



PÖRY ERŐTERV

ENERGETIKAI TERVEZŐ ÉS VÁLLALKOZÓ ZRT.

1450 Budapest, Pf. 111.

Tel.: (36 1) 455-3600

www.pory.hu

1094 Budapest, Angyal u. 1-3.

Fax.: (36 1) 218-5585

eroterv@pory.com

MVM MAGYAR VILLAMOS MŰVEK ZRT.

ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK LÉTESÍTÉSE

**ELŐZETES KONZULTÁCIÓS
DOKUMENTÁCIÓ**

AZONOSÍTÓ KÓD:

6F111121/0002/C

DÁTUM: 2012.10.26.

MUNKASZÁM: 6F111121



Nyilvántartási szám:

MS 0624-061

MS 0624/K-061

A DOKUMENTÁCIÓT ÖSSZEÁLLÍTOTTA

Romenda Tamás

Témafelelős

Gátné Magyar Rozália

Tervező

Gyöngyösi Péter

Tervező

Reszler Hajnalka

Tervező

Rosenfeld Sándor

Minőségellenőr

A DOKUMENTÁCIÓ ELKÉSZÍTÉSÉBEN KÖZREMŰKÖDTEK

Az ÖKO Zrt. részéről:

Gubányi András
Farkas Sándor
Horváth János
Fórián Szabó Márton
Fórián Szabó Péter
Kovácsné Molnár Gyöngyi
Kutas József
Magyar Emőke

Molnárné Póta Ágnes
Mozsgai Katalin
Nagy István
Scheer Márta
Szőke Norbert
Dr. Tombácz Endre
Dr. Varkonyi Tibor
Vidéki Bianka

A Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont részéről:

Barcith Attila
Deme Sándor
Ézsöl György
Földi Anikó
Dr. Gadó János
Gubik Éva

Hózer Zoltán
Pazmándi Tamás
Téchy Zsolt
Végh János
Zagyvai Márton
Zagyvai Péter

A Golder Associates (Magyarország) Zrt. részéről:

Kunfalvi Viktor
Lugosi Krisztián

Az Országos Meteorológiai Szolgálat részéről:

Horváth Ákos
Konkolyné Bihari Zita
Móring Andrea

Nagy Andrea
Varga Bálint

A SOMNET Kft. részéről:

Mikula József
Takáts Ferenc

MÓDOSÍTÁSOK ÁTTEKINTÉSE

Első kiadás dátuma: 2012. január 31.

Módosítás jele	Módosult fejezet	Dátum	Kiveendő oldalak	Befűzendő oldalak
A	Teljes dokumentáció	2012.03.19.		
B	Teljes dokumentáció	2012.10.05.		
C	Teljes dokumentáció	2012.10.26.		

Az „A” jelű módosítás tartalmazza az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. és az MVM Magyar Villamos Művek Zrt. által 2012. február 24-én lefolytatott tervzsűrin elhangzott és írásban átadott észrevételek szerinti módosításokat.

A „B” jelű módosítás tartalmazza a dokumentáció kidolgozásának időszakában meghozott műszaki döntéseknek megfelelően elvégzett módosításokat és kiegészítéseket.

A „C” jelű módosítás tartalmazza az MVM Magyar Villamos Művek Zrt. által 2012. október 17-én lefolytatott tervzsűrin elhangzott és írásban átadott észrevételek szerinti módosításokat.

Romenda Tamás, témafelelős

Gátiné Magyar Rozália, tervező

Gyöngyösi Péter, tervező

Reszler Hajnalka, tervező

Rosenfeld Sándor, minőségellenőr

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	8
1.1. A tervezett tevékenység és a projekt bemutatása.....	8
1.2. Az új atomerőművi blokkok létesítésével kapcsolatos engedélyezési eljárások	9
1.3. Az új blokkok létesítésének indokai	11
1.3.1. Hazai villamosenergia-igény prognózis.....	11
1.3.2. Az energiatermelés alternatíváinak környezeti szempontú összehasonlítása	13
2. A telephely, a nukleáris energiatermelő technológia és a tervezett új blokkok számításba vett változatainak jellemzői.....	16
2.1. A telephely bemutatása	16
2.1.1. A telephely elhelyezkedése.....	16
2.1.2. A telephely infrastrukturális kapcsolatai	16
2.1.3. Összefüggés és kapcsolat a terület-, településfejlesztési és rendezési tervekkel	18
2.1.4. A paksi telephely jellemzőinek összefoglalása.....	18
2.2. A nukleáris energiatermelés technológiájának ismertetése	19
2.2.1. Az atomerőművek típusainak ismertetése.....	19
2.2.2. A nyomottvízes reaktorok (PWR) működése, harmadik generációs nyomottvízes atomerőművek	20
2.2.3. Nukleáris energiatermelés a világban, a nukleáris energiatermelés referenciái	26
2.3. A telephelyen jelenleg működő atomerőmű és a Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója összefoglaló bemutatása.....	29
2.3.1. A meglévő atomerőmű főbb technológiai jellemzői.....	29
2.3.2. A Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója	30
2.3.3. Az atomerőmű és a Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója biztonsági övezete.....	30
2.4. A létesítendő új blokkok számításba vett típusainak ismertetése	31
2.4.1. A számításba vett blokk típusok alapadatai.....	31
2.4.2. A tervezett hűtőrendszer ismertetése	40
2.4.3. A tevékenység megvalósításához szükséges további létesítmények, kapcsolódó műveletek.....	41
2.4.4. A számításba vett blokk típusok nemzetközi referenciáinak bemutatása	42
2.5. Az építési fázis bemutatása, az építéstechnológiai és egyéb jellemzők leírása	44
2.5.1. Az építés jellemző adatainak ismertetése	44
2.5.2. Az építéshez kapcsolódó be- és kiszállítások módja, volumene.....	47
2.6. A tervezett környezetvédelmi létesítmények, berendezések, intézkedések.....	48
2.7. A bemutatott adatok bizonytalansága	49
3. A környezeti hatások ismertetése.....	50
3.1. A földrajzi környezet általános ismertetése	51
3.2. A környezet radioaktivitásának jellemzése.....	52
3.2.1. Az alapállapot ismertetése	52
3.2.2. Az új blokkok üzemelésének radiológiai hatásai.....	56

3.2.3.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes radiológiai hatásai	61
3.2.4.	Üzemzavarok és balesetek hatásai	62
3.3.	Levegőminőség	66
3.3.1.	Az alapállapot ismertetése	66
3.3.2.	Az építés hatásai	67
3.3.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	68
3.3.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	69
3.3.5.	Üzemzavarok és balesetek hatásai	69
3.4.	Regionális és lokális klíma jellemzői	69
3.4.1.	Az alapállapot ismertetése	69
3.4.2.	Az építés hatásai	71
3.4.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	71
3.4.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	72
3.5.	Felszíni vizek	73
3.5.1.	Az alapállapot ismertetése	73
3.5.2.	Az építés hatásai	77
3.5.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	79
3.5.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	81
3.5.5.	Üzemzavarok és balesetek hatásai	82
3.6.	Felszín alatti vizek	82
3.6.1.	Az alapállapot ismertetése	82
3.6.2.	Az építés hatásai	83
3.6.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	84
3.6.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	84
3.6.5.	Üzemzavarok és balesetek hatásai	85
3.7.	Talaj, földtani közeg	85
3.7.1.	Az alapállapot ismertetése	85
3.7.2.	Az építés hatásai	86
3.7.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	88
3.7.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	88
3.7.5.	Üzemzavarok és balesetek hatásai	88
3.8.	Élővilág, életközösségek	89
3.8.1.	Az alapállapot ismertetése	89
3.8.2.	Az építés hatásai	97
3.8.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	99
3.8.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	100
3.9.	Környezeti zaj és rezgés.....	100
3.9.1.	Az alapállapot ismertetése	100
3.9.2.	Az építés hatásai	101
3.9.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	103
3.9.4.	A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	104
3.10.	Hulladékok.....	104
3.10.1.	Az alapállapot ismertetése	104
3.10.2.	Az építés hatásai	104
3.10.3.	Az új blokkok üzemelésének hatásai	106

