

Új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése

ELŐZETES KÖRNYEZETI ÉRTÉKELÉS

Készítette:
ETV-ERŐTERV Zrt.

Közreműködők:
MTA KFKI AEKI, ÖKO Zrt., SOM System Kft.

Budapest, 2008. április

TARTALOMJEGYZÉK

Vezetői összefoglaló.....	4
1. Bevezetés	8
1.1. Előzmények.....	8
1.2. Az atomerőmű és a tervezett fejlesztés	9
1.3. A tervezett fejlesztés indoklása, előnyei és környezeti megfelelése	10
1.3.1. Hazai villamosenergia-igény prognózis, új atomerőművi blokkok létesítésének indoklása	11
1.3.2. Az energiatermelés alternatíváinak környezeti szempontú összehasonlítása környezeti externáliák értékelésével.....	12
1.3.2.1. Életciklus-analízis.....	14
1.3.2.2. Fosszilis és biomassza-alapú villamosenergia-termelés	16
1.3.2.3. Nukleáris villamosenergia-termelés.....	18
1.3.2.4. A teljes üzemanyagciklus figyelembe vétele	20
1.3.3. Összehasonlítás a környezeti hatások tekintetében.....	21
1.3.3.1. Fosszilis tüzelőanyagokra épülő rendszerek	21
1.3.3.2. Nukleáris energiatermelés.....	23
1.3.3.3. Megújuló energiaforrások.....	24
1.3.4. A nukleáris energiatermelés kiváltásának környezeti következményei	25
Irodalomjegyzék.....	26
2. A telephely és a nukleáris energiatermelő technológia blokk típustól független bemutatása	27
2.1. A paksi atomerőmű létesítése és működése	27
2.2. A telephely bemutatása	28
2.2.1. A telephely elhelyezkedése	28
2.2.2. Tulajdonviszonyok, telekkönyvi adatok.....	31
2.2.3. A telephely környezetében élő népesség.....	32
2.2.4. Jogszabályi védelmet élvező környezet-, természet- és tájvédelmi területek a telephely környezetében.....	33
2.2.5. A telephely környezetének területhasznosítása	36
2.2.6. A telephely infrastrukturális kapcsolatai	36
2.2.7. A paksi telephely jellemzőinek összefoglalása	38
2.3. A telephelyen tervezett tevékenységek bemutatása	40
2.3.1. A nukleáris energiatermelés technológiai folyamata.....	40
2.3.2. Az atomerőművek típusai, a potenciálisan létesíthető reaktortípusok.....	41
2.3.2.1. A nyomottvízes reaktorok (PWR) működése.....	42
2.3.2.2. Harmadik generációs nyomottvízes atomerőművek.....	42
2.3.3. A tervezett hűtőrendszer.....	45
Irodalomjegyzék.....	48
3. A környezet jelenlegi állapota az atomerőmű térségében (érzékenység és terhelhetőség).....	49
4. A paksi atomerőmű hatása a környezet jelenlegi állapotának kialakulásában	54
4.1. A környezeti radioaktivitás jellemzése	55
4.1.1. Az atomerőmű jelenlegi radioaktív kibocsátásai	56

4.1.2. Az erőmű radiológiai környezetellenőrzése	56
4.1.3. Az atomerőmű hatása a lakosság sugárterhelésére	57
4.2. Hagyományos környezetállapot-jellemzők	59
4.2.1. Levegőminőség	59
4.2.2. Éghajlati jellemzők	59
4.2.3. Felszíni vizek	59
4.2.4. Földtani, vízföldtani viszonyok	61
4.2.5. A paksi atomerőmű környezetének szárazföldi élővilága	61
4.2.6. Hulladékok keletkezése és ártalmatlanítása	62
4.2.7. Az atomerőmű környezeti zajhelyzete	63
4.2.8. Települési környezet	63
4.2.9. Táj- és területfelhasználás	64
Irodalomjegyzék	64
5. A tervezett új blokkok létesítése és az építés környezeti hatásainak bemutatása	65
6. Az új atomerőművi blokkok üzemeltetéséhez köthető környezeti hatások	71
6.1. Radiológiai hatások	71
6.1.1. Az új blokkok várható radioaktív kibocsátásainak becslése	71
6.1.2. Lakossági sugárterhelés az új blokkokkal történő bővítés következtében	74
6.1.3. Az új blokkokkal bővített telephely várható radiológiai hatásai	75
6.1.4. A radiológiai kibocsátások becsült hatásainak összefoglalása	76
6.1.5. Radioaktív hulladékok keletkezése	77
6.1.6. Kiegett fűtőelemek kezelése és tárolása	80
6.2. A hagyományos szennyezőanyagok kibocsátása, igénybevételek és terhelések	81
6.2.1. Levegőszennyezés	81
6.2.2. Talaj- és felszín alatti vizek	83
6.2.3. Felszíni vizek	84
6.2.4. Hulladékkeletkezés	84
6.2.5. A működés zajterhelése	85
6.2.6. Ökológiai hatások	85
6.2.7. Táj- és területfelhasználás	86
6.2.8. A hűtőtornyok környezeti hatásai	88
6.3. A környezeti hatások változásának becslése a négy régi blokk leállítása utáni időszakban	91
6.4. Az atomerőmű bővítésének társadalmi-gazdasági hatásai	92
Irodalomjegyzék	94
7. Üzemzavarok és balesetek következményei	95
8. A felhagyás környezeti következményei	100
8.1. Az atomerőművek leszerelésének, felhagyásának folyamata, célja	100
8.2. Az atomerőművi blokkok leszerelésénél követhető stratégia	101
8.3. A leszerelés környezeti hatásai	102
8.4. Leszerelési költségek és fedezetük	103
Irodalomjegyzék	103
9. A lehetséges országhatáron áttérjedő hatásokra vonatkozó információk	104
10. Javaslatok az új blokkok létesítéséhez kapcsolódó vizsgálatokra	108

Vezetői összefoglaló

A Magyar Villamos Művek Zrt. a paksi atomerőmű jelenleg üzemelő négy blokkjának 20 éves üzemidő-hosszabbítása mellett, önálló projekt keretében két új – a várható hazai villamosenergia-igényektől függően – egyenként 600–1600 MW teljesítményű energiatermelő atomerőművi blokk létesítésének és üzemeltetésének lehetőségét vizsgálta meg. Az új energiatermelő egységek építése az Országgyűlés előzetes elvi hozzájárulásával 5–6 éves előkészítő tevékenységet (tervezési, engedélyezési időszak) követően a szükséges engedélyek birtokában kb. 2015–2020 között kezdődhetne meg. Az építési időszakot figyelembe véve az új blokkok üzembe helyezésére 2020–2025 között kerülhetne sor, és – a jelenleg már elérhető fejlett, harmadik generációs blokk típust feltételezve – közel 60 éves üzemidővel lehet számolni. A beruházást indokolja, hogy az előrejelzések szerint az elkövetkező 20 évben a hazai villamosenergia-felhasználás mérsékelten, de egyenletes ütemben fog növekedni, mellyel párhuzamosan az elavuló erőművek leállítása miatt az ország jelenlegi termelő kapacitása jelentős kieső részének pótlására lesz szükség 2020–2025 között. Ez azt jelenti, hogy 20 éves távlatban legalább 7000 MW új villamos energiatermelő kapacitást kell létrehozni, mely létesítése során mindenképpen célszerű támaszkodni az atomerőművekre is.

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény és a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet alapján az atomerőmű, atomreaktor létesítése egyértelműen környezetvédelmi engedélyhez kötött tevékenység, melyhez környezeti hatásvizsgálati eljárást kell lefolytatni. Az engedélyezési eljárás kétlépcsős, első lépésként előzetes vizsgálatot kell végezni, melyet a környezeti hatásvizsgálati szakasz követ, amelynek eredményét környezeti hatástanulmányban kell összefoglalni. **Jelen munka olyan – a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerinti környezeti hatásvizsgálatot megelőző – döntés-előkészítő tanulmány, mely a paksi telephelyen tervezett két új atomerőművi blokk környezeti hatásait előzetesen vizsgálja, azok típusától függetlenül.**

Hazánk területén több régióban is lehetséges új atomerőművi telephelyet találni és megfelelő lakossági elfogadás esetén engedélyezni. A kilencvenes években országos szűrés alapján megtörtént a potenciális atomerőművi telephelyek kijelölése. Ennek eredményeként, az akkori prioritásokat figyelembe véve, a felső Tisza vidékén lehetett potenciális telephelyeket kijelölni. Ugyanakkor ezeken a telephelyeken a még szükség van a telephely-jellemzésre, ami az engedélyezés egyik alapkövetelménye, s ami jelentős idő- és költségráfordítást igényelne, tehát az új atomerőművi projekt beruházását megdrágítaná. Az is nyilvánvaló, hogy a telephely megválasztása – a biztonság szempontjából fontos paraméterek és környezeti feltételek teljesülése esetén – nem csak a tudományos-műszaki szempontokon és nem a környezeti hatások minősítésén alapul, hanem a végső döntésben a társadalmi, fejlesztési, politikai tényezők is jelentős szerepet játszanak (lakossági elfogadás, regionális fejlesztési politika, az infrastruktúrális fejlesztések, hálózat-terhelési előrejelzések stb.).

Az előzetes környezeti hatáselemzés a paksi telephelyre készült. Ezt a választást több dolog indokolta:

- A telephely részletes megkutatottsága, a telephelyi infrastruktúra, a hálózati csatlakozás, az üzemeltetéssel összefüggő kedvező feltételek miatt ez a telephely a preferált.
- Az atomerőmű léte a térségben elfogadott, a helyi és regionális fejlesztési tervek már a nukleáris energetika igényeit és az azzal járó korlátozásokat már figyelembe veszik, a környéken már kialakult az a szolgáltatási és kiszolgáló struktúra, ami Paks esetén optimális működést tesz lehetővé.

- A paksi atomerőmű tényleges környezeti hatásai ismertek. A tanulmány nem csak az új blokkok lehetséges hatásait elemzi és demonstrálja az új blokkok és a teljes erőmű környezetvédelmi megfelelőségét, hanem a paksi atomerőmű negyedszázados üzemeltetésének és a környezet állapotának tényadataival bizonyítja a következtetések helytálló voltát. Ennek bizonyító ereje nagyobb bármely zöldmezős beruházásra végzett vizsgálatnál, különösen akkor, ha figyelembe vesszük az új, korszerű blokkok igen magas szintű biztonsági mutatóit is.

A tanulmány elvégzi a villamosenergia-termelés várható alternatíváinak környezeti szempontú összehasonlítását. Az egészségi és környezeti hatások összehasonlító elemzésénél a mortalitást és morbiditást, a környezetre gyakorolt tényleges és potenciális hatásokat, mindenekelőtt az üvegház hatású gázok kibocsátását, továbbá az ipari hulladék, közte a veszélyes ipari hulladék és a radioaktív hulladék keletkezését, annak kezelését és elhelyezését, valamint a területhasználatot, s a súlyos balesetek kockázatát kell vizsgálni. Az összehasonlító vizsgálatot a teljes életciklusra készült, amelyben az üzemanyag előállítása, a termelő technológia gyártása, az üzemelés, a leszerelés és az üzem közben keletkező és leszerelési hulladékok elhelyezése egyaránt benne van.

Ennek alapján megállapítható, hogy az atomerőművek normálüzemi egészségi és környezeti hatásai lényegesen kisebbek, mint más technológiáké. Az atomerőművek széndioxid emissziója elhanyagolható a többi technológiához képest, még akkor is, ha a teljes életciklust, beleértve az uránbányászatot is, figyelembe vesszük. Az atomerőművekben fajlagosan lényegesen kevesebb veszélyes és normál ipari hulladék keletkezik, mint más erőművekben. Ebben a tekintetben az atomerőmű jobb nem csak a gáz és széntüzelésű erőműveknél, de a legtöbb megújuló forrást felhasználó technológiánál is. A radioaktív hulladékok kezelése és végleges tárolása technikailag megoldott probléma.

Az atomerőmű egységnyi teljesítményre eső területhasználata a legkisebb, míg a preferált megújuló forrásokat alkalmazó technológiáké, így például a biomassza-energetikáé a legnagyobb.

Az atomerőművek egészségügyi hatásokkal járó súlyos baleseteinek kockázata elhanyagolható, gyakorisága kisebb, mint 10^{-7} /év.

A gazdasági és környezeti értékelésére alkalmas mutató az úgynevezett teljes társadalmi költség, mely tartalmazza a villamos energia előállítási költsége mellett a – villamos energia árában figyelembe nem vett – külső költségeket, azaz környezeti károkat is. **A villamosenergia-termelési technológiák teljes költségének összehasonlítására végzett elemzések egyértelműen bizonyították, hogy a nukleáris villamosenergia-termelés a legkedvezőbb opció.** A hazai viszonyokat tekintve az externális költségek a jogszabályok által meghatározott módon internalizáltak: Létezik a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap, amely az üzemeltető befizetéseiből fedezi a kiegészítő üzemanyag ideiglenes tárolását, a radioaktív hulladékok végleges elhelyezését és az atomerőmű leszerelését.

Az atomerőművi villamosenergia-termelést a fosszilis és megújuló technológiák mutatóival összehasonlítva megállapítható, hogy az atomerőművi villamosenergia-termelés koncentrált, olcsó, gazdaságilag kiemelkedően hatékony, biztonságos és környezetkímélő. A realizálható előnyök messze felülmúlják a technológia egyetlen említésre méltó hátrányát, a relatíve bonyolultabb és költségesebb technológiát igénylő hulladékkezelést.

A projekt keretében elvégzett műszaki-biztonsági elemzések alapján áttekintjük a jelenlegi piaci kínálatból választható, az igényeknek megfelelő és a paksi telephelyen reálisan megvalósítható atomerőművi blokk típusok főbb jellemzőit. **A létesíthető reaktorok az atomerőművek harmadik generációjához tartozó nyomottvízes típusok, melyek közül az EPR, az AP1000 és a VVER-1000 érdemel kiemelt figyelmet,** mivel elsősorban ezek a reaktortípusok vannak jelen a

kereskedelmi platformon, nagy építési tapasztalattal rendelkező szállítók gyártják ezeket és reális konstrukcióban érhetőek el.

A tanulmány bemutatja a paksi telephely legfontosabb jellemzőit (földrajzi elhelyezkedés, népesség, természet- és tájvédelmi területek, telephelyi infrastruktúra stb.), **s igazolja, hogy a telephely alkalmas az új blokkok befogadására.**

A tanulmány vizsgálja az atomerőmű környezetének jelenlegi állapotát, annak érzékenységeinek és terhelhetőségének bemutatásával. A vizsgálat alapján megállapítható, hogy **az atomerőmű térségének környezetében nem kell számolni jelentős érzékenységi tényezőkkel, így a térség befogadóképessége, terhelhetősége az átlagosnál magasabb.**

A tanulmány összefoglalja a paksi atomerőmű jelenleg üzemelő blokkjainak hatásait a környezet jelenlegi állapotának kialakulásában, figyelembe véve a tervezett üzemidő-hosszabbítást is.

Az atomerőmű működésének kezdete óta folyó, a radioaktív és hagyományos kibocsátásokat ellenőrző rendszer mérései, illetve a 2001–2005 között elvégzett – részletes, több környezeti elemre kiterjedő – telephely-jellemzési programban végzett hagyományos monitorozás eredményei alapján kimondható, hogy az erőmű normál működési körülmények között nem okoz a környezetet határérték felett terhelő hatásokat. A hatások többsége nem, vagy alig kimutatható, a háttérterhelést nem haladja meg.

A tanulmány külön vizsgálja a beruházás létesítési-építési fázisának környezeti hatótényezőit, illetve hatásfolyamatait és minősíti a várható környezeti hatásokat. **Az építési időszakban a nagy mennyiségű építőanyag szállítás, építési munkák, illetve a létszámnövekedés miatt átmeneti jelleggel várhatóan a hagyományos terhelések (levegőszennyezés, zaj, ivóvízkivétel, szennyvízkibocsátás, keletkező hulladék) növekedését eredményezi. Ezek a hatások azonban a környezeti elemek nagy részénél semlegesnek (néhány esetben elviselhetőnek) minősíthetők.**

Az erőművi blokkok üzemeltetéséből eredő környezeti hatások értékelése alapján elmondható, hogy **az új blokkokkal bővített atomerőmű radioaktív kibocsátása és az ebből a környezetben élő lakosságot (vonatkoztatási csoport) sugárterhelés 0,21 μ Sv/év értékű. Azaz a telephelyre jelenleg vonatkozó dózismegszorításnál (100 μ Sv/év) több, mint 400-szor kisebb marad, tehát a változás jelentéktelen mértékű. A hagyományos környezeti hatásokat tekintve az előzetes becslés alapján a levegőszennyezés, a mikroklímára gyakoroltra hatás, a felszíni és felszín alatti vizek, illetve a talaj tekintetében **sem kell számottevő – a jelenleginél jelentősen eltérő – hatásokkal számolni.****

A megnövekedett üzemidő miatt mind a radioaktív hulladékok, mind a kiégett fűtőelemek, mind a hagyományos hulladékok tekintetében a keletkező mennyiségek növekedésével kell számolni. **Ezért az új blokkokhoz kapcsolódóan szükséges lehet új radioaktív hulladék és – a jelenlegi, a paksi telephelyen meglévő Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójától független – kiégett fűtőelem tárolókapacitások létesítésére.** Figyelembe kell azonban venni, hogy **az atomerőművi technológia jelentős fejlődésének köszönhetően, az új blokkoknál a keletkező radioaktív hulladék és kiégett fűtőelem fajlagos mennyisége a jelenlegiekhez képest várhatóan alacsonyabb lesz.** A két új bloktól várható hulladékmennyiségek nagyságrendileg a meglévő blokkoknál tapasztalt hulladék-képződéshez képest maximum 50–50%-os növekményt jelenthetnek. **A hagyományos termelési, kommunális és veszélyes hulladékok keletkezése, gyűjtése, kezelése és ártalmatlanítása igazodni fog a térség megoldásaihoz, jelentős környezeti hatása nem várható.**

Az új blokkok hűtése a Duna vizét érő hőterhelés növekedésének elkerülése érdekében a tervek szerint hűtőtornyos hűtőrendszerrel könnyen teljesíthető. A hűtőtornyok környezeti hatásai a máshol rendelkezésre álló tapasztalatok alapján általánosan ismertek és a hűtőtornyok kapacitásának, illetve műszaki jellemzőinek pontos ismeretében jól számíthatók. **A nemzetközi**

tapasztalatok igazolják, hogy a korszerű hűtőtornyokkal a legszigorúbb környezetvédelmi normákat is teljesíteni lehet. A meglévő blokkok dunai frissvízhűtésű megoldásának majdani megszűnésével az egyik jelentős környezeti hatótényező (a Duna hőterhelése) kiesik, ami egyértelműen környezeti állapot javító hatás.

Az atomerőmű bővítés gazdasági-társadalmi vonatkozásait tekintve nemzetgazdasági szintű hatást jelent: a beruházás becsült GDP növelő hatása évi közel 1%, regionális szinten munkahelyteremtéssel, ezáltal demográfiai változásokkal, gazdaságélénkítéssel, települési infrastruktúra-fejlesztésekkel, valamint a műszaki-tudományos és oktatási potenciál szinten tartásával jár együtt.

Az atomerőmű leszerelésének időszakában a bontási-leszerelési munkák dominálnak, melyek során a hulladékképződés jelenti a legjelentősebb környezeti hatást, amely mellett számolni kell a szállításból eredő hatásokkal és zajterheléssel is.

Az előzetes környezeti értékelés általánosan megfogalmazható következtetései szerint az új atomerőművi blokkok létesítésének környezetvédelmi akadálya nem lehet, mivel a normálüzemi környezeti hatások semlegesek, vagy elhanyagolhatók, a tervezési alapba tartozó üzemzavarok környezeti hatása az új típusú, az európai követelményeket kielégítő blokkok esetén gyakorlatilag az atomerőmű területére lokalizált. A paksi telephely alkalmas az új blokkok befogadására. Az atomerőmű egészségügyi hatásokkal járó súlyos baleseteinek kockázata elhanyagolható, gyakorisága kisebb, mint 10^{-7} /év.

Az előzetes környezeti értékelés eredményeit összegezve megállapítható, hogy az új blokkok létesítési, üzemeltetési és leszerelési fázisai alatt nem várhatók olyan radiológiai, vagy hagyományos környezeti hatások, amelyek számottevően terhelnék az erőmű közvetlen vagy távolabbi környezetét.

1. Bevezetés

Az energiapolitika alapvető célkitűzése, hogy az ország energiaellátása biztonságos legyen, korlátozások ne zavarják, és mindenkor elégítse ki a fogyasztók keresletét. A Paksi Atomerőmű Zrt. a biztonságos ellátás érdekében előkészítő munkát végez, hogy a jelenleg üzemelő atomerőművi blokkjai üzemidejét meghosszabbíthassa. Az üzemidő hosszabbítás az első blokk 30 éves üzemidejének lejártakor 2012-ben indulna és a negyedik blokk 50 éves üzemidejének lejártakor 2037-ben fejeződne be. Így az atomerőmű még közel harminc évig ki tudja elégíteni a hazai szükségletek mintegy 30%-át, valamint a hazai energiatermelők közül jelenleg – és valószínűleg hosszabb távon is – a legolcsóbban állít elő villamos energiát.

A Paksi Atomerőmű Zrt. hosszú távra is tervez. A jelenlegi energia igényeket kielégítő termelőkapacitások közel fele várhatóan 2020–2025 között leállni kényszerül (avulás, uniós követelmények stb. miatt), ezeket új kapacitásokkal kell pótolni. A jelenleg működő atomerőművi blokkok meghosszabbított üzemidejének lejártakor pedig, 2032-től a sorban leálló blokkokat is pótolni kell. E problémák stratégiai kezelést igényelnek, amelynek egyik lehetséges megoldása új atomerőművi kapacitás kiépítése.

A Magyar Villamos Művek Zrt. önálló projekt keretében két új, egyenként 600–1600 MW kapacitású blokk létesítésének előkészítését indítaná el. E munkák indítása – az üzemidő-hosszabbítási projekt engedélyezési tapasztalataiból kiindulva – nem halogatható¹. Az előkészítő munkák azonban csak az Országgyűlés előzetes elvi hozzájárulását követően indíthatók. A döntéshozók tájékoztatásának egyik fontos része a tervezett tevékenység lehetséges környezeti hatásainak feltárása és bemutatása. Jelen munka tehát olyan döntéselőkészítő tanulmány, mely a paksi telephelyen tervezett két új atomerőművi blokk várható környezeti hatásait előzetesen vizsgálja, azok konkrét típusától függetlenül, de a típusokra általánosan jellemző adatok alapján.

1.1. Előzmények

A biztonságos energiaellátás érdekében korábban már többször vizsgált lehetőség volt az új atomerőművi blokk(ok) létesítése. Az új blokk(ok) telephelyének kialakítása szempontjából alapvetően két megoldás lehetséges:

- az új blokkok elhelyezésére új telephelyet jelölnek ki, vagy
- a paksi telephely bővítésre kijelölt területén létesítik azokat.

Mindkét telephelyi változatnak vannak előnyei és hátrányai. Az új telephely kijelölését pártolók szerint nem célszerű az ország energia ellátásának közel felét egy telephelyre koncentrálni. Ezt figyelembe véve az 1990-es évek második felében új atomerőművi telephely kijelölése céljából az egész ország területére kiterjedő telephely-kiválasztási program indult el. A szűrés során számos az atomerőmű telepítését meghatározó szempont (pl. földrengésbiztonság, hűtővíz biztosíthatósága, népsűrűség) mellett kifejezetten környezet- és természetvédelmi szempontok (pl.

¹ Az üzemidő-hosszabbítás engedélyezésének első lépése, a környezeti hatásvizsgálati eljárás 2004. április 5-én indult, melyet megelőzött a szükséges dokumentumok elkészítése 2003 folyamán. Az első, majd az azt követő másodfokú eljárás után a civil szervezetek keresetindítása miatt indult bírósági eljárás 2007. decemberében zárult a kereset elutasításával. A végrehajtó környezetvédelmi engedéllyel rendelkezik az atomerőmű üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan. Az 1996. évi atomenergia törvény szerinti nukleáris engedélyezési eljárás csak ezt követően indítható.

területfelhasználás, védett területek és értékek, történelmi emlékhelyek, erdősültség és más ökológiai szempontok) is figyelembe lettek véve.

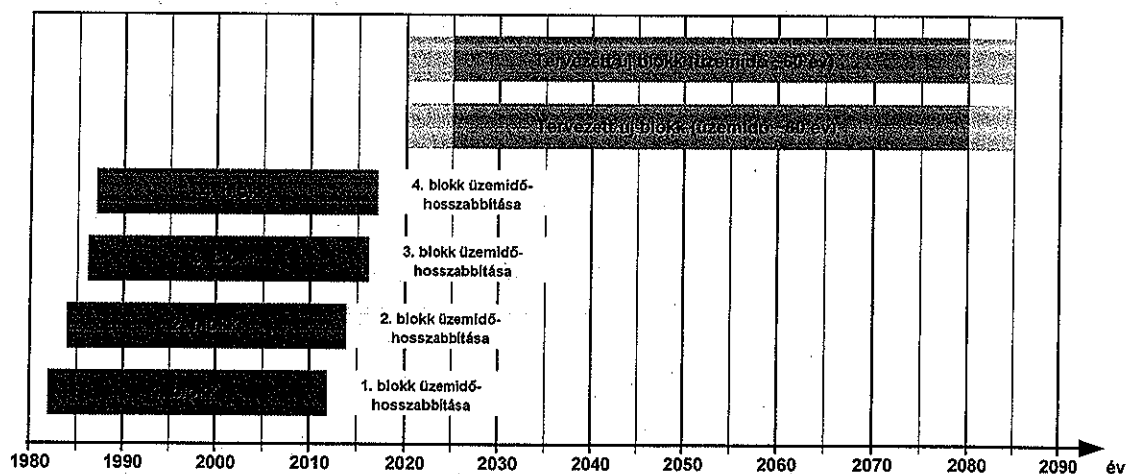
A többlépcsős telephely kiválasztási folyamat során értékelt és rangsorolt változatok közül – a sorrend meghatározása nélkül – új atomerőmű telepítésére javasolt telephelyek a következők voltak: Tiszavasvári, Hajdúnánás, Tiszasüly és Tiszagyenda térsége. A telephely kiválasztási munkák során a rangsorolásban legkedvezőbb minősítést kapott telephelyek részletes feltárására azonban már nem került sor.

A javasolt alternatív telephelyek alkalmassága, illetve engedélyezhetősége azonban csak további, – a jelenlegi követelményeknek megfelelő, biztonsági és környezetvédelmi szempontokat egyaránt szem előtt tartó – jelentős költség és idő ráfordítással elvégezhető részletes vizsgálatok eredményeinek birtokában ítélni meg. Ezzel szemben a paksi egy már meglévő, biztonságos, engedéllyel rendelkező telephely, melyet a kezdetek óta eltelt mintegy 30 év alatt jelentős ráfordításokkal vizsgáltak, aminek következtében ez az ország egyik legmondosabban feltárt, megkutatott területe. Az új atomerőművi blokk(ok) telepítésére ezért célszerűen paksi telephely javasolható, melynek jellemzői jól ismertek, az infrastruktúra és a szaktudás is rendelkezésre áll és a telepítés szempontjából több előnyös jellemzővel is rendelkezik.

1.2. Az atomerőmű és a tervezett fejlesztés

A paksi atomerőmű négy blokkját 30 éves üzemidőre tervezték, így azokat 2012 és 2017 között kellene leállítani. Amennyiben az atomerőmű megszerzi a továbbüzemeléshez szükséges engedélyeket a tervezett üzemidő-hosszabbítással további 20 éves üzemelés lesz megvalósítható, így a négy blokk 2032 és 2037 között fejezi be a villamosenergia-termelést.

Mérlegelve a villamosenergia-ellátás kapacitásigényét, a gazdasági ellátásbiztonsági és környezetvédelmi szempontokat, célszerű a paksi telephelyen két 600–1600 MW teljesítményű új atomerőművi blokk létesítése és üzemeltetése, 60 éves üzemidővel. Az előkészítő munkák az Országgyűlés elvi jóváhagyását követően indulhatnak és minimum 5–6 éves tervezési, engedélyezési időszak után, minden szükséges engedély birtokában kezdődhet meg a blokkok építése 2015–2020 között. Erről egy megvalósíthatósági tanulmány készült [1.-1]. Az építési időszakot figyelembe véve 2020–2025 körül lehetne üzembe helyezni az új blokkokat, melyek így hozzávetőlegesen 10–15 éven keresztül párhuzamosan működnének a meghosszabbított üzemidejű régi blokkokkal. A paksi atomerőmű meglévő és tervezett új blokkjai működési idejének szakaszait mutatja az 1.-1. ábra.



