérő és mintavevő állomások helyezkednek el, és ezek alapján, körülbelül 4000 minta laboratóriumos és mérő-megfigyelése bizonyítja a kibocsátások hitelességét. Ez a mérőrendszer szavatolja, hogy mindig a pontos értékeket jelezzék.

Ezekon kívül a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal a gamma- sugárzás dózisének mérésére hitelesítéssel és típusvizsgálattal rendelkező dózismérő-rendszert használ. Az ellenőrzések a környezeti közegekre és a táplálékláncra is kiterjednek. A kibocsátások viszont a természetes háttérsugárzást nem haladják meg. Szinte kimutathatatlanok voltak a földfelszíni levegőmintákban, az erőműtől 1-2km-re a radiokarbon 0,1-1 mBq/m³ és a trícium 10-30 mBq/m³ volt. A nemesgázok becsült aktivitáskoncentrációja 100 mBq/m³. A kihullásos mintákban sem lehetett kimutatni erőműből származó radioaktív anyagot. Az viszont iszapmintákban a melegvíz- csatorna kifolyásánál, a Co⁶⁰ értéke 1,46 és 0,99 Bq/kg, 2011- ben 0,53 és 0,27 Bq/kg. Egy helyen a talajmintában is találtak, Co⁶⁰-t 0,31 Bq/kg koncentrációban. 2011-ben viszont a fukushimai erőmű katasztrófája után március április hónapban kimutathatóak voltak a I¹³¹, Cs¹³⁴, Cs¹³⁷ izotópok, és ősszel a magyarországi izotópgyártás következtében a I¹³¹. A fűminták közül sem lehetett kimutatni radioaktív anyagot 2010-ben, a Dunába jutó radioaktív anyagok keveredése után a trícium esetében 1 Bq/dm³, az összes többire 0,1 mBq/dm³ volt, ez megegyezik 2011-ben is. A hal és tej mintákban nem volt kimutatható radioaktív izotóp. A talajvizet is ellenőrzik, melyből szintén nem volt kimutatható szennyeződés, tehát a mélységi vizeket nem veszélyezteti. A talajvízbe jutó nem tervezett kibocsátás, a tervezett Dunába való kibocsátásnak 0,1 %-a. 118 kút vízszintjét is regisztrálják. Megállapítható, hogy a környezetre a sugárterhelés elhanyagolható, a lakosságra nézve az érzékenyebb csoportra, mint a gyermekekre a többletsugárzás mértéke 2010-ben 38,7 nSv volt, 2011-ben 48 nSv, a hatósági korlát 90 nSv.

A hulladék kezelése

Melléktermékként radioaktív hulladékok is keletkeznek, melyek átmeneti és végleges elhelyezéséről is gondoskodni kell. Az üzemelés során keletkezett szilárd radioaktív hulladékok lehetnek felületileg szennyezett, felaktiválódott, elhasználódott szerelvények, csővezetékek, berendezések stb. Továbbá az átalakítás során termelődött fémhulladékok, építési anyagok és a karbantartó műhelyekben képződött forgácsok, szerszámok. Ezekon kívül még az üzemelés és karbantartás során használatos védőfelszerelések, rongyok stb. is ide

tartoznak. A zsákos gyűjtésű hulladék nagy része az elhasznált egyéni védőfelszerelések tették ki. A hordós gyűjtésűekben elhasználódott alkatrészek, szigetelő anyagok, munkaeszközök, melyek a zsákba méretük miatt nem helyezhetők. A hordókat és zsákokat a belső átmeneti tárolóban tárolják.

Nagy aktivitású hulladékok is keletkeznek, ezek lehetnek a bepárlási maradékok, dekontamináló oldatok, evaporátor savazási oldat, elhasználódott primerköri ioncserélő gyanták, aktív iszapok és oldószerkeverékek, elszennyeződött technológiai bórsavoldatok. Ezeket a folyékony hulladékokat a segédépületi tartályparkokban tárolják átmenetileg.

A kis és közepes aktivitású rövid felezési idejű hulladékokat felszíni tárolóba szállítják, melyet a paksi atomerőmű 2008 óta Bábaapátiban helyez el. A hulladékokat tömörítik, és rendelkeznie kell hulladék-csomag adatlappal. A hulladék útját minőségbiztosítási rendszer részeként nyomon kísérjük, és elektronikus módon is rögzítjük, és hulladékleltáron vannak nyilvántartva, és egyedi azonosítójú átadás-átvételi adatlapot is vezetni kell. A nagy aktivitású és hosszú felezési idejű anyagokat mély geológiai elhelyezéssel oldják meg, távol a talajvíztől, kis vándorlási és földrengésmentes helyen, egyelőre az átmeneti tárolóban vannak elhelyezve. A szállítás nagyon erős anyagból készült konténerekben történik, melyet előzőleg teszteknek vetnek alá, hogy baleset esetén se juthasson ki szennyező anyag.

Az üzemben keletkezik még a szociális vízhasználatokból szennyvíz, mely az erőmű kommunális szennyvíztisztító rendszerén keresztül kerül kibocsátásra. Inaktív ipari hulladékvizek is keletkeznek a sóalanvíz előállítás során, melyek savas és lúgos vizek, ezeket zagymedencékben ártalmatlanítják. Majd a megtisztított sós vizet a meleg víz csatorna vizével hígítva juttatják a Dunába, ez a folyó sóterhelését jelentéktelen mennyiségben emeli meg. A vörösiszap katasztrófa után a paksi atomerőmű is felülvizsgálta a zagymedencék környezetbiztonsági helyzetét, minden szükséges hatósági engedéllyel rendelkeznek, de a hosszú távú biztonság érdekében a medencék töltésének állékonyságát is megvizsgáltatják.

A szekunder körből származó hulladékvizek medencéje felújításra került, szivárgásérzékelő rendszer beépítésével. Ezeket a vizeket egy ideig tárolni kell, és a megfelelő kémiai és ökotoxikológiai vizsgálatok eredménye után bocsáthatók a Dunába.

Az erőműben veszélyes hulladékok is keletkeznek, melyeket engedéllyel rendelkező vállalkozóknak átadtak hasznosításra, ártalmatlanításra. Gyűjtését és tárolását az előírásoknak

megfelelően a Veszélyes Hulladék Üzemi Gyűjtőhelyen biztosítja. A nem veszélyes hulladékokat szelektíven gyűjti és ipari vagy települési hulladéklerakóban ártalmatlanítja.

A vegyi anyagok regisztrálásának, engedélyezésének, értékelésének és korlátozásának új rendszerét hozta létre a 1907/2006/EK rendelet REACH. A jogszabály hatálya alá tartozó vegyi anyagot vásárlóknak, mint továbbfelhasználóknak szorosan együtt kell működni az értékesítő cégekkel. A vegyi anyagok felhasználási körét is meg kell határozni és biztonsági adatlapot is ki kell állítani a termékről. Továbbá a címkézést és csomagolást a 1272/2008 EK rendelet szabályozza.

Összegzésképpen megállapítható, hogy az atomerőműből kisebb mértékű sugárzás jut ki, mint a természetes háttérsugárzás, tehát többletterhelést nem okoz. A keletkező hulladékokat az előírásoknak megfelelően kezelik. Az atomerőművek üzemeltetése során rengeteg biztonsági előírást be kell tartani, és ezek mellett az emberi tényező egy fontos láncszem a folyamatokban, vagyis, hogy a dolgozók a munkájukat megfelelő tudás birtokában végezzék, így kisebb a hibalehetőség.