3.10.4. A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	111
3.11. Települési környezet, társadalmi, gazdasági hatások.....	112
3.11.1. Az alapállapot ismertetése	112
3.11.2. Az építés hatásai	113
3.11.3. Az új blokkok üzemelésének hatásai	114
3.11.4. A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	116
3.12. Táj- és területfelhasználás	116
3.12.1. Az alapállapot ismertetése	116
3.12.2. Az építés hatásai	118
3.12.3. Az új blokkok üzemelésének hatásai	119
3.12.4. A telephelyen üzemelő nukleáris létesítmények együttes hatásai	120
4. A hatásterületek körülhatárolása a számításba vett változatokra	121
4.1. A radiológiai hatások hatásterülete	121
4.2. A hagyományos környezeti hatások hatásterülete	122
4.3. A teljes hatásterület, a hatásterülettel érintett települések	130
5. A felhagyáshoz köthető környezeti hatások az új blokkok számításba vett változataira.....	132
5.1. Az atomerőmű leszerelésének, felhagyásának folyamata és célja	132
5.2. Az új atomerőművi blokkok leszerelésénél követendő leszerelési stratégia	133
5.3. A leszerelés környezeti hatásai	134
5.3.1. Blokkspecifikus megfontolások.....	134
5.3.2. A leszerelés környezeti hatásainak bemutatása.....	135
5.4. A leszerelési tevékenység finanszírozása, költségei	138
6. A lehetséges országhatáron áttérjedő hatások értékelése	139
7. Összefoglalás	142
Irodalomjegyzék	145
Táblázatjegyzék	149
Ábrajegyzék.....	150
Melléklet	151

1. Bevezetés

1.1. A tervezett tevékenység és a projekt bemutatása

Magyarország biztonságos villamosenergia-ellátásának fenntartása érdekében új atomerőművi kapacitások létesítése szükséges, mert közép- és hosszú távon a jelenleg meglévő kapacitás jelentős részének leállítása várható. Alapvetően a hazai erőműpark elavulása és másodsorban a fogyasztói igények növekedése miatt – még a gazdasági válság okozta átmeneti visszaesés mellett is – 2020-ig mintegy 5000 MW, 2030-ig pedig további 4000 MW új termelő kapacításra lesz szükség. A hiányzó források egy részének pótlására előnyös megoldást jelent egy új atomerőmű építése, hiszen az atomerőművi villamosenergia-termelés gazdaságilag hatékony, hosszú távon alkalmazható, biztonságos áramellátást tesz lehetővé, üzemanyaga több forrásból stabil, kiszámítható áron beszerezhető, hosszabb ideig tárolható.

Egy atomerőmű létesítését politikai elhatározás, rendkívül alapos, sokéves előkészítés és engedélyezés előzi meg. A Magyar Villamos Művek cégcsoport (MVM Csoport) 2007 óta végez előzetes szakértői vizsgálatokat a paksi telephelyen új atomerőművi blokkok létesítésére vonatkozóan műszaki, gazdasági, kereskedelmi, jogi és társadalmi szempontok elemzésével. Az előzetes szakmai elemzésekre építve 2009. március 30-án az Országgyűlés 95,4%-os arányban hozzájárult a paksi telephelyen új blokkok létesítésének előkészítését szolgáló tevékenység megkezdéséhez (25/2009. (IV. 2.) OGY határozat).

Az Országgyűlés határozata még nem jelent tényleges döntést új atomerőművi blokkok létesítéséről. Az elvi jóváhagyást követően megkezdett szakmai munka kell, hogy választ adjon még számos felvetésre, így például a finanszírozási és beruházási konstrukció, a műszaki jellemzők, versenyképesség, rendszerbe illeszthetőség, környezetre gyakorolt hatás vagy a blokk típus és a szállító kérdéseire. Az országgyűlési határozat megjelenését követően – az előzetesen elvégzett tevékenységekre alapozva – kezdődtek meg a tényleges előkészületek, ennek részeként a szükséges engedélyezési eljárások előkészítése.

A megvalósítandó blokkok szállítója, illetve típusa – a nemzetközi gyakorlattal egyezően – tendereztetési eljárás alapján kerül kiválasztásra, mely összetett, több szakaszból álló folyamat. A világtrendek és a hazai atomerőműves szakmai tapasztalatok együttes mérlegelése alapján egyértelműen rögzíthető, hogy Magyarországon 3. generációs, nyomottvizes atomerőművet célszerű építeni. A piacon több ilyen típus és szállító van jelen, mely multinacionális nagyvállalatok mindegyike elismert szakmással, és releváns atomerőmű építési tapasztalattal rendelkezik. A kínálat emellett meglehetősen kiegyenlített, nincsenek kiugróan jó és gyenge változatok. Mindegyik szóba jöhető típus az eddigi elemzés és referenciák szerint elegendően biztonságos, műszakilag fejlett.

Az MVM Csoport az Országgyűlés határozatát követően 2009. július 8-án megalapította a Lévai Projektet a tervezett új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése érdekében. A projekt névadója néhai dr. Lévai András professzor, aki a hazai energetika meghatározó személyisége, az átfogó műszaki, környezeti és nemzetstratégiai szempontokat ötvöző energetikai szemlélet meghonosítója. Az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítésével kapcsolatos feladatokat 2012 szeptemberétől a Magyar Villamos Művek Zrt. által létrehozott új projektársaság, az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt. végzi.

A tervezett tevékenység tehát két, 1000–1600 MW nettó villamos teljesítményű atomerőművi blokk létesítése és üzemeltetése a paksi atomerőmű telephelyén kereskedelmi célú villamosenergia-termelés érdekében. A létesítési idő 11–12 év, melyből az előkészítési fázis 5–6 évet vesz igénybe, a kivitelezés pedig 6 év. Az első új atomerőművi blokk várhatóan 2025-ig, a második pedig 2030-ig lépne üzembe, a blokkok tervezett üzemideje 60 év. Az új blokkok telepítésének helye Tolna megye, Paks város közigazgatási területe, a város központjától mintegy 5 km-re délre, az MVM Paks Atomerőmű Zrt. tulajdonában lévő terület.

A tervezett beruházás várhatóan helyi és térségi szinten is kedvező társadalmi és gazdasági hatásokat (pl. a foglalkoztatás jelentős javulása, közoktatás fejlesztése, a növekvő személyes és önkormányzati jövedelmek gazdaságélénkítő szerepe) jelent mind az építési, mind az üzemelési időszakban.

A környezetvédelmi engedélyezési eljárás első szakasza a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló, többször módosított 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerint a – nem kötelező érvényű – előzetes konzultáció. Az előzetes konzultáció keretében a Felügyelőség az illetékes közigazgatási szervek bevonásával véleményt ad az engedélyezési folyamat második szakaszában benyújtandó környezeti hatástanulmány tartalmi követelményeiről. A környezeti hatástanulmány benyújtását követően a Felügyelőség a tervezett tevékenységgel kapcsolatos összes adat és vizsgálati eredmény ismeretében az érintett szakhatóságok bevonásával határozatot hoz, melyben a létesítendő erőműblokkok környezetvédelmi szempontú megfelelősége esetén megadja a környezetvédelmi engedélyt.