1.-1. ábra: Az atomerőmű meglévő és tervezett új blokkjainak üzemideje

Az engedélyezési eljárás lépései a következők:

- elsőként le kell folytatni a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény szerinti környezetvédelmi engedélyezési eljárást, majd
- az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény szerinti nukleáris biztonsági engedélyezési eljárást és
- a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény szerint meg kell szerezni a működési engedélyt.

Az engedélyezési folyamatban számos más engedély megszerzésére is szükség lesz, pl. telephely engedély, vízjogi létesítési engedélyek, építési engedély stb. Figyelembe véve, hogy egy ilyen eljárásban több társadalmi szervezet ügyfélként való részvétele várható, sőt szinte bizonyos, hogy az ügyfelek a fellebbezés lehetőségével is élni fognak, valamint, hogy a környezetvédelmi engedélyezési eljárást várhatóan az Espoo-i egyezmény², illetve a 97/11/EK számú Európa Tanácsi irányelvvel módosított 85/337/EGK³ irányelv szerint kell lefolytatni, az előkészítő munkák elindítására mihamarabb sort kell keríteni.

Az engedélyezési folyamatból jelen munka számára a környezetvédelmi engedélyezési eljárást kell kiemelni. A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény 67. §-a a kedvezőtlen környezeti hatások megelőzése érdekében „a környezetre jelentős mértékben hatást gyakorló tevékenységek megkezdése előtt környezeti hatásvizsgálat” elvégzését írja elő. A környezeti hatásvizsgálat eljárásának módját, valamint az ennek eredményeit bemutató környezeti hatástanulmányokkal kapcsolatos követelményeket a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szabályozza.

A jogszabályi előírások alapján jelen esetben a környezetvédelmi engedélyezési eljárás folyamata a következő:

- el kell készíteni az előzetes vizsgálati dokumentációt,
- az előzetes vizsgálati dokumentációt és a kérelmet be kell nyújtani az illetékes környezetvédelmi hatóságnak,
- a környezetvédelmi hatóság lefolytatja az előzetes vizsgálatot, majd az eljárás végén határozatot hoz a környezeti hatástanulmány elkészítésére és tartalmára vonatkozóan, valamint a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumon keresztül értesíti a szomszéd országokat az Espoo-i egyezmény hatálya alá tartozó hatásvizsgálati eljárás elindításáról,
- el kell készíteni a környezeti hatástanulmányt, majd be kell adni a hatósághoz,
- a hatóság lefolytatja a környezeti hatásvizsgálati és az Espoo-i eljárást, majd döntést hoz a tevékenységről és kiadja a környezetvédelmi engedélyt.

1.3. A tervezett fejlesztés indoklása, előnyei és környezeti megfelelése

Az új atomerőmű környezeti hatását vizsgáló tanulmánynak nem feladata részletesen elemezni az ország energiapolitikáját, annak célszerűségét, gazdaságosságát. Ugyanígy nem lehet feladat részleteiben összehasonlítani az egyes energiatermelési módok előnyeit és hátrányait. Ezeket a megvalósíthatósági tanulmány [1.-1] tartalmazza. Itt a tervezett fejlesztés indoklásával csak a

² Az országhatáron áterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espooban (Finnország) 1991-ben aláírt egyezmény hatálya alá tartozó ügyekben nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárást kell lefolytatni a feltételezhetően hatásviselő országokkal együttműködve.

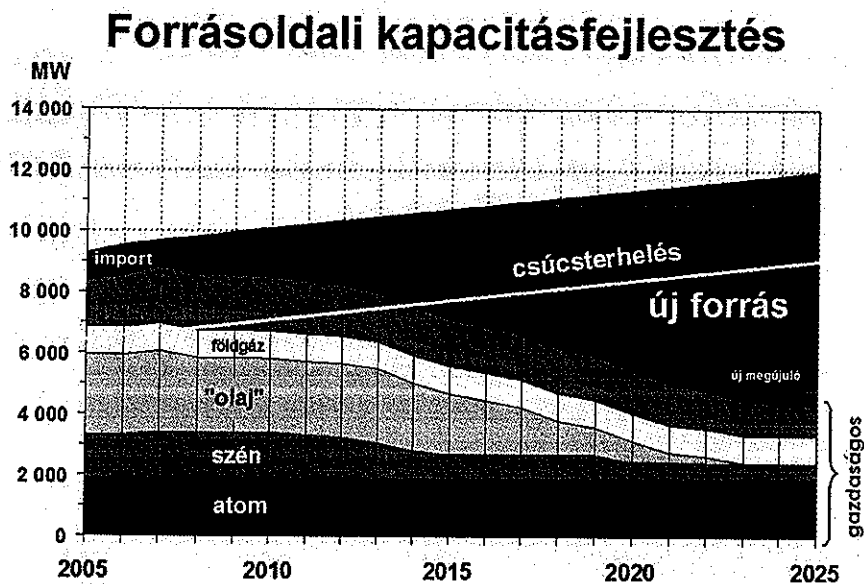
³ Az irányelv teszi lehetővé országhatáron áterjedő jelentős környezeti hatás hiányában is az Európai Unió tagországainak részvételét az eljárásban.

szűken vett környezeti szempontokat szem előtt tartva, a kibocsátásokat figyelembe véve foglalkozunk.

1.3.1. Hazai villamosenergia-igény prognózis, új atomerőművi blokkok létesítésének indoklása

Stratégiai előrejelzések és szakmai becslések [1.-2] szerint a hazai villamosenergia-felhasználás a következő 20 évben mérsékelten, de egyenletes ütemben, kb. évi 2%-kal fog növekedni. A 2025-ig számított teljes többletigény nem haladja meg a 3000 MW értéket, ami a jelenlegi nettó 8130 MW beépített termelőkapacitás fokozatos bővítésével fedezhető lenne, ha közben az elavuló erőművek leállítása miatt nem jelentkezne kb. 5000 MW további hiány [1.-2]. A környező országok az exportkapacitások leépülése miatt szintén hasonló gondokkal fognak küzdeni, vagyis a hiány nem lesz pótolható import útján. Emiatt nem kerülhető meg a hazai villamosenergia- termelés jelentős „újraépítése”, húszéves távlatban legalább 7000 MW új villamos energiatermelő kapacitást kell létrehozni. (Feltételezve, hogy a paksi atomerőmű négy blokkjának üzemidő-hosszabbítása megvalósul, különben további 2000 MW kiesését kell pótolni.)

A teljesítőképesség növeléséhez hosszú távon nem elegendő a meglévő magyarországi erőművek korszerűsítése, mert a ma meglévő kapacitás jelentős része közép és hosszú távon leállásra szorul. Összességében a források várható alakulása – meglévők megszűnése, újak létesülése – alapján megállapítható, hogy elsősorban a pótlás igénye sürgeti a létesítést. Az 1.-2. ábra a létesítési igényt szemlélteti. [1.-1] Az ábrán feltüntetett létesítendő új források között szerepel a megújuló energiaforrások alkalmazása is, figyelembe véve ezek használatának elterjedésére az Európai Unióban vállalt kötelezettséget, 2010-re a megújuló energia arányát az ország teljes energiatermelésén belül 5–6%-ra kell emelni.



1.-2. ábra: A létesítési igény 2025-ig várható alakulása

1.3.2. Az energiatermelés alternatíváinak környezeti szempontú összehasonlítása környezeti externáliák értékelésével

Egy-egy új ipari beruházás környezeti szempontú értékelésénél az elmúlt években a fenntarthatóság, mint komplex fogalom került előtérbe. A fenntarthatóság leggyakrabban figyelembe vett szempontjai a következők:

- a teljes energiacyklus környezeti kibocsátása és annak hatása a receptorokra (hatásviselekre),
- az esetleges balesetek, különösen a súlyos balesetek értékelése,
- az energiahordozók/források rendelkezésre állása, az ellátásbiztonság kérdése,
- a gazdasági lehetőségek és a társadalmi elfogadottság.

A fenntarthatósági vizsgálatoknál az OECD által javasolt három döntési tényező a gazdasági, a környezetvédelmi és a szociális szempontcsoport, melyek további számos értékelési szempontot foglalnak magukba. Az igen összetett szempontrendszer kezelésére leginkább a többszempontú döntési modellek (MCDA) alkalmasak.

Az alternatívák értékelése valamennyi szempontnál pontozással történik a 0–100-as skálán, ahol 0 pontot minden esetben a leggyengébb teljesítményszintet elérő alternatívához rendel, 100 pontot pedig a legjobbhoz. Az alternatívák értékelése különböző módon történik az objektív és a szubjektív szempontok esetén. Az objektív szempontokhoz indikátorokat (mutatókat) vesz figyelembe, amelyekhez számszerű értékek rendelhetők. Az értékeléshez szükséges pontszámokat ezek alapján normálással állítja elő. A szubjektív szempontoknál eredendően pontozásos értékelés történik.

A szempontok általában nem egyformán fontosak, szükség van tehát olyan módszerre, amely a szempontokat fontossági súlyokkal látja el. Az 1.-1. táblázat a svájci Paul Scherrer Institut (PSI) által a villamosenergia-hordozók értékelésére alkalmazott szempontokat és azokra javasolt súlyokat mutatja [1.-3].

A továbbiak a környezeti és egészségügyi szempont értékelését mutatják, hangsúlyozva, hogy ezek nem kizárólagosak, a másik két szemponttal, a gazdasági és a szociális szemponttal együtt értékelendők az energiastratégia kialakításánál. Bár az alternatívák értékeléséből nem lehet egyfajta szubjektív bizonytalanságot tökéletesen kiküszöbölni, mégis így figyelembe lehet venni az ország geopolitikai és társadalmi adottságait. (Pl. Magyarország esetében gyakorlatilag kizárt a vízienergia-termelés bővítése, ezért a továbbiakban ezzel az energiahordozóval nem számoltak.)

A fenti szempontrendszer gazdasági és környezeti értékelésére alkalmas az ún. teljes társadalmi költség, mely tartalmazza mind a villamos energia előállítás költségét, mind a – villamos energia árában figyelembe nem vett – külső költségeket, azaz környezeti károkat. A villamosenergia-termelési technológiák teljes költségének összehasonlítását Németországra végzett számítások alapján mutatja az 1.-3. ábra [1.-3].

A teljes költségek alapján kialakuló sorrend szerint a nukleáris villamosenergia-termelés megelőzi a földgáz-, kőszén-, lignit- és olajtüzelést. A fotovillamos⁴ energiatermelés rendelkezik messze a legnagyobb teljes társadalmi költséggel.

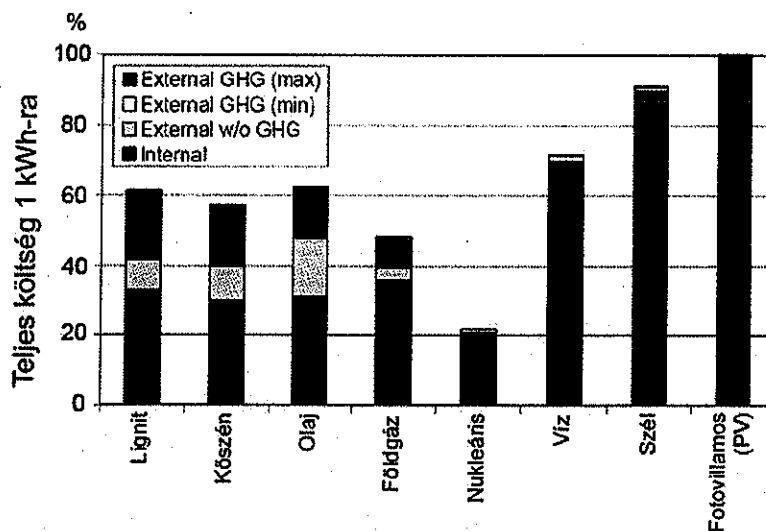
Az 1.-4. ábrán ugyanezen energiatermelési módok értékelése többszempontú döntési modellel történt a gazdasági, valamint egészségügyi és környezeti szempontok figyelembe vételével. Az értékelés figyelmen kívül hagyta a szociális, vagyis leginkább szubjektív szempontokat. Figyelemre méltó, hogy a teljes társadalmi költséggel való értékeléshez csaknem megegyező sorrend alakult ki az egyes villamosenergia-termelési módok között.

⁴ A fotovillamos rendszerek a Nap sugárzását napcellák segítségével egyenesen villamos energiává alakítják, így működésük közben nem okoznak semmiféle szennyezést.

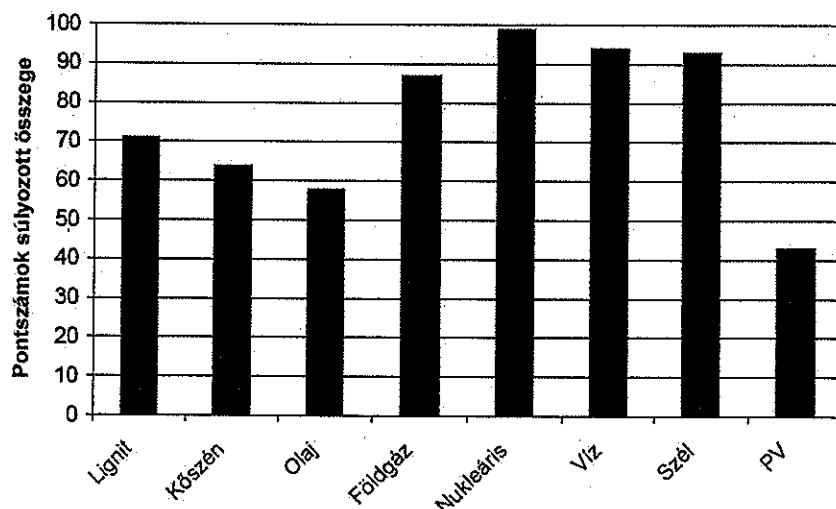
1.-1. táblázat: A többszempontú döntési modell alapesete: szempontok, mutatók, kvantitatív kiértékelés alapja, egységek, súlyok

1. szintű szempont	Súly	2. szintű szempont	Súly	3. szintű szempont	Súly
Gazdaság	1/3	Pénzügyi követelmények	0,70	Előállítási költség (c€/kWh) Beruházás (erőmű, €/kW) Energiahordozó ára való érzékenységi (előállítási költség növekedés az üzemanyag árának megduplázódásakor)	0,50 0,25 0,25
		Források	0,30	Rövid-és középtávú potenciál (termelési potenciál, GWh/a) Rendelkezésre állás (kihasználási faktor) Geopolitikai tényezők (becslés) Hosszú távú fenntarthatóság (év) Csúcsterhelési válasz (relatív skála)	0,40 0,15 0,15 0,10 0,20
Egészség és környezet	1/3	Egészségi hatások	0,30	Mortalitás (LCA, c€/kWh) Morbiditás (LCA, c€/kWh)	0,90 0,10
		Haszonnövények hozam-csökkenése (LCA, c€/kWh)	0,01	Területfelhasználás (m ² /kWh) Térfogat (LCA, m ³ /kWh) Halálesetek (RA, haláleset/kWh)	
		Épületkár (LCA, c€/kWh)	0,04		
		Egyéb hatások			
		Üvegházhatású gázok (LCA, gCO ₂ /kWh)	0,30		
		Hulladék	0,15		
Súlyos balesetek	0,15				
Szociális	1/3	Foglalkoztatás (munkahely/kWh)	0,20		
		Atomsorompó-egyezmény megsértésének kockázata (van/nincs)	0,05		
		Helyi zavaró hatások (becslés)	0,25		
		Kritikus hulladékátrolási idő (év)	0,25		
		Kockázat-elutasítás (max. haláleset/baleset)	0,25		

Megjegyzés: LCA – életciklus elemzés; RA – kockázatelemzés.



1.-3. ábra: A jelenlegi németországi villamosenergia-termelési technológiák összehasonlítása teljes költségük alapján (GHG – üvegházhatású gázok járuléka)



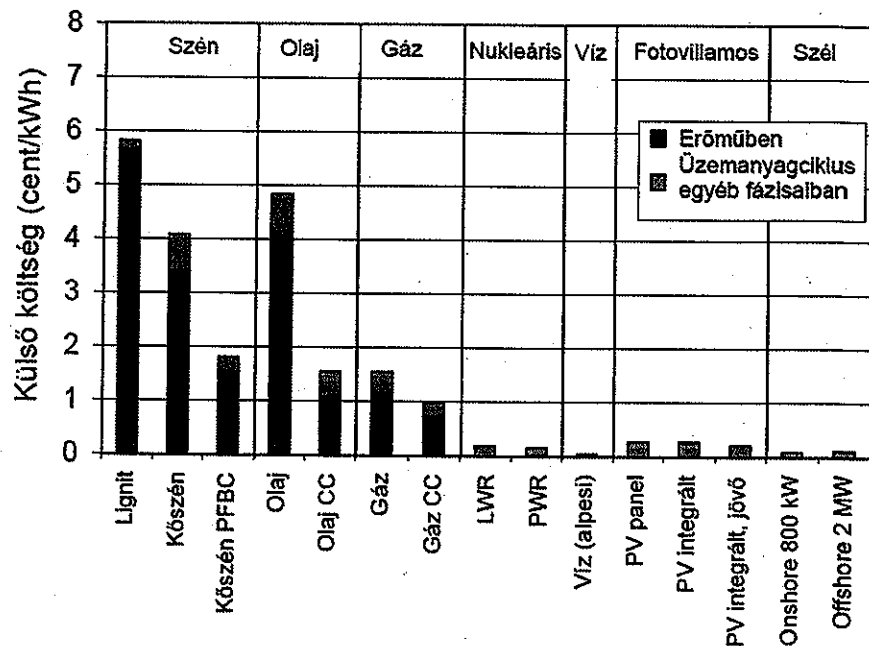
1.-4. ábra: A jelenlegi németországi villamosenergia-termelési technológiák összehasonlítása többszemponútú döntési modell alapján a gazdasági és környezeti-egészségügyi szempontok figyelembe vételével

1.3.2.1. Életciklus-analízis

A teljes környezeti szempontrendszer legtöbb elemét környezetgazdaságilag értékelni lehet, az egyes energiatermelési módok életciklus-analízisével (LCA), amelyben a létesítés, energiatermelés és leszerelés szakaszai egyaránt szerepelnek. Az energiatermelés szakaszában a teljes üzemanyagciklus vizsgálatra kerül, amely az erőmű üzemeltetésén kívüli fázisokat – az energiahordozó kinyerésétől a hulladékkezelésig – is tartalmazza. Az atomenergia esetében a társadalmi szempontok közül legfontosabb negatív hatást, a kockázat elutasítását a baleseti kockázatnál lehet figyelembe venni egy súlyfaktoriall.

Egyes energiahordozók esetében kizárólag az üzemanyagciklus vizsgálatával a környezeti kár jelentős része nem becsülhető, mivel ezek főként a létesítmény gyártása, telepítése és leszerelése során keletkeznek. Tipikusan ilyen minden megújuló energiaciklus, kivéve a szilárd biomassza-tüzelést. Az Európai Unió országaiban végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a receptorokra (hatásviselelőkre) gyakorolt hatások közül a fosszilis ciklus (pl. szénciklusra: erőmű telepítés, szénbányászat, szállítás, mészko-kitermelés kéntelenítéshez, energiatermelés, hulladékelhelyezés, hálózati elosztás, erőmű leszerelése) esetében a legjelentősebb a légszennyezési eredetű hatás. Az 1.-5. ábra mutatja, hogy korszerű technikák esetében hogyan viszonyulnak a különböző villamosenergia-termelési módok környezeti externáliái az energiatermelés szakaszára, illetve az ezt megelőző (létesítési, telepítési) és az ezt követő (leszerelési) szakaszokra vonatkozóan.

Magyarországon a nukleáris energia mellett valójában csak a fosszilis és biomassza hordozók jöhetnek számításba a villamosenergia-termelés szempontjából, gazdasági és hálózati okok miatt. A fosszilis energiaciklusban – a legmodernebb technológiával felszerelt új erőművek esetén is – az externália legnagyobb része az energiatermelés szakaszában keletkezik, és elsősorban a légszennyezésből és az üvegházhatású gázok kibocsátásából adódik. Az EU csatlakozás évében a hazai villamosenergia-termelésből származó kéndioxid-kibocsátás az azt megelőző évhez képest mintegy felére csökkent, amelyet kéntelenítő berendezések üzembe helyezésével, illetve tüzelőanyag-váltással sikerült elérni. A világviszonylatban legfontosabb energiahordozó, a szén nemcsak jelentős légszennyező forrás, de jelenlegi technológiával az üvegházhatású gázok kibocsátása miatt környezetvédelmi szempontból a leghátrányosabb.



PFBC – Pressurized Fluidized Bed Combustion – nyomásalatti fluidágyas széntüzelés; CC – Combined Cycle – kombinált ciklus; LWR – Light Water Reactor – könnyűvízes atomreaktor; PWR – Pressurized Water Reactor – nyomottvízes atomreaktor; PV panel – Photovoltaic panel – napelem; Onshore – szárazföldi (szélenergia); Offshore – vízi (szélenergia).

1.-5. ábra: A fosszilis, nukleáris és megújuló energiák energiatermelési szakaszának, illetve a ciklus összes többi szakaszának környezeti externáliái az EU-15 országokban [1.-4]

A hazai erőművek környezeti külső költségeinek becsléséhez felhasznált hatásútvonal közelítés egyes lépései:

- légszennyezők kibocsátásának modellezése,
- légszennyezők diszperziója és a környezeti levegőminőség alakulása,
- hatásviselő érintettsége (megbetegedés, terméskiesés, épületkorrózió, biodiverzitás csökkenése),
- okozott kár költsége.

Az EU országokban végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a hatásviselőre (receptorokra) gyakorolt hatások közül fosszilis tüzelés esetében az egészségre gyakorolt hatás a legjelentősebb. Jelentős további hatások az épületekben okozott korrózió és a mezőgazdasági haszon-növények terméskiesése.

A környezeti hatásútvonal-megközelítés feltételezi, hogy nemcsak a kibocsátóforrásról, de a környezet meteorológiai viszonyairól, a lakosság területi eloszlásáról is rendelkezésre állnak adatok. Mivel a légszennyezés által okozott különböző megbetegedések valószínűsége függ a lakosság korcsoportok szerinti megoszlásától és egészségi állapotától, közegészségügyi információk nélkül a számítások nem végezhetők el. A környezeti hatások számszerűsítésekor a megközelítés feltételezi, hogy a kár értéke pénzben kifejezhető. Nem-piaci érték esetén (tájkép, biodiverzitás, emberi egészség) speciális környezetgazdasági megközelítéseket kell alkalmazni.

A modellszámítások elvégzéséhez szükségesek adatok a következők:

- a kibocsátóforrás (erőmű) fontosabb technikai adatai,
- a hatásviselők eloszlása és a meteorológiai adatok,
- a SO_2 -ra, NO_x -ra és NH_3 -ra vonatkozó összeurópai emissziós kataszterek [1.-5].

A modellezés részleteinek ismertetése nélkül fontos kiemelni, hogy az adatbázis a hatáskategóriák legtöbbször tartalmaz monetáris értékeket, bár a modellezett kategóriáknak csak kis része – mezőgazdasági termék, építőanyagok – rendelkezik piaci árral. A környezeti hatás szempontjából legfontosabb érték – az emberi egészség – viszont nem rendelkezik közvetlen piaci árral. Morbiditás (megbetegedés) esetén a kiesett munkanapok száma, valamint a kórházi ápolás (gyermek esetén a látogatás is) költsége vehető figyelembe. Mortalitásra (halálozás) az elvesztett életevek száma (YOLL – Years Of Life Lost) megközelítés alkalmazható, az EU15-ben végzett felmérések alapján a fizetési hajlandóságból egy elvesztett életév 50 ezer € értéket képviselt.

1.3.2.2. Fosszilis és biomassza-alapú villamosenergia-termelés

Magyarországon kőszén-, lignit- olaj- és földgáztüzelésű fosszilis villamos erőművek működnek, melyek részesedése a hazai villamosenergia-termelésben 2006-ban 57,7% volt (kőszén 4,3%, lignit 15,2%, olaj 1,5%, földgáz 36,2%) [1.-6]. Bár a kibocsátás szempontjából valódi erőművek adatai voltak figyelembe véve a modellezésnél, de az összehasonlíthatóság érdekében minden erőművet virtuálisan Magyarország földrajzi közepére telepítettek úgy, hogy a technológiai adatait azonosnak feltételezték, a kibocsátások kivételével.

A modellezés során figyelembe vett alapadatok a következők voltak:

- Magyarországon lignittüzelésű erőmű 2005-ben már kizárólag füstgáz-kéntelenítővel működött. Referencia a visontai erőmű 2005. évi kibocsátási adatai⁵.
- A széntüzelésű erőművek közül legjelentősebb oroszországi erőműre is füstgáz-kéntelenítőt telepítettek, amely 2004 szeptemberében lépett üzembe. Hatásaként a kén-dioxid kibocsátás társasági szinten 2005-től 3000 t/év alá csökkent [1.-7]. Ez jelentős előrelépés volt a hazai széntüzelésű erőművekénél, ezért a számításokban a füstgáz-kéntelenítővel felszerelt széntüzelésű erőművet modellezték. Referencia az oroszországi erőmű 2006. évi publikált kibocsátási adatai [1.-7].
- Földgáztüzelés esetén a hagyományos gőzturbinás technológia mellett a jelenleg átadott, épülő és tervezett erőműveknél alkalmazott kombinált ciklusú gázturbinás technológiát is figyelembe vették. Referencia a csepeli kombinált ciklusú erőmű 2005. évi kibocsátási adatai [1.-8].
- Olajtüzelésnél a 2004. évi átlagos kibocsátásokkal⁵ számoltak.
- Magyarországon villamos energiát jelenleg a megújuló energiahordozók közül biomasszából állítanak elő legnagyobb részarányban (2005-ben az összes megtermelt villamos energia 4,5%-a, 2006-ban 3,4%-a). Így biomassza-tüzelésű erőművet is modellezték, referenciaként a pécsi erőmű faapríték-tüzelésű blokkjának 2005. évi publikált kibocsátási adatait vették figyelembe [1.-9].

A környezeti károk pénzbeli kifejezéséhez az ExternE projekt szakértői csoportja által Németországra vonatkozó monetáris értékeket alkalmazták. Az emberi egészségkárosodásra vonatkozó értékeknél a költségek viszonyításának egyik lehetősége az adott országok egy főre jutó GDP-jének arányosítása lehet.

Lokális skálájú modellezést csak a szállópernye (PM₁₀) és a SO₂ emberi egészségre gyakorolt hatására végeztek. A kénkéntelenítővel felszerelt szén- és lignittüzelésű erőművek által okozott egészségi kár az olajtüzelésével egy nagyságrendbe esik, de annál jóval kisebb [1.-10]. Mivel a SO₂ és NO_x kibocsátás által okozott károsodás nagy része a forrástól nagyobb távolságban jelentkezik, és a károsodás legalább 80%-ának figyelembe vételéhez egész Európára – regionális skálán –

⁵ A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium adatszolgáltatása alapján.

szükséges modellszámításokat végezni. Ezen a skálán az alkalmazott modell a savas ülepedéssel és a troposferikus ózonképződéssel, így a másodlagosan keletkező szennyezők – szulfát és nitrát – egészségkárosító hatásával is számol. A modellezés legfontosabb eredményeit az 1.-2. táblázat mutatja.

1.-2. táblázat: Fosszilis és biomassza-tüzelésű referencia-erőművek légszennyezésének környezeti külső költségei regionális skálán

Környezeti kár	Szennyező	Külső költség (€ cent/kWh)				
		Szén 2006	Lignit 2005	Olaj 2004	Földgáz 2005	Biomassza 2005
Morbiditás	PM ₁₀	0,006	0,005	0,039	0,000	0,045
	Nitrát	0,177	0,215	0,061	0,103	0,277
	O ₃	0,025	0,028	0,038	0,013	0,034
	SO ₂	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000
	Szulfát	0,294	0,124	2,401	0,000	0,000
	Összesen	0,503	0,372	2,543	0,115	0,355
Mortalitás	PM ₁₀	0,012	0,010	0,079	0,000	0,090
	Nitrát	0,353	0,430	0,122	0,206	0,553
	O ₃	0,005	0,005	0,007	0,002	0,006
	SO ₂	0,025	0,011	0,202	0,000	0,000
	Szulfát	0,589	0,249	4,805	0,000	0,000
	Összesen	0,984	0,705	5,215	0,208	0,650
Emberi egészség		1,486	1,078	7,758	0,324	1,005
Épületek		0,089	0,055	0,556	0,012	0,033
Haszon-növények	Savas ül.	0,004	0,003	0,027	0,001	0,002
	N ül.	-0,006	-0,007	-0,010	-0,003	-0,008
	O ₃	0,028	0,031	0,041	0,014	0,037
	SO ₂	-0,006	-0,003	-0,049	0,000	0,000
	Összesen	0,020	0,024	0,010	0,011	0,031
Összesen		1,594	1,157	8,323	0,347	1,069

Az 1.-2. táblázat alapján elmondható:

- Az egészségügyi külső költség a kéntelenítővel nem rendelkező olajtüzelésű erőműnél a legmagasabb, mintegy 21 c€/kWh. Ennek 95%-áért a szulfát-aeroszol egészségkárosító hatása felelős, a nagyon magas SO₂ kibocsátás természetes következményeként. (Az egészségügyi külső költség 2/3-a mortalitásból, 1/3-a morbiditásból származik.) Az olajtüzelés részaránya a villamosenergia-termelésben 1990–2006 közötti időszakban 3,4%-ról 1,5%-ra csökkent [1.-6].
- A füstgáz-kéntelenítő berendezéssel felszerelt széntüzelésű erőmű egészségügyi külső költsége a SO₂ kibocsátás drasztikus csökkenése miatt már 1,6 c€/kWh-nál kisebb, míg a szulfát-aeroszol mellett a nitrát-aeroszol hatása is jelentős járulékot képvisel.
- Kevéssel alacsonyabbnak, 1,15 c€/kWh-nak adódott lignittüzelés esetére, ami szintén a füstgáz-kéntelenítés következménye. A fosszilis villamosenergia-termelési módok közül a kombinált ciklusú földgáztüzelés jár a legkisebb egészségügyi kárral, a számított külső költség 0,35 c€/kWh, amelyért 95%-ban a nitrát-aeroszol felelős.