2.2 Fukushimai katasztrófa és hatása a téma megítélésére

2011.03.11-én Japán keleti partjaitól 130 kilométerre az óceán alatt 9-es nagyságú földrengés következett be, mely a 4. legnagyobb volt a világon. Ennek hatására a Japán északi partjainál működő forralóvízes típusú reaktorok érzékelve ezt leálltak, és beindult a hűtés. A villamos energiarendszer viszont megrongálódott, de pótolni az energiaigényt más forrásból nem tudták. Az atomerőmű épületének tervezésénél a földrengés miatti vízszintes talajszinti gyorsulás ugyan nagyobb volt, de az erőműben e miatt nem keletkezett kár, pedig mérések szerint az obszervatórium épülete 4 métert mozdult el a helyéről. A földrengés hatására viszont cunami keletkezett, ami a nyílt vízen 5-6 méter, a partoknál 15-30 méteres lett, és 500 km²-es térségben letarolt rengeteg települést, hidakat, utakat, és az atomerőműben is bekövetkezett a katasztrófa. 20.000 ember vesztette életét, többen a cunami ellen védő menedékhelyen, mivel ekkora méretűre nem számítottak. A Fukushima 1 erőmű 5,7 m-es hullámok ellen volt mindössze tervezve. A szökőár tönkretette a vízkivételért felelős rendszert a hűtéshez, a turbinacsarnokba is bejutott, működésképtelenné tette az üzemzavari dízelgenerátorokat, és a villamos berendezéseket. Olyan helyzet állt elő, amit nem terveztek, vagyis hűtés nélkül maradtak a reaktorok, emiatt viszont a benne lévő üzemanyag megolvadt, ami a 10 m-es betontalapzaton 70 cm hatolt át és sérülés érte a pihentető medencét is. Ennek következtében hidrogén fejlődött, melyet megpróbáltak a környezetbe lefűvatni, de ekkor az

1-es és 3-as reaktor felrobbant, majd a 4-es is és így még több radioaktív anyag jutott a környezetbe. Ez azért következett be, mert rossz technológiát alkalmaztak, vagyis a hermetikus védőépületet nitrogénnel töltötték fel, hogy a hidrogén kezelése során ne tudjon veszélyes elegy képződni, de ez bebizonyosodott, hogy nem megfelelő.

A paksi atomerőműben ez másképp van kialakítva, ott a tér bizonyos pontjaira passzív autokatalikus rekombinatorokat helyeznek, és oxigén jelenlétében a hidrogén visszaalakítják vízgőzzé. Ha ezek nem történtek volna Japánban, kisebb mennyiségű sugárzó anyag jutott volna ki. A légkörbe főleg jód és cézium került, de jelentős mennyiségű folyékony szennyezés ömlött az óceánba is. A 3 km-es körzetben már aznap megkezdtek a kitelepítést, másnap már 20 km-en belül rendelték el. Egyes helyeken a zöldség és csapvíz fogyasztását tiltották meg. Mostanra a reaktor zártkörű hűtését megvalósították, így 100 C alatt tudják tartani és ez által csökkent a légkörbe és tengerbe jutó szennyezés.² A katasztrófa után két héttel a radioaktív szennyezést már Kaliforniában észlelték, még körülbelül két hét múlva Magyarországra is elért. A I^{131} izotópot lehetett kimutatni 10-500 mBq/m³ koncentrációban.

Japánban az erőmű közeli térségében az óceánban 4355-szeres volt a sugárszennyezettség a korláthoz képest, mivel az erőműből beömlő vízben a szennyezettség 1000 mSv, így onnan tenger gyümölcseit, és más termékeket sem lehet importálni. A halakban 12 mérföldre az erőműtől 258-szeres a radioaktív szennyezés, de folyamatosan vizsgálják a kutatók az óceán növény és állatvilágát és a tengerfenék aljzatát is. Kalifornia partjainál is fogtak ki sugárfertőzött halat. A halászatot azonban Japán partjaitól 31 mérföldre újrakezdték.³

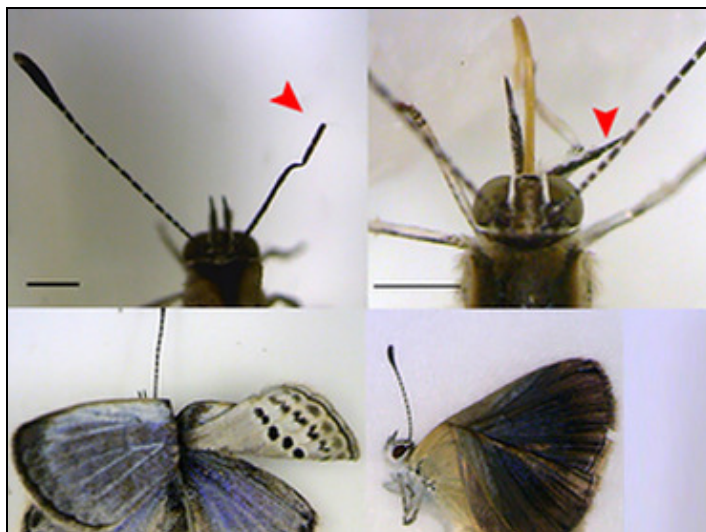
Más élőlényekre is hatással volt a katasztrófa, egy lepkefajnál 2 hónappal a baleset után már torzulásokat észleltek, ez a *Pseudozizeeria maha* lepke, melynek 144 felnőtt példányát megvizsgálták, és azt tapasztalták, hogy nagyobb a lábuk, kisebb a szárnyuk, és a szemük is szabálytalanul fejlődött. Majd szaporították ezeket olyan lepkékkel, amelyek nem kaphattak sugárzást és az utódok is mutációval születtek, ugyanis a csápjukkal nem voltak képesek felismerni saját fajtársukat.⁴

2

Forrás: http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/letoltes/Japan/Aszodi_Boros_Fukushima_1_eve.pdf

³ Forrás: <http://www.civilera.hu/2012/08/sugarfertozott-halakat-fogtak-ki-fukushima-kornyeken/>

⁴ Forrás: <http://www.greenfo.hu/hirek/2012/08/14/mutans-pillangok-fukushima-kornyeken>



10.sz .ábra: Torz lepkék

Forrás: <http://www.civilera.hu/2012/08/sugarfertozott-halakat-fogtak-ki-fukushima-kornyeken/>

Letöltés:2012.10.12.

A lakosság különböző mértékű sugárzást kapott, a pajzsmirigy rák kockázata jelentősen megnőtt. Az erőmű területén 400 mSv/óra volt a sugárzás, ami a 400 szorosa az egészségügyi korlátnak.

Összességében megállapítható, hogy bár a csernobili katasztrófához képest a fukushimai balesetnél a radioaktív sugárzás ötöde jutott ki, mégis komoly következményekkel járt a környezetünkre és a lakosságra nézve is. A csernobili katasztrófának még mind a mai napig van hatása, még alakulnak ki rákos elváltozások. sok terület még mindig sugárzik. Itt is nagyban közrejátszott a reaktor műszaki biztonságának és technológiájának hibás tervezése. A hazai erőmű technológiája és védő rendszere megfelelő védelmet nyújt az időjárás és földrengés okozta sérülések ellen.

2.3 Természetes háttér sugárzás

Földünkön a bennünket érő külső természetes sugárzás lehet terasztrikus, amely a radioaktív elemeket tartalmazó kőzetekből ered, továbbá kozmikus sugárzás, mely nagy energiájú, és a kozmikus sugárzás hatására keletkező radioaktív izotópokból származó. Ezeken kívül még léteznek belső sugárforrások is, amik a szervezetünkben vannak, mint a radon és bomlástermékei valamint a C^{14} és a K^{40} .