Jelen dokumentum az előzetes konzultáció iránti kérelem dokumentációja, melyet az MVM Magyar Villamos Művek Zrt. megbízásából a PÖYRY ERŐTERV Zrt. és alvállalkozói készítettek. Az előzetes konzultációs dokumentáció elkészítésébe bevont szakértő intézmények, cégek és az általuk készített munkarészek:

ÖKO Környezeti, Gazdasági,
Technológiai, Kereskedelmi,
Szolgáltató és Fejlesztési Zrt.:

A környezetállapot ismertetése és a várható hatások becslése a hagyományos (nem nukleáris) szakterületeken (levegőminőség, zajállapot, élővilág-életközösségek, települési környezet, táj- és területfelhasználás).

Magyar Tudományos Akadémia
Energiatudományi Kutatóközpont:

A nukleáris energiatermelés technológiájának, az új blokkok számításba vett változatainak ismertetése, a környezet radioaktivitásának jellemzése, a várható radiológiai hatások becslése.

Golder (Associates) Magyarország Zrt.:

A vízi környezet, a felszíni és felszín alatti vizek környezetállapotjának ismertetése, a földtani, vízföldtani viszonyok bemutatása, a várható környezeti hatások becslése.

Országos Meteorológiai Szolgálat:

Regionális és lokális meteorológiai jellemzés, éghajlati tanulmány készítése.

SOM NET Kft.:

A felhagyáshoz köthető környezeti hatások vizsgálata.

1.2. Az új atomerőművi blokkok létesítésével kapcsolatos engedélyezési eljárások

Új atomerőművi blokkok létesítéséhez a hatályos jogszabályok szerint környezetvédelmi, nukleáris biztonsági és villamosenergia-ipari engedélyezési eljárások lefolytatása, valamint további egyéb engedélyezési kötelezettségek teljesítése, illetve a hatósági engedélyek megszerzése szükséges.

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény 66. § (1) bekezdése értelmében a környezethasználat a környezeti hatásvizsgálat hatálya alá tartozó tevékenységek esetén csak a környezetvédelmi hatóság által kiadott **környezetvédelmi engedély** jogerőre emelkedését követően kezdhető meg. A környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységeket a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet határozza meg. Az eljárás alá tartozó tevékenységek a rendelet 1. és 3. számú mellékletében szerepelnek. A tervezett tevékenység, azaz az új atomerőművi blokk létesítése a 1. számú melléklet 31. pontjában szerepel, tehát a környezetvédelmi engedélyköteles tevékenységek közé tartozik, így az engedélyezési folyamat részeként meg kell szerezni a környezetvédelmi engedélyt. A hatósági feladatokat jelen esetben a területileg illetékes Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (továbbiakban Felügyelőség) látja el.

A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerint a környezethasználó a rendelet 1. számú mellékletében szereplő környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységeknél előzetes konzultációt kezdeményezhet, annak érdekében, hogy:

- egyrészt kikérje a környezeti hatástanulmány tartalmi követelményeiről a felügyelőség, valamint a később szakhatóságként a környezetvédelmi engedélyezési eljárásban résztvevő hatóságok véleményét,
- másrészt megismerje, és a környezeti hatásvizsgálat elvégzésénél figyelembe vehesse a nyilvánosság észrevételeit.

A környezetvédelmi engedély kérelmezője jelen esetben úgy döntött, hogy kezdeményezi az előzetes konzultációt. Ehhez el kell készíteni a 314/2005. Korm. rendelet 4. számú melléklete szerinti tartalmi követelményeknek megfelelő előzetes konzultációs dokumentációt (EKD). A Felügyelőség a benyújtott dokumentációt és az előzetes konzultáció iránti kérelmet megküldi a rendelet 12. számú mellékletben meghatározott közigazgatási szerveknek és az érintett települések jegyzőinek véleményezés céljából, illetve közleményt tesz közzé a kérelem beérkezéséről. A közleményre 21 napon belül lehet észrevételt tenni, az érintett közigazgatási szerveknek 15 nap áll rendelkezésükre véleményük kialakítására. Az előzetes konzultációs eljárásban mód van szóbeli konzultáció lefolytatására a bevont közigazgatási szervek (leendő szakhatóságok) és a környezethasználó részvételével. A Felügyelőség az előzetes konzultáció eredményeként véleményt ad a környezeti hatástanulmány tartalmi követelményeiről a Korm. rendelet 6. számú mellékletének figyelembevételével. A környezethasználó a vélemény megadását követő két éven belül nyújthat be kérelmet a környezetvédelmi engedély iránt.

Mivel az atomerőmű létesítése az országhatáron áttérjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espoóban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelet, illetve az Európai Közösség 97/11/EK, 2003/35/EK és 2009/31/EK számú tanácsi irányelvvel módosított, az egyes köz- és magánprojektek környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról szóló 85/337/EGK számú irányelv hatálya alá tartozik, nemzetközi hatásvizsgálati eljárás lefolytatása is szükséges. A nemzetközi eljárás szükségességéről az előzetes konzultációs szakaszban a Felügyelőség értesíti a Vidékfejlesztési Minisztériumot. A tervezett tevékenységről a Minisztérium a feltételezeten hatásviselő feleket a – hatásviselő fél nyelvére vagy angolra fordított – dokumentációk megküldésével tájékoztatja. Amennyiben a hatásviselő fél részt kíván venni a környezeti hatásvizsgálati eljárásban a Minisztérium – a Felügyelőség és a környezethasználó bevonásával – az eljárás részeként a hatásviselő féllel konzultációt folytat le. A Felügyelőség a konzultáció során kapott, valamint a hatásviselő fél nyilvánosságának észrevételeit mérlegeli és szükség szerint figyelembe veszi.

Jelen esetben a környezeti hatásvizsgálat tartalmi elemei, a szükséges vizsgálatok részben eltérnek a megszokott, a tevékenységek többségére vonatkozó általános elvárásoktól. Az egyik fontos eltérés abból adódik, hogy a tervezett új blokkokat a környezethasználó nem a meglévő atomerőmű bővítésének tekinti, hanem önálló létesítményként új blokkokat létesít olyan helyen, ahol a szomszédos területhasználó egy másik, már üzemelő atomerőmű.

Másik fontos specialitás a felhagyás kezelése. A legtöbb hagyományos tevékenységnél erről a tervezés fázisában csak kevés ismeret áll rendelkezésre. Jelen esetben az építési volumennel közel azonos nagyságrendű munkafolyamatról van szó, aminek környezeti hatásai is jelentősek lehetnek. A komplex hatások környezeti veszélyessége miatt az atomerőmű felhagyása a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerint önállóan is környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység. Az önálló engedélyezési eljárásnak az elsődleges oka, hogy elősegítse a környezeti szempontból optimális megoldási lehetőség(ek) megvalósítását az erőmű leszerelése során. Erre az időszakra olyan távoli jövőben kerül sor (több évtized, akár 100 év után), hogy az akkori korszerű műszaki megoldások a mostani tervezési fázisban még nem jelezhetők előre, környezeti hatásai nem becsülhetők részletesen. Jelen fázisban az atomerőmű felhagyásának önálló hatásvizsgálat kötelezettsége azt

jelenti, hogy erre a fázisára a tanulmányban ki kell ugyan térni, de ennek mélysége nem kell, hogy a környezetvédelmi engedélyezéshez szükséges részletességet elérje.

Az atomerőmű létesítéséhez és üzemeltetéséhez szükséges **nukleáris biztonsági engedélyek megszerzése** az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény, valamint a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló – a 37/2012. (III. 9.) Korm. rendelettel módosított – 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet, illetve ennek mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok előírásai alapján valósulhat meg.