- A biomassza-tüzelés legjelentősebb egészségügyi hatása a nitrát aeroszolhoz mint másodlagos szennyezőhöz köthető. Az egységnyi megtermelt villamos energiára vonatkozó összesített környezeti külső költségét tekintve a biomassza-tüzelés a kéntelenítőt alkalmazó lignittüzeléshez áll a legközelebb. A számított külső költség a lignittüzelésénél 7%-kal kisebb, a földgáztüzelésének viszont háromszorosa.

A Németországra elvégzett becslések [1.-11] tanúsága szerint a fosszilis erőművek esetén az emberi egészségkárosodás adja a környezeti külső költségek több mint 90%-át. A Magyarországra számított eredmények is alátámasztják ezt, hiszen a környezeti külső költségek 95%-a származik az egészségkárosodásból, 4,5%-a az épületkárból, és csupán 0,5%-a a mezőgazdasági kárból. Az épületkárért főképpen a SO₂ kibocsátás a felelős, így a gáztüzelés esetén egy nagyságrenddel kisebb, mint kéntelenítőt alkalmazó széntüzelésnél.

A hatásútvonal-közelítés korlátja, hogy a klímahatás esetében csak a kibocsátás-csökkentés technológiai költségét veszi figyelembe, mivel pillanatnyilag nem áll rendelkezésre olyan klímamodell, amely elfogadható hibával alkalmas lenne a hőmérsékletváltozás előrejelzésére. Jelenleg a globális felmelegedés-lehűlés konkrét mértékének becslési módjait rendkívül vitatja a tudomány. Az ilyen nagy bizonytalanságú előrejelzés kockázatából származó externáliák egyelőre nehezen számszerűsíthetők. A NEEDS projektben a FUND modellel végzett számítások legújabb eredményei alapján mégis javaslatot tettek a várható kár marginális költségének figyelembevételére, 20,66 €/tCO₂ értékkel [1.-12]. A NewExt projekt 2004. évi zárójelentésében viszont a kibocsátás-csökkentés marginális költségének alkalmazását javasolták az externália számításokhoz, 19 €/tCO₂ értékkel [1.-13]. A klímahatás becslésénél az összehasonlíthatóság érdekében, jelen számításokhoz az utóbbi értéket vettük át, amelyhez a kibocsátás-kereskedelmi egységárak közel voltak. 2007 közepén azonban az egységárak drasztikusan csökkentek amiatt, hogy az EU-ban szinte az összes ország kibocsátási kvótáját túllallokálták. Így az EU próbaképpen bevezetett kibocsátás-kereskedelmi rendszere nem vezetett kibocsátás-csökkentési kényszerhez.

A klímahatás figyelembe vételével számított externáliákat a hazai fosszilis és biomassza-alapú villamosenergia-termelésre az 1.-3. táblázat tartalmazza.

1.-3. táblázat: A különböző energiatermelési módok egészségügyi externáliái és klímahatása

Környezeti hatás	Külső költség (€ cent/kWh)				
	Szén	Lignit	Olaj	Földgáz	Biomassza
Morbiditás	0,503	0,372	2,543	0,115	0,355
Mortalitás	0,984	0,705	5,215	0,208	0,650
Egészségi kár	1,486	1,078	7,758	0,324	1,005
Klímahatás	2,084	2,446	1,684	0,861	–
Összesen	5,057	4,601	17,2	1,508	2,01

Az 1.-3. táblázatból látható, hogy az egészségügyi hatásokból számított externália szempontjából legkedvezőbb a közvélemény által is rendkívül tisztának tekintett földgázalapú villamosenergia-termelés. A klímahatás figyelembevételével azonban a biomassza-tüzelés már kedvezőbbnek tűnik, ha az üvegházhatású gázok közül kizárólag a CO₂ hatását tekintjük.

1.3.2.3. Nukleáris villamosenergia-termelés

A következőkben az atomenergia felhasználásával történő áramtermelés következtében az ember és környezete számára felmerülő terhelés, kockázatok és az ezekből eredő külső költségek kerülnek bemutatásra. Mivel az atomenergia lakossági megítélése szempontjából mindenekelőtt a súlyos

reaktorbalesetektől való félelem játszik szerepet, a baleseti következmények vizsgálatára külön hangsúly került. A vizsgálatok a paksi erőmű jelenlegi kiépítésére vonatkozó üzemeltetési tapasztalatokra és az elvégzett biztonsági elemzések adataira alapoztak. A vizsgálat célja elsősorban a közvetlen energiatermeléssel összefüggő, az árképzésnél figyelembe nem vett környezeti kockázatok becslése, ennek megfelelően a számítások alapja a paksi atomerőmű normálüzemi és potenciális baleseti kibocsátásai.

A kiegészített fűtőelemek végső elhelyezésének problémája Magyarországon is megoldásra váró kérdés, számtalan szakértői, politikai és lakossági vita tárgya. A leszerelés és a hulladék elhelyezés költsége Magyarországon a hatályos jogszabályok szerint internalizálva van: a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapba történő befizetések az erőmű működése során fedezik a jövőben felmerülő költségeket. Az OECD NEA is nagy jelentőséget tulajdonít a nukleáris hulladék kezelésének, hiszen a többszempon্তু döntési modellhez az NEA a környezeti szempontokhoz csak a hulladékkal kapcsolatban két mutató figyelembe vételét is javasolta.

Az atomerőmű üzemeltetéséből és feltételezett, rendkívül kis valószínűségű súlyos baleseteiből származó, a társadalmat érő kockázat (egészségügyi hatás) becslése Európa egész területén élő emberi populációt figyelembe véve történt. A mortalitás számításánál az ún. "YOLL – Years Of Life Lost" megközelítést alkalmazták. Az 1.-4. táblázat összefoglalóan mutatja a becsült normálüzemi és a feltételezett súlyos baleseti egészségkárosodásokat (eset/TWh) és a hozzájuk tartozó külső költségeket (c€/kWh). A súlyos baleseti külső költségek az EcoSense modellel az egészségkárosodások várható értékei szerint kerültek kiszámításra, Eeckhoudt és szerzőtársainak munkája [1.-14] alapján figyelembe vették a kockázat-elutasítást is a szerzők által európai atomerőművekre javasolt 20-as elutasítási faktorial.

1.-4. táblázat: Magyarországon 2004-ben megtermelt 1 TWh villamos energiára vonatkoztatott becsült egészségkárosodás és ennek költségvonzata (1 kWh-ra), normálüzemre és súlyos baleseti esetekre [1.-10]

	Egészségkárosodás	Egészségi kár		
		eset/TWh	Várható értékekkel € cent/kWh	Kockázat-elutasítással € cent/kWh
Normál	Nem-halálos rák	0,0140	0,0003	0,0003
Üzemi	Halálos rák	0,0059	0,0005	0,0005
	Genetikai	0,0012	0,0001	0,0001
	Összesen		0,0009	0,0009
Baleseti	Nem-halálos rák	0,0194	0,0004	0,0087
	Halálos rák	0,0081	0,0006	0,0126
	Genetikai	0,0016	0,0002	0,0034
	Összesen		0,0012	0,0247
Összesen			0,0021	0,0256

A külső költségekben a súlyos baleseti járulék dominál a károsodások várható értékével való számítás alapján is, a kockázat-elutasítást figyelembe véve pedig a normálüzemi járulék elhanyagolhatóvá válik. A külső költségek számításának alapjául szolgáló egészségkárosodások nem specifikusak (nemcsak a sugárzás okoz ilyen jellegű megbetegedéseket), továbbá a természetes háttérsugárzás is forrása a sugárterhelésnek. Lásd például a normálüzemre és az összes figyelembe vett baleseti szcenárióra számolt halálos rák éves kockázatát ($1,4 \times 10^{-2}$ eset/TWh, azaz a kb.

11 TWh megtermelt energia alapján mintegy 0,15 személy évente) a hazai halálozási statisztikák adataival (25 000–30 000 rákos halálozeset/év), valamint az ebből a háttérsugárzásnak tulajdonítható járulékaival (500–1000 rákos halálozeset/év) összevetve.

1.3.2.4. A teljes üzemanyagciklus figyelembe vétele

Az eddig bemutatott értékelések magyarországi referencia-erőművek energiatermelési szakaszában történő közvetlen kibocsátásai alapján készültek. Az egyes energiacyklusok teljes környezeti külső költségeinek becsléséhez azonban a teljes üzemanyagciklust kell tekinteni, figyelembe véve az erőmű működése szempontjából közvetett kibocsátásokat is.

Fosszilis és biomassza-alapú energiatermelés esetén az üzemanyagciklus fázisait az energiahordozó kitermelése, finomítása (olaj esetén), szállítása, a villamosenergia-termelés, valamint a hulladék elhelyezése jelenti. Mivel magyarországi adatok jelenleg még nem állnak rendelkezésre, az egyes lépésekre vonatkozó külső költségeket németországi (fosszilis üzemanyagciklusok) [1.-15], illetve finnországi (biomassza üzemanyagciklus) [1.-16] fajlagos kibocsátások alapján becsülték.

Atomerőművek esetében az üzemanyagok előállítását és használat utáni tárolását jelentő technológiai lépések kibocsátási járulékát is figyelembe kell venni a hatások becslése során. Nukleáris energiatermelés esetén az üzemanyagciklus – az atomerőmű üzemeltetésén kívül – az uránérc-bányászatot, a meddő közet tárolását, az uránkoncentrátum előállítását, konverziót, dúsítást, a fűtőelem gyártást, szállítást, az újrafeldolgozást és a végső elhelyezést foglalja magában. A nukleáris üzemanyagciklusnak az atomerőmű üzemelésén kívüli fázisait németországi, illetve franciaországi adatok alapján vették figyelembe, hiszen a külső költségek nagy része nem Magyarországon jelentkezik. Bár hagyományos légszennyező anyagokat és üvegházgázokat az atomerőművek szinte egyáltalán nem bocsátanak ki, az előzetes és utólagos tárolási fázisokban azonban ezek is a környezetbe kerülhetnek. Ezek hatása az UCTE-hez tartozó atomerőművek 2005-ös átlagos fajlagos kibocsátásai alapján voltak figyelembe véve [1.-17].

Az 1.-5. táblázatban a különböző villamosenergia-termelési módok környezeti externáliájuk alapján történő összehasonlítása szerepel. A fosszilis erőművek esetén figyelembe vették a klímahatást, míg az atomerőmű esetén a súlyos baleseti kockázat elutasítását. A közvetett kibocsátások járuléka lignittüzelés esetén a legjelentősebb, amely a kitermelés és különösen a szállítás során kis magasságban kibocsátott szilárd részecskéknek köszönhető.

1.-5. táblázat: A különböző energiatermelési módok környezeti externáliái a klímahatás és a kockázat-elutasítás figyelembe vételével [1.-10]

Környezeti hatás		Külső költség (€ cent/kWh)					
		Szén	Lignit	Olaj	Földgáz	Biomassza	Nukleáris
Morbiditás	erőmű	0,503	0,372	2,543	0,115	0,355	0,009
Mortalitás	erőmű	0,984	0,705	5,215	0,208	0,650	0,013
Egészségi kár	erőmű	1,486	1,078	7,758	0,324	1,005	0,026
	egyéb	0,171	0,522	0,226	0,042	0,100	0,071
Épületkár	erőmű	0,089	0,055	0,556	0,012	0,033	
Haszonnövények	erőmű	0,020	0,024	0,010	0,011	0,031	
Klímahatás	erőmű	2,084	2,446	1,684	0,861	–	–
	egyéb	0,065	0,061	0,146	0,027	0,100	0,015
Összesen	erőmű	3,679	3,603	10,008	1,208	1,069	0,025
	teljes	3,915	4,186	10,400	1,277	1,269	0,111

1.3.3. Összehasonlítás a környezeti hatások tekintetében

Az alábbiakban a fosszilis fűtőanyagokra épülő, a nukleáris és a megújuló energiaforrásokat alkalmazó energiatermelő technológiák kerülnek összehasonlításra. Bár jelentős különbségek létezhetnek a területfelhasználás, a látvány, a közvetlen szocioökonómiai, egyes a hagyományos környezeti szakterületbe tartozó (pl. a zajterhelés) hatások területein, de a lakossági megítélés szempontjából ezek kevésbé mértékadóak. Az energiatermelő technológiákat alapvetően a levegő- és vízkörnyezeti kibocsátásaik, a területigény és a hulladékaik alapján ítélik meg.

A különböző típusú nem megújuló energiaforrásokkal működő erőművek környezetvédelmi szempontú összehasonlítását a jellemző fűtőanyag ciklus során jelentkező környezeti kibocsátások és a keletkező hulladékok alapján lehet elvégezni [1.-18]. A fűtőanyag ciklusok alapvető összetevői az alábbiak:

- bányászati tevékenység,
- üzemanyag (vagy fűtőanyag) előkészítés,
- erőművi villamosenergia termelés,
- kiégett (vagy elégetett) üzemanyag (fűtőanyag) kezelés.

1.3.3.1. Fosszilis tüzelőanyagokra épülő rendszerek

A fosszilis tüzelőanyagot felhasználó energetikai rendszerekben az energiatermelés során vagy nagy nyomású gőzzel meghajtott turbógenerátorokban történik a hőenergia elektromos energiává történő átalakítása, vagy a forró égéstermékek közvetlenül hajtják a turbinát.

Szén

A szén minősége hő- és pernye/hamutartalom szempontjából erősen változó. Pl. a lignitekből szignifikánsan több pernye képződik, mint más szénből. A villamosenergia-termelő rendszerek legtöbbszörben vagy közvetlenül égetik el a szenet (ideértve a fluidágyas tüzelést is) vagy elgázosítást követően.

A szén közvetlen elégetése

A szénre épülő energetikai üzemanyagciklusok főbb környezeti hatásai az alábbiak:

- a szénbányászat során oldott és lebegő szilárd anyagot, savakat, sókat tartalmazó szennyvizek és nagy mennyiségű szilárd hulladék, illetve meddő keletkezése,
- a szén előkészítése (tisztítása) során részecske kibocsátás a levegőbe, valamint „fekete víz” kibocsátás és nagy mennyiségű szilárd hulladék keletkezése,
- a nyersanyag szállításakor a szállító járművek (vonatok, uszályok és/vagy teherautók) légszennyezése, illetve a szállítással kapcsolatos szilárd és veszélyes hulladékok keletkezése,
- a szén erőműben történő elégetésének hatásai a CO₂, NO₂, SO₂, hulladékhő, fémek és szerves vegyi anyagok légköri kibocsátása, hulladékhő és kazán szennyvíz vízkörnyezeti kibocsátása, melynek egy része veszélyes hulladékként kezelendő, valamint jelentős mennyiségű hamu és pernye keletkezése fémtartalommal (arzén, ólom, nikkel stb.) és GBq nagyságrendű radioizotóp tartalommal (²²⁸Th, ²³⁰Th, ²³²Th, ²²⁶Ra és ²²⁸Ra),
- az erőmű létesítése és elbontása során épülettörmelék, valamint a rekultiváció (szennyezett talajok ártalmatlanítása) alatt keletkező hulladékok.

Fluidágyas széntüzelés és a szén elgázosítása

Az elmúlt évtizedek fejlesztési iránya a káros kibocsátások olyan csökkentésére irányult, amelyre már az égési folyamat során sor kerül, hogy a terjedelmes és költséges füstgáz-mosókat ne kelljen alkalmazni. A fluidágyas tüzelésnél a szénport és mészpport alulról befújó levegőáram tartja lebegésben az égési térben. A mészkő alkalmazása a CO₂ kibocsátások megnövekedéséhez vezet, s majdnem megduplázza az égés végén visszamaradó szilárd anyag mennyiségét. A pernye toxikus komponensei (nehézfémek, radioaktív izotópok) szinte teljesen a szilárd fázisban maradnak, így a légköri kibocsátásuk elkerülhető, de szilárd hulladékként problémát jelenthetnek.

Olaj

A szénhidrogén-iparban melléktermékként keletkező nehéz tüzelőolaj felhasználható energiatermelésre is. A frakcionált desztillálás maradékára épülő, olajbázisú üzemanyagciklus fontosabb környezeti hatásai az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- a kőolaj bányászat során a kutak kitérésénél keletkező olajvesztés, valamint sósvíz, fűrőiszap, illetve az olajkitérés és az elfolyt olaj megtisztításával kapcsolatos hulladékok keletkezése,
- a fűtőolaj finomítóba, illetve az erőműbe történő szállításnál olaj elfolyás, illetve a szállítással kapcsolatos hulladékok keletkezése,
- a kőolaj finomítása során légnemű kibocsátások CO₂, NO₂, SO₂ és szerves vegyi anyag tartalommal, nagy mennyiségű szilárd hulladék és iszap, valamint hulladékvíz keletkezése, mely tartalmaz paraffint, fenolt, krómot, ólmot és számos oldott és lebegő szerves, illetve szervetlen vegyi anyagot kisebb mennyiségben,
- a fűtőolaj erőműben történő elégetésének hatásai a CO₂, NO₂, SO₂, hulladékhő, fémek és szerves vegyi anyagok légnemű kibocsátásai a füstgázzal, hulladékhő és kazán szennyvíz vízkörnyezeti kibocsátása; a szilárd/pernye kibocsátás kisebb, mint a szénél, kivéve a füstgáz kéntelenítés alkalmazását, amikor az összmennyiség hasonló,
- az erőmű létesítése és elbontása során épülettörmelék, valamint a rekultiváció (szennyezett talajok ártalmatlanítása) hulladékai.

Földgáz

A földgázban lévő egységnyi szénmennyiséggel kb. dupla annyi energia nyerhető, mint a szénnek esetén, s ezért a CO₂ kibocsátás csökkentése miatt nagy figyelmet kapott. Az üvegházhatás csökkentésekor viszont ez a relatív előny a kitermelés és a kezelés során kikerülő metán miatt eltűnhet. A földgázalapú üzemanyagciklus legfontosabb jellemzői a következők:

- a földgáz kitermelése során metán veszteségek, sósvíz és kútkondenzátum keletkezése,
- a földgáz fűtőgázzá történő átalakításánál SO₂, NO_x, részecske és szerves vegyi anyag tartalmú füstgáz kibocsátások és folyékony veszélyes hulladékok keletkezése,
- az erőműbe való szállításakor metán veszteségek,
- a fűtőgáz erőműben történő elégetése során SO₂, NO_x, részecske és szerves vegyi anyag tartalmú füstgáz kibocsátások, hulladékhő és kazán szennyvíz vízkörnyezeti kibocsátásai, melynek egy része veszélyes hulladékként kezelendő; a szénél vagy olajjal összehasonlítva a mennyiségek kisebbek,
- az erőmű létesítése és elbontása során épülettörmelék, valamint a rekultiváció (szennyezett talajok ártalmatlanítása) hulladékai.

Tőzeg és olajos pala

A tőzeg olyan félig elszenesedett növényi maradványokból áll, ami tipikusan vízzel telített talajokban található meg és szárítást követően jól elégethető. A tőzegrre épülő üzemanyagciklus a szénével megegyező, csak egy szárítási művelettel egészül ki. Az alacsonyabb energiataralom miatt valamivel több hamu képződik, mint a szenek esetén. A tőzegben jelenlevő huminsavak miatt a természetes urán megkötődik a tőzegben, így a radioaktív izotóptartalom a szenekét meghaladó lehet.

Az olajpala és az olajos homok feldolgozásával kell az olajra vonatkozó felsorolás kiegészíteni a tüzelőanyag jellemzőinek vizsgálatához. A fosszilis tüzelőanyagokra épülő rendszerek közös jellemzője a kiterjedt területigény, mely elsősorban a bányászati tevékenység (bányatelek, meddőelhelyezés, stb.) miatt alakul ki.

1.3.3.2. Nukleáris energiatermelés

Az atomreaktorok üzemét a levegő- és vízkörnyezeti radioaktív kibocsátások és a radioaktív hulladékképződés jellemzi. E mellett olyan konvencionális hulladékok is keletkeznek, amelyek a nagyméretű ipari termelés során általában megszokottak. A nukleáris üzemanyagciklus jellemzői a következőképpen összegezhetők a könnyűvízes reaktorokkal működő atomerőmű esetén:

- 0,2%-os uránérc bányászatánál keletkező nagy mennyiségű meddő, valamint légköri kibocsátások (radioizotóp tartalmú por és feltételezhetően üvegházhatású gázok is) és vízkörnyezeti kibocsátások (bányavizek, meddőhányók alól elfolyó vizek),
- az ércfeldolgozás és koncentráció során GBq nagyságrendű radont tartalmazó légnemű kibocsátások, GBq mennyiségű urán, ^{230}Th és ^{226}Ra izotópokat tartalmazó vízkörnyezeti kibocsátások, szilárd hulladék keletkezése TBq nagyságrendű ^{230}Th és ^{226}Ra izotóptartalommal és nehézfém szennyezéssel,
- az U_3O_8 UF_6 -dá történő átalakítása során GBq nagyságrendű ^{230}Th és ^{226}Ra izotópokat tartalmazó vízkörnyezeti kibocsátások, hulladékkeletkezés visszamaradó urán és thórium izotópokkal,
- az izotóp dúsításnál hulladékként szegényített urán keletkezése,
- a konverzió és fűtőelem gyártás során thóriummal és uránnal szennyezett folyékony hulladékok, illetve CaF_2 keletkezése,
- a reaktor üzemeltetése során radioizotópok légnemű és folyékony kibocsátása, kiégett fűtőelemek, kis és közepes, illetve nagy aktivitású radioaktív hulladékok keletkezése (a keletkező mennyiség függ a nyitott és zárt fűtőelem ciklus közötti választástól),
- az erőmű leszerelésénél a dekontaminálási és szétszerelési eljárásokhoz köthető légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások, az erőmű lebontásával kapcsolatos kis és közepes aktivitású hulladékok, valamint a lebontásából származó nem radioaktív hulladékok keletkezése.

A fenti felsorolás a nukleáris üzemanyag egyszeri felhasználására (nyitott üzemanyagciklusra) vonatkozik. Emellett lehetőség van az elhasznált üzemanyag újrafeldolgozására (reprocesszálásra), amikor a maradék U és Pu kinyerésével és újbóli felhasználásával a kitermelendő U-mennyiség csökkenthető. A reprocesszálás a kis és közepes, illetve a nagy aktivitású hulladékok mennyiségének növekedésével jár.

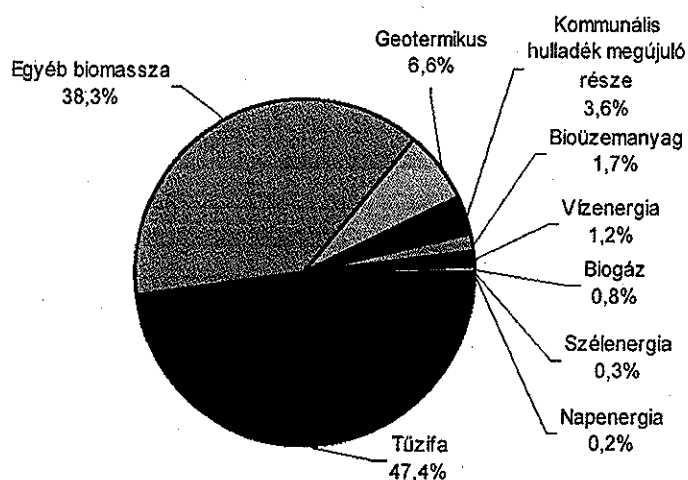
A nukleáris energiatermelés területigénye általában kisebb, mint a fosszilis tüzelőanyagokra épülő energiatermelésé, itt a bányászat és a radioaktív hulladék elhelyezése kisebb külszíni területet érint.

1.3.3.3. Megújuló energiaforrások

A megújuló energiaforrások közé tartozik a napenergia, a szélenergia, a különböző formában megjelenő biomassza, a geotermikus energia és a vízenergia. A megújuló energiaforrásokat használó technológiákat üzem közben általában alacsony (vagy hiányzó) kibocsátások és csökkentett hulladékképződés jellemezheti. Ennek ellenére a szállítás és leszerelés során képződnek konvencionális hulladékok és egy teljes körű környezeti értékelésben e tényezőket és a gyakran kiterjedt területhasználatot is figyelembe kell venni.

A magyarországi energiaellátáson belül a megújuló energiaforrások aránya erőteljesen növekedett az elmúlt években. Míg 2001-ben 36,4 PJ-t tettek ki a megújulók, addig 2006-ban már 54,8 PJ-t, amely 50,8%-os növekedést jelent az adott időszakban. 2006-ban a megújuló energiaforrások adták a primer energiafelhasználás 4,7%-át. A kilencvenes évek közepe óta tartó stagnálást 2003 után váltotta fel intenzívebb növekedés, ami a kedvező támogatási rendszer hatására a biomassza alapú villamosenergia termelés felfutásának volt legnagyobb részben betudható.

Magyarországon a legfontosabb megújuló energiaforrás a biomassza, amely 2006-ban az összes megújuló energia közel 90%-át adta. A biomasszát jelentőségben a geotermikus energia (3,6 PJ), a megújuló alapú hulladék felhasználás, a bioüzemanyag (0,96 PJ), és a vízenergia (0,67 PJ) felhasználás követi, de ezek nagyságrendileg lényegesen elmaradnak a biomassza felhasználástól. Az egyes megújuló energiaforrások hazai megoszlását 2006-ra vonatkozóan az 1.-6. ábra mutatja. [1.-19]



1.-6. ábra: A megújuló energiafelhasználás megoszlása Magyarországon 2006-ban

Tekintetbe véve a megújuló energiaforrások alkalmazási arányának növelésére az Európai Unióban vállalt kötelezettséget, 2010-re a megújuló energia arányát az ország teljes energiatermelésén belül 5-6%-ra kell emelni.

A villamosenergia-termelésből származó üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében a megújuló energiaforrások fokozott használata jelenti a legfontosabb eszközt. A hazai viszonyok között azonban a nagyteljesítményű alaperőművi funkciók, illetve a kieső energiaforrások pótlása és az új igények fedezése – a korlátozott rendelkezésre állás, a forrás mennyisége, illetve az energiatárolás erőművek hiánya miatt – önmagában a megújuló energiaforrások alkalmazásával nem biztosítható.

1.3.4. A nukleáris energiatermelés kiváltásának környezeti következményei

Az atomerőművi villamosenergia-termelés technológiája mentes azokról a hagyományos kibocsátásoktól, mint a por, a pernye, a kéndioxid, a nitrozus gázok és a széndioxid. A paksi atomerőmű jelenlegi működése évi átlagos 14 000 GWh termeléssel és a hazai korszerűbb erőművek átlagos (súlyozott) fajlagos CO₂ kibocsátásával (~0,4 kg/kWh) számolva kb. 10 millió tonna CO₂ emissziót takarít meg, ami az új atomerőművi blokkok létesítésével fenntartható, illetve tovább növelhető. Ez igen jelentős mennyiség, hiszen a hazai összes CO₂ kibocsátás 2005-ben 61,4 millió tonna volt. A megtakarítás az előbbi kétszerese, ha a hazai szénerőművek átlagos fajlagos kibocsátási mutatóival számolnánk, s ekkor még igen jelentős egyéb környezeti hatásokat (por, pernye, stb.) is figyelembe kellene venni. Ha a jelenlegi erőmű struktúrával történne a paksi atomerőmű kiváltása, akkor az atomerőművi teljesítmény-részarányának megfelelően, azaz közel 40%-kal nőne a kén-dioxid, szénmonoxid, NO_x, szilárd légszennyezők és a CO₂ kibocsátása a villamosenergia-iparban.