A kozmikus sugárzás a világűrből érkezik, például szupernóva robbanásból, napból, mely nagy sebességű protonokból áll, felezési idejük kicsi, hamar lebomlanak. Tartalmaz még nagy energiájú alfa-részecskéket is kis mennyiségben, és más elemek nagy sebességű atommagjait is. A légkör nitrogénjével a kozmikus sugárzás radioaktív nuklidokat állít elő, tríciumot és C^{14} -et. A radioaktív szén évente mindössze 12 μ Sv dózist jelent szervezetünknek. Meg kell említenünk a természetes háttérsugárzásnál, hogy a tengerszint feletti magassággal változik a mennyisége. A magasság növekedésével növekszik a sugárzás, példaképpen a tengerszinten 0,27 mSv/év, és 4000 m-es magasságban már 2,2 mSv/év mértek Bolíviában. 10 km-es magasságban a sugárzás már 26 mSv/év és 15 km magasan 100 mSv, de ahhoz, hogy egy repülő pilóta elérje a foglalkozási határértéket az Atlanti-óceánt 400-szor át kellene repülnie. Annak ellenére, hogy a pilóták a természetes háttérsugárzás többszörösét kapják, nem fordul elő nagyobb mértékben a rák kockázata, sőt a betegségekkel is jobban megbirkózunk.⁵

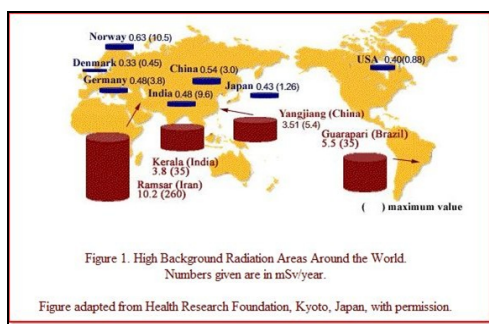
A K^{40} -izotóp a többi radioaktív elemhez képest a leggyakoribb, a kálium esszenciális makroelem. A talaj tartalmaz 1-2%-ot a gránitközetek 3-4%-ot és ezek ásványai már 10%-ot. A kálium bomlásakor hő szabadul fel, ami bolygónk hőmérlegének kialakulásában szerepet játszott.⁶ A földkéreg is tartalmaz megannyi radioaktív anyagot, főleg az ősközeteknél figyelhető meg nagyobb koncentráció. A legelterjedtebb izotópok a Ra^{226} , Rn^{222} , Rn^{220} , U^{238} , Th^{232} . Az Ra^{226} az alkáli földfémekhez tartozik, és a csontrendszerben halmozódhat fel, felezési ideje 1620 év, és alfabomlással radonná alakul Rn^{222} , majd ez még tovább bomlik és Po^{218} lesz belőle. Az urán és tórium bomlástermékei radioaktívak, ezért kialakulnak az úgynevezett bomlási sorok.

A talaj radioaktivitását meghatározzák a geológiai tényezők, olyan helyeken, ahol nagy az erózió, ott a sugárzás mértéke is nő. Ezeken kívül a szennyezettségét befolyásolja még a talaj mechanikai szerkezete, kémiai összetétele, és az alkalmazott agrotechnikai, agrokémiai eljárások. A talaj szerkezete azért fontos tényező, mert a talaj felszínére kerülő radioaktív anyag növények általi felvehetőségét befolyásolja, ha például lejut mélyebb rétegekre egy könnyű szerkezetű talajnál, akkor már nem tudják a növények felvenni. Továbbá a talajnak van természetes gamma sugárzása is a K^{40} , U^{238} , Th^{232} elemektől származik, és a nedvességtartalom befolyásolja, a nagyobb nedvesség csökkenti koncentrációját, átlagosan a talajban 420 Bq/kg található, a szabadban 33-45 Bq/kg. Ezeken kívül még Rb^{87} is megtalálható a talajban, de ez kisebb aktivitású, mint a káliumé.

⁵ Forrás <http://www.atomforum.hu/pdf/atomeromu%20kornyezeti%20hatasai.pdf> Letöltés: 2012.10.03.

⁶ Forrás: Dr.Szabó S. András: Radioökológia és környezetvédelem Mezőgazdasági Kiadó 1985 237 oldal terjedeleme ISBN 963 231 986 9

A légkörbe radioaktív gázok jutnak a talajból, melyek a radon, toron és az urán. A radonnak jó a vízzoldhatósága, így a felszín alatti vizekből könnyen eljut patakokba, folyókba. A radontartalmát a talajnak az évszak és a hőmérséklet meghatározza, a maximuma nyáron van. Továbbá a gáz áteresztőképességétől is függ, így az agyagos talajok radontartalma nagyobb. Meg kell még említeni a Sr^{90} és a Cs^{137} izotópokat, melyek a talajban tartósan ott tartózkodnak és az atmoszférából általában nedves ülepedéssel jutnak a talaj felszínére. A talaj átlagos alfa aktivitása 0,4-3 Bq/g, a velencei gránit meghaladhatja a 4 Bq/g –ot. A légkörben a természetes sugárzások a kozmikus sugárzás, légköri gázok, és az atmoszférába került szennyező anyagok, por, pernye. Az atmoszférát a havazás tisztítja meg leghatékonyabban. A radon adja a természetes sugárzások döntő többségét, így ezzel külön is foglalkozni kell. Fentebb már említettem képződését, a talajból áramolhat ki, felezési ideje 3,8 nap, így a talaj mélyebb rétegeiről, mire felérne, elbomlik. A szabadban koncentrációja 5-10 Bq/m³, de zárt térben jelentősen fel tud dúsulni, átlagosan 40 Bq/m³ koncentrációra (barlangokban akár ezerszeres is lehet), és a vízgőzhöz, meg a porszemcsékhez tapadva belélegezhetjük, ez azért veszélyes, mert a bomlási sorban alfa sugarak vannak, ami súlyosan károsíthatja tüdönket.⁷ A legkisebb koncentrációt az Antarktisz légterében mérték, 70 mBq/m³-t és az óceánok felett szintén hasonlóan alacsonyabbak az értékek. A lakásokban a cselevési szint koncentrációját 200-600 Bq/m³-ben= vagyis 3-10 Sv/év-ben határozták meg, ami persze országonként eltérő lehet, Iránban egy száz éves házban a sugárzás 89-132 mSv/év. A világban a természetes háttérsugárzást a 3. sz. ábrával szeretném szemléltetni, a zárójelbe tett értékek mutatják a maximális értékeket.



11.sz. ábra: Természetes háttérsugárzás a világban

Forrás: <http://sztefano.wordpress.com/2008/07/14/a-vilagot-megmento-ero-power-to-save-the-world/>

Letöltés: 2012.10.03.

⁷ Forrás: Dr. Szabó S. András: Radioökológia és környezetvédelem Mezőgazdasági Kiadó 1985 237 oldal terjedelemben ISBN 963 231 986 9

A hidroszférában is vannak radioaktív anyagok, melyek a litoszférából kimosódással, illetve száraz, vagy nedves ülepedéssel a felszíni vizekbe jutnak a kozmikus sugárzás hatásaként képződött, fentebb már ismertetett anyagok. A vizekben élő organizmusok befolyásolják a víz radioaktivitását, mert a saját szervezetük részévé teszik, de ez fordított folyamat is, ha elpusztulnak, akkor a visszajuttatják a radioaktív anyagokat. A tavak radioaktivitása jóval meghaladja a folyókét, továbbá a tengereké függ a mélységtől is, a tenger fenekén ugyanis kiülepednek, így a tengeri halak szervezetében kevesebb a radioaktív anyag, mint a tavi halakéban. Jellemzésükre, a vizeknél a béta aktivitást szoktuk használni, ez a Dunába átlagosan 0,3-2 Bq/liter. A Duna K^{40} aktivitása 70-90 mBq/liter, a tengeré 10-15 Bq/liter, ami a NaCl, és KCl tartalommal függ össze. Előfordulnak még a vizekben H^3 nuklidok, Ra^{222} , Ra^{226} , Po^{210} , Pb^{210} . A trícium átlagos mennyisége 0,6-08 Bq/liter. A legnagyobb aktivitása a gyógyvizeknek van, melyek közül a rádiumos víz Pb^{210} tartalma 50 Bq/liter is lehet. Ivóvizeink a számos kezelési eljárásnak köszönhetően jóval kevesebb radioaktív anyagot tartalmaznak Ra^{226} mennyisége 3,7-37 mBq/liter között változik. Magyarországon a háttérsugárzás 50-180 nSv/óra között változik, az ingadozása az időjárási körülmények, és természeti hatások befolyásolják.