- létesítményszintű engedélyek (telephelyengedély, létesítési engedély, üzembe helyezési engedély, üzemeltetési engedély),
- rendszer és rendszerelem szintű engedélyek (gyártási (típus) engedélyek, beszerzési (típus) engedélyek, szerelési engedélyek, üzemeltetési engedélyek, építési engedélyek, használatbavételi engedélyek stb.)

A nukleáris biztonsági engedélyezések során a hatósági feladatokat az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) látja el, az engedélyezési eljárásokat a hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatósága (NBI) folytatja le.

Az atomerőmű létesítéséhez a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény és a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet előírásai értelmében a Magyar Energia Hivatal (MEH) hatáskörébe tartozó **villamosenergia-ipari engedélyek** beszerzése is szükséges. A jogszabályok alapján az új blokkok, mint a villamosenergia-rendszer üzemét lényegesen befolyásoló erőmű létesítéséhez elvi engedély szükséges, illetve az erőmű és az ún. termelői vezetékek létesítését¹ kell az eljárások során engedélyeztetni. Az erőmű létesítésének engedélyezése során a hatóság – két lépésben – ún. erőmű-létesítési engedélyt, majd termelői működési engedélyt ad ki.

Az atomerőmű létesítésének hatósági engedélyeztetése több **egyéb, speciális szakterületre** (a telephely, a földtani alkalmasság vizsgálata, a létesítmény biztonsági övezetének kijelölése, fizikai és tűzvédelme, a kibocsátások és a környezet ellenőrzése stb.) is kiterjed. Az atomerőmű létesítéséhez lefolytatni szükséges hatósági engedélyezési eljárásokat, az eljárásokra vonatkozó legfontosabb jogszabályokat a *Melléklet M-1. táblázata* foglalja össze.

1.3. Az új blokkok létesítésének indokai

1.3.1. Hazai villamosenergia-igény prognózis

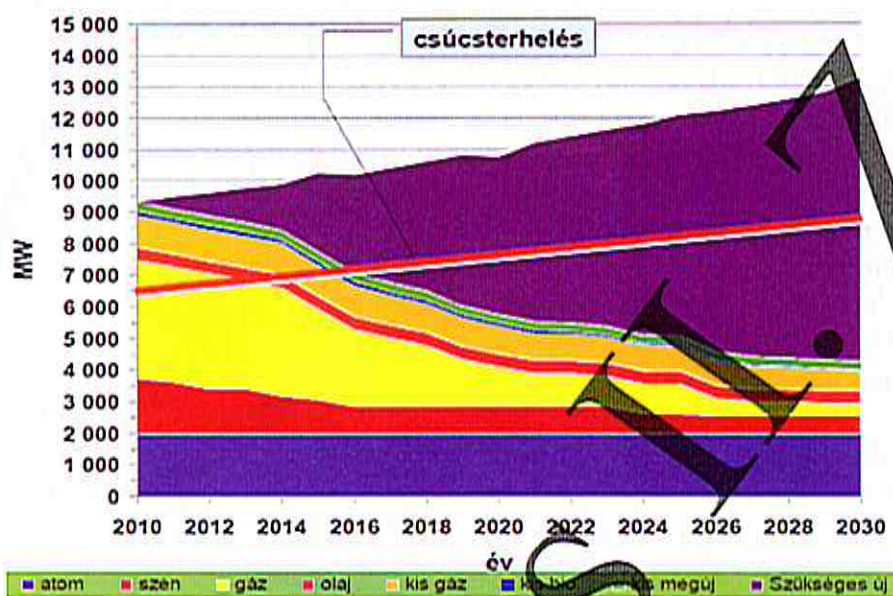
A magyarországi villamosenergia-rendszer teljes villamosenergia-felhasználása 2011-ben 42,63 TWh volt, ebből a bruttó (önfogyasztás figyelembevételével számolt) villamosenergia-termelés 35,98 TWh, a nettó (hálózatba táplált) 33,50 TWh volt. A hazai erőművekben 2011-ben termelt (bruttó) villamos energia közel 44%-a hasadóanyagból, 30%-a földgázból 18%-a szénből, 8%-a hulladékból és megújuló energiaforrásokból származott. [1]

A gazdasági válság hatásaként a rendszer éves csúcsterhelése csökkent, de 2010-ben 6560 MW-tal már megközelítette a 2007-ben mért eddigi legnagyobb, 6602 MW terhelést. Az évi csúcsterhelés értéke 2011-ben 6492 MW volt. A nettó villamosenergia-fogyasztás alakulását tekintve az évi 1,5%-os növekedési ütem tekinthető mértékadónak. A prognózisok kisebb valószínűségűnek tekintik az 1%-os ütemet, a legkevésbé pedig az évi 2%-os növekedést valószínűsítik.

A hazai erőművek bruttó beépített teljesítőképessége 10 109 MW volt 2011-ben (ebből 8637 MW nagyerőmű). A beépített villamos teljesítőképesség közép és hosszú távú változásait, előrejelzését

¹ A 2007. évi LXXXVI. törvény előírásai alapján a termelői vezetékek létesítésének engedélyeztetési kötelezettsége nem áll fenn abban az esetben, ha a termelői vezetékek kizárólag az erőmű csatlakoztatására szolgál és arról más felhasználó ellátása nem történik. Ennek megfelelően feltételezhető, hogy az új atomerőművi blokkok létesítése során a termelői vezetékek MEH hatáskörben való engedélyeztetésére nem lesz szükség.

vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a meglévő hazai erőművek sorsa, várható leállításuk a tulajdonosi akaratnak megfelelő időben és módon, a teljesítőképesség-piac alakulását fogja követni. Az új erőművekre a következő két évtizedben elsősorban a leállított egységek pótlása miatt lesz szükség, és csak másodsorban a villamosenergia-igények növekedése miatt. A forráslétesítés szükségességét szemlélteti az 1.3.1-1. ábra.



1.3.1-1. ábra: A forráslétesítés szükségessége

A 2010 és 2020 közötti erőműépítést várhatóan az összetett körfolyamatú egységek (CCGT²) létesítése és a kiserőműves fejlesztés határozza majd meg. A 2020-as évek elején az első új atomerőművi blokk tervezett üzembe lépéséig is csak új CCGT egységekkel látszik biztosíthatónak a szükséges forrás. Ebben az időszakban azonban már meg kell kezdeni az új atomerőművi blokk teljesítőképességéhez illeszkedő kapacitású tercier tartalék gázturbina-park kiépítését is. Ennek a kapacitásnak már az első új atomerőművi blokk próbaüzeméhez rendelkezésre kell állnia, hogy a bármilyen okból kieső teljesítményt az előírt időn belül pótolni lehessen. [2].

A következő időszakban jellemző gázturbina építéssel Magyarországon a földgáz mint primer energiahordozó részaránya 50% közelébe emelkedhet. Ezt a megújuló energiaforrásokon alapuló erőművek érdemben nem tudják ellensúlyozni, a földgáz részarányának csökkentése a nagyblokkos atomerőmű létesítésétől várható. A nagyerőmű építéssel párhuzamosan a kiserőmű létesítések ugyan tovább folytatódhatnak, de a fő részarányt képviselő szél-erőművek és a hőellátáshoz kötött biomassza-tüzelésű erőművek teljesítőképesség-értéke továbbra is csak igen mérsékelt lehet. Így 2030-ra összességében a bruttó villamosenergia-fogyasztás 53%-a származhat nukleáris forrásból, 28% földgázból, 4% szénből és 15% megújuló energiaforrásokból.