A kieső kapacitás pótlásakor figyelembe kell venni, hogy az 1997. évi Kiotói Jegyzőkönyvben a klímaváltozás hatásainak enyhítésére rögzített CO₂ kibocsátás vajon tartható-e a pótláshoz alkalmazott várhatóan fosszilis tüzelőanyagokra épülő erőművek kibocsátásai miatt. Hazánk számára a Kiotói Jegyzőkönyv az 1985–1987-es bázisidőszakhoz képest 6%-os kibocsátás csökkentést tesz kötelezővé az üvegházhatást okozó gázokra vonatkozóan, a 2008–2012-es évek átlagában. Jelenleg a magyarországi CO₂ kibocsátás a megállapított kvóta alatt van, melynek hatására „kvóta eladására” jogosult. Amennyiben az atomerőmű kieső kapacitását gázüzemű erőművekkel oldanák meg úgy a CO₂ kibocsátás csaknem 6 millió tonnával emelkedik meg, és így a határára kerülünk a 80 millió tonnás magyarországi kvótának. A kapacitás széntüzelésű erőművel történő kiváltása a gázüzeműhöz képest további 4 millió tonna növekedést jelentene, melynek negatív hatása a kedvezmény elmaradása mellett büntetést is eredményez a 4 millió tonna növekményen. A megújuló energiaforrásokra alaperőművi jelleggel a hazai körülmények között nem számíthatunk.

Új villamosenergia-termelő kapacitások létrehozásakor tehát mindenképpen célszerű támaszkodni az atomerőművekre is. Az atomerőmű által biztosított környezeti, stratégiai, gazdasági előnyök röviden az alábbiak:

- CO₂-mentes energiatermelés, emiatt pl. 1000 MW beépített nukleáris kapacitással évente 5–6 millió tonna szénerőművi CO₂ kibocsátása kerülhető el.
- A nulla üzemi (a teljes ciklusra vonatkozóan pedig elhanyagolható) CO₂ kibocsátás mellett egyéb légnemű szennyezést (pl. SO₂, NO_x) sem bocsát ki.
- A modern atomerőmű a fenntartható fejlődés szempontjából, a termelés teljes társadalmi költségeit tekintve is kedvező választás.
- Csökkenti az import földgáztól való függés mértékét: jelenleg a hazai beépített kapacitás 42%-a, kb. 3400 MW gáztüzelésű erőművekben van, ami kedvezőtlen arány.
- Az atomerőműben a villamos energia önköltsége relatíve stabil, mivel azt az üzemanyag beszerzési költsége csak csekély mértékben (ma kb. 15%-ban) befolyásolja.
- Az üzemanyag akár évekre előre egyszerűen készletezhető.
- Becslések szerint az uránkészletek több évszázadra elegendőek, a jelenleg kitermelt készletek politikailag stabil országokban vannak.
- Az atomerőmű gazdaságilag versenyképes a kombinált ciklusú gáztüzelésű erőművel, amennyiben a gázár egy bizonyos árszint felett van (jelenleg és tendenciáiban is ez a világszintű helyzet).

Irodalomjegyzék

- [1.-1] Új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése, Megvalósíthatósági tanulmány, AEKI-ARL-2008-725-00/01, KFKI AEKI, Budapest, 2008. február
- [1.-2] Erőműberuházási hatástanulmány, Accenture és MVM Zrt. 2007. április 27.
- [1.-3] Hirschberg, S., Dones, R., Heck, T., Burgherr, P., Schenler, W., Bauer, C.: Sustainability of electricity supply technologies under german conditions: A comparative evaluation, PSI Bericht 04-15, December 2004.
- [1.-4] Hirschberg, PSI, NEEDS Forum 2, Krakko, 2007. július
- [1.-5] European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP). Calculated Budgets for Airborne Acidifying Components in Europe, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990 and 1991. Norwegian Meteorological Institute EMEP MCS-W Report 1/92, 1992.
- [1.-6] A Magyar villamosenergia-rendszer 2006. évi statisztikai adatai, MVM Zrt. és MAVIR Zrt., 2007.
- [1.-7] MVM Társaságcsoport 2006. évi Fenntarthatósági Jelentése, Magyar Villamos Művek Zrt., 2007.
- [1.-8] Atel Csepeli Vállalatcsoport 2005. évi Környezetvédelmi Jelentése
- [1.-9] Pannonpower Holding Zrt., környezetvédelem, <http://www.pannonpower.hu> (letöltve: 2008. január 4.)
- [1.-10] Török Sz., Bozó L., Groma V., Osán J., Pázmándi T., Sági L.: A villamosenergia-termelés környezeti kárainak becslése hatásútvonal közelítéssel, Kulacsi K., szerk., MTA KFKI AEKI, 2006,
- [1.-11] Krewitt, W., Heck, T., Turkenmüller, A. és Friedrich, R.: Environmental Damage Costs from Fossil Electricity Generation in Germany and Europe, kézirat, Stuttgart, 1998.
- [1.-12] Anthoff, D.: Report on marginal external damage costs of greenhouse gas emissions, Delivery n° 5.4 - RS 1b, NEEDS Project, 2007.
- [1.-13] New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies, NewExt, Final Report to the European Commission, DG Research, Technological Development and Demonstration (RTD), September 2004.
- [1.-14] Eeckhoudt, L., Schieber, C., Schneider, T.: Risk aversion and the external cost of a nuclear accident, J Environ Management 2000, 58, 109–117.
- [1.-15] Krewitt, W., Mayerhofer, P., Friedrich, R., Trukenmüller, A., Heck, T., Greßmann, A., Raptis, F., Kaspar, F., Sachau, J., Rennings, K., Diekmann, J., Praetorius, B. (1998.): ExternE – Externalities of Energy. National Implementation in Germany. IER, Stuttgart.
- [1.-16] Pingoud, K., H. Mälkki, S. S. M. Wihersaari, A. Lehtilä, M. Johansson, M. Hongisto, P. Pirilä, T. Otterström. (1998). ExternE National Implementation, Finland. VTT, Finland.
- [1.-17] Frischknecht, R., Rebitzer, G.: The ecoinvent database system: a comprehensive web-based LCA database, Journal of Cleaner Production 2005, 13-14, 1337-1343.
- [1.-18] Guidelines for comparative assessment of the environmental impacts of wastes from electricity generation systems, IAEA-TECDOC-787, february 1995.
- [1.-19] Magyarország megújuló energiaforrás felhasználás növelésének stratégiája 2007-2020, Budapest, 2007. július
http://www.gkm.gov.hu/data/cms1358659/megujulo__strategia_tars_egyeztetes.pdf
(letöltve: 2008. február 25.)

2. A telephely és a nukleáris energiatermelő technológia blokk típustól független bemutatása

2.1. A paksi atomerőmű létesítése és működése

Magyarországon atomerőmű építéséről először az 1960-as években született döntés, majd 1966-ban magyar-szovjet államközi egyezmény került aláírásra az atomerőmű létesítéséről. A telephely kiválasztása, előkészítése és a tervezés 1967-ben kezdődött meg. 1968-ban a Szovjetunióban elkészültek a műszaki tervek, 1969 folyamán tereprendezési munkák kezdődtek a területen. A hetvenes évek elején – a szénhidrogén program megvalósítása miatt – az erőmű építést átmenetileg elhalasztották, 1974-ben azonban – többszöri országgyűlési és miniszteri konzultációk után – döntés született az építkezés folytatásáról. 1974-re elkészült az 1–2. számú blokk új – korszerűsített, V-213-as típusú változatának – műszaki terve, megkezdődtek az üzemi főépület földkiemelési munkálatai. A telepítéssel kapcsolatos geológiai és szeizmológiai kutatások már ezt megelőzően, 1972-ben indultak el. 1975 folyamán az 1970-ben módosított államközi egyezmény ismételt módosítását határozták el, majd kialakították az építendő négy blokk üzembe helyezési ütemét.

A reaktorblokkok építésének és üzembe helyezésének legfontosabb dátumait a 2.-1. táblázat ismerteti. [2.-1]

2.-1. táblázat: Az erőművi blokkok építésének és üzembe helyezésének dátumai

Blokk	Építés kezdete	Első kritikus állapot	Üzemeltetési engedély érvényessége*
1.	1974.08.	1982.12.14.	2012.12.14.
2.	1974.08.	1984.08.26.	2014.08.26.
3.	1979.10.	1986.09.15.	2016.09.15.
4.	1979.10.	1987.08.09.	2017.08.09.

* Az erőművi blokkok üzemidő-hosszabbításának engedélyezése jelenleg folyamatban van, a tervek szerint a létesítéskor tervezett 30 éves üzemidőn túl a blokkok további 20 évig üzemelnek, így azok leállítására 2032 és 2037 között kerülne sor.

Az 1976-ban alapított Paksi Atomerőmű Vállalat jogutódjaként 1991. december 31-én zártkörű alapítással létrejött a Paksi Atomerőmű Részvénytársaság, mely 2006. április 14-i hatállyal zártkörűen működő részvénytársasággá alakult (Paksi Atomerőmű Zrt.).

A paksi atomerőmű a magyar villamosenergia-ellátás meghatározó szereplője, az erőmű négy reaktorblokkja a hazai villamosenergia-termelés közel 37%-át biztosítja. Az atomerőmű fő feladata a villamosenergia-termelés, amelyhez kapcsolódóan hőtermelést is végez. A telephelyen belül csak a nukleáris energiatermeléshez kapcsolódó tevékenység folyik, ezen kívül az üzembiztonságot befolyásoló más tevékenység nincs. A négy reaktorblokk egyenkénti villamos teljesítménye az üzemeltetés kezdeti időszakában 440 MW, az erőmű összesített teljesítménye pedig 1760 MW volt.

A minél gazdaságosabb üzemeltetés érdekében végrehajtott, a biztonsági követelményeket teljesítő módosításokkal elvégzett teljesítménynövelésnek köszönhetően jelenleg az 1. és 4. blokk névleges villamos teljesítménye 500 MW, az erőmű összesített teljesítménye pedig 1940 MW. A 2–3. blokk teljesítménynövelésének előkészületei szintén zajlanak, a szükséges átalakítások elvégzése után a blokkok névleges villamos teljesítménye 460–470 MW helyett 500 MW, az erőmű teljesítménye 2000 MW lesz.

Az atomerőmű alaperőműként, viszonylag egyenletes terheléssel üzemel. A termelt villamos energia 400, illetve 120 kV-os feszültség szinten kapcsolódik az országos energia rendszerre.

A létesítést megelőzően a telepítési hely megfelelőségét számos szempontból vizsgálták. Ezek között természetesen környezetvédelmi vizsgálatok is helyet kaptak, melyek egyrészt a telephely megfelelőségét vizsgálták, másrészt a bázisadatok (környezeti alapállapot) felvételét szolgálták.

Az atomerőmű létesítése után több kiegészítő létesítmény megvalósítására is sor került. Ezek közül a legfontosabb a Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT), melynek első kiépítési fázisa 1996 végére, a harmadik fázis pedig 2002-re készült el.

A hazai villamosenergia igények növekedését követve a beüzemelés óta többször napirenden volt az atomerőmű bővítése, ahogy a bevezetésben is említésre került. 1989-ben a Magyar Villamos Művek Tröszt kezdeményezte egy új, 1000–2000 MW teljesítményű hazai alaperőmű létesítését megalapozó döntés-előkészítő munkákat, majd 1997-ben a Magyar Villamos Művek Rt. tett közzé pályázati felhívást új hazai erőmű létesítésére, 1100±300 MW teljesítményre vonatkozóan. A meglévő atomerőmű bővítésére vonatkozó korábbi, nem megvalósult tervek a paksi telephelyen 1 illetve 2 új blokk létesítésére vonatkoztak.

2.2. A telephely bemutatása

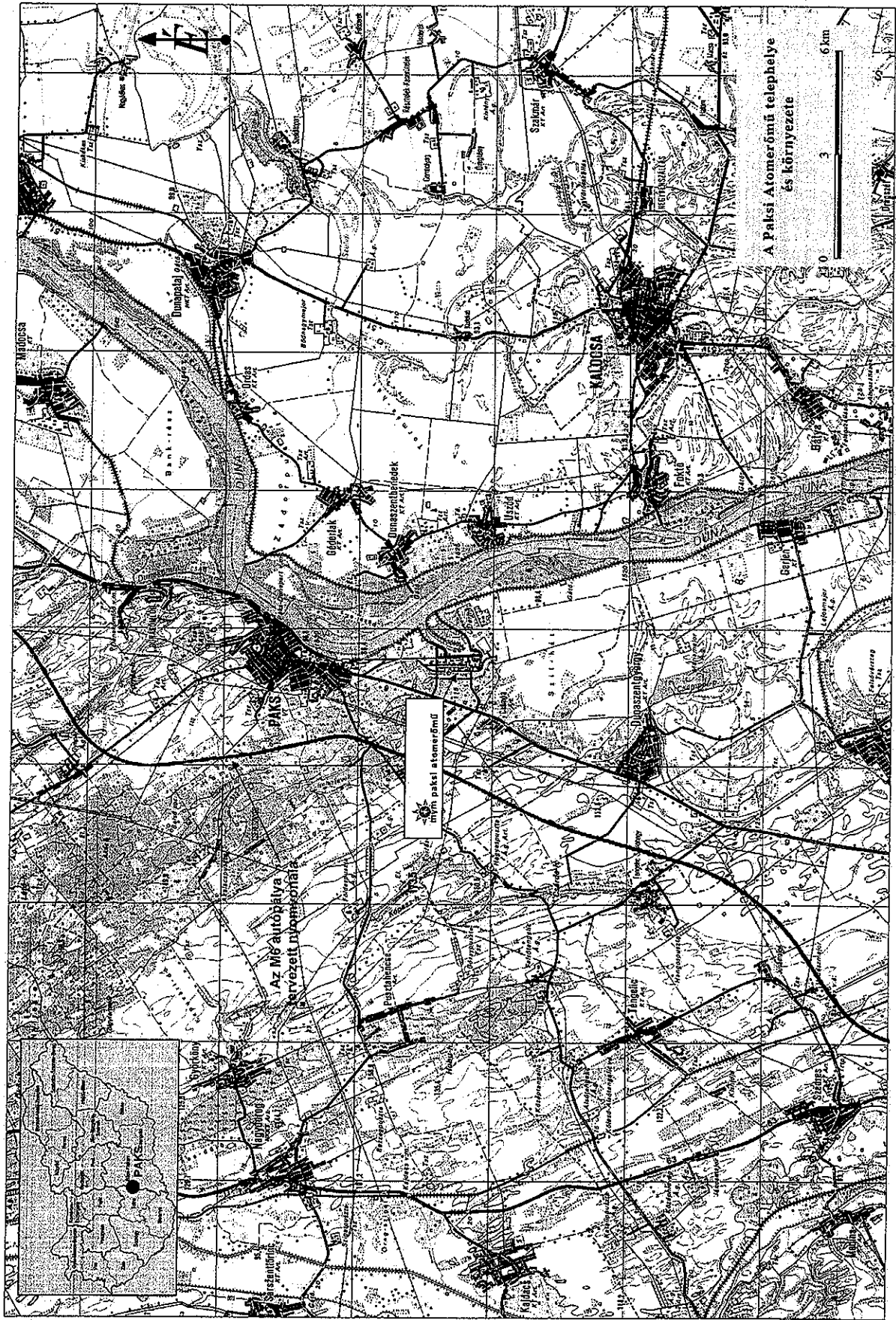
2.2.1. A telephely elhelyezkedése

A paksi atomerőmű telephelye Tolna megyében található, Budapesttől körülbelül 118 km-re délre és a déli országhatártól észak felé 75 km-re. A déli országhatár a telephelytől a Dunán folyásirányban 94 km-re van (erőmű 1527 fkm, határ 1433 fkm). Az atomerőmű telephelye Paks város középpontjától 5 km-re délre, a Dunától 1 km-re nyugatra és a 6. sz. főközlekedési úttól 1,5 km-re keletre helyezkedik el. Az atomerőmű elhelyezkedését és közvetlen környékének jellegzetességeit a 2.-1. ábra mutatja.

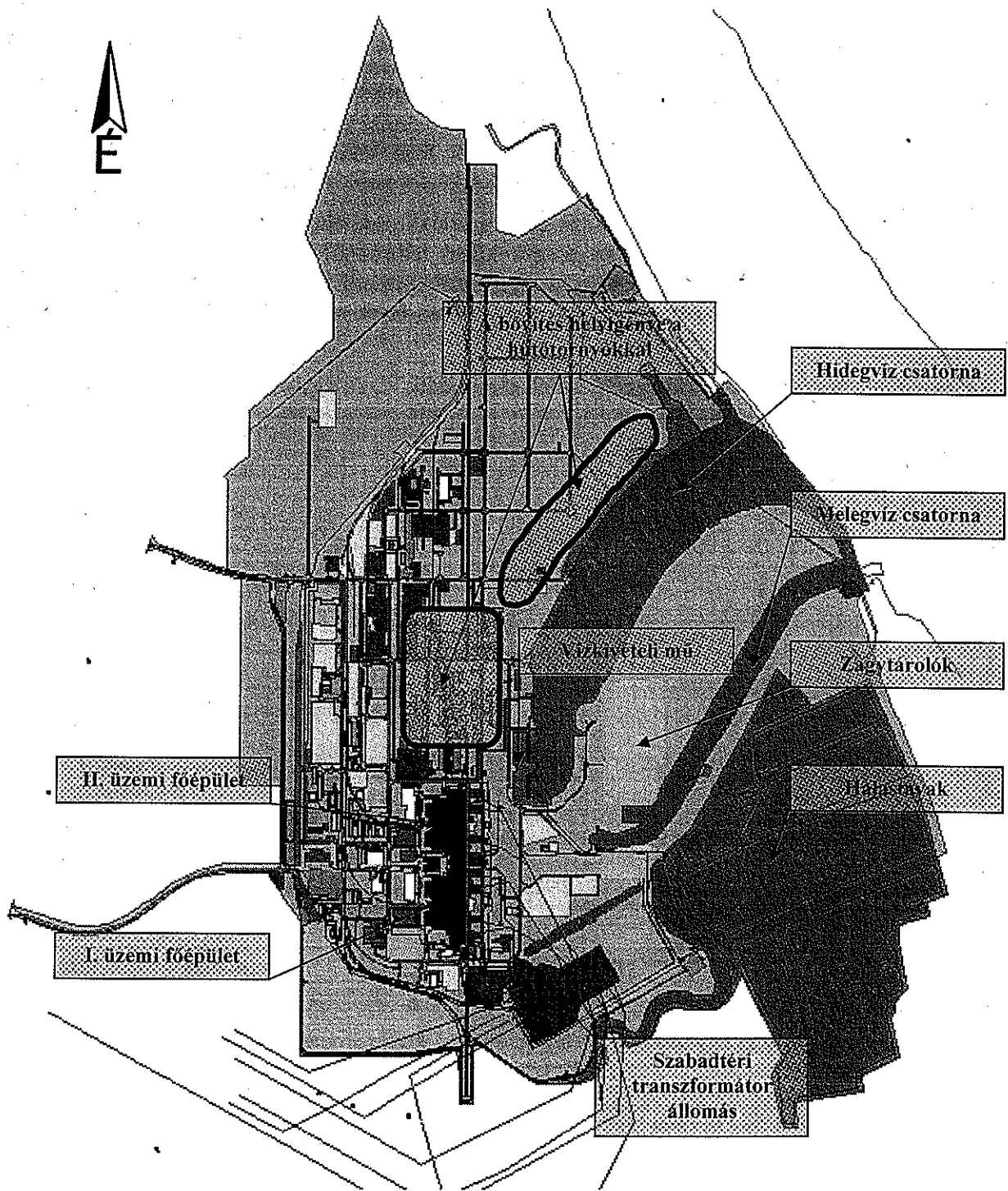
Az ábrán is látható, hogy a létesítmény tágabb környezetét (a 30 km sugarú területet) a Duna kétfelé osztja, a nyugati fél a Dunántúlon, Tolna megyében, a keleti fél a Duna-Tisza közén, Bács-Kiskun megyében helyezkedik el. A tágabb térség az Alföld nagytáj (makrorégió), azon belül pedig elsősorban a Dunamenti síkság és a Mezőföld középtáj (mezorégió) része.

A paksi atomerőmű és közvetlen környezetének helyszínrajza – a tervezett bővítésre alkalmas terület megjelölésével – a 2.-2. ábrán látható. A telephely funkció és őrzésvédelem szempontjából két részre tagozódik. Az üzemi területhez tartozik az erőmű négy blokkja, a hozzá kapcsolódó turbinagépház, a vízkivételi mű, illetve az ezek kiszolgálásához szükséges segédberendezések, rendszerek, valamint iroda, karbantartó és raktárépületek. A Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) tulajdonában lévő KKÁT az üzemterülethez csatlakozik. Az erőmű területén található a létesítmény működéséhez szükséges külső intézmények, vállalatok karbantartó műhelyei, raktárai és irodaépületei. Az üzemi terület kerítésén kívül helyezkednek el a veszélyes és ipari hulladék üzemi gyűjtőhely, a zagyatárolók, valamint a hideg- és melegvíz csatorna.

Az atomerőmű bővítéséhez rendelkezésre álló terület a meglévő blokkok súlypontjától északra helyezkedik el, az üzemelő blokkok és a bővítés hossz tengelye közel É–D irányú. A tereprendezés, a feltöltés, a tervezési alapszint (97,15 mBf) és az infrastruktúra kialakítása már a jelenlegi blokkok építésekor annak figyelembevételével történt, hogy további két blokk a telephelyen telepíthető legyen.



2.-1. ábra: A paksi atomerőmű telephelye és környezete



2.-2. ábra: A paksi atomerőmű és közvetlen környezete helyszínrajza

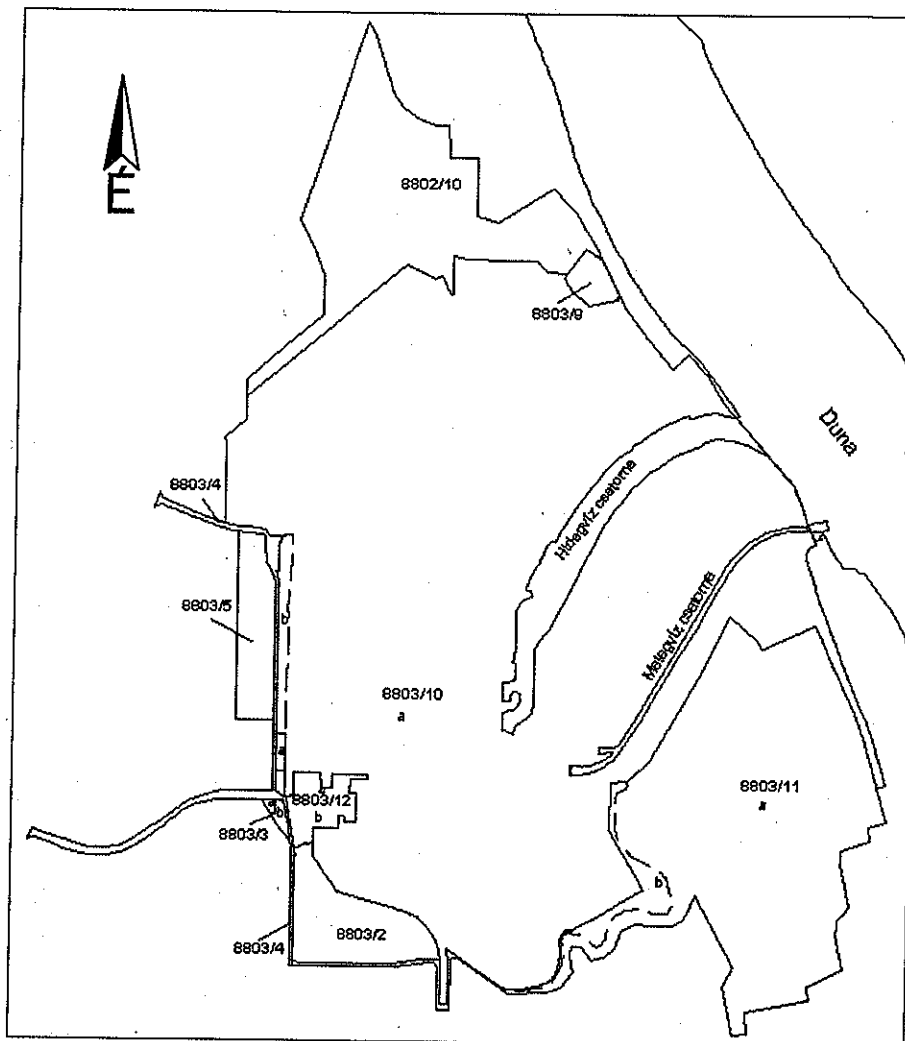
Az atomerőmű telephelyét a létesítmény körül kijelölt biztonsági övezet veszi körül, melynek maximális méretei – a 213/1997. (XII. 1.) Korm. rendelet szerint – a legkülső technológiai védelmet jelentő fal síkjától számítottan a felszínen a létesítmény körül 3000 m, a létesítmény felett 2300 m. A biztonsági övezetben építmények létesítésére, valamint egyéb biztonságot befolyásoló tevékenységekre vonatkozóan korlátozások vannak érvényben. Az atomerőmű 3 km-es zónája 5950 m-es magasságig tiltott légtér, amelyen repülőgépek nem haladhatnak át. [2.-2]

2.2.2. Tulajdonviszonyok, telekkönyvi adatok

Az 1991. december 31-én megalakult Paksi Atomerőmű Részvénytársaság alaptőkéje az alapításkor 126 milliárd 598 millió 800 ezer forint volt. A Paksi Atomerőmű Zrt. részvényeinek 99,99%-a a Magyar Villamos Művek Zrt. tulajdona. A maradék tulajdoni hányad a Szekszárdi Vagyonkezelő Kft., Fadd Nagyközség Önkormányzata, Szekszárd Megyei Jogú Város Önkormányzata, Kalocsa, valamint Géderlak, Dunaszentgyörgy és Uszód Önkormányzatok között oszlik meg.

Az 554,94 ha területű telephely a bővítés céljára kijelölt területtel együtt a Paksi Atomerőmű Zrt. tulajdona. A 2.-3. ábra ábrázolja az erőmű külső telekhatárát és az azon belül elkülöníthető területeket. A szorosan vett üzemszerűen kívül a tartalék üzemi térség, a horgásztó, a megközelítési útvonalak és az erdők külső területeknek tekinthetők. Ezek nagyság szerinti megoszlását a 2.-2. táblázat mutatja.

Az erőmű területén néhány külső cég, vállalat működik. Ezek egy része kizárólag irodahelyiséget, míg mások a szolgáltatásaikhoz kapcsolódóan területhányadot is bérelnek. Az utóbbiak leginkább építési, karbantartási, kertészeti és takarítási szolgáltatásokat nyújtanak az erőmű részére. [2.-2]



2.-3. ábra: Az erőmű telekhatára és a belső területek megoszlása

2.-2. táblázat: A Paksi Atomerőmű Zrt. tulajdonában lévő terület a földhivatali nyilvántartás szerint

Helyrajzi szám	Megnevezés	Terület [ha]
8802/10	Tartalék üzemi terület	51,0592
8803/3	Meteorológiai szolgálat	0,7191
8803/4	Saját használatú út	6,2553
8803/5	Erdő	9,2884
8803/9	Csónakház	2,5272
8803/10	Üzemi terület	380,2127
8803/11	Tó	99,0371
8803/12	Parkoló	5,8411
Terület összesen:		554,9401

2.2.3. A telephely környezetében élő népesség

A létesítmény tágabb, 30 km-es környezetében a lakosság jelentős része 5 városban él. A környező városok lakosságát a 2.-3. táblázat az 1970 és 2001 között tíz évente elvégzett népszámlálásokra épülő KSH adatok alapján, valamint a KSH megyei statisztikai évkönyvei alapján 2005 év végére vonatkozóan tartalmazza.

2.-3. táblázat: A lakónépesség száma az atomerőmű tágabb környezetében lévő városokban

Város	Terület, km ²	Távolság az erőműtől	Lakosok száma, fő				
			1970	1980	1990	2001	2005
Paks	154,08	5 km É-ra	13 585	19 509	20 274	20 859	20 444
Tolna	71,08	17 km D-re	11 586	12 291	12 080	12 116	11 901
Szekszárd	96,27	28 km DNy-ra	24 896	34 648	36 857	36 233	34 344
Dunaföldvár	111,42	26 km É-ra	10 118	9 347	8 551	9 149	9 277
Kalocsa	53,18	11 km K-re	16 129	18 668	18 350	18 793	17 926
Kecel*	114,48	31 km K-re	10 094	9 535	9 080	9 166	9 081
Kiskőrös*	102,23	31 km K-re	14 042	15 616	14 911	15 393	14 792
Összesen			100 450	119 614	120 103	121 709	117 765

* A vizsgált térség közvetlen közelében, de a 30 km-es távolságon kívül található.