Az adatokat vizsgálva megállapítható, hogy az atomerőművek, ha a technológiai előírásokat, a biztonsági szabályokat betartják, kevesebb sugárzási terhelést jelentenek, mint a természetes háttérsugárzások.

2.4 Mesterséges sugárzások

A természetes sugárzások mellett a mesterséges sugárzásoknak nagyobb jelentőséget tulajdonítunk, már a dóziskorlátok megállapításánál is, és egy baleset kapcsán hatalmas mennyiségű radioaktív anyag kerülhet a légkörbe, ami gyakran félelmeket ébreszt bennünk. Szeretném ismertetni a mesterséges sugárzásokat, honnan is származhatnak. Egyfelől nukleáris robbantásból, másrésztől atomerőművek üzemeltetéséből, ennek kapcsán a reprocessálásból, hulladékokból, orvosi alkalmazásból, továbbá izotóplaboratóriumokból.

A bioszférában a nukleáris robbantások játszottak közre a szennyeződésében, eltekintve attól, hogy földfelszíni vagy magas légköri robbantásról beszélünk. Ez a sztratoszférába kerül, és lassú ülepedéssel a Föld távoli pontjára is el tudnak jutni, a radioaktív anyagok 20-25 m/s sebességgel haladnak és a robbantás után egy-két héttel kimutathatóak a csapadék-, és levegőmintákban a robbantás helyétől nagyon messze is.

Az 1945-ös első robbantás óta 2004-ig 542 légköri robbantás történt, amit az Atomcsend Egyezmény korlátoz napjainkban. Ezek azért is veszélyesek a környezetünkre, és ránk nézve, mert a sztratoszférából a radioaktív anyagoknak mindössze 10 %-a ürül ki évente.⁸ A robbantáskor keletkezett radioaktív izotópokat három csoportra lehet osztani eredetük szerint. Ezek egyszer a töltet szétszóródott hasadásban részt nem vett részei, másodszor a neutronfluxus következtében a magreakciók eredményeképpen a környező anyagokban keletkezett aktív anyagok, harmadszor pedig a hasadási termékek. Ez utóbbiak a legveszélyesebbek, az urán és plutónium hasadása sokféle módon játszódhat le, akár 60 primer hasadási termék keletkezhet. A radioaktív izotópok veszélyességét meghatározza a hasadási hozam, vagyis a hasadványok között aktuális aktivitásarány, másrésről a biológiai, fizikai, effektív felezési idő, dozimetriai jellemző, továbbá a növényi, állati, emberi szervezetbe való beépülés aránya. Az élő szervezetek belső sugárterhelésénél a Sr^{90} az egyik jelentős, hosszú felezési idejű (28 év), mely a Ca-hoz hasonló kémiai és a szervezetben a Ca-mal együtt jelentősen felhalmozódhat. A másik veszélyes izotóp a Cs^{137} , mely a K-hoz hasonlóan részt vesz az anyagcsere folyamatokban vele együtt transzportrendszert képez, de négyszer nagyobb dózisegyenérték-lekötést eredményez.

Az orvosi vizsgálatoknál és a gyógyításban is alkalmazzák a radioaktív sugarakat. A kezdetekben még sem a dolgozót sem a beteget nem védték a sugárzástól. Mára ez már megváltozott, és odafigyelnek erre. Éves világátlagban az UNSCEAR felmérése szerint az orvosi sugármennyiség dózisa 0,4 mSv/év. A legkisebb sugármennyiséget egy fogröntgen készítése során kapjuk a legtöbbet egy egészséges CT vizsgálatnál. Azonban sugárkezelésnél, egy pajzsmirigy tumor gyógyításánál 5-10 GBq I^{131} izotópot kap a beteg, és ez a káros szövetet szétroncsolja. Egy 5,5 GBq sugárkezelés után a páciensről 1 méterre akár 0,3 mSv/óra sugárzás is lehet. Ezek rövid felezési idejűek és a szervezetből kiürülve a csatornába kerülnek.

A sugárzások az élelmiszereinkben is megtalálhatóak, konkrétan a legnagyobb rádium tartalom a burgonyában van, $6,7-12,5 \cdot 10^{-11}$ g Ra/kg, a búzáé $2-2,6 \cdot 10^{-11}$ a hústerméké $8 \cdot 10^{-12}$ g Ra/kg, mely értékek a környezet szennyezettségétől függően változik, mert az élőlények felhalmozzák magukban a rádiumot. Érdekességképpen a tengeri moszatok és a plankton százszor nagyobb mennyiségű rádiumot tartalmaz, mint a tengervíz, amiből ezek a szervezetek táplálkoznak.

⁸ Forrás: Forrás: Dr.Szabó S. András: Radioökológia és környezetvédelem Mezőgazdasági Kiadó 1985 237 oldal terjedeleme ISBN 963 231 986 9

A tudósok a hiroszimai és nagaszaki atombomba támadás után jöttek rá, hogy a sugárzás az emberekben csak káros mutációkat okozott, de a növényvilágban az egyes mutációk hasznosak. Megfigyelték, hogy az újonnan mutálódott növényeknek nagyobb lett a termés hozama, és jobban ellenálltak a betegségeknek. Így alakult ki a besugárzási technika a növény nemesítésben, és laboratóriumokban figyelték pontosan milyen genetikai, fiziológiai, biológiai változások mennek végbe, és olyan növényfajtákat lehet így kifejleszteni melyek ez által nagyobb termés hozamúak, ellenállnak a szélsőséges időjárásnak, és a betegségeknek. Két módszer létezik, az egyiknél a fejlődési szakaszban sugározzák be a növényeket, főleg virágzáskor, a másikonál a vetőmagot. A növényeket általában koncentrikus körök mentén helyezkednek el, és a sugárforrást is középre helyezik el, általában Co^{60} -at, ennek aránylag nagy a radioaktivitása, és egyre távolodva kisebb lesz. A hajdínánál megfigyelték, hogy nyolc nappal korábban virágzott, és bőséges oldalhajtásuk volt, és zöld anyagának hozama is több volt, mint a besugárzást nem kapott növényeknél. Ez azért is fontos, mert a hajdina virágából gyógyszert állítanak elő a vérzékenységre. A cukorrépánál a cukortartalom 0,6-1,2 % -kal növekedett. A kukoricánál a csövek száma nőtt.