Az importszaldó aránya a 2010-es években még növekedhet, elsősorban az olcsó regionális kínálati ár miatt, amit a régióban várhatóan üzembe lépő atomerőműves egységek tovább erősíthetnek. A 2020-as években azonban már az importszaldó csökkenésére lehet számítani. A nagyblokkos atomerőművi egységek üzembe lépése átmeneti túlépítettséget okozhat a hazai rendszerben. A kapacitás-többlet felhasználása csak exporttal vagy szivattyús tározós vízerőművel lesz megoldható.

A kapacitás-többlet főleg az alacsony terhelésű időszakokban jelenthet problémát, amikor az időjárásfüggő vagy más okból nem irányítható erőművek mellett a még üzemben lévő (jellemzően nagy egységteljesítményű) irányítható gépegységeknek kell a le irányú szabályozási kapacitást biztosítaniuk. Ez indokolja, hogy az új blokkok a jelenleginél lényegesen nagyobb, 50–100%

² Combined Cycle Gas Turbine – kombinált ciklusú gázturbinás erőmű

közötti tartományban legyenek szabályozhatók, amit a mai harmadik generációs atomerőművi technológia minden további nélkül lehetővé tesz, a Magyar Villamosenergia-rendszer Üzemi Szabályzata pedig követelményként elő is ír.

1.3.2. Az energiatermelés alternatíváinak környezeti szempontú összehasonlítása

A magyar energetikai szektor villamosenergia-termelésének életciklus-elemzése céljából önálló vizsgálat [3] került elvégzésre. Az életciklus-elemzés egy termék, folyamat vagy szolgáltatás életútja során – az egyes életciklus szakaszokban – vizsgálja a környezeti szempontokat és a potenciális hatásokat. Az életciklus-elemzés tárgya általában olyan termék, folyamat vagy szolgáltatás, amelynél választási lehetőségünk van az azonos funkciójú, de a környezetre eltérő mértékben ható rendszerek közt. A villamosenergia-termelés vizsgált lehetséges alternatívái az atomenergia, a fosszilis energiahordozók (lignit, barnaszén, feketeszen, földgáz, olaj), az alternatív energiaforrások (hulladék) és a megújuló energiaforrások (fatüzelés, biogáz, bioetanol, víz-, szél- és napenergia).

A rendszer magába foglalja a Magyarországon alkalmazott összes elektromos áram termelési technológia LCA (Life Cycle Assessment – életciklus-elemzés) modelljét, a fosszilizsektől kezdve az atomenergia hasznosításán keresztül a megújuló forrásokat használatig. Hangsúlyozandó, hogy az elemzés csak a villamosenergia-termelésre vonatkozik.

A kiértékeléshez a hollandiai Leideni Egyetemen kifejlesztett EcoIndicator '99, és a CML 2001 módszert használták [3]. Az EcoIndicator '99 egy aggregált, dimenzió nélküli értékkel jellemzi egy technológia környezeti teljesítményét, a CML 2001-es mutatók pedig egzaktul normálják az egyes emissziókat referencia anyagok mennyiségére, könnyen érthető mértékegységet szolgáltatva. Az elemzés rendszerhatárai az üzemanyag kitermelésétől egészen annak átalakításáig terjednek, ahol a végtermék a funkcionális egység lesz. Az atomenergia felhasználásának elemzésekor nem csak az energiatermelést, hanem az erőmű építésével és felhagyásával, valamint a hulladékgazdálkodással kapcsolatos terheléseket is vizsgálták.

Az összehasonlító analízis a magyar energiamix alapján került elvégzésre. A magyar energiamix egy olyan rendszer, ahol a modellezett technológiai rendszerek a valóságnak megfelelő mértékben járulnak hozzá a funkcionális egység, azaz 1 MJ elektromos áram megtermeléséhez, így az elemzéskor az azokból származó emissziókat a valóságnak megfelelő arányban vették figyelembe. Az energiamixből kiindulva összehasonlításra kerültek a különböző energiatermelési alternatívák, az elemzés kizárólag az elektromos áramra vonatkozik, ezért a hőhasznosítás kimaradt az elemzésből. Az 1.3.2-1. ábra az elemzés eredményeit mutatja, amihez a CML 2001-es módszer következő mutatóit használták:

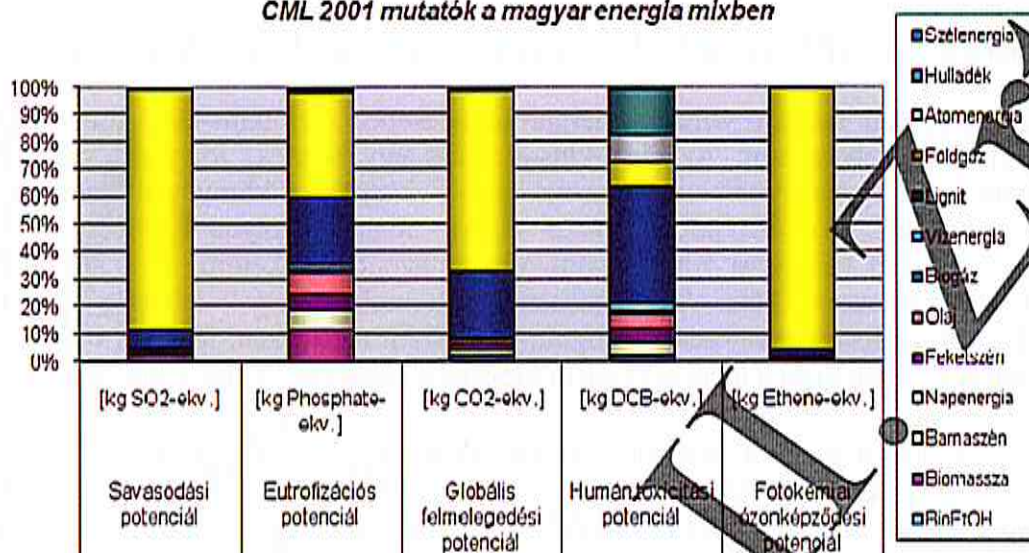
- Savasodási potenciál (kg SO₂-ekv.), azaz mennyire járul hozzá a környezet pH-jának változásához az adott rendszer.
- Eutrofizációs potenciál (kg foszfát-ekv.), azaz a környezet tápanyagfeldúsulásának jellemzése foszfátra vonatkoztatva.
- Globális felmelegedési potenciál (kg CO₂-ekv.), azaz a hozzájárulás a globális felmelegedés hatásához szén-dioxidra vetítve.
- Humán toxicitási potenciál (kg DCB-ekv.), azaz az emberre gyakorolt mérgező hatás, ami a dikloro-benzolra van normálva.
- Fotokémiai ózonképzési potenciál (kg etilén-ekv.), azaz a folyamat alacsony légköri ózon képződésének elősegítésében játszott szerepe az etilénre normálva.

A savasodási potenciálban nagy szerepet játszik a földgáztüzelés, ez érthető, hiszen az energiaellátás 35%-át ez fedezi. Itt megjelenik még a lignit hatása is, mely a 15%-ért felelős.

A tápanyag-feldúsulás esetében a lignittüzelés is megjelenik, majdnem akkora mértékben, mint a 35%-os gáztüzelésnél ez tapasztalható, annak ellenére, hogy részaránya az energiamixben csak a fele, 15% körüli. Itt láthatóvá válik másik kettő fosszilis tüzelőanyagot használó technológia hatása

is, az olaj, és a feketeszén és a barnaszén is, pedig ezek részaránya csupán 1–2%. Mellettük a biomassza (tűzifa) tüzelés is értékelhető hatással bír a maga 3,7%-os részesedésével az energiamixben.