A telephely közvetlen környezetében (8 km-en belül) található településeket és lakosaik számát a 2.-4. táblázat mutatja.

2.-4. táblázat: A lakónépesség száma az atomerőmű közvetlen környezetében lévő településeken

Település	Terület, km ²	Távolság az erőműtől	Lakosok száma, fő				
			1970	1980	1990	2001	2005
Tolna megye							
Paks*	154,08	5 km É-ra	13 585	19 509	20 274	20 859	20 444
Dunaszentgyörgy	37,63	6 km DNy-ra	2 754	2 848	2 969	2 634	2 622
Bács-Kiskun megye							
Uszód	24,46	4 km K-re	1 585	1 458	1 250	1 087	1 075
Dunaszentbenedek	23,24	4,2 km ÉK-re	1 316	1 243	1 040	948	906
Foktő	31,53	6,7 km DK-re	2 424	2 110	1 845	1 717	1 694
Összesen			21 664	27 168	27 378	27 245	26 741

* A paksi lakosok számába beleértendő a közigazgatásilag Paks városhoz tartozó Dunakömlőd lélekszáma.

A telephely biztonsági övezetén, azaz a 3 km sugarú körön belül Csámpán – a 2004. évi adatok szerint – 135 fő (ebből 23 gyermek) lakik.

Az erőmű előkészítési, majd építési munkáinak köszönhetően már az 1970-es évtized első felében feltűnő növekedésnek indult Paks lakosságszáma (1970–1975 között 18%-os növekedés). A régió településhálózatán belül az erőmű építésének időszakában Paks látványos népességgyarapodása volt a legmarkánsabb demográfiai jelenség. Az üzemelés időszakában Paks népességgyarapodásának üteme lényegesen szerényebb lett, átalakult a nagylétesítmény munkaerőigényének struktúrája is. A fizikai munkát végző építő-szerelő szakmunkások helyett az erőmű üzemeltetését végző, magasan kvalifikált munkavállalói réteg lakóhelye lett Paks. Az ezredfordulót követően Paks népmozgalmában a stabilizálódási tendenciák erősödtek fel, így módon 2005 év végén a város 20,44 ezres lakónépességet mondhatott magáénak. [2.-1]

2.2.4. Jogszabályi védelmet élvező környezet-, természet- és tájvédelmi területek a telephely környezetében

A paksi atomerőmű 3 km-es körzetén kívül, a telephely tágabb, 30 km-es környezetében több országos jelentőségű védett természeti terület található a Duna-Dráva Nemzeti Park, a Kiskunsági Nemzeti Park és a Duna-Ípoly Nemzeti Park Igazgatóságának a területén. Ezeket nagyrészt már az 1. blokk üzembe helyezése után nyilvánították védetté. A Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatósághoz (DDNP) tartozó országosan védett területeket a 2.-5. táblázat sorolja fel.

2.-5. táblázat: A Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatósághoz tartozó területek

Védett értékek a DDNP illetékességi területén	Védetté nyilvánító határozat
DDNP Gemenci Tájegység (korábbi Gemenci Tájvédelmi Körzet)	14/1977. (IX. 26.) OTvH határozat
Bogyiszlói Orchideás Erdő Természetvédelmi Terület (250/TT/92)	11/1992. (III. 25.) KTM rendelet
Szakadátí-legelő Természetvédelmi terület (207/TT/89)	3/1989. (II. 22.) KVM rendelet
Kapszeg-tó Természetvédelmi Terület (305/TT/06)	28/2006. (V. 22.) KvVM rendelet
Bölcskei-nőszirmos Természetvédelmi Terület (312/TT/07)	15/2007. (III. 30.) KvVM rendelet
Dél-Mezőföld Tájvédelmi Körzet (293/TK/99), melynek részei:	11/1999. (X. 29.) KÖM rendelet
Bikácsi Ökörhegy Természetvédelmi Terület (199/TT/87)	7/1987. (VII. 10.) OKTH rendelkezés
Bölcskei tátorjános Természetvédelmi Terület (203/TT/88)	2/1988. (V. 26.) KVM rendelet
Kistápei láprét Természetvédelmi Terület (200/TT/87)	7/1987. (VII. 10.) OKTH rendelkezés
Németkér-Látóhegy Természetvédelmi Terület (197/TT/87)	7/1987. (VII. 10.) OKTH rendelkezés
Szedresi tarka sáfrányos Természetvédelmi Terület (198/TT/87)	7/1987. (VII. 10.) OKTH rendelkezés

A természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény 23. § (2) bekezdése alapján ún. „ex lege” védelem alatt áll valamennyi forrás, láp, barlang, víznyelő, szikes tó, kunhalom, földvár, melyek országos jelentőségű természetvédelmi területnek minősülnek. A telephely környezetében a törvény erejénél fogva védett lápok a Duna-Dráva Nemzeti Park területén Alsószentiván, Cece, Bikács, Németkér és Dunaföldvár térségében található.

A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatósághoz (KNP) tartozó, az erőmű környezetében elhelyezkedő országosan védett területeket a 2.-6. táblázat tartalmazza. A 9 nemzeti parki törzsterületből egy (Miklapusza) található teljes egészében a paksi atomerőmű középpontjától mért 30 km-es körön belül.

2.-6. táblázat: A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóságához tartozó területek

Védett értékek a KNP illetékességi területén	Védetté nyilvánító határozat
KNP Miklapusza (nemzeti parki törzsterület)	22/1996. (X. 9.) KTM rendelet
Szelidi-tó Természetvédelmi Terület (123/TT/76)	2/1976. OTvH határozat
Császártöltési Vörös mocsár (Őrjeg) Természetv. T. (219/TT/90)	7/1990. (IV. 23.) KVM rendelet
Hajósi kaszálók és löszpartok Természetvédelmi T. (229/TT/90)	2/1990. (VI. 13.) KöM rendelet
Érsekhalmi Hét-völgy Természetvédelmi Terület (288/TT/98)	23/1998. (VII. 10.) KTM rendelet
Hajósi Homokpuszta Természetvédelmi Terület (290/TT/98)	25/1998. (VII. 10.) KTM rendelet

A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóságához tartozó területek közül a Rétszilasi-tavak Természetvédelmi Terület (272/TT/96; 25/1996. (X. 9.) KTM rendelet) déli pereme, a Sáregres melletti tó és környéke található a paksi atomerőmű 30 km-es körzetében.

A paksi atomerőmű környezetében található országos jelentőségű védett területek és védett természeti értékek elhelyezkedését a 2.-4. ábra mutatja.

Az Európai Közösségek Natura 2000 természetvédelmi hálózatába tartozó területek – különleges madárvédelmi területek (Special Protection Areas – SPA) és különleges természetmegőrzési területek (Special Areas of Conservation – SAC) – kijelölése az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekről szóló 275/2004. (X. 8.) Korm. rendeletben megtörtént. A Natura 2000 területek helyrajzi számaikat az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekkel érintett földrészelekről szóló 45/2006. (XII. 8.) KVM rendelet állapította meg.

A paksi atomerőmű biztonsági övezete a Natura 2000 területek közül két – a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság illetékességi területén található – kiemelt jelentőségű különleges természetmegőrzési területet érint. Az egyik a HUDD20023 területkódú Tolnai Duna nevű terület, a másik a HUDD20072 területkódú Dunaszentgyörgyi láperdő nevű terület. Paks közelében található a szintén a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság területén fekvő HUDD20069 területkódú Paksi ürgemező és a HUDD20071 területkódú Paksi tarka sáfrányos nevű Natura 2000 terület. Az erőmű 30 km-es környezetében található továbbá több, a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság, a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság és a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság illetékességi területén elhelyezkedő Natura 2000 terület.

Az országos jelentőségű területeken túl az érintett térségben több helyi jelentőségű védett természeti érték, műemlék található Tolna megyei (pl. Paks, Tengelic, Madocsa, Bölcse, Nagydorog, Dunaföldvár) és Bács-Kiskun megyei települések (pl. Hajós, Kalocsa, Császártöltés, Kecel) területén.

A térségben kiemelt üdülőterület nincs. A lehetőségeket figyelembe véve, üdülési körzettel fejlesztésre az Alsó-Duna szakaszán van lehetőség. A térség érinti Fejér-, Tolna- és Bács-Kiskun megye Duna menti sávját. A Duna, valamint szigetei, holtágai, a termálvíz, a szikes eredetű tavak, a Gemenci erdő tekinthető az üdülés szempontjából érdeklődést kiváltó adottságnak.

A tágabb környezetben található a 97/2004. (VI. 3.) FVM rendelet szerint a Szekszárdi-, Tolnai-, a Hajós-Bajai és a Kunsági borvidék. Ezek a borvidékek a létesítménytől számított 25-30 km sávotl kezdődnek és folytatódnak a vizsgált térségen kívül. [2.-1]

2.2.5. A telephely környezetének területhasznosítása

A paksi atomerőmű szűkebb és tágabb környezetében az erőművön kívül jelenleg sincs számottevő ipar. Csekély a kisipar is, mely elsősorban a városokba koncentrálódik.

A régió földrajzi adottsági, a Duna, mint legjelentősebb felszíni vízfolyás, továbbá a talajtani, hidrogeológiai jellemzők alapján a terület az értékesebb hazai mezőgazdasági körzetek közé tartozik. Jellemző a mezőgazdaság és az állattenyésztés, kisebb mértékben az erdő- és halgazdálkodás, valamint a gyümölcsstermesztés.

A mezőgazdasági terület több mint 70%-a szántó, amelynek legjobb termőképességű területei Uszód-Dunaszentbenedek térségben található. A tulajdonviszonyok átalakulása következtében zártkerti összefüggő terület alakult ki a körzet észak-nyugati részén, a korábbi szőlőtermelés ebbe a „zártkerti” formába szorult vissza.

A 2.-5. ábra az atomerőmű térségéről a 2005-ben készült Landsat TM úrfelvétel alapján elvégzett területhasználat feldolgozást mutatja [2.-3]. A vizsgálat megállapította, hogy a jellemzően nagyüzemi művelésre utaló nagytáblás szántók megszűntek, a nagytáblák feldarabolásra kerültek és helyükön kistáblás szántóföldi művelés folyik. Paks város belterülete jelentősen növekedett déli és észak-nyugati irányban. A városias fejlődés egyik jeleként jelentős növekedés tapasztalható a sport-szabadidő- és üdülővezetek kiterjedésében, ugyanakkor ezt az urbanizációt nem követi a városi zöldfelületek arányának növekedése. Természetes velejárója a városi illetve infrastrukturális fejlődésnek a speciális műszaki létesítmények és az ipari, kereskedelmi területek kiterjedésének növekedése. Jelentősen csökkent a fiatalos erdők és vágásterületek, valamint a spontán erdősődő, cserjésedő területek aránya. A fiatal erdők felnövekedtek, zárt erdőkké alakultak, ami természetes folyamat eredménye.

2.2.6. A telephely infrastrukturális kapcsolatai

Az erőmű megközelíthetősége közúton, vasúton, és a Dunán, mint nemzetközi vízi úton egyaránt jó. A telephelytől kb. 1 km-re nyugatra található a 6. sz. fő közlekedési út, mely kétnyomsávós, forgalom szempontjából telített közlekedési útvonal. Az atomerőmű telephelyére Budapestről közelítve Paks után két bekötőúti leágazás van (északi és déli bejáró). A 6. sz. fő közlekedési úttal párhuzamosan, attól nyugatra, kb. 1 km távolságra halad a tervezett M6 autópálya nyomvonala, mely a tervek szerint az új blokkok építésének idején már rendelkezésre fog állni. A vasúti szárnyvonal a Budapest–Dunaújváros–Dunaföldvár–Paks útvonalon halad, végállomása Pakson van. A szárnyvonalról az erőmű telephelyének területére iparvágány vezet. Az atomerőművet csak célszerelvények érik el. A Duna a hazai és nemzetközi vízi szállítás útvonala. Paks térségében a Duna szakasz könnyen hajózható, lassú folyású, a hajóút kitűzése jó. A telephely komplex úthálózattal és a hidegvíz csatornán folyami kikötővel rendelkezik, mely az erőműbe hajókon, uszályokon érkező nehéz berendezések fogadására alkalmas.

A létesítmény vízfelhasználása a funkció alapján két fő csoportba sorolható. Hűtés céljára az erőmű a Dunából a nyitott hidegvíz csatornán keresztül kap vizet, mely a felhasználást követően a nyíltszelvényű melegvíz csatornán át visszajut a befogadóba. Az erőmű technológiai vízvesztéseinek pótlására szolgáló ipari víz a dunai vízkivételből származik, a tűzvíz forrása a partiszűrésű kúttelep (melegvíz csatornai tartalékkal), az ivóvíz és használati vizek forrása pedig a csámpai kúttelep 9 db mélyfúrású kúttal. Az erőmű kommunális szennyvizeinek, az egészségügyi és laboratóriumi épület hulladék vizeinek, valamint időnként a mérlegen felüli vizek fogadója és tisztítója az erőműhöz tartozó 1870 m³/nap kapacitású totáloxidációs, eleveniszapos szennyvíztisztító.



Adaforrás: Landsat TM, 2005. augusztus 1.

Az ábrán használt jelkulcs:

122	Út és vasúthálózatok	1212	Speciális műszaki létesítmények	3243	Spontán cserjésedő-erdősödő területek
124	Repülőterek	1232	Folyami kikötők	3244	Csemetekert
132	Lerakóhelyek (meddőhányók, zagytavak)	1311	Külszíni bányák	5121	Természetes tavak
141	Városi zöldövezetek	2111	Nagytáblás szántóföld	5122	Mesterséges tavak, víztározók
142	Sport-, szabadidő- és üdülő övezetek	2112	Kistáblás szántóföld	12111	Ipari és kereskedelmi létesítmények
243	Elsődlegesen mezőgazdasági területek jelentős természetes képződménnyel	2221	Gyümölcsfa ültetvények	12112	Agrárgazdaságok, tanyaközpontok, farmok
311	Lombhullató erdő	2311	Intenzív legelők és degradált gyepek	12113	Oktatási és egészségügyi intézmények
312	Tülevélű erdő	2312	Intenzív legelők és degradált gyepek fákkal és bokrokkal	22111	Nagytáblás szőlő-ültetvények
313	Végyes erdő	2421	Kertés művelés (zártkertek)	22112	Kistáblás szőlő-ültetvények
324	Átmeneti erdős, cserjés területek	2422	Kertés művelés (zártkertek) épületekkel		
411	Szárazföldi mocsarak	3211	Természetes gyepek		
511	Folyóvizek, csatornák	3212	Természetes gyepek fákkal és bokrokkal		
1111	Városközpontok	3241	Fiatalos erdők és vágásterületek		
1121	Többemeletes lakóházak, lakótelepek				
1122	Családi házas beépítés, kertvárosok				

2.-5. ábra: A paksi atomerőmű közvetlen környezetének változásvizsgálata, 2005-ös állapot

Az erőműben megtermelt villamos energia a főtranszformátorokon keresztül kerül a 400 kV-os és a 120 kV-os nagyfeszültségű országos alaphálózatba, majd jut el a fogyasztókhoz.

A létesítmény rendelkezik mindazon vezetékes és vezeték nélküli hírközlési eszközzel, amelyek biztosítják az operatív hírközlést, távbeszélő forgalmat, mérési- és jelzési adatátvitelt, valamint a dolgozók, a hatóságok és a lakosság tájékoztatását, riasztását. A hírközlési rendszerekhez további vezeték nélküli rendszerek mikrohullámú illetve rádiórendszerek is tartoznak. A mikrohullámú rendszer biztosítja az erőmű beszéd és adatkapcsolatát a villamosenergia-ipar üzemirányítási-igazgatási távbeszélő rendszerével.

Üzemszerű működtetés és karbantartás alatt infrastrukturális szempontból a paksi atomerőmű teljesen független minden külső szolgáltatástól.

Az atomerőmű kiépített Kibocsátás- és Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerrel (KKSER) rendelkezik, mely biztosítja az atomerőmű minden üzemállapotában (normál üzem, üzemzavar,

nukleáris baleset) a kellő mennyiségű és megbízhatóságú adatot a környezeti hatások megítéléséhez, adott esetben a szükséges intézkedések meghozatalához. [2.-1, 2.-2]

Az új blokkok létesítéséhez az infrastruktúra (víz-, csatorna-, úthálózat stb.) alaphelyzetben rendelkezésre áll, de nagy valószínűséggel a későbbiekben ezek bővítése és korszerűsítése szükségessé válik.

2.2.7. A paksi telephely jellemzőinek összefoglalása

Az atomerőművek tervezési követelményeit a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 89/2005. (V. 5.) Korm. rendelet mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) tartalmazzák. A szabályzat szerint az atomerőművek tervezésénél mértékadó eseményként figyelembe kell venni minden 10^{-4} /év gyakorisággal (azaz 10 000 évenként) előforduló természeti eseményt (földrengés, árvíz, szélsőséges meteorológiai viszonyok), melyekre az atomerőművet méretezni kell, az ennél kisebb éves gyakoriságú események a vizsgálatból kiszűrhetők. Az ember okozta eseményeknél (ipari, katonai, közúti, folyami és légi szállítási tevékenység) ez a szűrési szint még alacsonyabb, 10^{-7} /év értékű. Az atomerőmű telephelyét úgy kell tehát megválasztani, hogy annak potenciális természeti és emberi eredetű hatásai az erőművi blokkokra vonatkozóan elfogadhatóan alacsonyak legyenek. A paksi telephely ezeknek a feltételnek megfelel, a biztonsági és tervezési szempontból mértékadó jellemzőit a 2.-7. táblázat foglalja össze. [2.-2]

2.-7. táblázat: A paksi telephely mértékadó jellemzőinek összefoglalása

A létesítmény neve:	Paksi Atomerőmű
A létesítmény elhelyezkedése:	Magyarország, Tolna megye, Paks város súlyponti koordinátái: 463443,05É;185109,56K
Az igénybevett terület:	554,9401 ha
A telephely természetes tengerszint feletti magassága:	93,2–97,6 mBf
A tereprendezéssel kialakított 0,00 szint:	97,00 mBf, a létesítmények tervezési alapszintje ($\pm 0,000$ m) 97,15 mBf
A telephely közvetlen környezetének topográfiai jellemzői:	síkvidék, folyópart
A legközelebbi felszíni vizek – a súlyponti koordinátákhoz: – az üzemi főépülethez:	Duna, 2000 m keletre; halastavak, 1000 m keletre Duna, 1700 m keletre; halastavak, 800 m keletre
A telephely demográfiai környezete – az adatfelvétel időpontja: – népsűrűség – országos átlag: – a közvetlen (8 km-es) környezetben: – a tágabb (30 km-es) környezetben: – a tágabb környezet teljes lélekszáma: – a legközelebbi lakott helyek – Paks-Csámpa, 2 km DNy-i irányban: – Uszód, 4 km K-i irányban: – Dunaszentbenedek, 4,2 km ÉK-i irányban: – Paks, 5 km É-i irányban: – a legközelebbi nagyobb település – Szekszárd, 26 km DDNy-i irányban: – a legközelebbi nagyváros – Budapest, 118 km É-i irányban:	a 2001. évi népszámlálás 110,0 fő/km ² 136,2 fő/km ² 71,6 fő/km ² 202 406 fő 137 fő 1087 fő 948 fő 20 859 fő 36 233 fő kb. 2 000 000 fő
Földhasználat a közvetlen környezetben – mezőgazdasági: – erdő: – egyéb:	szántó 75%; gyümölcsös, szőlő 2%; rét, legelő 5% 16,5% 1,5%

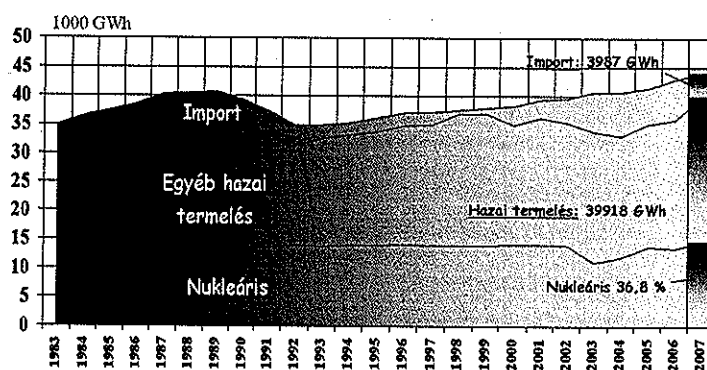
A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkok környezeti hatásainak típusától független előzetes vizsgálata

<p>Külső, emberi eredetű veszélyforrások eloszlása</p> <ul style="list-style-type: none"> - ipari létesítmény: - katonai létesítmény: - repülőtér: 	<p>0-5 km: 1; 5-10 km: 0; 10-20 km: 2; 20-30 km: 4 0-5 km: 0; 5-10 km: 0; 10-20 km: 1; 20-30 km: 1 0-5 km: 0; 5-10 km: 0; 10-20 km: 1; 20-30 km: 1</p> <p>A paksi atomerőmű körül 3 km sugarú kör a 463443É, 0185110K középpont körül 5950 m magasságig tiltott légtér, a repülőgép rázuhanás valószínűségi alapon kiszűrhető.</p> <p>A katonai, ipari tevékenységből eredő veszélyforrások valószínűségi és távolsági alapon kiszűrhetőek, beleértve a közúti és folyami szállítás veszélyeit is.</p>
<p>Meteorológiai jellemzők</p> <ul style="list-style-type: none"> - lokális hőmérsékleti maximum: - lokális hőmérsékleti minimum: - a Paksi állomás megfigyelési adatai alapján az extrém eloszlásfüggvény maximum-likelihood becsléséből származtatott 10 000 éves visszatérési idejű <ul style="list-style-type: none"> - hőmérsékleti maximum: - hőmérsékleti minimum: - éves átlagos csapadék: - napi csapadékösszeg extrémuma ($10^{-4}/\text{év}$): - maximális hóvastagság ($10^{-4}/\text{év}$): - maximális szabadfelszíni hőteher ($10^{-4}/\text{év}$): - az uralkodó szélirány: - széllelkés maximum (mért): - 10 000 éves visszatérési idejű maximális széllelkés: - a leggyakrabban előforduló Pasquill-féle stabilitási kategóriák: - villámcsapás: 	<p>A paksi telephelyen egy 120 m magas meteorológiai mérőtorony és egy WMO standard felszíni főállomás üzemel.</p> <p>37,5 °C (mért, 1983. júliusban és 1992. augusztusban) -30,3 °C (mért, 1987. januárban)</p> <p>45,6 °C -38,1 °C</p> <p>571 mm 211,8 mm</p> <p>153 cm, (53 cm az eddig mért max.)</p> <p>1,5 kPa ÉNY, ÉÉNY</p> <p>31,6 m/s (1985. február 3.) 43,2 m/s</p> <p>D: 30,6%, C: 29,6%, B: 16,6%</p> <p>5,1 lecsapó villám/km²/év</p>
<p>Hidrológiai jellemzők</p> <ul style="list-style-type: none"> - a lefolyás jellege: - a vízgyűjtő terület nagysága: - a Duna közepes vízszintje: - vízszintingadozás: - a felszíni vizekből megvalósuló vízhasználatok: - a legközelebbi jelentősebb vízkivétel: - a 10 000 éves gyakoriságú számított LNV: - mértékadó árvízszint (MÁSZ): - az eddig észlelt legmagasabb vízállás: - az árvízvédelmi gátak koronaszintje: - a 10 000 éves gyakoriságú számított LKV: - az eddig mért legalacsonyabb vízállás: 	<p>3 kis patak és vízfolyás vízgyűjtő területe (Sió, a Duna jobb- és balparti vízgyűjtője) kb. 500 km²</p> <p>88,0 mBf -3 + +6 m öntözés</p> <p>ipari vízfelhasználás (Paksi Atomerőmű) ivóvízellátás (Kalocsa-Baráka vízbázis, Baja Városi Vízmű vízbázisa, Pécs-Mohács regionális vízbázis)</p> <p>Paks-Faddi főcsatorna, 18 km-re délre</p> <p>96,36 mBf 95,30 mBf 94,95 mBf 96,60 mBf; száraz telephely 84,06 mBf 84,42 mBf (2003. augusztus 30.)</p>
<p>Geológiai, tektonikai és szeizmicitási jellemzők</p> <ul style="list-style-type: none"> - Az alaphegység 1600–1700 m mélységben valószínűsített. Ezt részben törmelékes üledékekből, részben vulkanitokból álló, kb. 1000 m vastagság miocén képződmények fedik. A miocén felett pannóniai képződmények települnek 600–650 m vastagságban, aminek a tetején kb. 30 m folyóvízi üledék helyezkedik el. - A telephelyen felszínre kifutó elvetődést okozó törésvonal nincs. - A mértékadó földrengésszintek: <ul style="list-style-type: none"> A 10 000 éves maximális méretezési földrengésre a telephely szeizmicitásának és a felszínközeli talajrétegek módosító hatásának figyelembevételével 0,25 g horizontális és 0,2 g vertikális gyorsulásértékek lettek megállapítva és rögzítve az OAH NBF RE-1646 számú határozatában. - A hatóságilag jóváhagyott szeizmikus kockázateértékelés tartalmazza a telephely-specifikus válaszspektrumokat. - A talajfolyósodással a 10 000 éves visszatérési idő ($10^{-4}/\text{év}$ szűrési szint) bázisán nem kell számolni. 	

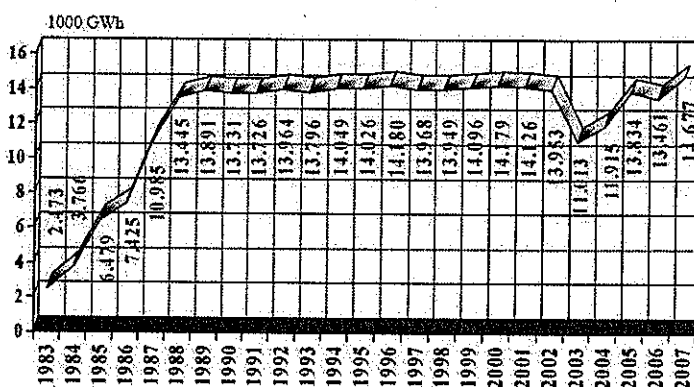
2.3. A telephelyen tervezett tevékenységek bemutatása

A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkok üzembe helyezésének ideje az előzetes tervek szerint 2020–2025-re tehető, a tervezett üzemidő közel 60 év. A koncepciótervek 600 MW, 1000 MW és 1600 MW blokkteljesítménnyel számolnak, figyelembe véve, hogy a telephelyen két blokk is telepíthető.

Az elmúlt évtized adatait tekintve az atomerőmű a hazai villamosenergia-termelés közel 37–40%-át adja, így az ország energiagazdálkodásának meghatározó szereplője, annak stabil alapját jelenti (2.-6. és 2.-7. ábra). Magyarországon jelenleg is az atomerőműben termelhető legalacsonyabb áron villamos energia, az erőmű kilowatt-óránként 2006-ban 8,69 forintért adta az áramot a magyar árampiacon.