A magvak vetés előtti besugárzása után a csírázás előbb indult meg, és a gyökéregesztés is. A rosnál a megtermés abszolút súlyának gyarapodása elérheti a 21 %-ot. Hasonló a zab, árpa és a többi gabonaféle viselkedése is. A sárgarépa karotintartalma is nőtt 20-30%-kal. Ezeken kívül a proteintartalmat is lehet növelni. A besugárzást az élelmiszerek tartósításában is lehet alkalmazni, de Európában nem terjedt még el igazán, pedig a világban 41 országban használják, 60 termékénél. A sugárzás elpusztítja a bennük lévő mikroorganizmusokat. A WHO, FAO, IAEA bizottságai kihirdették, hogy a besugárzott élelmiszereknek nincs káros hatásuk. Nem éri őket hőhatás, ugyanúgy friss állagú marad, minimális ízhatás változás, és vitaminvesztés fordulhat csak elő. A pozitív hatása viszont, hogy a káros mikroorganizmusokat elpusztítja így tovább eltarthatóak az élelmiszerek, mert nem indul meg a romlás.

Európában az 1999/2/EC EU irányelv szabályozza az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek és ezek összetevőit. Egyetlen élelmiszerkategóriát határoztak meg, mindössze a szárított fűszernövények, fűszerek és fűszerezéseket. Meghatározza a sugárzás forrását, a dózismennyiségeket, címkézést.

⁹ Forrás: A.P.Alexandrov: Nukleáris energetika, ember és környezet Műszaki könyvkiadó 1984 242 oldal terjedeleme ISBN 963 10 5365 2

3. Atomerőművek biztonsága és társadalmi elfogadottsága, megoldás

Magyarországon az atomerőművek elfogadottsága társadalmilag és politikailag elfogadott, a paksi atomerőmű felmérése szerint, azonban nem volt ez mindig így. A paksi atomerőmű építése előtt heves tiltakozások voltak, jobban mondva, a hulladéklerakó létesítése miatt. A lakosságnak kellő információval kell rendelkeznie, hogy tisztán láthassák az atomenergia szükségességét, az erőmű működését, környezeti hatásait, a lakosságra nézve is és a biztonságát. A természettudományos ismeretek oktatása fontos lenne a lakosság körében és ez által jobban megismernék az atomenergia szerepét is.

3.1 A paksi atomerőmű és hulladéklerakója miatti viták

A paksi atomerőmű megépítése előtt bizonytalanság volt a lakosság körében, de a tájékoztatások, munkahely lehetőség és lakhatás reménye által idővel változott véleményük. A paksi erőmű helyének kijelölése is hosszadalmas folyamat volt, mert szükséges a folyamatos hűtés és ehhez kellő mennyiségű víz, így a Dunára esett a választás, és annak is alsóbb szakaszára, így Paks lett a megfelelő. Viszont itt nem lehetett kialakítani a hulladéktárolót. Így másik lehetőségként vizsgálni kezdték Püspökszilágyot. Ez viszont még, ha a terület hidrológiailag és geológiailag megfelelő lett volna, akkor sem lehetett volna elfogadni a lakosság sugárbiztonsága szempontjából, mivel a távolság is nagy volt. Így még 10 telephelyet tártak fel, de az emberek nyugtalanok voltak. Ezt követően Mecseknádasdon, majd Ófalun és később Fekeden és Bátaapátiban is tájékoztatót tartottak a létesítményről, üzemeltetésről, mely előadásokat hosszú viták követték. Az Ófalui falugyűlésen egy társadalmi bizottságot választottak, hogy felkérjenek egy független szakértői bizottságot. Azt ígérték, hogy ha a bizottság is alkalmasnak állapítja meg a területet nem fognak tiltakozni. A bizottság nem találta alkalmasnak, Paks fellebbezett. A szilárd hulladékok elhelyezésére alkalmasnak Püspökszilágyot választották.¹⁰ 2007-től már Bátaapátiba szállítják felszíni tárolóba a szilárd kis és közepes aktivitású hulladékokat, és épül a felszín alatti tároló is a nagy aktivitású hulladékok elhelyezésére. A nagy aktivitású hulladékok kezeléséről, és végleges elhelyezéséről a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság gondoskodik, mely kezeli a pénzügyi alapot, melybe az erőmű fizet minden KW után, mivel az atomerőmű

¹⁰ Forrás: Rósa Géza: Temetni jöttem... Paks Ófalu. Ságvári Nyomda 78 oldal terjedelem 1988 ISBN 963 026 147 2

bezárása után még gondoskodni kell 100 évig a hulladékok hűtéséről, végleges tárolásáról, atomerőmű lebontásáról és szintén a sugárzó elemek végleges elhelyezéséről.

A 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról szabályozza a nukleáris energia használatának jogszabályi kereteit, mely szerint e tevékenységet csak a jogszabály szerint és módon, a biztonsági szempontok elsődlegességével és rendszeres ellenőrzés mellett lehet végezni.

3.2 OAH tevékenysége

Az OAH Országos Atomenergia Hivatal tevékenységéhez tartozik a nukleáris létesítmények, elsősorban a paksi atomerőmű felügyeletének ellátása. Az atomerőművek kiemelt biztonsági jelentőséggel rendelkeznek, ezért állnak hatósági felügyelet alatt, mely kiterjed az engedélyezés, biztonsági értékelés, ellenőrzés és jogérvényesítés eljárásaira. Ezen feladatait szabályozza a 114/2003 (VII.29.) Kormányrendelet, mely meghatározza a hatásköréről, bírságolási jogköréről, feladatairól, továbbá az atomenergia koordinációs tanács tevékenységét. Az OAH hagyja jóvá a létesítéshez és üzemeltetéshez tartozó számos engedélyt és a baleset elhárítási intézkedési tervet is jóváhagyja, ami nagyon fontos egy esetleges baleset bekövetkeztekor, hogy ne következzen be még súlyosabb katasztrófa, mint ahogy a csernobili balesetnél láttuk. Az OAH ¹¹kezel egy pénzügyi alapot is, ez a Központi Nukleáris Pénzügyi alap, melybe a paksi atomerőmű minden megtermelt Kwh után egy meghatározott összeget fizet be, a keletkező hulladékok kezelésére, tárolására vonatkozóan. Több törvény és törvény erejű rendelet, kormányrendelet szabályozza az atomenergia békés célú felhasználást, ezen belül a hulladékokra, kiégett fűtőelemekre vonatkozóan, mint az

- [1979. évi 19. törvényerejű rendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás kihirdetéséről,](#)
- [2001. évi LXXVI. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében a kiégett fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról létrehozott közös egyezmény kihirdetéséről](#)
- [2011. évi XXXVII. törvény a Nemzetközi Vasúti Árufuvarozásról szóló Megállapodás \(SzMGsZ\) és Mellékletei módosításokkal és kiegészítésekkel egységes szerkezetben történő kihirdetéséről](#)

¹¹ Forrás:

http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/jogi_hatter_hu/C6E117B0A2A1F884C1257109005E7219?OpenDocument

- [240/1997. \(XII. 18.\) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok és a kiégett üzemanyag elhelyezésére, valamint a nukleáris létesítmények leszerelésére kijelölt szerv létrehozásáról és tevékenységének pénzügyi forrásáról](#)
- [34/2009. \(II. 20.\) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok és kiégett fűtőelemek országhatáron át történő szállításának engedélyezéséről](#)
- [246/2011. \(XI. 24.\) Korm. rendelet a nukleáris létesítmény és a radioaktív hulladék-tároló biztonsági övezetéről](#)
- [14/1997. \(IX. 3.\) KHVM rendelet a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról](#)
- [62/1997. \(XI. 26.\) IKIM rendelet földtani és bányászati követelmények a nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék elhelyezésére szolgáló létesítmények telepítéséhez és tervezéséhez](#)
- [1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról](#)

Az atomerőmű felügyeletét ezen kívül végzi a környező 13 település önkormányzatából létrejött TEIT Társadalmi Ellenőrző és Információs Társaság, mely az ellenőrző tevékenységén kívül az erőmű és a lakosság közti információ-cserét is elősegíti, és kölcsönös bizalmat alakít ki. A települések polgármesterei alakítanak ellenőrző bizottságot és az erőmű bármely létesítményébe betekinhetnek, és az erőmű által mért sugárvédelmi adatokat is megkapják, így össze tudják vetni a saját üzemeltetésű mérőhálózatok adataival mely 13 helyen van telepítve. Bátya községben a talajvizet, felszíni, és csapadékvizet mérik. Paks, Kalocsa, Uszód városában a lakosság közvetlen tájékoztatást kap a legforgalmasabb helyre ¹² telepített ellenőrző és megjelenítő rendszer segítségével. Paks, Dunaszentgyörgy és Gerjen városa környezeti háttérsugárzó rendszer működik, és a Gerjenben mért adatokat az interneten is meg lehet tekinteni. A társaság pénzügyi forrásait viszont az atomerőmű finanszírozza, így többek kétkednek az adatok hitelességét valószínűen.