CML 2001 mutatók a magyar energiamixben



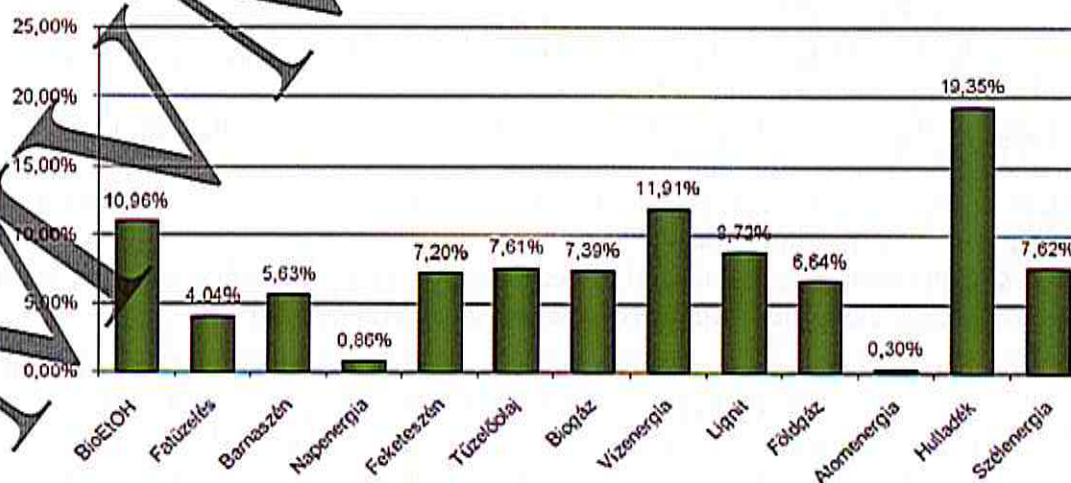
1.3.2-1. ábra: A magyar energiamix szerinti megoszlás környezeti mutatói (CML 2001)

A globális felmelegedési potenciálban látható eloszlásban a földgáz foglalja el a legnagyobb helyet, ami lehet az energiaszolgáltatásban betöltött fontos szerepének hatása is. Ezt a lignit követi, majd a többi „fosszilis technológia”.

A humán toxicitási potenciál kialakításában már több energiatermelési módszer is megjelenik. Legnagyobb arányban a lignit van jelen, amit a hulladékégetés követ. A gáz jelentősége itt már csökken, a nukleáris energiával szinte azonos mértékű, ami az energiatermelésben betöltött szerepüknek (közel 35–35%) megfelelő, bár az atomenergia eddig egyik mutatóban sem volt értékelhetően kimutatható.

A fotokémiai ózontképződési potenciálban szinte 100%-ban a földgáztüzelés játszik szerepet. Mindebből kitűnik, hogy a lignit és a földgáztüzelés részarányának további emelése a magyar energiatermelésben a környezeti teljesítmény szempontjából nem volna előnyös. Az atomenergia csak a humán toxicitási potenciálban jelenik meg kimutathatóan, ezért ennek a technológiának a legjobb a környezetterhelése a vizsgált magyar energiamixben.

A környezetterhelési adatokat az egyes villamosenergia-termelési technológiák EcoIndicator '99 értékeit bemutató 1.3.2-2. ábra is segíti összegezni.



1.3.2-2. ábra: Az egyes energiatermelő technológiák EcoIndicator '99 értékei

A hulladékégetés számít a leginkább környezetterhelő eljárásnak a vizsgáltak között, mivel az alkalmazott hierarchista megközelítés az EcoIndicatoron belül figyelembe veszi a karcinogén hatásokat, és a hulladékégetés a többinél magasabb nehézfém és dioxin kibocsátása ebbe a kategóriába tartozik, az indikátorérték magasabb lesz. A fosszilis tüzelőanyagot használó technológiák közel azonos szinten vannak, kisebb eltérések az üzemanyag előállításának módjai miatt lehetnek. A legjobb értéket ebben a kategóriában a földgáztüzelés érte el. A fatüzelés az égetéses technológiák között a legjobb, de ehhez megfelelően működő erdőgazdálkodási rendszer is kell, ami mindig szállítani tudja a tüzelőanyagot.

Érdekes a vízenergia helyzete, ami a hulladékégetés után a legrosszabb teljesítményű. Ez a nagytömegű építőanyag-felhasználás miatt van, és ekkor még nem számoltunk a különböző gáttípusoknál fellépő problémákkal, mint a gát mentén a hordalék rothadásából származó kibocsátások, vagy az ökoszisztéma károsodása. A bioetanol tüzelésnek a földgázéval azonos szintű terhelése van, ami főleg a mezőgazdaság környezeti hatásaiból adódik. A szélenergia a bioetanollal azonos szinten van, de munkaigénye kisebb, nem kell évente a mezőgazdasági alapanyagot megtermelni. A megújulók közül a napenergia teljesített a legjobban, a többinél egy nagyságrenddel kisebb környezetterheléssel.

A legjobb teljesítményt az atomenergia nyújtotta, a többinél sokkal jobb teljesítménnyel. A hulladékkezelés hatása ezen az ábrán nem látható, de a többi folyamat sem tartalmazza azt. Tehát ahogy a napenergiánál nincs meg az elhasznált napelemek, vagy a szénnél a pernye (ami szintén többé-kevésbé radioaktív, mivel az égés egy olyan szelekcióként működik ahol a szilárd maradványban maradnak a tüzelőanyag elemeinek radioaktív izotópjai, és ott feldúsulnak) kezelése, úgy itt sincs. A radioaktív hulladékok elhelyezése sokkal inkább egy kockázatot képvisel, megfelelően kialakított tárolókban biztonságosan elhelyezhetők. Az atomenergia jó teljesítményének oka a közvetlen energiatermelés alacsony, vagy zérus „hagyományos” káros anyag kibocsátása, és átlagosan 2–3 nagyságrenddel kevesebb mennyiségű üzemanyag szükséges azonos volumenű elektromos áram termelése esetén.

2. A telephely, a nukleáris energiatermelő technológia és a tervezett új blokkok számításba vett változatainak jellemzői

2.1. A telephely bemutatása

2.1.1. A telephely elhelyezkedése

A paksi telephely Tolna megyében található, Budapesttől 118 km-re délre, 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. A déli országhatár a telephelytől 63–75 km távolságra húzódik, a Dunán folyásirányban 94 km-re található (meglévő erőmű 1527 fkm, országhatár 1433 fkm). Az új erőmű területe közvetlenül az üzemelő paksi atomerőmű szomszédságában, az erőmű telephatárán belül található. A telephely elhelyezkedését és közvetlen környezetét a *Melléklet M-1. ábrája* mutatja, melyen látható, hogy a telephely tágabb környezetét (30 km sugarú területet) a Duna két felé osztja. A nyugati fele a Dunántúlon, a keleti fele a Duna-Tisza közén helyezkedik el. [9]

A paksi atomerőmű telephelye jelenleg mintegy 5,8 km²-nyi területet fed le. A telephely az alábbi két részre tagolható a funkció és az őrzésvédelem szempontjából:

- A paksi atomerőmű üzemi területe:
A meglévő erőmű négy blokkja, a hozzá kapcsolódó turbinagépház, vízkivételi mű, valamint ezek kiszolgálásához a segédberendezések, rendszerek; iroda, karbantartó és raktárépületek. A Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) tulajdonában lévő Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT) az üzemterülethez csatlakozik.
- A paksi atomerőmű beruházási területe:
Jelenleg itt található az erőmű működéséhez szükséges külső intézmények, vállalatok karbantartó műhelyei, raktárai és irodaépületei.

Az új atomerőművi blokkok tervezett telephelye 106 ha területű, mely a tervek szerint mintegy 29,5 hektárnyi részt foglal el majd a paksi atomerőmű jelenlegi üzemi területéből, és 76,3 hektárnyi az ún. felvonulási területéből. A paksi telephely elhelyezkedése az új blokkok telepítési helyének megjelölésével a *Melléklet M-2. ábráján* látható.