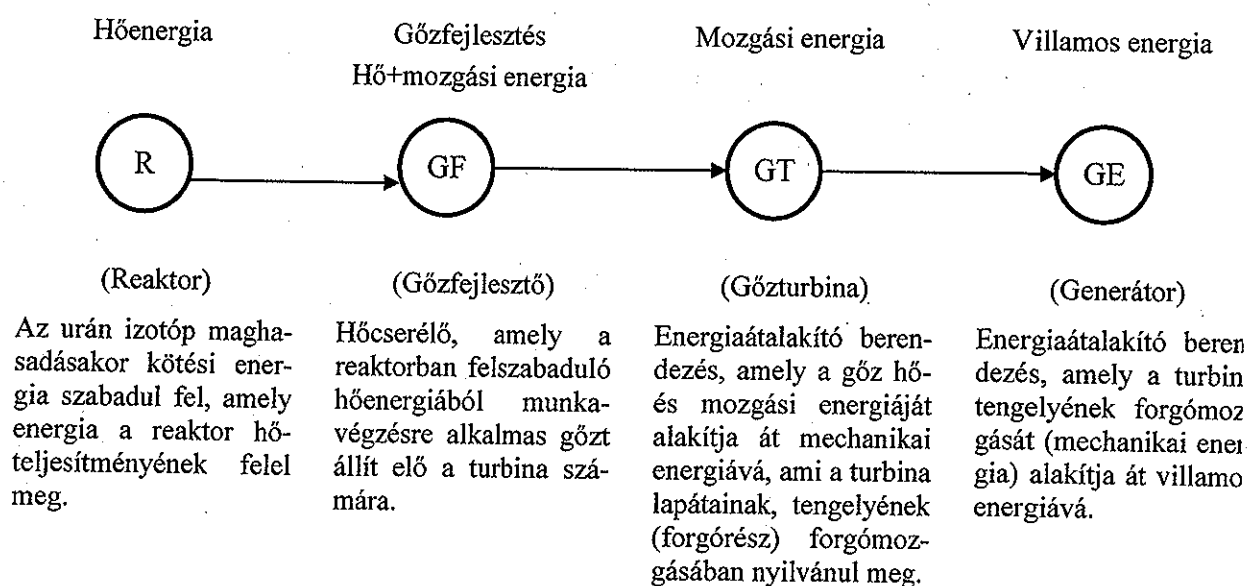
2.-6. ábra: Magyarországi villamosenergia-termelés



2.-7. ábra: A paksi atomerőmű villamosenergia-termelése

2.3.1. A nukleáris energiatermelés technológiai folyamata

A nukleáris energia az atomok magjában tárolt energia, mely az atommagokat alkotó nukleonokat tartja össze. Az atomerőművekben az urán atommagjait hasítják, melynek során energia szabadul fel (hasadási energia). A maghasadás során felszabaduló energia hő formájában jelentkezik, amit a hűtőközeg vezet el a reaktorból és azt gőz termelésére használják fel. Ez a gőz azután a turbina forgólapátjaira kerülve meghajtja azokat, és ebből a mozgási energiából termel villamos energiát a generátor. A gőz a kondenzátorba kerül, ahol lecsapódik, újra folyékony halmazállapotúvá alakul. Az így lehűlt víz előmelegítés után újra visszajut a gőzfejlesztőbe. A nukleáris energiatermelés négy főberendezését, azok feladatait, működési elvét, illetve energiaátalakítási folyamatait a nyomottvízes atomerőmű példáján a 2.-8. ábrán látható séma mutatja be. [2.-4, 2.-5]



2.-8. ábra: A nukleáris energiatermelés folyamata

2.3.2. Az atomerőművek típusai, a potenciálisan létesíthető reaktortípusok

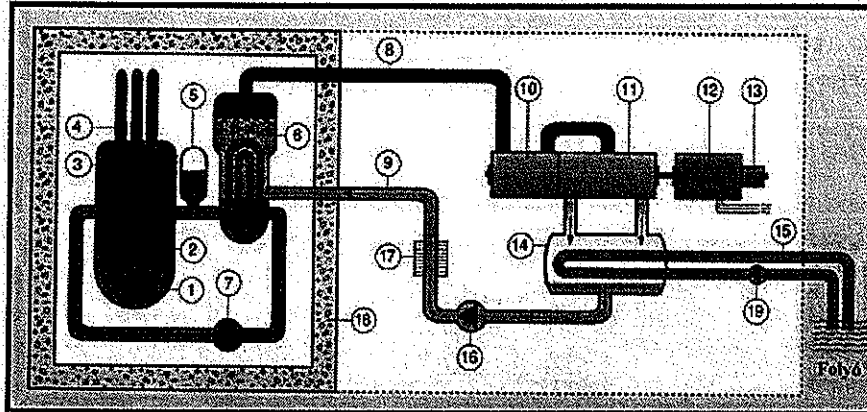
Az atomerőmű-technológia jelentős fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben. A fejleszté – figyelembe véve a folyamatosan változó igényeket – jelenleg is folyik. A fejlettségi foktól függően az atomerőművek négy generációja különböztethető meg. A legelső üzembe helyezett prototípus energiatermelő reaktorok tartoznak az első generációs erőművek közé, melyeket a 1950–60-as években fejlesztettek ki, nagy részüket már véglegesen leállították. A második generációs atomerőművek közé tartozik a világon ma üzemelő blokkok döntő többsége (pl. a paksi atomerőmű blokkjai), ezeket a 70-es és a 80-as években helyezték üzembe. A második generáció blokkok továbbfejlesztésével létrehozott harmadik generációs atomerőműveket csak az utóbbi években kezdték építeni, a negyedik generációsok építésére pedig csak a következő évtizedekben kerülhet sor, a két generációba tartozó atomerőműveket összefoglalóan új generációs vagy továbbfejlesztett atomerőműveknek is szokták nevezni.

A paksi telephelyen tervezett telepítendő új blokk(ok) pontos típusát csak kellő biztonsági, műszaki gazdasági és környezeti elemzések után lehet eldönteni. A jelenlegi piaci kínálat alapján több esélyes reaktortípus kerülhet komolyabban szóba a típuskiválasztás során. A jelenleg világszerte üzemelő atomerőművek jelentős része második generációs atomerőmű. Az új erőmű kínálat döntő része azonban a biztonsági és gazdasági szempontból továbbfejlesztett harmadik generációs atomerőmű, mindenképp ezek választása célszerű. Javasolt már kipróbált reaktortípus választása, a prototípusok elkerülése a cél. A piaci kínálatot tekintve ma a harmadik generációs blokkok három változata szerezhető be, a nyomottvizes (PWR – *Pressurized Water Reactor*), a forralóvizes (BWR – *Boiling Water Reactor*) és a CANDU (*CANadian Deuterium-Uranium*) típus.

A hazai üzemeltetés, oktatás és kutatás a paksihoz hasonló nyomottvizes reaktortechnológiát ismer jobban, ez alapján célszerű az új blokkot is a nyomottvizes típusok közül választani. A harmadik generációs nyomottvizes reaktorok közül az EPR, az AP1000 és a VVER-1000-es típus érdeme kiemelt figyelmet, mivel az elmúlt években elsősorban ezek a reaktortípusok jelentek meg a kereskedelmi platformon, nagy építési tapasztalattal rendelkező szállítók gyártják ezeket és reális konstrukcióban érhetőek el a megrendelők számára. A döntést azonban alapos műszaki és gazdasági elemzések alapján kell meghozni.

2.3.2.1. A nyomottvizes reaktorok (PWR) működése

A nyomottvizes reaktorokban a hűtőközeg és – az atommag hasadásakor a magból kilépő gyors neutronokat lelassító – moderátor is egyaránt könnyűvíz. A hűtőkör kialakítása szerint a nyomottvizes reaktortípus kétkörös. Az atomreaktor, a gőzfejlesztőt, a főkeringető szivattyút, a térfogatkompenzátort és egyéb berendezéseket tartalmazó primerkör teljesen zárt, így a benne áramló hűtővíz csak egy felületen (a gőzfejlesztőn belüli hőátadó csöveken) keresztül érintkezik a szekunderköri munkaközeggel (2.-9. ábra). E megoldással elkerülhető, hogy az atomreaktorban valamennyire felaktiválódó hűtőközeg elszennyezze a szekunderköri munkaközéget.



1. Reaktortartály; 2. Fűtőelemek; 3. Szabályozórúdak; 4. Szabályozórúd hajtás; 5. Nyomástartó edény;
6. Gőzfejlesztő; 7. Primer körű keringető szivattyú; 8. Frissgőz; 9. Tápvíz; 10. Nagynyomású turbina;
11. Kisnyomású turbina; 12. Generátor; 13. Gerjesztőgép; 14. Kondenzátor; 15. Hűtővíz; 16. Tápvíz szivattyú;
17. Tápvíz előmelegítő; 18. Betonvédelem; 19. Hűtővíz szivattyú.

2.-9. ábra: A nyomottvizes reaktor felépítése

A primer körben a vizet nagyon nagy nyomáson tartják (130–150 bar), emiatt az még a magas üzemi hőmérsékleten (300–330 °C) sem forr fel. Az állandó nyomást a nyomástartó edény (térfogatkompenzátor) biztosítja. A primer körű víz a gőzfejlesztő kis átmérőjű csöveiben átadja hőjét a szekunder kör vizének, azaz lehűl, majd alacsonyabb hőmérsékleten jut vissza a reaktorba. A szekunder körben levő víz nyomása sokkal alacsonyabb (40–60 bar), mint a primer körben lévőé, emiatt a gőzfejlesztőben a felmelegedett víz felforr. Innen kerül a gőz a nagynyomású, majd ezt követően a kisnyomású turbinára. A turbinából kilépő gőz a kondenzátorban cseppfolyósodik, ahonnan előmelegítés után újra a gőzfejlesztőbe kerül. Az elválasztott rendszereknek köszönhetően a primer és a szekunder kör vize nem keveredik egymással, a keletkező radioaktív anyagok a primer körben maradnak.

A nyomottvizes reaktorokban az üzemanyag általában alacsonyan (3–4%) dúsított urán-dioxid (UO₂), esetenként urán-plutónium-oxid keverék (ún. MOX). A paksi atomerőműben alkalmazott reaktorok is nyomottvizes rendszerűek, típusszámuk VVER-440/213. [2.-5, 2.-6, 2.-7]

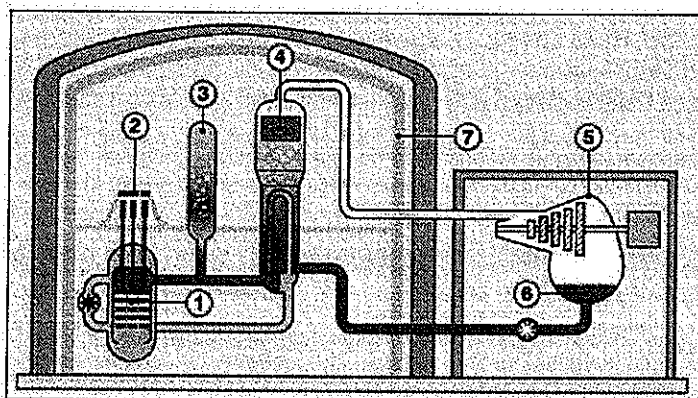
2.3.2.2. Harmadik generációs nyomottvizes atomerőművek

A harmadik generációs atomerőművek a második generációs erőművek szisztematikus továbbfejlesztésének eredményeként születtek meg. A harmadik generációs erőművek fejlesztésénél az elérhető legnagyobb biztonság volt az elsődleges cél. A tervezés folyamán fontos szempont volt a biztonsági berendezések tökéletesítése, továbbá a működés során fellépő esetleges hibalehetőségek csökkentése. A harmadik generációs erőművek általános jellemzői a következők:

- szabványosított terv valamennyi típusra, ezáltal alacsonyabb költség és építési idő,
- egyszerűbb, robusztusabb kialakítás, magasabb rendelkezésre állás és hosszabb – tipikusan 60 éves – üzemidő,
- a belső biztonság és a passzív védelmi tulajdonságok minél teljesebbé tétele,
- a zónaolvadási balesetek kis ($\sim 10^{-6}$ reaktorévenként) valószínűsége,
- minimális környezeti hatás,
- magasabb üzemanyag kiegészítési szint, ezáltal hatékonyabb üzemanyag felhasználás és kisebb mennyiségű kiegészített üzemanyag.

A potenciálisan létesíthető továbbfejlesztett nyomottvízes reaktorok a következő gyártóktól származnak [2.-8]:

A *Framatome és a Siemens KWU* közösen új szabványos terveként egy nagy, 1500–1750 MW_e teljesítményű ún. **Európai Nyomottvízes Reaktort (EPR – European Pressurized Water Reactor)** fejlesztett ki. A két vállalat 2001-ben Framatome ANP néven egyesült, amely ma már az AREVA NP vállalatcsoport részeként működik. Az EPR reaktor francia és német típusok továbbfejlesztett változatának tekinthető (2.-10. ábra). Az EPR tervezésekor különösen nagy hangsúlyt fektettek a biztonság növelésére, a biztonsági rendszer működését egyszerű, redundáns, magasan automatizált rendszerek biztosítják. A reaktor termikus teljesítménye 4300 MW, az üzemanyag max. 5% dúsítású UO₂ vagy MOX (ez a töltet maximum 50%-a lehet). A reaktor terheléskövető üzemben is működhet, üzemideje a tervek szerint 60 év.

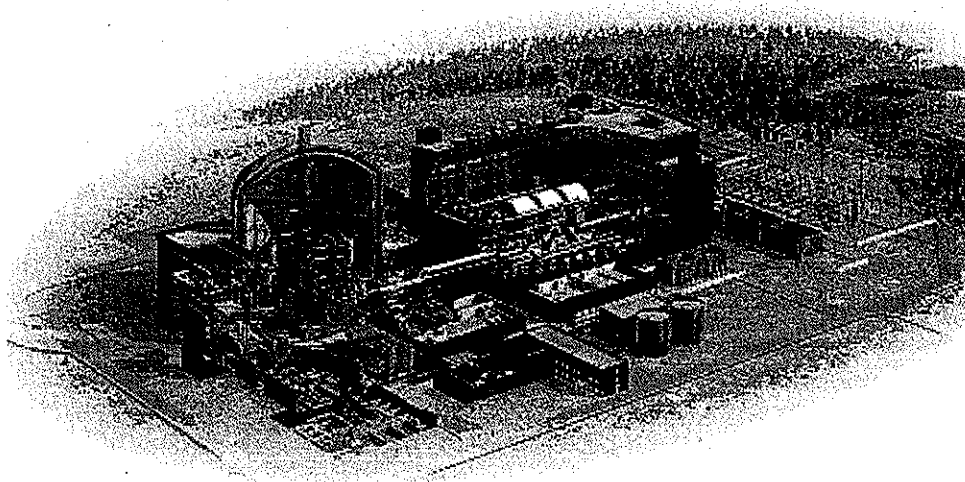


1. Aktiv zóna; 2. Szabályozó rúd irányító; 3. Nyomástartó edény;
4. Gőzfejlesztő; 5. Turbina; 6. Munkaközeg; 7. Konténment.

2.-10. ábra: Az EPR reaktor felépítése

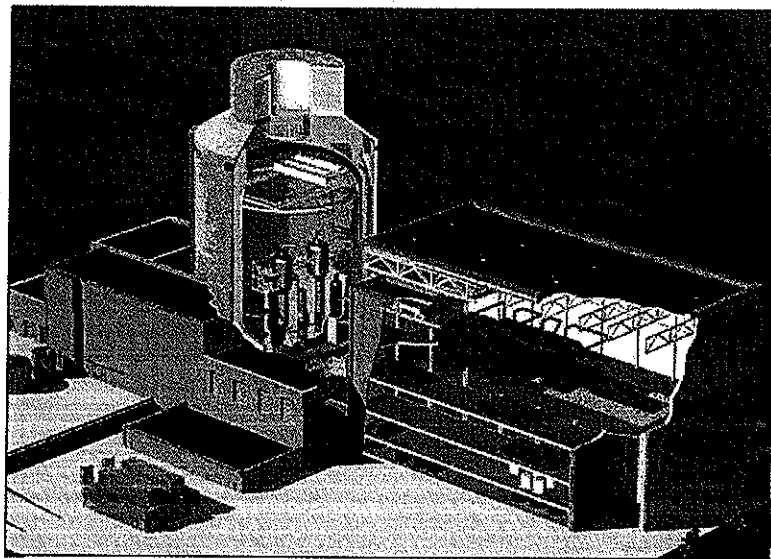
Az EPR egy kiforrott és biztonságos konstrukciónak tekinthető, a finn és a francia hatóság már engedélyezte, az amerikai NRC (Nuclear Regulatory Commission) jelenleg vizsgálja a terveit. Az EUR⁶ szerinti követelményeknek a blokk megfelel. A nagy beépített kapacitás (1600 MW) miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, a rugalmas (akár 24 hónapig tartó) üzemanyagciklus miatt a blokk üzemeltetése versenyképes. Jelenleg két EPR blokk létesítése folyik, az egyik Finnországban, a másik Franciaországban épül. Az első épülő EPR blokk épületeinek elrendezését a 2.-11. ábra mutatja.

⁶ Az európai reaktorokkal szembeni elvárásokra vonatkozóan a környezeti kibocsátásokra egy átfogó tanulmány az ún. EUR dokumentum (European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants) fogalmaz meg követelményeket és kibocsátási kritérium értékeket határoz meg.



2.-11. ábra: Az Olkiluoto-3 (Finnország) EPR blokk épületeinek látványterve

Az amerikai *Westinghouse* terméke az **AP1000**, mely a III.+ generációs erőművek közé tartozik. Az AP1000 kéthurkú, nyomottvizes reaktor, ami a 4,95%-nál kisebb dúsítású UO_2 mellett rendelkezhet teljes egészében MOX üzemanyagú aktív zónával is. A reaktor termikus teljesítménye 3400 MW, nettó villamos teljesítménye pedig 1117 MW, a tervezett üzemidő 60 év. Az AP1000 blokk épületeinek elrendezési vázlatát a 2.-12. ábra mutatja.



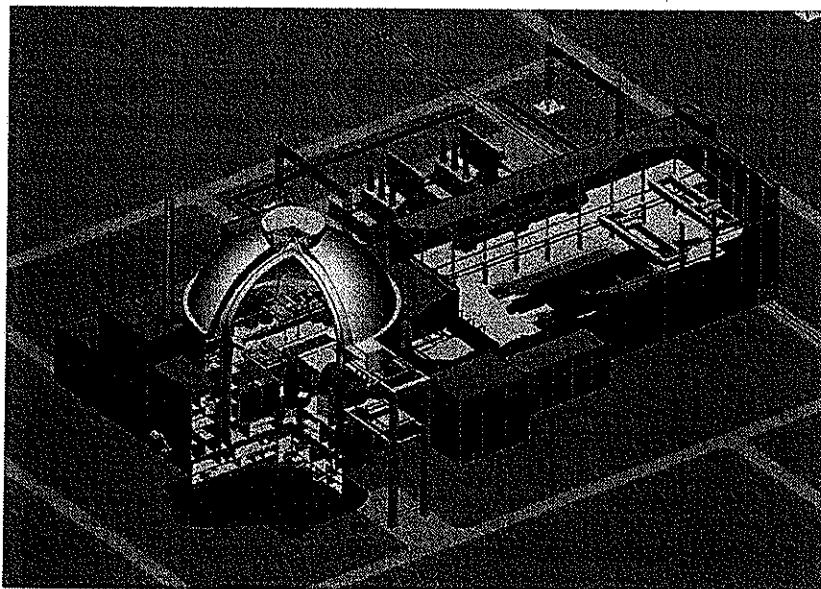
2.-12. ábra: Az AP1000 blokk épületeinek látványterve

Az AP1000 egy egyszerű, kiforrott és biztonságos konstrukció, amely valószínűleg kedvező költségekkel megépíthető és üzemeltethető. Az NRC kiadta a blokk típusengedélyét, az EUR követelményeknek a blokk megfelel. Jelenleg még nincs folyamatban AP1000 típusú blokk építése de Kína szerződést kötött négy blokk létesítésére és 2008 során várhatóan az USA-ban is megindulnak az AP1000 típusú blokk létesítésére vonatkozó hatósági eljárások. A közepesnél valamivel nagyobb beépített kapacitás miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, a 18 hónap hosszú üzemanyagciklus miatt a blokk üzemeltetése is versenyképes. A blokk jól manőverezhető, a napi terheléskövetés az 50% és 100% közötti tartományban egy előre definiált menetrend szerint

valósul meg. Biztonsági rendszerei passzív működtetésűek, a blokk fontos biztonsági mutatói (zónaolvadási gyakoriság, nagy radioaktív kibocsátások valószínűsége stb.) kiválóak.

Az Oroszországban fejlesztett harmadik generációs továbbfejlesztett reaktort, az 1000 MW_e teljesítményű **VVER-1000** típust az *Atomsztrójexport* szállítja. A jelenleg elérhető két típus, a reaktorok harmadik generációjához tartozó AES-92 (2.-13. ábra) és ennek a továbbfejlesztése, az AES-2006. Az alapvető technológia nem változott: 4 hurok, vízszintes gőzfejlesztőkkel. Ami újat jelent, az a nemzetközileg általánosan elfogadott biztonsági normák következetes alkalmazása. A biztonsági változtatások mellett számos technológiai fejlesztés is történt: pl. új üzemanyag, a főkeringető szivattyúk működésének javítása, a gőzfejlesztők megbízhatóságának javítása. Az új blokkoknál mindenütt integrált, digitális alapú irányítás-technika alkalmazását tervezik és valószínűsítik meg. Az adatok alapvetően az EUR által is minősített AES-92 típusra vonatkoznak. Az AES-2006 blokkról elérhető adatok alapján a technológiában nem történt változás az AES-92 típushoz képest. A fejlesztések alapvetően a gazdaságosság (egységteljesítmény, hatásfok) és a rendelkezésre állás (pl. 92%-os teljesítmény kihasználási tényező, 60 év üzemidő) javítására irányultak.

A VVER-1000 blokkok biztonságának növelése érdekében eszközölt változások az AES-92 blokkot az AP1000 és az EPR színvonalára emelték, ezt igazolta vissza az EUR minősítése is.



2.-13. ábra: Az AES-92 blokk látványképe

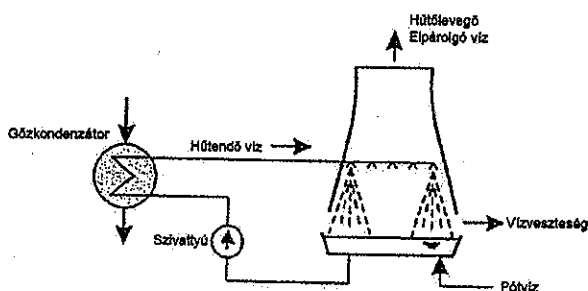
2.3.3. A tervezett hűtőrendszer

A paksi atomerőmű meglévő négy blokkjához tartozó turbinák kondenzátorokban hűtési célra frissvíz-hűtést alkalmaznak, a szükséges hűtővíz mennyiséget a vízkivételi mű szivattyúi emelik ki a Dunából. A paksi telephely legfontosabb korlátja a Duna véges hűtőkapacitása. Annak érdekében, hogy a folyóból kivett friss hűtővíz mennyiségének jelentős növelése, valamint a visszavezetett felmelegedett hűtővíz által okozott hőterhelés növekedése elkerülhető legyen a tervezett új blokkok hűtőrendszere a tervek szerint hűtőtornyok létesítésével valósulna meg. A hűtőtorny az erőműben felmelegedett hűtővizet levegővel való érintkezéssel hűti vissza.

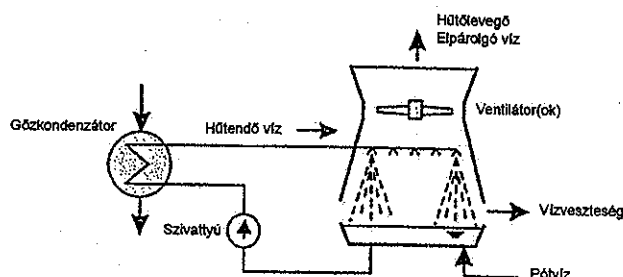
A széles körben használt nedves hűtőtornyokban a hűtendő víz közvetlenül, nagy felületen érintkezik a hűtőlevegővel. A víz és a levegő közötti nagy érintkezési felület azzal érhető el, hogy a toronyban a hűtendő víz bizonyos magasságból szétosztva és esőztetve hull le, s így a vízcseppek

nagy felületen érintkezhetnek a szembe áramló levegővel. A szükséges légáramlás két módon idézhető elő:

- A természetes szellőzésű nedves hűtőtornyokban (2.-14. ábra) a hűtőlevegő átáramoltatásához és az elpárolgott vízgőz elszállításához szükséges huzat kellő magasságú kürtő építésével biztosítható, kihasználva a hűtendő víztől felmelegedett levegő felhajtóerejét. Az építendő hűtőtorny felhajtóereje és hűtőhatása a magasság növelésével fokozható. A hűtendő víz a torony meghatározott magasságában kerül az elosztócsatornába és szórórendszerbe. Ezek egyenletesen osztják szét a vizet a hűtőtorny teljes keresztmetszetében és gondoskodnak arról, hogy a víz finom cseppek formájában és fékezve, kis átlagos esési sebességgel haladjon lefelé a hűtőlevegővel ellenáramban.
- A mesterséges szellőzésű nedves hűtőtorny felépítését a 2.-15. ábra mutatja. A vízbevezetés és az esőztetés hasonlóan oldható meg, mint a természetes hűtőtornyoknál. A hűtéshez szükséges légáramot itt egy vagy több nagy ventilátor szállítja, a hűtőtorny lényegesen kisebb magasságú. A ventilátorok közvetlenül a vízelosztó szerkezet fölött helyezhetők el, a ventilátorok után pedig csak a diffúzor elhelyezése igényel némi magasságot. Mesterséges szellőzés esetén a ventilátorok intenzívebb légáramot képesek biztosítani és a szállított légáram a külső hatásoktól független, állandó lehet. [2.-9]



2.-14. ábra: Természetes szellőzésű nedves hűtőtorny



2.-15. ábra: Mesterséges szellőzésű nedves hűtőtorny

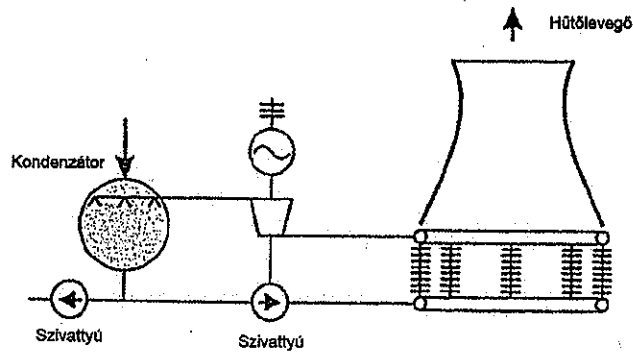
A nagy nedves hűtőtornyok általános műszaki jellemzői:

- a hűtőtorny magassága: 90–150 m,
- kilépési átmérő: 45–60 m,
- öntözött keresztmetszet: 4000–6500 m²,
- fajlagos teljesítmény: 0,01–0,02 m²/kW,
- vízfogyasztás: a kondenzátoron keresztüli forgalom 1,2–2%-a, (1000 MW_e-onként 3,5 m³/s)
- részesedés az önfogyasztásból: 1–1,2%,
- a vízrendszer nyomásszintje: 0,2–0,25 MPa,
- cseppelragadás: a vízforgalom 0,5%-a (cseppfogó nélkül), cseppfogóval 0,5‰-e,
- hőfoklépcső: 10–12 °C.

Száraz hűtőtorny létesítésével elkerülhetők a nedves hűtőtornyok párolgásból, szóródásból és leiszapolásból eredő vízvesztései. A száraz hűtőtornyokban a lehűtendő víz teljesen zárt rendszerben kering, nem érintkezik a hűtőlevegővel, a hőátadás felületen keresztül valósul meg. A

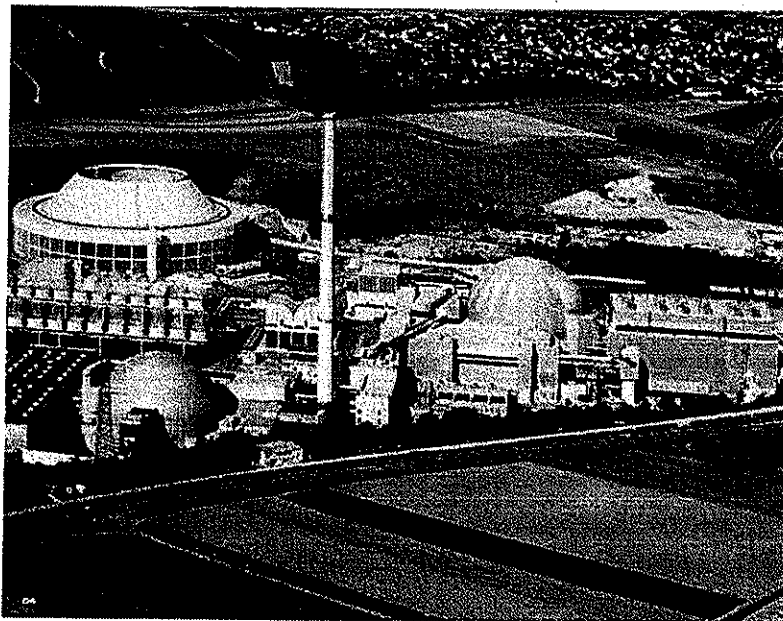
száraz tornyoknál a hűtőhatásban a párolgásnak nincs szerepe, a hűtőlevegő nedvességtartalma nem változik. Korszerű erőművekben sikeresen alkalmazzák a közvetett rendszerű Heller-Förgő rendszerű légekondenzátort (2.-16. ábra). Ebben a kondenzálandó gőz és a hűtő levegő között közvetítő közegként nagy tisztaságú víz kering, s ez a kilépő gőzt a keverő kondenzátorban kondenzálja, a léghűtésű toronyban pedig jó hőátadási feltételeket biztosító (apróbordás) hűtőfelületen hűl le.

A hűtőlevegő intenzív áramoltatása – nedves és száraz hűtőtornyoknál egyaránt – ventilátorokkal vagy magas építésű kürtők természetes huzamával biztosítható. [2.-9]



2.16. ábra: Közvetett rendszerű száraz hűtőtorny

A hűtőtornyos hűtőrendszer egy irányadó megvalósításának tekinthető a 2.-17. ábrán látható, egy német Konvoi típusú atomerőműben lévő korszerű kompakt hűtőtorny.