3.3 A lakosság és atomenergia kapcsolata

A TEIT önkormányzatok lehetővé teszik a lakosságnak a személyes találkozást, lakossági fórumok által, az erőmű látogatását is megszervezi. Ezen kívül helyi sajtóanyagokban, tévében, rádióban is információkat nyújt a lakosságnak, és minden háztartásba eljuttatják az információs anyagokat a TEIT-ről és a fontosabb eseményekről.

¹² Forrás: <http://www.teit.hu/teit/inf.html>

A nukleáris energiáról nyújt hasznos ismereteket a Magyar Nukleáris Társaság, mely 1990 óta működik és folyóiratot szerkesztenek, továbbá a BME Nukleáris Technika Intézetével honlapot is üzemeltetnek a friss hírekről, eseményekről. A paksi atomerőmű köteles tájékoztatni a lakosságot törvényi szabályozás és nemzetközi egyezmény alapján is. A 165/2003 (X.18.) Kormány rendelt szabályozza a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről. Lakossági Tájékoztatási Tervet kell készíteni a lakosság időbeni és hiteles tájékoztatása érdekében, országos, ágazati, megyei és a nukleáris intézményben, előállító és tároló egységben. Ha rendellenes esemény következik be, legkésőbb 16 órával azt követően be kell jelenteni, majd a megfelelő fokozatba be kell sorolni. A nukleáris balesetek besorolására az INES skálát használjuk. (lásd 12. ábra)

A paksi erőműben 2003-ban következett be egy súlyos üzemzavar, mely az INES skálán a 3-as besorolást kapta, amit az OAH fogad el. Az éves dóziskorlátot a radiojód mennyisége 13-szeresen lépte túl, a radiostroncium 4,3-szeresével. A csernobili és a fukushimai katasztrófa is a legsúlyosabb 7-es kategóriába tartozik. A paksi atomerőműben az üzemzavar bekövetkezte után értesítették a szükséges hatóságokat, elsőként a Magyar Távirati Irodát, majd a sajtót, megyei védelmi bizottságokat. A környező települések polgármestereit „sms” rendszeren keresztül értesítették a 30 km-es körzeten belül. Az erőmű szakemberei nyilatkozatot tettek, interjút adtak, így ez által 600 sajtómegjelenés jött létre, tehát az erőmű az üzemzavart megfelelően kommunikálta.

A magyar lakosság körében 1990 óta felmérést végez a paksi atomerőmű, mely szerint 73 százalék egyet ért az atomenergia használatával. Ez a százalék a fukushimai baleset előtt 78 százalék volt. A baleset után a lakosságban nyilván felmerült, hogy a paksi atomerőműben elég szigorúak-e a szabályok. 73 százalék gondolja nagyon vagy meglehetősen biztonságosnak, 22 százalék megfelelőnek. 94 százalék úgy gondolja, hogy be is tartják a szabályokat. Az atomerőművet biztonságosnak tartja a lakosság 86 százaléka, és úgy gondolja, hogy színvonala is megfelel az európai uniós színvonalnak. A bővítést 51 százalék támogatná, az üzemidő hosszabbítást 58 százalék.¹³

¹³Forrás: <http://gepnarancs.hu/2011/09/a-lakossag-haromnegyede-tamogatja-a-paksi-atomeromuvet/>
Letöltés:2012.10.10.

INES Nukleáris Esemény Skála

Kategória	Meghatározás	Esemény	Hatás
0	Skála alatti események	N/A	A biztonság szempontjából nincs jelentőségük
1	Üzemzavar	Rendellenesség	A biztonsági intézkedések olyan megszegése, mely még nem jelent kockázatot sem a dolgozókra sem a lakosságra.
2	Üzemzavar	Üzemzavar	Biztonsági következményei már lehetnek, de a dolgozók járulékos sugárterhelése nem haladja meg az éves dóziskorlátot.
3	Üzemzavar	Súlyos üzemzavar	A dolgozók sugárterhelése meghaladja a dóziskorlátot, de a legjobban veszélyeztetett lakosság egyedei legfeljebb csak néhány tized mSv dózist kapnak.
4	Baleset	Elsősorban létesítményen belüli hatású baleset	Ilyen rendkívüli esemény már részleges zónaolvasás következménye. A dolgozók kis részében akut egészségkárosító hatások jelentkeznek, de a legjobban veszélyeztetett lakos legfeljebb néhány mSv sugárterhelést kaphat.
5	Baleset	Telephelyen kívüli kockázattal járó baleset	A reaktorzóna súlyos károsodása következtében a radioaktív izotópok olyan mennyiségben juthatnak ki a környezetbe, ami már veszélyezteti a lakosságot (1014-1015 Bq). Ebben az esetben a lakosságra vonatkozó BEIT-eket részlegesen végre kell hajtani.
6	Baleset	Súlyos baleset	Amikor jelentős mennyiségű radioaktív anyag (1015-1016 Bq) kibocsátása során súlyos egészségkárosító következmények jelentkeznek. Ennek megelőzésére a baleset-elhárítási intézkedési terveket (BEIT-eket) teljes körűen alkalmazni kell.
7	Baleset	Nagyon súlyos baleset	Amikor a reaktortartályban lévő radioaktív anyagok nagy része kijut a környezetbe (>1016 Bq). Ilyen esetben fennáll a korai sugársérülés veszélye mind az atomerőműben, mind a közvetlen környezetében. A késői egészségkárosító, illetve környezeti hatások pedig nagy területen jelentkeznek.

12. sz. ábra: INES skála

Forrás: http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=monitor_nbiek_ines_skala Letöltés: 2012.10.17.



13. sz. ábra: Interaktív kiállítás

Forrás: <http://www.hegyvidekujsg.eu/archivum/archivum-2012-junius-19/paksi-atomeromu>

Letöltés:2012.10.18.

Az atomenergia alkalmazásánál a minél nagyobb biztonság elérése a fontos. A sugárvédelem célja az ember védelme az ionizáló sugárzások ártalmas kockázata ellen, a hasznos sugárterheléssel járó tevékenységet elősegítve, három fő alapelv betartásával. Az első fontos elv az **indokoltság** elve, mely szerint, ha pozitív nettó haszna van a sugárveszélyes tevékenységnek, szabad alkalmazni. A második az **optimalizálás** elve, ami azt mondja, hogy a sugárzás olyan kismértékű legyen, amennyire csak lehetséges. A harmadik alapelv a **dóziskorlát** elve, mely szerint meg kell határozni azon dóziskorlátokat melynél még a sugárveszélyes tevékenység a lakosság részére elfogadható és nem éri többletterhelés sem a sugárveszélyes helyen dolgozókat sem a lakosságot. Ezen elvek betartásával az atomenergia használatát biztonságos szinten lehet folytatni. A paksi atomerőműben a sugárvédelmi tevékenységet a Sugár és Környezetvédelmi Főosztály végezte, de segítette még munkájukat a Sugárvédelmi Szolgálat is. Alapfeladatai közt korlátozzák a dolgozók sugárterhelését, továbbá az kizárni az indokolatlan sugárterheléseket, és optimalizálni mindezeket. Meghatározó szerepet kapott a személyi dozimetriai ellenőrzés. 2011- ben a legnagyobb sugárterhelés 15.9 mSv volt, mely a hatósági korlát alatt van. 247 munkavállaló elérte az 5 mSv dózist. A külső sugárterhelés mellett a belső sugárterhelés elhanyagolható mértékű. Vagyis a sugárvédelmi tevékenység eredményesen működött.