Az új blokkok tervezett telephelye funkció szerint szintén két részre osztható. Az üzemi területen kapnak helyet az erőművi blokkok, a kiszolgáló segédberendezések, rendszerek és egyéb épületek, a felvonulási terület az építkezéshez biztosít megfelelő területet a kivitelezés fázisában. Ezek a területeken jelenleg a működő erőmű kiszolgálását ellátó rendszerek, irodák, karbantartó és raktárépületek találhatók. Az új blokkok területe jelenleg a 8803 helyrajzi számon belül található, Paks Város Helyi Építési Szabályzata (24/2003. (XII. 31.) sz. Önkorm. rendelet) szerint Gip – M jelű építési övezet, ipari gazdasági terület.

2.1.2. A telephely infrastrukturális kapcsolatai

2.1.2.1. Villamosenergia-hálózati kapcsolatok

A paksi atomerőmű jelenlegi négy blokkja alaperőműként a Magyar Villamosenergia-rendszer (VER) számára termel villamos energiát. Az erőmű turbógenerátoraiban megtermelt villamos energiát a főtranszformátorok 400 kV-os feszültség szintre transzformálják. Az egy reaktorblokkhoz tartozó két főtranszformátor 400 kV-os vezetéken keresztül csatlakozik az országos alaphálózat részét képező, a paksi telephely délkeleti részén elhelyezkedő 400 kV-os állomásba, melybe bekötő távvezetékek a megtermelt villamos energia kiszállításának fő útvonalai. A 400 kV-os állomás két transzformátoron keresztül csatlakozik a mellette elhelyezkedő – az országos főelosztó

hálózat részét képező – 120 kV-os alállomáshoz és így az onnan kiinduló 120 kV-os távvezetékhez.

A tervezett új atomerőművi blokkok villamos hálózati csatlakozásához a telephelyen egy új 400 kV-os kapcsoló-, illetve transzformátorállomás létesítése szükséges.

2.1.2.2. Közúti, vasúti és hajózási kapcsolatok

A paksi telephely megközelíthetősége közúton, vasúton, és a Dunán, mint nemzetközi vízi úton egyaránt jó. A telephelytől mintegy 1 km-re, nyugatra található a 6. sz. fő közlekedési út Dunaföldvár–Paks–Szekszárd közötti szakasza. A telephelyre a 6. sz. főúton Budapest felől közelítve Paks város után két bekötőúti leágazás (északi, teherbejárat és déli személybejárat) található. 2010. március 31-én átadásra került az M6 autópálya – Paksot is érintő – Dunaújváros–Pécs közötti szakasza, melynek nyomvonala a telephelytől nyugati irányban, mintegy 3 km távolságra – a 6. sz. főúttal párhuzamosan – húzódik. Az autópályáról a telephely a Paks Dél csomóponton, valamint a 6. sz. főútra visszatérve érhető el.

A telephely vasúton a Budapest–Pusztaszabolcs–Dunaújváros–Dunaföldvár–Paks útvonalon közelíthető meg, a 42. számú Pusztaszabolcs–Dunaújváros–Paks szárnyvonal végállomása Pakson van. A szárnyvonalról az erőmű telephelyének területére iparvágány vezet, az atomerőművet csak célszerelvények érhetik el. A vasúti pálya jelenleg használaton kívül van, az újbóli üzembevételéhez felújítás, karbantartás szükséges.

A Duna a hazai és nemzetközi vízi szállítás fontos útvonala. Paks térségében könnyen hajózható, lassú folyású, a hajóút kitűzése jó. Az atomerőmű telephelye a Dunától 1 km-re, nyugatra helyezkedik el. A telephely a hidegvíz csatornán folyami kikötővel rendelkezik, mely az erőműbe hajókon, uszályokon érkező nehéz terhek fogadására alkalmas.

A telephely 50 km-es körzetében nincs nyilvános, közforgalmú repülőtér. Nem nyilvános repülőtér található Dunaújvárosban, Kalocsa-Foktőn és Öcsényben. (Ezek közül azonban a kalocsa-foktői volt katonai repülőtér jelenleg használaton kívül van.)

2.1.2.3. Vízellátás és szennyvízelhelyezés

Az erőművi létesítmények, vízellátása két forrásból, egyrészt a Dunából történő vízkivétellel, másrészt felszín alatti vízből, mélyfúrású kutakból biztosítható. A paksi atomerőmű meglévő négy blokkjánál jelenleg frissvízhűtést alkalmaznak, melyhez a felhasználásra kerülő víz a Dunából, a hidegvíz csatornán keresztül a vízkivételi művekkel kerül kiemelésre, a felhasználást követően pedig a melegvíz csatornán át visszatér a befogadóba.

Az atomerőmű jelenleg a turbínakondenzátorok hűtésére 100–110 m³/s vizet emel ki a Dunából. A jelenleg kivett vízmennyiség a Duna legkisebb vízhozamának kb. 15%-a, az átlagos vízhozamnak közel 5%-a. Az 1–4. blokk hűtővíz rendszereinek elvi vízigénye 2,5–3,1 milliárd m³/év, a vízfogyasztására leköltött érték 2,9 milliárd m³/év (hatósági korlát). A felmelegedett hűtővíz a burkolt medrű, nyílt felszínű melegvíz csatornán keresztül kerül a Dunába visszavezetésre. A melegvíz Dunába történő bevezetésénél energiatörő műtárgy létesült.

Az erőmű működéséhez szükséges ipari- és tűzvíz szintén dunai vízkivételből származik, ezek forrása a hidegvíz csatorna északi oldalán létesült parti szűrésű kúttelep. A parti szűrésű ipari vízműhöz 9 db nagy, illetve közepes átmérőjű vízkiemelő kút tartozik. A parti szűrésű kutak az erőmű ipari- és tűzvíz hálózatahoz csatlakoznak. A csőhálózat kiterjed az erőmű jelenlegi üzemi területére, valamint a tervezett új blokkok területére.

Az ivóvíz és használati vizek forrása a csámpai kúttelep. A paksi atomerőmű vízellátása érdekében 9 db mélyfúrású kutat létesítettek, melyek közül jelenleg négy kút üzemel, kettő pedig tartalékként áll rendelkezésre. Egy kút megfigyelő kútként szerepel, további kettőt pedig eltömedékeltek. A csámpai vízműkutakból felhasználható engedélyezett vízmennyiség 300 000 m³/év.

Az északi bekötőúttól északra eső, ún. beruházási terület szennyvizeit a szennyvízesatorna hálózat a paksi városi szennyvíztelepre vezeti, ennek becsült mennyisége 1200 m³/hó. Az ettől délre eső területek, tehát az egész üzemi terület kommunális szennyvize az erőmű szennyvíztisztítójába kerül. A tisztított kommunális szennyvizet a melegvíz csatorna vezeti a Dunába.

Az erőműben a technológiából keletkező ipari hulladékvizet (az előkészítő és segédberendezések vizei, a vízelőkészítő hulladékvizet, a technológiai olajos hulladékvizet és az időszakos mosóvizet) kezelés, illetve tisztítás utáni végső befogadója a melegvíz csatornán keresztül a Duna.

2.1.3. Összefüggés és kapcsolat a terület-, településfejlesztési és rendezési tervekkel

Az új atomerőmű megvalósítására kijelölt terület településrendezési előírásokhoz való illeszkedését, a településrendezéssel való összhangot az alábbi szinteken, illetve jogszabályok alapján kell vizsgálni:

- az Országos Területrendezési Tervről szóló, a 2008. évi II. törvénnyel módosított 2003. évi XXVI. törvény:

A paksi atomerőmű telephelye az Országos Területrendezési Terv „Atomerőmű és egyéb erőművek” című, 1/8. számú mellékletében megnevezett és az „Ország Szerkezeti Terve” tervlapján megjelölt.