2.-17. ábra: Kompakt hűtőtorny Konvoi típusú atomerőműben

Irodalomjegyzék

- [2.-1] A Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítása, Környezeti hatástanulmány, 000000K00004ERE/A, ETV-ERŐTERV Rt., 2006. február 20.
- [2.-2] Paksi Atomerőmű 1–4. blokk, Végleges Biztonsági Jelentés 2006., 2. Fejezet, A telephely leírása, Paksi Atomerőmű Zrt., 2006.
- [2.-3] Zárójelentés a Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési programjának keretében az űrfelvételek alapján történt területszerkezeti feltárásról, 0000K00ERA00040A, ETV-ERŐTERV Rt., 2003. november 17.
- [2.-4] Nukleáris technika, Paksi Atomerőmű Rt., Általános Oktatási Osztály, Paks, 2002.
- [2.-5] A Paksi Atomerőmű honlapja, <http://www.atomeromu.hu/mukodes/mukodes.htm> (letöltve: 2008. február 15.)
- [2.-6] Bihari Péter (szerkesztő): Erőművek, Budapest, 2000.
- [2.-7] Dr. Csom Gyula: Atomerőművek, Magyar Atomforum Egyesület, Budapest, 2004. június
- [2.-8] Új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése, Megvalósíthatósági tanulmány, AEKI-ARL-2008-725-00/01, KFKI AEKI, Budapest, 2008. február
- [2.-9] Büki Gergely: Erőművek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004.

3. A környezet jelenlegi állapota az atomerőmű térségében (érzékenység és terhelhetőség)

Egy térség befogadóképességét, terhelhetőségét környezeti érzékenysége befolyásolja alapvetően. Az érzékenység fogalmán a hatásvizsgálati gyakorlatban a környezeti elemek/rendszerek emberi hatásokra való átlagosnál fokozottabb reagálóképességét értjük, mely adódhat egyrészt az elem vagy rendszer természetes (belső) tulajdonságából, másrészt emberi eredetű (külső) hatások eredményeként kialakuló állapotából.

Az érzékenységet meghatározó természetes tulajdonságok általában olyan fizikai, kémiai és/vagy biológiai tényezők, amelyeket önmagukban nem lehet értékelni, csak az elem vagy a rendszer szempontjából. Ilyen pl.: a vizeknél a felszíni vízfolyás mérete, vízhozama, sebessége; a természetes partalakulatok megléte vagy hiánya; vagy a talajnál a kötöttség, talajvíztartalom, természetes eredetű nehézfém tartalom, savanyodási hajlam, dinamikus talajvízmozgás, kilúgozódási hajlam, a terület lejtőszöge. Az antropogén hatásokra az egyes elemek egy ideig nem reagálnak látható módon, de egy határt átlépve igen dinamikus reakciók jelentkezhetnek. Ez legtöbbször egyes elemek, rendszerek háttérszennyezettsége miatt alakul ki. Az érzékenységet jelentő tulajdonságok egy területen, de akár egy elemen belül is egyenként és halmozottan is megjelenhetnek. Utóbbi esetben az egyes tulajdonságok egymást vagy az elem érzékenységét erősíthetik, illetve ritkán gyengíthetik.

Az atomerőműnél vizsgált térségként a 30 km-es körzet kerül bemutatásra. E mellett megjelenítünk egy 7,5–8 km-es környezetet is. (Ennek oka, hogy e területen belül fokozottan figyelemmel kell lenni az érzékenységi tényezőkre, hiszen itt már halmozódhatnak a környezeti hatások.) Az atomerőmű térségének érzékenységi tényezőiről környezeti elemenként a következők mondhatók el:

Levegő

A 4/2002. (X. 7.) KvVM rendeletnek, az 1/2005. (I. 13.) KvVM rendelet által történt módosítása szerint a vizsgált terület nem sorolható a kiemelt területek közé a levegőszennyezettség tekintetében. Így az „ország többi területe” kategóriába sorolt, mely alapján az alábbi beosztás vonatkozik rá:

– kén-dioxid	F ⁷	– szilárd (PM ₁₀)	E
– nitrogén-dioxid	F	– benzol	F
– szén-monoxid	F	– talajközeli ózon	B

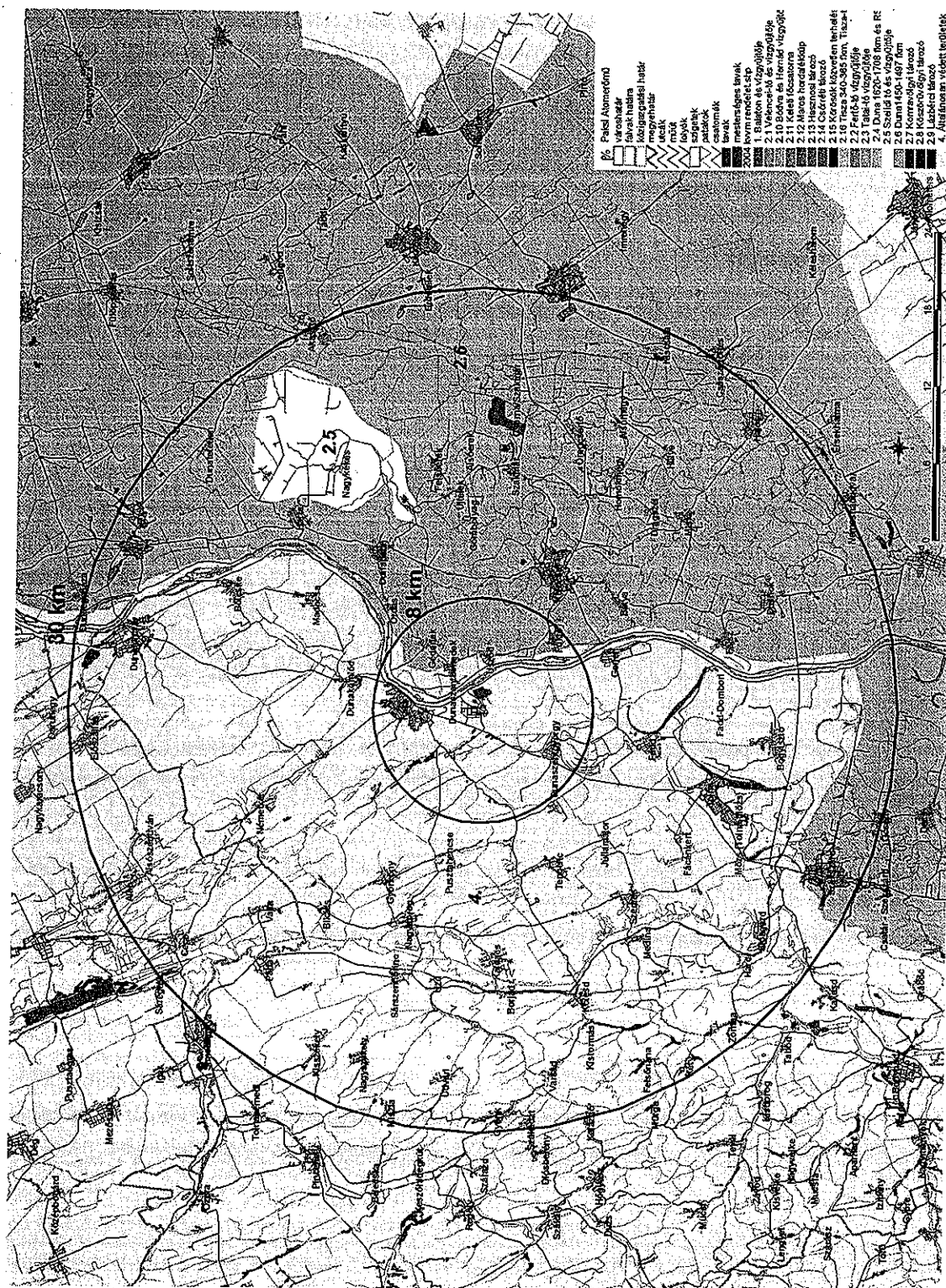
Ez a besorolás azt jelenti, hogy a térség levegője a talajközeli ózon kivételével tisztának mondható, időnként por szilárd (PM₁₀) tekintetében jelentkezőnek csak magasabb értékek. Számszerűen azt lehet becsülni, hogy Paks környékén a SO₂-nél 50 µg/m³, NO₂-nél 26 µg/m³ alatti koncentrációk, pornál pedig 10–14 m²,_{30 nap} koncentráció jellemző.

Felszíni és felszín alatti vizek

A térség felszíni vizekben viszonylag gazdag. Meghatározó vízfolyása a Duna, de számos kisebb vízfolyás is tagolja, elsősorban a Dunántúlon található kisebb-nagyobb dombok közti völgyekben. A felszíni vizek besorolásánál a 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet értelmében a Duna határvonalat jelent (3.-1. ábra). Paks, a Duna és a Dunától nyugatra elhelyezkedő területek az általánosan védett kategóriába (sárga) soroltak, míg a Dunától keletre található térség kiemelt védelmet (szürke) érdemel (Duna 1450–1497 fkm közötti szakasza).

⁷ A kategóriák „A”-tól „F”-ig a legszennyezettebbtől a legkevésbé szennyezett területet mutatja.

A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkok környezeti hatásainak típusától függetlenül előzetes vizsgálat



3.-1. ábra: A vizsgált térség felszíni vízvédelmi besorolása

A felszín alatti vizek érzékenysége szempontjából a 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet előírásait kell figyelembe venni, melyet a 3.-2. ábra mutat. Az ábrán látható, hogy a Paks környéki szűkebb és tágabb környezet is igen mozaikos e szempontból, a fokozottan érzékeny (rózsaszín), érzékeny (sárga) és kevésbé érzékeny (zöld) területek egyaránt megtalálhatók itt. Az első kategóriába főként a Duna mente tartozik, míg kevésbé érzékeny terület csak a Sárvíz déli részén Sióagárdtól északra található. A térségben túlnyomó kiterjedésben jelen lévő érzékeny területeket általában vagy a csapadékviszonyok, vagy a fő vízadó réteg felszínközeli (100 m-nél feljebb) elhelyezkedése miatt sorolták e kategóriába. A felszín alatti vizek állapota szempontjából az atomerőmű területe is az érzékeny területek közé tartozik. A hatások ezt a területet, illetve esetleg a Duna közvetítésével a parti szűrésű vizeket (fokozottan érzékeny területek) érinthetik.

Földtani-talajtani viszonyok

A földtani-talajtani viszonyok tekintetében a vizsgált térségben legfeljebb csak lokálisan kell érzékenységi tényezővel számolni. Ennek a kedvező földtani adottságok (pl. földrengés érzékenység), a viszonylag sík terület és a kevésbé érzékeny talajok jelenléte az oka.

Élővilág-ökoszisztémák

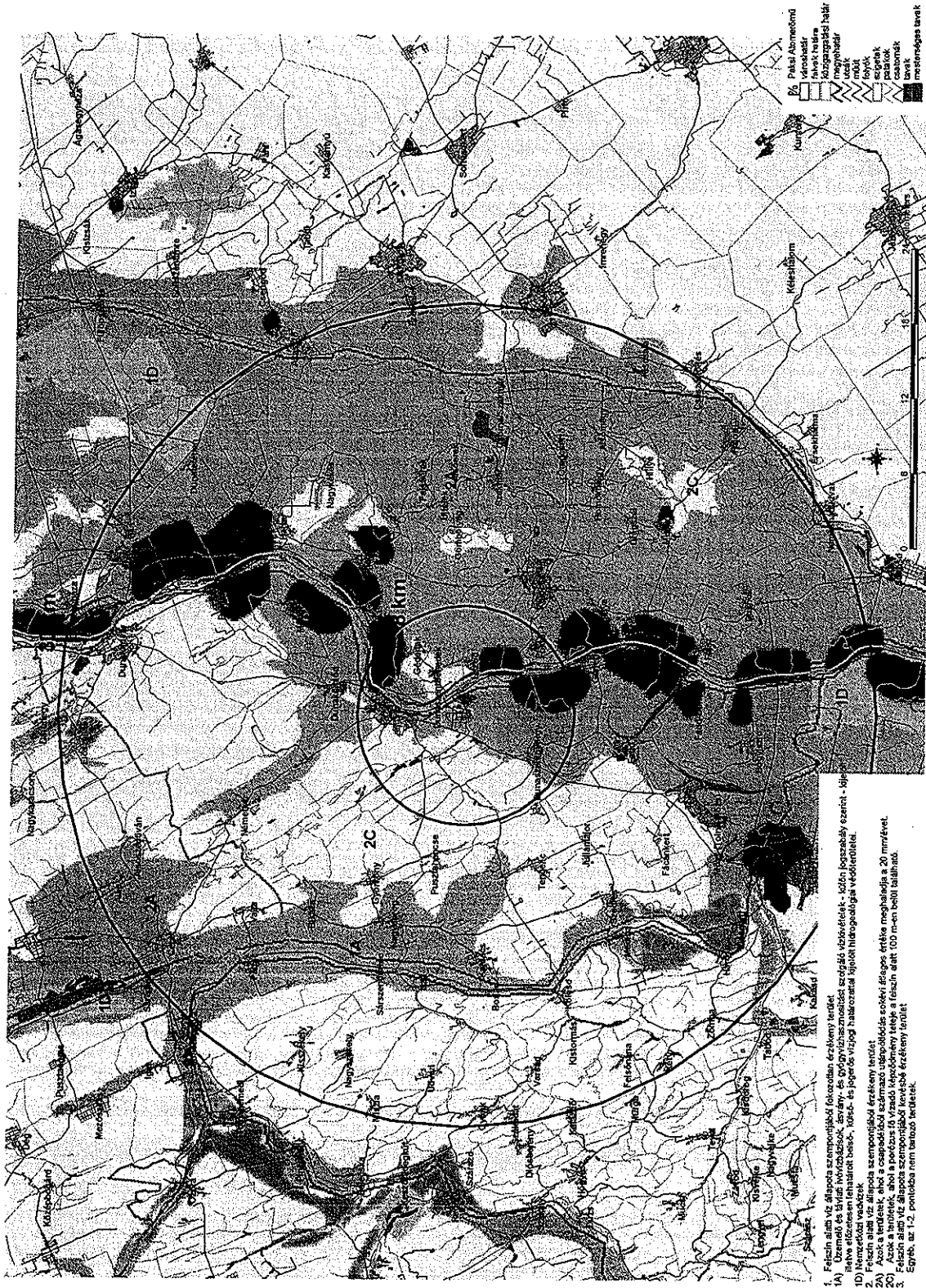
A térségben a természeteshez közeli, természet szerű területhasználatok is kisebb-nagyobb foltokban vannak jelen, lásd 2.2.4. alfejezet 2.-4. ábra. A természeteshez közeli területek elsősorban a vízfolyásokhoz közel és a Pakstól északnyugatra elhelyezkedő dombokon található. A természetes, természet szerű foltok megjelenését a vizsgált térség természetvédelmi oltalom alatt álló területei is visszatükrözik. A védett értékek felsorolása a 2.2.4. fejezetben található. A vizsgált 30 km-es körzeten belül két nemzeti parknak egy-egy tájegysége, 15 természetvédelmi terület, és 15 ex-lege védett láp helyezkedik el. A védett és a védelemre tervezett értékek többsége azonban kívül esik a 8 km-es közelkörzeten.

Természetvédelmi szempontból figyelembe kell még venni a Nemzeti Ökológiai Hálózat részét képező területeket, valamint az érzékeny természeti területek jelenlétét. A térségben a Nemzeti Ökológiai Hálózat magterületei három nagy tömbben helyezkednek el, ahogy az a 3.-3. ábrán látható. Magukba foglalják a Pakstól északnyugatra lévő dombok erdeit, a Kiskunsági Nemzeti Park egyik tájegységét és a Duna-Dráva Nemzeti Park gemenci részét. E mellett a vízfolyások és a vízpartok folytonos ökológiai folyosóként is működnek. Kiemelten érzékeny területként a Dunavölgyi sík került nevesítésre a Dunától keletre, valamint a Sárrét és térsége is ilyen címre érdemes.

Települési környezet

A telepítés szempontjából már az erőmű létesítésekor az egyik szempont volt a település és a népsűrűség. A települési sűrűség jelen állapotban is gyakorlatilag azonos az erőmű telepítése előtti időkkel. A népsűrűség viszont nőtt, de ennek oka gyakorlatilag teljes mértékben Paks város lakónépességének növekedése.

Összességében megállapítható, hogy az atomerőmű térségének környezetében nem kell számolni jelentős érzékenységi tényezőkkel. Így tehát a térség befogadóképessége, terhelhetősége az átlagosnál nagyobb.



3.-2. ábra: A vizsgált térség felszín alatti vizeinek érzékenységi besorolása



3.-3. ábra: Nemzeti Ökológiai Hálózat elemei a vizsgált térségben

4. A paksi atomerőmű hatása a környezet jelenlegi állapotának kialakulásában

A paksi telephelyen jelenleg üzemelő atomerőmű új blokkokkal való bővítésének, mint tervezett tevékenységnek a környezeti hatásait több fázisra bontva vizsgáljuk. A tervezett beruházáshoz kapcsolódó vizsgálandó hatások – figyelembe véve a meglévő létesítmény működését is – az alábbi fázisokban jelentkeznek:

- a meglévő négy atomerőművi blokk működése a tervezett üzemidő-hosszabbítást figyelembe véve („alapállapot” – jelenlegi állapot),
- a tervezett új blokkok létesítésének időszaka és a meglévő blokkok üzemelése,
- a meghosszabbított üzemidejű régi blokkok és az új blokkok együttes működésének időszaka (4+2 üzemelő blokk),
- a négy régi blokk leállítása után a két új blokk önálló üzemeltetésének időszaka,
- a leállított blokkok leszerelése.

Az atomerőmű működésének egyes fázisaihoz köthető és vizsgálandó környezeti hatásokat a 4.-1. ábra szemlélteti. (A paksi atomerőmű meglévő és tervezett új blokkjainak üzemidejét az 1.-1. ábra mutatja).

Fázisok	2 új blokk	4 régi blokk	Üzemelő blokkok száma
„Alapállapot”		a 4 meghosszabbított üzemidejű blokk	4 db blokk
Létesítés	2 új blokk építése	a 4 meghosszabbított üzemidejű blokk	4 db blokk
Üzemeltetés (1. szakasz)	2 új blokk	a 4 meghosszabbított üzemidejű blokk	2+4 db blokk együttműködése
Üzemeltetés (2. szakasz)	2 új blokk	a 4 meghosszabbított üzemidejű blokk leállítása, pihentetése, őrzött védelem	2 db blokk
Leszerelés	2 új blokk leszerelése	4 blokk leszerelése	nincs üzemelő blokk

4.-1. ábra: A vizsgálandó környezeti hatások a két új blokk létesítése és üzemeltetése során

Az új atomerőművi blokkok építése, majd üzemeltetése során fellépő környezeti hatások becslésénél alapvető szempont a környezet alapállapotának felmérése, mert ez a változások kimutathatóságának alapfeltételét adja meg. A helyzet sajátosságát mutatja, hogy a tervezett két új blokk esetén a környezet alapállapotát a jelenleg üzemelő négy blokk működése határozza meg, s a létesítési és üzemeltetési fázisok környezeti hatásainak értékelésénél ezt figyelembe kell venni.

A környezeti hatások ismertetésénél különválasztottuk a jelenleg üzemelő blokkok hatásainak, az „alapállapotnak” (jelenlegi állapotnak) a leírását az új blokkok létesítési fázisa, az üzemeltetési fázisok és a leszerelés környezeti hatásainak bemutatásától. Jelen fejezet foglalkozik az „alapállapot” értékelésével, vagyis a jelenleg üzemelő négy blokk radiológiai és hagyományos környezeti hatásaival. Az 5. fejezet a kizárólag az új blokkok létesítéshez köthető tevékenységek környezeti hatásait ismerteti. Az atomerőmű környezetének az építkezés időtartamára vonatkozó értékelését ez a két fejezet együttesen adja meg. A létesítmény működésének értékelése szempontjából nem elegendő csak a két új blokk környezeti hatásaink vizsgálata, mert az üzemeltetéshez köthető hatások a régi és új blokkok párhuzamos működésének időszakában – a 4+2 egymás mellett működő blokk esetében – már összeadódnak. A 6. fejezet az együttes hatást és a négy blokk leállítása után továbbműködő két blokk környezeti hatásait vizsgálja. A leszerelés környezeti következményeit a 8. fejezetben található előzetes értékelés foglalja össze.

Az atomerőmű működésének egyes szakaszaihoz kötődő környezeti hatások ismertetése mellett értékelésre kerülnek a hatások által a környezeti elemek állapotában bekövetkezett változások. Az állapotváltozások becslésénél a hatástanulmányoknál bevált minősítési kategóriákat alkalmazzuk, melyek figyelembe veszik a kontroll környezet adott állapotjellemzőjétől való eltérés mértékét, a meglévő határértékeket, illetve más elfogadott normarendszert, valamint a hatások térbeliségét és időbeliségét. A hatásvizsgálatokban használt minősítő kategóriák a hatások okozta állapotváltozástól függően: értékeremtő, javító, semleges, elviselhető, terhelő, károsító, megszüntető.

Az eddigi 25 éves üzemelési időszak alatt a paksi atomerőmű környezetre gyakorolt hatásainak részletes megismerését – az üzemi adatgyűjtést, kibocsátás- és környezetellenőrzést kiegészítve – számos kutatási, vizsgálati eredmény, elkészített felmérés és tanulmány tette lehetővé. A vizsgálatok közül ki kell emelni a 2001–2005 között elvégzett, a korszerű környezetvédelmi és vízjogi engedélyezés követelményeinek megfelelő telephely-jellemzési programot. A program célja olyan szaktudományi-műszaki háttér előállítása volt, amely alapján az atomerőmű hosszútávú környezeti hatásai megbecsülhetők. A monitoring program vizsgálati eredményeinek felhasználásával készült el az atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbításának környezeti hatástanulmánya [4.-1]. A hatásvizsgálat az atomerőmű működése következtében fellépő környezeti hatásokat részletesen vizsgálta, a hatások okozta állapotváltozásokat értékelte és minősítette. A paksi atomerőmű jelenlegi környezeti hatásai az elvégzett hatásvizsgálat eredményei alapján az alábbiak szerint foglalhatók össze.

4.1. A környezeti radioaktivitás jellemzése

Az atomerőműben folyó sugárvédelmi tevékenység legfontosabb feladata, hogy a kibocsátások és a környezet sugárzási jellemzőinek széleskörű ellenőrzésével, közvetlen mérési adatokkal bizonyítsa a kibocsátási korlátok, illetve az atomerőmű működésére vonatkozó dózismegszorítás biztonságos betartását. Ennek érdekében a Paksi Atomerőmű Zrt. a nukleáris környezetvédelem területén széleskörű ellenőrzési és felügyeleti programot hajt végre. Az erőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzése az Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (ÜKSER) feladata, az ellenőrzés kétszintű, részben távmérőrendszerekkel, részben mintavételes, laboratóriumi vizsgálatokkal történik. A laboratóriumi vizsgálatok kiterjednek mind a környezeti közegekre, mind a tápláléklánc elemeire. Az atomerőmű méréseivel párhuzamosan működik az erőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek és radiológiai laboratóriumok által működtetett Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER). A hatósági ellenőrzés kiterjed a légköri és vízkörnyezeti kibocsátásokra, valamint mintavételes (Duna víz, iszap, talaj, növény, tej minták) laboratóriumi vizsgálatok is elvégzésre kerülnek.

4.1.1. Az atomerőmű jelenlegi radioaktív kibocsátásai

Az atomerőműből a légtérbe és a Dunába kibocsátható radioaktív anyagok mennyiségét igen szigorú hatósági korlátok szabályozzák, melyek betartását az üzem és a hatóságok többszörösen ellenőrzik. Jelenleg az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet által előírt kibocsátási korlátozási rendszer van érvényben, amely az atomerőműre meghatározott dózis megszorításból (90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$) származtatott izotópspecifikus kibocsátási korlátokhoz hasonlítja mind a folyékony, mind a légnemű kibocsátásokat. A 4.-1. táblázatban csoportokba foglalva szerepelnek az összesített 2005–2007 közötti kibocsátási adatok, illetve hogy ezek a kibocsátási értékek hogyan viszonyulnak a kibocsátási korlátokhoz, azokat milyen mértékben használták ki. A mérési eredmények alapján összességében elmondható, hogy a Paksi Atomerőmű Zrt. nagy tartalékkal, 2005-ben és 2006-ban 0,22%-ban, 2007-ben 0,28%-ban használta ki a kibocsátási korlátot. 2007-ben ebből 0,185%-kal a folyékony, míg 0,096%-kal a légnemű kibocsátások részesedtek. [4.-3]

4.-1. táblázat: Az atomerőmű radioaktív kibocsátásának összefoglaló adatai a 2005-2007 közötti időszakban

Izotóp-csoportok	Összes kibocsátás [Bq]			Kibocsátási korlát kihasználása [%]		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
	Légnemű kibocsátások					
Korróziós és hasadási termékek	$1,09 \times 10^9$	$7,86 \times 10^8$	$7,44 \times 10^8$	0,0042	0,0067	0,0422
Radioaktív nemesgázok	$1,40 \times 10^{13}$	$1,89 \times 10^{13}$	$1,65 \times 10^{13}$	0,0150	0,0180	0,0257
Radiojód	$2,61 \times 10^8$	$3,24 \times 10^7$	$3,60 \times 10^7$	0,0041	0,0004	0,0004
Trícium	$1,94 \times 10^{12}$	$2,98 \times 10^{12}$	$2,78 \times 10^{12}$	0,0011	0,0017	0,0016
Radiokarbon	$6,10 \times 10^{11}$	$6,12 \times 10^{11}$	$5,65 \times 10^{11}$	0,0267	0,0359	0,0261
Összes légnemű kibocsátás				0,0511	0,0627	0,0960
	Folyékony kibocsátások					
Korróziós és hasadási termékek	$1,56 \times 10^9$	$1,16 \times 10^9$	$1,56 \times 10^9$	0,1110	0,0780	0,1130
Trícium	$1,72 \times 10^{13}$	$2,38 \times 10^{13}$	$2,08 \times 10^{13}$	0,0594	0,0820	0,0716
Alfa-sugárzók	$1,39 \times 10^5$	$2,40 \times 10^5$	$3,07 \times 10^5$	0,00002	0,00003	0,00004
Összes folyékony kibocsátás				0,1704	0,1600	0,1846
Összesen				0,2215	0,2227	0,2806

4.1.2. Az erőmű radiológiai környezetellenőrzése

Az atomerőmű környezetében 1981–82-ben alapszint felmérést végeztek, mely kiterjedt a levegőre, a kihullásra, a talajra, a talajvízre, a Duna vízre és üledékre, a növényzetre, halra és tej mintára, valamint a dózisteljesítmény mérésére. A vizsgálatok módszere közel azonos volt a jelenleg működő környezetellenőrzési rendszerrel, így az erőmű létesítése előtti és a jelenlegi adatok összehasonlíthatók. A mintavételes laboratóriumi vizsgálatok a következő környezeti közegekre terjednek ki:

- *Földfelszíni levegő, kihullás (kiülepedés):* mindegyik állomáson fall-out (kihullás) mintavételezés, továbbá az állomások felénél speciális mintavevővel folyamatos levegő-mintavétel történik a trícium és a radiokarbon aktivitáskoncentrációjának meghatározása céljából.
- *Talaj- és fűminták:* talajminták vételezésére évente általában egyszer, a fűmintákéra kétszer (tavasszal és ősszel) kerül sor.

- *Dunai eredetű minták:* iszapmintákat évente kétszer (tavasszal és ősszel), három különböző ponton (a melegvíz csatorna torkolatánál a beömlés környékén, illetve attól délre és északra) vesznek.
- *A halastavak víz-, iszap- és halmintái:* az erőmű környezetellenőrzése rendszeresen, negyedéves gyakorisággal mintázza az erőmű melletti és a Pakshoz közel eső halastavakat, a mintavételezés kiterjed a vízre, iszapra és a halakra.
- *Tejminták:* az erőműtől déli irányba eső környező tehenészetektől (Dunaszentgyörgy, Gerjen) havonta váltakozva tejmintát hoznak, melyek aktivitáskoncentrációját gamma-spektrométerrel mérik meg.
- *Talajvíz:* jelenleg az erőmű telephelyén több mint 40 talajvízfigyelő kútból, rendszeres havi mintavételezés történik.

Az atomerőmű radioaktív kibocsátása következtében kialakuló környezeti aktivitáskoncentráció mért értékei legtöbb esetben nagyságrendekkel kisebbek a természetes radioaktív izotópok koncentrációjánál, illetve a máshonnan származó mesterséges radioaktív izotópok mennyiségeinél. Azaz, az erőmű eddigi normálüzemi működése a környezeti közegek radioaktív koncentrációját érdemlegesen nem növelte meg. Ugyanez mondható ki a dózismérési vizsgálatok alapján is, azaz a hosszú időszakra és az erőmű kiterjedt körzetére vonatkozó dózismérési vizsgálatok szerint az atomerőmű eddigi 25 üzemi éve során a környezeti gamma-sugárzás szintje az erőmű működése következtében kimutatható mértékben nem növekedett.