3.4 AGNES-Program és biztonsági jelentés

A nukleáris szakemberek, és a lakosság érdeklődését mindig is foglalkoztatta a szovjet tervezésű reaktorok megfelelő biztonsága, így időnként újraértékelik ezek megfelelőségét és javítják az esetleges hiányosságokat, vagy akár le is állítják a reaktorokat. Az Országos

Atomenergia Hivatal 1991-től létrehozta az AGNES-program-ot, ennek keretében a paksi atomerőművet is újraértékelik. Ezt a paksi atomerőmű biztonsági jelentésében tették közzé, melyet a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség is elfogadja. A paksi atomerőmű VVER440/213-as típusú, amely megfelel a modern biztonságtechnikai követelményeknek. A VVER440/230-as típusú erőművet nem találták biztonságosnak, így leállították véglegesen Németországban a működését, és a még működő reaktorokat Szlovákiában és Bulgáriában is igyekszenek rászorítani a bezárásra.

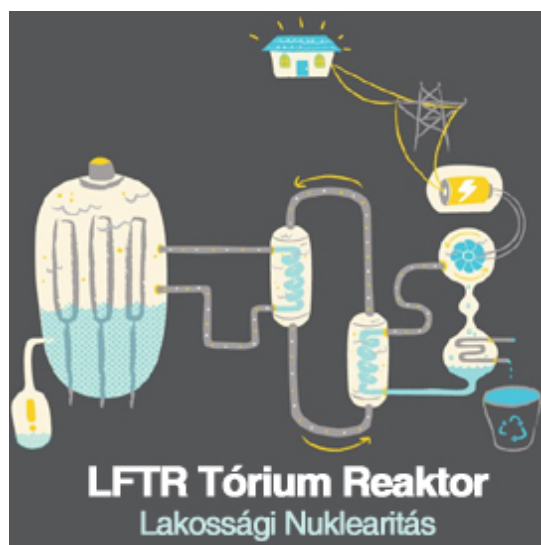
Az erőműben vannak és voltak problémák, amelyeket javítottak, vagy éppen javítanak, tehát biztonságnövelő intézkedéseket tesznek. Mindemellett az atomerőműveket újra kell értékelni a nyugati szemlélettel is, mely megfelelő dokumentáltsági és minőségbiztosítási igényeket is kielégít. Ennek keretében elvégezték a valószínűségi biztonsági analízist tervezett és súlyos balesetek kapcsán is. A biztonsági rendszereknek még a legsúlyosabb esetben is védelmet kell nyújtaniuk. Vizsgálták az esetleges következményeket, melyből megállapították, hogy az erőmű rendszerei megfelelő védelmet nyújtanak.¹⁴ Azt is kiderült, hogy a szovjet tervezés miatt, nagyobb valószínűséggel következhet be súlyos baleset, mint egy hasonló korú nyugati erőműben. Ennek elkerülése érdekében balesetkezelési eljárásokat vezettek be, és biztonságnövelő intézkedéseket egyre szigorúbb követelményekkel. Összességében elmondható, hogy az AGNES program hozzájárult, hogy a magyar lakosság számára biztonságosan termelhessék a villamos energiát. Az erőmű biztonsági értékelését a saját honlapján megtalálhatjuk, mindenki számára hozzáférhető. Az erőmű működését a biztonsági mutatókkal értékelik, melyet a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlása alapján alakított ki. A jelentésben mindenre részletesen kitérve vizsgálják az erőmű normál üzemi működését, karbantartásokat, üzemeltetés biztonságát, kockázatokat, eseményeket, baleset elhárítást, emberi tényezőt, sugárvédelmi programot, önértékelést.

3. 5 A tórium, mint lehetséges megoldás

Már évtizedekkel korábban megalkottak egy gyakorlatban is működőképes technikát a Folyékony Fluorid só olvadékos Tórium Reaktort, melynél sokkal kevesebb hulladék keletkezik, és jóval kevesebb mennyiségből többet energiát lehet nyerni, 1 tonna tóriumból annyit, mint 200 tonna uránból, és 3,5 millió tonna szénből, és ráadásul még inkább környezet-barát. Nagy mennyiségek állnak rendelkezésre. Sajnos ezt a technikát nem mutatják be még tudományos ismeretterjesztő csatornákon sem és az állam sem támogatja,

¹⁴ Forrás: www.atomeromu.hu AGNES Program

kivéve India, aki meg fogja építeni első tóriumos atomerőművét, valószínű azért is, mert az ő területükön nagy mennyiségben megtalálható. Habár Wigner Jenő már a 60-as években megépített egy ilyen reaktort. A világ legismertebb fizikusa Carlo Rubbia, a rendelkezésre álló adatok alapján, nyílt levélben kérte Obamát, hogy az USA-ban térjen át a tóriumos erőművekre, ez 3 milliárd dollárba kerülne, de háromszor annyi van, mint uránból, és mint említettem 200- szor több energiát lehet belőle kihozni. A tórium emellett nem hasadóanyag, hanem egy alapanyag, melyből hasadóanyagot lehet létrehozni, ezért baleset, robbanás is könnyebben elkerülhető.



14. sz. ábra: Tóriumos reaktor

Forrás: www.stipistop.com Letöltés: 2012.05.10.

Összegzés

Az erőművek létesítése helyett a megújuló erőforrások hasznosítása egy alternatíva lehet, melyben rejlenek még lehetőségek, melyeket igyekezzenek is egyre növekvő tendenciában kihasználni az országok, mint fentebb említettem. Sőt komoly célkitűzéseket tesznek többek a megújuló energiaforrások folyamatos fejlesztésére, hogy minél több energiát tudjanak ebből nyerni. Ezeket a lakosság is jobban elfogadja, általában nincsenek tiltakozások ellene, mint az atomerőműveknél. Amennyiben mégis alkalmazni kell az atomenergiát, a szakemberek és a politika felelőssége, hogy a biztonsági előírások maximális betartásával, folyamatos ellenőrzéssel és korszerűsítéssel elkerüljék a Csernobilhoz és fukushimához hasonló események kialakulását. Dél Korea leállította 2 erőművét, mert nem volt megfelelően biztonságos az üzemeltetése, továbbá Franciaország is leállítja 2016-ig legrégebbi erőművét,

és Németország 2022-ig az összeset bezárja. Megújuló energiaforrásokkal tervezik helyettesíteni a kiesést, de ezt az EU kétkedéssel fogadta. Franciaország atomerőműiben megtermelt energia 60% -át fedezi szükségletüknek, mely az EU területén működő atomerőművek egyharmadát teszik ki. Az atomerőművek bezárása és átállás a megújuló energiaforrásokra viszont az energia nagymértékű drágulását vonhatja maga után, tehát egyelőre az atomenergiánál olcsóbb energiaforrás nincs, megfontolandó a totális paradigmaváltás.