Az atomerőmű légköri és a Dunába történő vízkörnyezeti kibocsátásainak mérései alapján megállapítható, hogy a kibocsátások a szigorú hatósági korlátokat – nagy tartalékkal – betartva az atomerőmű működése alatt kedvezően alacsony szinten maradtak. A mérések igazolták, hogy a környezet sugárzási viszonyaira az atomerőmű közvetlenül mérhető hatással nem volt. [4.-1, 4.-2, 4.-3]

4.1.3. Az atomerőmű hatása a lakosság sugárterhelésére

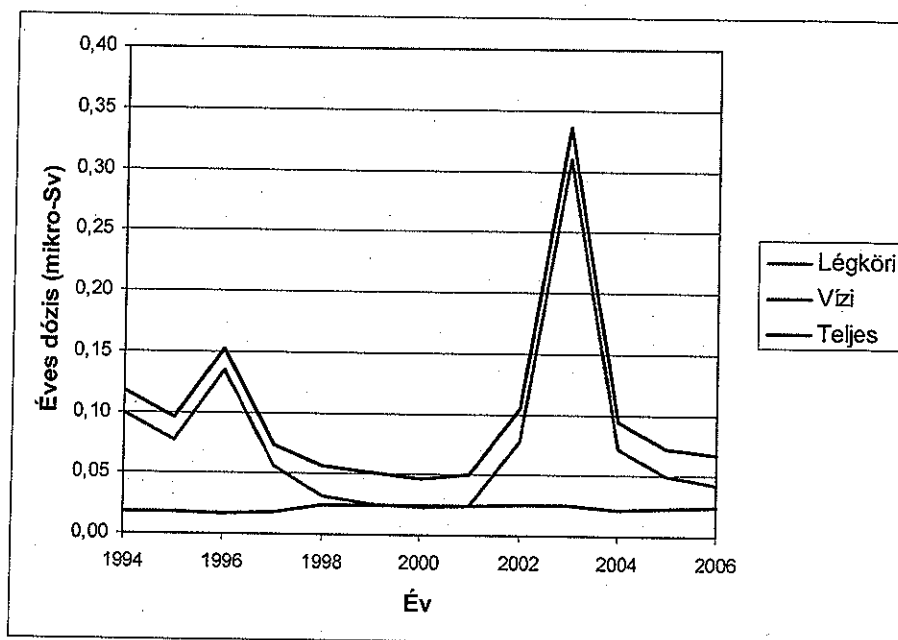
Az atomerőmű környezeti hatásait alapvetően a telephely közelében élő lakosságot (vonakoztatási csoport) érő, a működésből származó sugárterhelésével jellemezzük, hiszen erre vonatkoznak az elsődleges hatósági előírások. A lakosság vonatkoztatási csoportjára az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH) által meghatározott dózismegszorítás a paksi atomerőmű telephelyére vonatkozóan jelenleg évi 100 μSv . Ez az erőmű és a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT) között úgy osztandó meg, hogy az erőmű járuléka 90 μSv lehet évente.

A lakosság erőműtől származó többlet-sugárterhelésének nagyságrendjét ezért – a mintamérési eredmények, valamint a járulékos környezeti gamma-sugárzás dózisének mérését célzó vizsgálatok adatainak értékelése helyett – a kibocsátási adatokból terjedési modellek segítségével, a különféle besugárzási útvonalakat figyelembe véve, számítás útján határozzák meg. Az alkalmazott számítógépes program a légköri kibocsátásból eredő külső dózist, illetve belső dózisként a lekötött effektív dózist szolgáltatja izotóponként a környező települések felnőtt és gyermek lakosságára (a belső dózissnál a felnőtteknél 50, a gyermekeknél 70 évet véve figyelembe), valamint a 3 km sugarú körre vonatkozóan.

A folyékony kibocsátásokkal a Dunába jutó radioaktív izotópok által kiváltott sugárterhelés számításánál a kibocsátási adatok mellett figyelembe veszik a Duna vízhozamát, valamint az élelmiszer termelési és fogyasztási adatokat, a lakossági szokásokat, geográfiai jellemzőket stb. A folyékony kibocsátásból származó dózisbecslést csak a leginkább érintett település, Gerjen lakosságára végzi el a program, mivel a többi településre a gerjeninél nagyságrendekkel kisebb dózisok adódnak. A belső sugárterhelés itt is 50, illetve 70 évre lekötött effektív dózist jelent.

Az atomerőmű üzemi dózisszámításaival párhuzamosan, attól függetlenül a HAKSER részeként az Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OSSKI) szakemberei is végeznek lakossági sugárterhelési számításokat. A két egymástól függetlenül elvégzett számítás eredményei összehasonlíthatók, azonban hivatalos értéknek a HAKSER eredményeit kell tekinteni.

Az atomerőmű légnemű és folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó éves dózisok az erőmű közelében a feltételezett kritikus csoportra vonatkozóan az utóbbi 13 évben – a 2003. évi üzemzavari kibocsátások hatásait kivéve – az évi 0,05–0,150 μSv tartományban változtak [4.-5]. A 2003. április 10–11-én bekövetkezett üzemzavar kibocsátásaiból származó dóziszárulék az erőmű környezetében sehol sem haladta meg az egy-két tized μSv értéket azaz a lakosságra nézve az üzemzavar számottevő többlet-sugárterheléssel nem járt. Mindez azt jelenti, hogy a lakosság normál üzemi kibocsátásokból származó éves sugárterhelése alig haladja meg a dózismegszorítás egy ezrelékét, és a sugárterhelés nem mutat emelkedő tendenciát (4.-2. ábra) [4.-4].



4.-2. ábra: A lakosság vonatkoztatási csoportjának a paksi atomerőmű kibocsátásaiból származó éves sugárterhelése

A folyamatosan végzett mérések és dózisszámítások alapján a paksi atomerőmű eddigi működése során a lakosságot érő többlet-sugárterhelésnek – beleértve az üzemzavari kibocsátásokból származó sugárterhelést is – értékelhető egészségkárosító hatása nem lehet. Így az erőmű radioaktív kibocsátásai által előidézett környezeti hatások semlegesnek minősíthetők. (A semleges hatás felső korlátjának az ÁNTSZ OTH által a paksi atomerőműre meghatározott 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ értéket tekintjük.) [4.-1]

4.2. Hagyományos környezetállapot-jellemzők

4.2.1. Levegőminőség

Paks térsége már az atomerőmű létesítése előtti időszakban is az ország tiszta levegőjű területei közé tartozott. A vizsgált hagyományos szennyezőanyagok (kén-dioxid és nitrogén-dioxid) koncentrációi a város területén mindössze a háttérszennyezettség 2,5–4 szeresét érték el. Ennek oka, hogy a környéken sem jelentős térségi, sem jelentős helyi hatású szennyezőforrás nem található. A településen a közlekedés és az ipar légszennyező hatása is csekély volt, így a fő szennyezőforrás a település fűtése.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) mérései szerint a Paks környéki háttérszennyezettség az atomerőmű működése alatti időszakban is csak mérsékelt, a jogszabályban meghatározott zónabeosztás szerint a legkevésbé terhelt területek közé tartozott. A szennyezettség növekedése csak nitrogén-dioxid tekintetében jelentős az erőmű létesítése előtti állapothoz képest, mely a fő szennyezővé váló közlekedésre utal. A térség levegőjének a közlekedésből származó mérsékelt terhelését a helyszínen, az atomerőmű közvetlen környezetében végzett vizsgálatok is megerősítették.

Az erőmű saját, hagyományos légszennyezőanyag kibocsátásait (biztonsági dízelgépek, festőműhely) vizsgálva a jelenlegi állapotra vonatkozóan megállapítható, hogy ezen szennyezőanyag kibocsátás még a közvetlen környezetben sem jelentős. [4.-1, 4.-2]

4.2.2. Éghajlati jellemzők

Az atomerőmű telephelyét a síkvidéki, meleg, száraz, kontinentális éghajlat jellemzi, így a léghőmérséklet és a csapadék nagymértékű ingadozása, az éghajlati elemek nagy változékonysága nem meglepő. A telephely az ország egyik legszárazabb vidéke, mivel a Bakony és az Északi Középhegység csapadékarányában fekszik. Országos átlagban a legtöbb besugárzást kapó terület határán van, de ennek megfelelően nagy a kisugárzási veszteség is. Erős nappali felmelegedés és erős éjszakai lehűlés jellemzi. A telephelyen uralkodó szélirány az észak-északnyugati.

Az atomerőmű létesítése és üzemelésének beindulása a mikroklimatikus viszonyokra hatással lehetett. Itt elsősorban elméleti feltételezéseket kell tenni, hiszen erre vonatkozó alapvizsgálatok az erőmű létesítése előtt nem folytak. Az atomerőmű létesítése óta folyamatosan végzett meteorológiai mérési eredmények a mért paraméterekben jellegzetes változásokat nem mutattak ki.

Az elméleti hatásokat két nagy csoportba sorolhatjuk, az egyik a Duna hőterheléséhez kötődő hatás csoport (pl. hőterhelés miatti feláramlás, felhő- és ködképződés, párakicsapódás), a másik beépített terület környezetében kialakuló urbánhatás (pl. a beépített, burkolt felületek magasabb átlaghőmérséklete, a párolgási viszonyok megváltozása). [4.-1, 4.-2]

4.2.3. Felszíni vizek

Az erőmű környezeti hatásai a Dunában a vízkivételből, és a használt vizek (hagyományos és radioaktív szennyezőanyagokkal terhelt ipari víz, kommunális szennyvíz, hőterhelés) kibocsátásából adódnak. Ez mederváltozással, vízminőségi változással és az ökológiai állapot módosulásával jár. [4.-1, 4.-2]

Mederváltozás

A telephely környezetében a Duna enyhén alsószakasz jellegű, azaz elvben inkább feltöltődésre hajlamos, mint medermélyülésre. A folyószabályozási munkák (a szűkítés okozta

sebességnövekedés és a rövidülés miatti esésnövekedés) viszont a folyó hordalékszallító képességének növekedésével jártak, így medermélyülési folyamat indult el, amelynek az egyik legfőbb oka az erőmű feletti üzemszerű kavicskitermelés volt. E tevékenység leállítását követően lassú feltöltődés, meder regeneráció indult el. Az erőmű hűtővízellátására gyakorolt hatása miatt meghatározó a barákai gázló (1522–1521 fkm). A gázló javítása helyi duzzasztással, terelőmű, sarkantyúk építésével történik, ami a hűtővízellátás szempontjából is megfelelő eredményt szolgáltat. A vízkivétel folyamatosan befolyásolja a meder változását, erre az erőműnek a jövőben is figyelemmel kell lennie.

Vízminőség

A Duna vízminősége jelenleg Paks térségében az oxigénforgalom mutatói és a szerves anyag tartalom alapján az MSZ 12749 szabvány szerinti I-II., a növényitápanyag-tartalma alapján pedig II-III. vízminőségi osztályba tartozik. Az atomerőmű alatti mintavételi helyeken (Fajsz, Baja, Mohács, Hercegszántó) általában nem rosszabb a víz minősége, mint a felette lévőnél (Dunaföldvár). Az atomerőmű használtvíz kibocsátása nem változtatja meg a Duna vízminőségi osztályba sorolását, az erőmű hatására a vízminőség tehát számottevően nem változik.

Hőterhelés

Az atomerőmű a blokkok hűtéséhez a szükséges hűtővíz mennyiséget a Dunából emeli ki, majd a felmelegedett hűtővíz a melegvíz csatornán keresztül visszavezetésre kerül a befogadóba, a Dunába. A visszavezetett felmelegedett hűtővíz okozta hőterhelés megengedhető mértékét (hőmérséklet, hőlépcső) hatósági korlátok (T_{\max} és ΔT) szabályozzák. Az előírás szerint a Dunába visszavezetett hűtővíz és a befogadó Duna közötti hőmérséklet különbség (felmelegedés), Δt nem lehet nagyobb 11 °C-nál, illetve +4 °C alatti Duna víz hőmérséklet esetén 14 °C-nál. A melegvízcsóva max. hőmérséklete a bevezetés után 500 m-re nem haladhatja meg a 30 °C-ot. Az erőmű a működése során az előírt korlátot betartja, így a vízi élővilág károsodása elkerülhető.

Az atomerőmű hőterheléséről mérések és termovíziós légifelvétel (4.-3. ábra) alapján az alábbi, a melegvíz elkeveredésére vonatkozó megállapítások tehetők:

- A hőcsóva a torkolati műtárgy közvetlen környezetében jelentős mértékben felhígul.
- A hőcsóva gyors elkeveredésében a betorkollást követő sarkantyúnál és keresztgátnál fellépő jelentős sebességnövekedés, irányváltozás és az ehhez kapcsolódó keveredés (turbulens jelenségek) játszanak alapvető szerepet.
- A hőcsóva mindig a jobb parthoz simulva vonul le és behatol a zátonyok közötti vízterületekre is.
- A hőcsóva elkeveredése döntő mértékben a beömléstől számított 4–5 km között megtörténik.
- A melegvízcsóva terjedésének alsó határa jelentősen függ a Duna vizének hőmérsékletétől, a teljes elkeveredési hossz a víz átlaghőmérsékletének növekedésével csökken.



4.-3. ábra: A Duna hőterképe a 2005. évi termovíziós légifelvétel alapján

4.2.4. Földtani, vízföldtani viszonyok

A telephely szeizmicitása volt az elmúlt évtized egyik legtöbbet kutatott és az atomerőmű telepítése, létesítése óta alapjaiban átértékelt, az erőmű biztonságát befolyásoló telephelyi jellemző. A mértékadó földrengés meghatározásán túl a közelmúlt kutatásainak – beleértve a Paks és környéki mikroszeizmikus megfigyelő hálózat tíz éves működését is – legfontosabb eredménye volt a felszínre kifutó elvetődés lehetőségének kizárása és a telephely alkalmasságának igazolása.

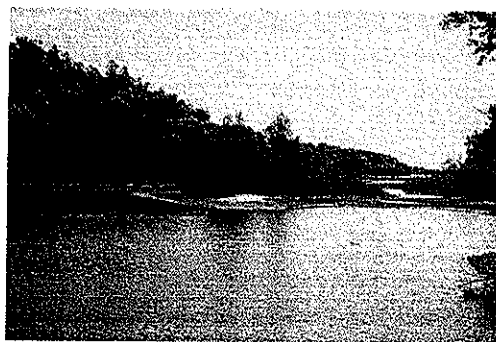
A telephelyen a humuszos felső réteg alatt mintegy 25–30 méter vastag pleisztocén kori réteg-együttes található, melynek felső része árvízi előtétből származó finomabb szerkezetű, jól osztályozott homok. Alsó része homokos kavics, kavicsos, kavicsszórványos homok. A fúrások alapján a szemcseösszetétel térben erősen változik, a kavicsstartalom erős szórást mutat. A 30-50 méter mélységű fúrások egyértelműen tisztázták a pannon rétegegyüttes felszínének helyzetét, mely a terepszint alatt 21–28 méter mélységek között, 69–73 mBf szinten van.

Az atomerőműben a talajok és talajvizek állapotának nyomon követésére talaj-, talajvíz ellenőrző rendszer került kiépítésre. Az eddigi működés során többször észleltek talajszennyeződést. 1995 előtt két esetben tártak fel szennyezettséget a zagyter (olaj), ill. a felszámolt festékes hulladéktároló (fémek) környezetében. A mentesítés mindkét esetben megtörtént. 1996-tól a telephelyen környezeti kárfelmérés, illetve több környezeti felülvizsgálat került elvégzésre. Az erőmű a felismert szennyezéseket felmérte, okukat feltárta, a szennyezések forrásait megszüntette és a tapasztalatokat a rekonstrukciónál figyelembe vette. [4.-1, 4.-2]

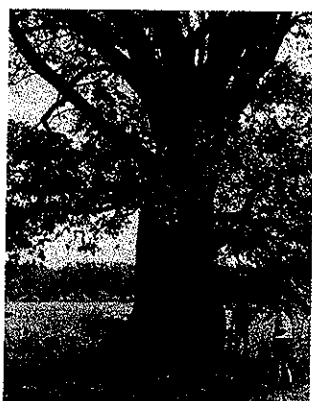
4.2.5. A paksi atomerőmű környezetének szárazföldi élővilága

A paksi atomerőmű, mint kiterjedt telephellyel rendelkező ipari létesítmény viszonylag nagy teret igényel. Létrejötte jelentősen átalakította a szűkebb környéket, így befolyással volt/van annak élővilágára is. Az erőmű melletti Duna ártér puhafaligetekkel, bokorfüzesekkel és iszap-növényzettel mozaikos, tájképileg is hangulatos részei azonban még ma is felidézik a régmúlt vegetációjának képét (4.-4. ábra).

A telephely környezetében a jelentős antropogén befolyás ellenére maradtak értékes természetközeli foltok nyílt homoki gyepek; másodlagosan kialakult termőhelyen megjelenő pionír és lápréti növényzet; mocsári, lápréti, ligeti növényzet (Régi- és Új-Brinyó), égeres láp-mocsár erdő, a dunaszentgyörgyi fás legelő, a paksi dunai ártér. A 4.-5. ábrán látható öreg kocsányos tölgy hagyásfa például a valamikori keményfaligetek élő emléke. Ezekon a területeken a célzott kutatások számos védett növényfajt tártak fel, (4.-6.–4.-8. ábrák) és az állatvilág is valamivel értékesebb. [4.-1, 4.-2]



4.-4. ábra: Duna ártér az erőmű mellett



A telephely közeli élőhelyek szűkülését némiképp ellensúlyozva a paksi atomerőmű területén 60 hektáros Öko Park létesült, amely őshonos magyar háziállatok (rackajuh, szürke marha, mangalica disznó és szamár) bemutatására szolgál. A farmon bemutatókert és két legelő került kialakításra, biztosítva az állatoknak a megfelelő feltételeket. Az atomerőmű ezzel a létesítménnyel hozzájárul a mára már igen kevés egyedyszámmal rendelkező ősi magyar állatfajták továbbéléséhez.

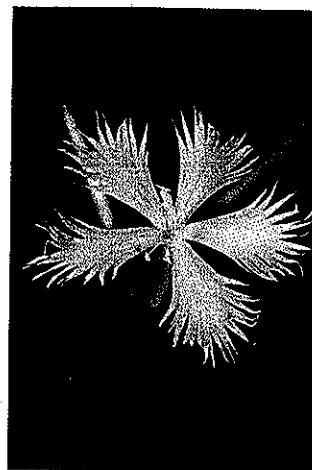
4.-5. ábra: Öreg kocsányos tölgy az erőmű közelében



4.-6. ábra: Gyík pohár, mely napjainkra már erősen megritkult, így törvényi védelmet élvez. Nagy állományát sikerült megtalálni az erőmű 1 km-es körzetén belül.



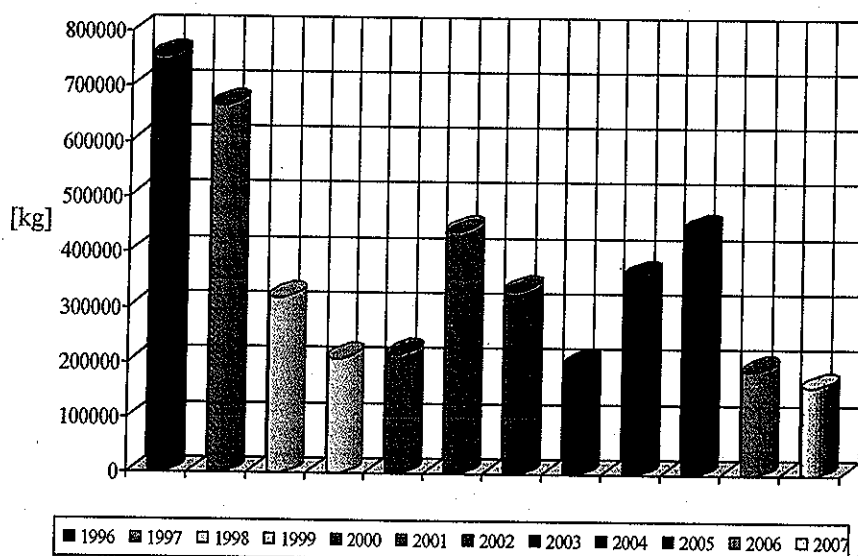
4.-7. ábra: Mocsári nőszió, az egyik védett orchidea. Az erőmű közvetlen szomszédságában, egy rontott termőhelyen jelentős populációja tenyészik.



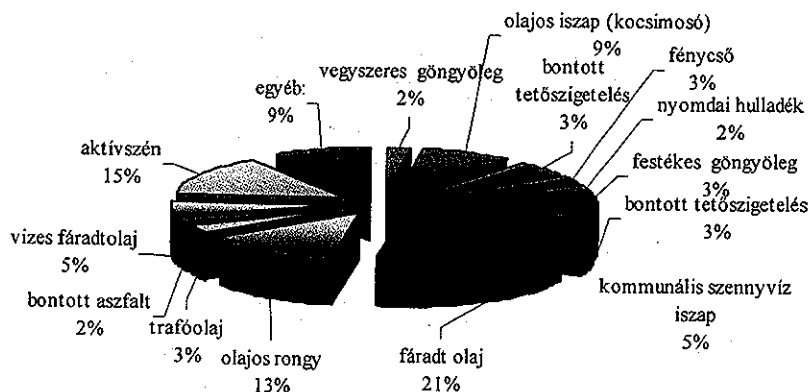
4.-8. ábra: Kései szegfű, mely a Kárpát-medence meszes homokpusztáinak bennszülötte, védett növény, az erőmű közelé-ben többfelé is előfordul.

4.2.6. Hulladékok keletkezése és ártalmatlanítása

Az atomerőműben nemcsak radioaktív, hanem hagyományos szilárd és folyékony hulladékok is keletkeznek. A szilárd hulladékok közül mind a veszélyes, mind a termelési nem veszélyes (ipari), mind a kommunális hulladék megjelenése jellemző. Az erőmű üzemi hulladékgyűjtő-helyeit, a hulladékok gyűjtésének, kezelésének, átmeneti tárolásának és az ártalmatlanításnak a rendszerét kiépítette, a hulladékgyűjtést és ártalmatlanítást a jogszabályokban meghatározott módon végzi. A hulladékgazdálkodást tervszerűen, előregondolt módon végzik, elsődleges cél a hulladékok újrahasznosításra történő átadása. Az ipari hulladékoknak több mint 90%-a újrahasznosításra kerül. Az erőműben az 1996–2007 között keletkezett veszélyes hulladékok mennyiségét a 4.-9. ábra, a keletkező veszélyes hulladékok megoszlásának 2007. évi arányát a 4.-10. ábra, mutatja.



4.-9. ábra: Az 1996 és 2007 között keletkezett veszélyes hulladékok mennyisége



4.-10. ábra: A legnagyobb mennyiségben előforduló veszélyes hulladékok 2007-ben

A keletkező kommunális hulladékokat a Paks Városi Kommunális Hulladéklerakó fogadja ugyanúgy, mint a területen végzett építési munkák során keletkezett talajt, illetve építési törmeléket. A kommunális folyékony hulladékokat az erőmű saját szennyvíztisztító telepe kezeli. A tisztított szennyvizek befogadója a Duna.

A mérések szerint a kibocsátott tisztított szennyvíz koncentrációk a vonatkozó kibocsátási határértékek alatt vannak. A sűrített iszapot az iszapvezetéken keresztül viszik a kb. 1200 m² felületű iszapágyra további víztelenítés céljából.

Az erőműben nem radioaktívan szennyezett hulladékvizek is keletkeznek, mégpedig az előkészítő és segédfolyamatok vizei, a vízelőkészítő hulladékvizei, a technológiai olajos hulladékvizek és az időszakos mosóvizek. Az ipari hulladékvizek végső befogadója is a Duna. A kibocsátásokat a Paksi Atomerőmű Zrt. a hatóság által jóváhagyott Önellenőrzési Tervében foglaltak szerint kontrollálja, a tervben foglalt mérések megfelelőségét a környezetvédelmi felügyelőség rendszeresen ellenőrzi. [4.-1, 4.-2]

4.2.7. Az atomerőmű környezeti zajhelyzete

Az erőmű lakott területtől távol helyezkedik el, 1 km-es körzetében tanya, vagy egyéb állandó lakóhely nem található. A telephelyet mezőgazdasági területek (szántó, gyümölcsös, szőlő, mező, legelő) és erdő veszi körül, így a közvetlen hatásterületen zajterheléssel jelenleg nem kell számolni. A közvetett hatásterületen a dolgozók szállításából származó és az erőműhöz irányuló egyéb forgalmat kell figyelembe venni. Ennek egy része a 6. sz. főközlekedési úton, másik része Paks területének egy részén áthaladó útszakaszokon bonyolódik. Az ebből származó többlet zajterhelés elhanyagolható. Az erőmű üzemelésétől származó zaj a telephelyen kívüli zaj ellen védendő létesítményeknél (azok nagy távolsága miatt) sehol sem haladja meg a vonatkozó határértékeket. [4.-1, 4.-2]

4.2.8. Települési környezet

A XIX. századtól kezdve Paks kisvárosként, mégpedig többfunkciós (mezőgazdasági, kisipari, kereskedelmi, szolgáltató) mezővárosként illeszkedett be a magyar településszerkezetbe, a fővárossal szoros gazdasági, mezőgazdasági áruellátói kapcsolatokat alakított ki. A fővárossal ápoltt szoros kapcsolatai miatt – mint ahogy az egész Duna-mente – Paks viszonylag korán modernizálódott. Ez a fejlődés a XX. század első felében jelentősen megtorpant. Az atomerőmű telepítésével viszont Pakson a népességszám rövid idő alatt jelentősen megemelkedett, a városias

fejlődés fellendült, ugyanakkor a település meghatározóan egyfunkciós várossá alakult. A város és a Paksi Atomerőmű Zrt. fejlesztése, fejlődése évtizedek óta szorosan összefonódott. Az elmúlt évtizedekben számos paksi fejlesztés „kapcsolódó beruházásként”, vagy az erőmű jelentős támogatásával valósult meg.

A gazdasági fejlődésre az erőmű léte jelentősen rányomta a bélyegét, az egyoldalúság még az utóbbi években is fokozódott. Az ipar szinte minden szereplője az erőműhöz közvetlenül vagy közvetve kapcsolódik, a település élhetősége, infrastrukturális és gazdasági fejlettsége viszont jelentősen meghaladja mind a közvetlen környezetet, mind a hasonló nagyságú magyar városok szintjét. [4.-1, 4.-2]

4.2.9. Táj- és területfelhasználás

A területfelhasználás, tájszerkezet legfontosabb jellemzői következőkben foglalható röviden össze:

- Mind a tájfelhasználásban, tájszerkezetben, mind a tájképben meghatározó a Duna melletti, közel síkvidéki elhelyezkedés és a mezőgazdasági, azon belül is a nagytáblás művelés. Így Paks település környéke korábban a természetőrtájak, az erőmű megjelenése óta a termelőtájak közé sorolható (lásd 2.2.5. alfejezet, 2.-5. ábra).
- Jelentős kiterjedésű területfelhasználati forma a lombhullató erdő (10% felett), valamint a legelő és a természetes gyep (6% felett) is. Az erdőfoltok egyrészt a Duna mellett húzódnak, másrészt mozaikosan gyepekkel keverve a dombháton jelennek meg.
- Az előzőekhez hasonlóan viszonylag kiterjedt a folyók, csatornák területe (6% körül), valamint a lakóterület (4% körül) is.
- A többi területfelhasználati forma 1% körüli vagy az alatti kiterjedésű, tehát a tájfelhasználásban és tájképben nem meghatározó. Ugyanakkor elmondható, hogy ezekből a kisebb foltokból viszonylag sok van tehát a terület tagoltnak, változatosnak tekinthető.

Az atomerőmű létesítés mind a tájszerkezetet, mind a tájképet jelentősen befolyásolta. Azóta viszont csak a rendszerváltás után, a mezőgazdasági nagytáblák arányának visszaszorulása, a kistáblák előretörése volt az, ami a tájszerkezetben jelentősebb változást okozott. [4.-1, 4.-2]

Irodalomjegyzék

- [4.-1] A Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítása, Környezeti hatástanulmány, 000000K00004ERE/A, ETV-ERŐTERV Rt., 2006. február 20.
- [4.-2] A Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítása, Környezeti hatástanulmány, Közérthető összefoglaló, 000000K00006ERE/A, ETV-ERŐTERV Rt., 2006. február 20.
- [4.-3] Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben, Éves jelentések, 1984–2007, Paksi Atomerőmű Rt.
- [4.-4] A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkok típusfüggetlen előzetes környezeti tanulmányához kapcsolódó részfeladatok teljesítése, SOM(R)2/103, SOM System Kft., 2008. február 14.
- [4.-5] A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer éves jelentései, 1984–2006, OSSKI, Budapest