A mentőszervezetek számára napjainkig is szolgált tanulsággal mindkét eset. A korrekt tájékoztatás, a helyzettel való szembenézés, és gyors, felelősségteljes szakmai döntések jelenthetnek csak garanciát a katasztrófák következményeinek gyors felszámolására, az eszkalálódás megakadályozására.

Napjaink energiaigénye nem fog csökkenni, tehát az atomenergia egyelőre az egyetlen megoldás szükségleteink kielégítésére, mivel a fosszilis energiahordozók is kimerülőben vannak, az ezt használó erőművek ideje is meg van számlálva. Ezen kívül rengeteg káros anyagot bocsátanak ki, ami miatt szintén nem megfelelő megoldás. Ha már választani lehet, remélhetőleg az urán helyett a tóriumot helyezik előtérbe. Azonban a paksi atomerőmű, mint fentebb ismertettem, elkövet mindent, hogy magas színvonalon biztosítsa a biztonságos működést, és ezek mellett a környezetet se károsítsa, és a lakosságot se érje káros sugárterhelés. Az atomerőmű saját honlapot üzemeltet, melyen a lakosság is megtekinthet hasznos információkat, jelentéseket és a Látogatóközpontba is elmehet. A helyi kiadványokkal szintén eredményesen hozzájárulnak a lakosság információszerzéséhez, mely egyúttal bizalmukat és a békés egymás mellett élést is megalapozza.



15. sz. ábra: Látogatóközpont

Forrás: www.reak.bme.hu Letöltés: 2012.10.18.

A lakosság oktatása és ismeretszerzése azért is fontos, hogy megértsék az atomenergia szükségességét, de egyben átlássák működését, és megismerjék biztonságosságát is. Azok a lakosok, akik több ismerettel rendelkeznek a természettudományok és atomenergia terén nagyobb arányban tudják elfogadni. Ha az atomenergiával kapcsolatosan betartják a sok biztonsági előírást, mely az EU-ba való belépéskor még szigorodott, így megfelelő biztonsággal tudja ellátni energiaigényünket. Környezetpolitikáját is fejleszteni kell és lehet minden területen. A paksi erőműben a bővítéssel vagy üzemidő hosszabbítással lehetőségünk lenne még nagyobb százalékban is energiaigényünk fedezetére, mely eredményeképp akár kevesebb importra szorulhatnánk. Összességében megállapítható, hogy a paksi atomerőmű megfelel az európai színvonalnak, a biztonsági követelményeknek.

Bárhogy döntenek is a döntéshozók az energiakérdésben, reménykedünk abban, hogy sikerül az energiaigényünket úgy megoldani, hogy bennünket, embereket nem károsít és a környezettel is összhangban lesz, mert a természetet nem legyőznünk kell, hanem harmóniában élni vele.

Irodalomjegyzék

- Paksi Atomerőmű Zrt. 2010. 2011 évi környezetvédelmi Jelentés
- Rósa Géza: Temetni jöttem... Paks Ófalu Ságvári Nyomda 78 oldal terjedelemben 1988 ISBN 963 026 147 2
- Dr.Szabó S. András: Radioökológia és környezetvédelem Mezőgazdasági Kiadó 1985 237 oldal terjedelemben ISBN 963 231 986 9
- A.P.Alexandrov: Nukleáris energetika, ember és környezet Műszaki könyvkiadó 1984 242 oldal terjedelemben ISBN 963 10 5365 2

Internetes irodalomjegyzék

- A lakosság védelmének területi és helyi szintű vizsgálata a paksi atomerőmű környezetében http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/phd/2009/antalicz-gergelics_natalia.pdf
Letöltés: 2012.10.09.
- A nukleáris energiatermelés helye és szerepe a jelenkori társadalomban
<http://rexades.web.elte.hu/letoltes/rpszakdolgozat.pdf> Letöltés: 2012.10.05.
- Súlyos üzemzavar a paksi atomerőműben
<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0308/szatmary0308.html> Letöltés: 2012.10.05.
- Módosították az atomenergia törvényt: http://hvg.hu/itthon/20110627_atomenergia_torveny_modositas
Letöltés: 2012.10.05.
- Atomerőművek környezeti hatásai:
<http://www.atomforum.hu/pdf/atomeromu%20kornyezeti%20hatasai.pdf> Letöltés: 2012.10.03.
- Fidesz: Schmitt: két millió eurót adunk a csernobili szarkofág építésére Forrás:
<http://www.fidesz.hu/index.php?Cikk=161635> Letöltés: 2012.03.05.
- Forrás: <http://komlomeia.wordpress.com/2011/11/03/a-torium-megoldhatja-a-vilag-energiaproblemat/> Letöltés: 2012. 05.23.
- Hírextra: <http://www.hirextra.hu/2009/10/25/atomenergia-maskeppen/> Letöltés: 2012.05.23.
- Index: http://index.hu/tudomany/2010/09/01/obama_egy_tollvonassal_megoldhatna_a_vilag_energiaproblemat/ Letöltés: 2012.05.28.
- Urán készletek: www.astro.elte.hu/~hetesizs/FFEK/uran2.doc Letöltés: 2012.10.10.
- Fukushima: <http://www.greenfo.hu/hirek/2012/08/14/mutans-pillangok-fukushima-kornyeken>
Letöltés: 2012.10.16.
- <http://www.agroster.hu/adat/elfog.html> Letöltés: 2012.10.02.
- Fukushima: http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/letoltes/Japan/20110312_Aszodi_Japan_v3.pdf Letöltés: 2012.10.08.
- Fukushima: http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/letoltes/Japan/Aszodi_Boros_Fukusima_1_eve.pdf Letöltés: 2012.10.08.

- Fukushima: <http://www.origo.hu/idojaras/20110816-fukusima-radioaktiv-szennyez-es-ket-het-alatt-atkelt-az-oceanon-az.html> Letöltés: 2012.10.08.
- Fukushimai halak <http://www.civilera.hu/2012/08/sugarfertozott-halakat-fogtak-ki-fukushima-kornyeken/> Letöltés: 2012.10.09.
- TEIT: <http://www.teit.hu/teit/inf.html> Letöltés: 2012.10.09.
- Jogszabályok hulladékkezelésről: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300165.KOR Letöltés: 2012.10.09.
- Paksi erőmű támogatottsága: <http://gepnarancs.hu/2011/09/a-lakossag-haromnegyede-tamogatja-a-paksi-atomeromuvet/> Letöltés: 2012.10.10.
- Paksi erőmű honlapja: www.atomeromu.hu Letöltés: 2012.09.20.
- OAH: http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/feladatok_hu/9558363C3794F674C1257109004EC3CD?OpenDocument Letöltés: 2012.09.20.
- Tóriumos erőmű: <http://www.stipistop.com> Letöltés: 2012.05.10.
- Interaktív kiállítás: <http://www.hegyvidekujaszag.eu/archivum/archivum-2012-junius-19/paksi-atomeromu> Letöltés: 2012.10.18.
- http://www.undp.hu/oss_hu/tartalom/kiadvanyh/kiadvanyh_body/csinaljukjol/szam18/szam18_body/18_1fej_elemei/18_1fej_body.htm Letöltés: 2012.10.08.
- Szélerőmű kapacitások a világban és Európában <http://www.tankonyvtar.hu> Letöltés: 2012.10.08.
- Energiafelhasználások: <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/global/009.htm> Letöltés: 2012.10.08.
- Természetes háttérsugárzás a világon: <http://sztefano.wordpress.com/2008/07/14/a-vilagot-megmento-ero-power-to-save-the-world/> Letöltés: 2012.10.03.
- A villamos energia harmincéves változása hazánkban www.mavir.hu/.../test;...tanulmany...tanulmany...PÖYRY-2012-1-tan Letöltés: 2012.10.07.