- a Tolna Megyei Önkormányzat 1/2005. (II. 21.) sz. önkormányzati rendelete Tolna megye területrendezési tervéről:

A megyei területrendezési terv ugyan korábbi mint az országos területrendezési terv módosítása, de számos esetben részletesebb térképi mellékleteket tartalmaz, illetve néhány helyen eltérések tapasztalhatók az országos és a térségi terv között. „A megye szerkezeti terve” c. tervlapon az országos tervhez hasonlóan tüntették fel az atomerőmű telephelyét.

- Paks Város Önkormányzatának 24/2003. (XII. 31.) sz. rendelete Paks Város Helyi Építési Szabályzatáról (Egységes szerkezet), valamint a rendelethez tartozó Szabályozási Terv:

Paks városfejlesztési koncepcióját a képviselőtestület az 55/2010. (V. 26.) sz. határozatával fogadta el. A város a település szerkezeti terveiben a meglévő atomerőművi telephelyet szabályozta (Melléklet M-3. ábra).

Paks Város Helyi Építési Szabályzata (24/2003. (XII. 31.) sz. önkormányzati rendelet) szerint az erőmű telephelye nukleáris villamosenergia-termelés céljára szolgáló ipari gazdasági (Gip – M jelű) építési övezetben fekszik. A létesítmények tervezése, illetve megvalósítása során be kell tartani a Helyi Építési Szabályzatban az erőművi telephely építményeire vonatkozóan előírt követelményeket.

2.1.4. A paksi telephely jellemzőinek összefoglalása

Az új atomerőművi blokkok létesítése szempontjából a paksi telephely számos kedvező adottsággal rendelkezik, melyeket ki lehet aknázni az ide történő telepítéssel. A kedvezőnek ítélt adottságok az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- már létező, üzemelő nukleáris telephelyről van szó,
- nincs szükség új (esetlegesen zöldmezős beruházással), csak jelentős ráfordításokkal kialakítható telephelyre,
- a kezdetek óta eltelt mintegy 30 év alatt jelentős ráfordítások – számos biztonsági és környezetvédelmi szempont szerint – felhasználásával vizsgálták a telephelyet, aminek következtében ez az ország egyik leggondosabban feltárt, megkutatott területe,
- a telephely környezetében az infrastruktúra kiépített és rendelkezésre áll,
- a telephely környezete síkvidéki jellegű terület, a talajjellemzők miatt a feltöltési és alapozási munkák könnyen végezhetők,

- a területen a terepszint speciális kialakítása miatt az árvíz- és belvízvédelem biztosított,
- a már üzemelő erőmű vízkivételét figyelembe véve a Duna vízhozamában maradó tartalék hűtési célokra felhasználható,
- a meteorológiai jellemzők kedvezőek, az uralkodó szélirány északnyugati, tehát az erőműtől nem – az attól északra fekvő – Paks település felé irányuló,
- az erőmű 30 km-es körzetében Paks kivételével a népsűrűség az országos átlagnál kisebb,
- a telephely gazdaságosan csatlakoztatható a már kiépült az országos villamosátviteli hálózathoz,
- az erőmű kedvező elhelyezkedése miatt javítja a déli országrész villamosenergia-ellátását, valamint a teljesítmény országrészek közötti elosztását,
- az építési anyagok és a nagyberendezések egy része vízi úton szállítható,
- az üzemi terület jól megközelíthető, könnyen biztosítható az üzemi terület csatlakoztatása a közúti és vasúti fővonalakhoz,
- a szomszédos erőmű léte egy speciális szaktudást és munkakultúrát feltételez, ami az új blokkoknál is felhasználható,
- a környező lakosság körében a paksi atomerőmű léte, működése elfogadott, ami biztató alapot adhat az erőmű fejlesztési törekvésekhez.
- Paks település – természeti és infrastrukturális adottságai miatt – jó lehetőséget biztosít az üzemeltetők elhelyezésére,
- Paks város további fejlesztése szükség esetén megoldható,
- a beruházás döntő jelentőségű a mezőgazdasági jellegű Tolna megye további ipari fejlődése szempontjából.

2.2. A nukleáris energiatermelés technológiájának ismertetése

Az atomerőművi energiatermelés alapja az atommagok hasadásán alapuló, szabályozott és önfenntartó láncreakció. A láncreakcióban keletkező hő hűtőközzel elvezetik és átalakítás után villamosenergia-termelésre használják fel.

2.2.1. Az atomerőművek típusainak ismertetése

Az atomerőművek eddigi fejlődéstörténete négy jól elkülöníthető szakaszra osztható. A 4. generációs reaktorok jelenleg még – alapvetően a nukleáris biztonság további növelését célzó – fejlesztés alatt állnak ezért ezekkel a továbbiakban nem foglalkozunk.

1. generáció – demonstrációs és prototípus reaktorok

Az első generációba kisteljesítményű demonstrációs vagy prototípus blokkok tartoztak, melyeket az 1950-es és 60-as években építettek és néhány kivételtől eltekintve már mindegyiket bezárták és leszerelték. Ezek a blokkok különböző technológiai elven működtek: Obnyinszk (Szovjetunió, 1954) grafit moderátort és vízhűtést használt, Shippingport (USA, 1957) könnyűvíz hűtésű termikus tenyésztőreaktorral üzemelt, a Dresden 1 (USA, 1960) az első kereskedelmi forralóvízes blokk volt, a Fermi 1 (USA, 1957) gyors tenyésztőreaktorral működött, míg a Magnox (Anglia, 1956) széndioxid hűtésű, grafit moderátort használó típus.

2. generáció – a ma üzemelő atomerőművek

A 2. generációt a prototípus reaktorokkal szerzett tapasztalatok alapján alakították ki az 1970-es és 80-as években. A fejlesztések során több szabványosnak tekinthető típus is létrejött, ilyen a nyomottvízes (PWR – Pressurized Water Reactor), a forralóvízes (BWR – Boiling Water Reactor),

továbbá a nehézvízzel moderált, természetes uránnal működő CANDU (CANada Deuterium Uranium) típus. A ma üzemelő blokkok döntő többsége (így a négy paksi VVER-440³ típusú blokk is) a 2. generációhoz tartozik.

3. generáció – a ma építhető blokkok

A Three Mile Island (USA, 1979) és a Csernobil (Szovjetunió, 1986) reaktorbalesetek után az üzemelő reaktorok biztonságának növelése mellett – világszerte jelentős erőfeszítések történtek, hogy új, az előző reaktortípusok biztonsági mutatóit számottevően meghaladó típusokat hozzanak létre. A 3. generációt az 1990-es években alakították ki a 2. generációs típusok evolúciós továbbfejlesztésével. A fejlesztés legfontosabb célja a súlyos balesetek valószínűségének csökkentése, illetve az igen kis valószínűséggel bekövetkező súlyos balesetek következményeinek mérséklése volt.

Az ún. 3+ generációs típusok fokozottan alkalmazzák a passzív biztonsági rendszereket. Ezek működésükhöz csak természetes erőforrásokat használnak (gravitáció, természetes cirkuláció, vagy összenyomott gáz energiája működteti őket), ezért nincs szükségük vészhelyzeti villamosenergia betáplálásra.

A mai típusok közül 3. (illetve 3+) generációsnak tekinthetők az 1990-es évek végén Japánban üzembe helyezett ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) forralóvízes blokkok, a Mitsubishi nagyteljesítményű nyomottvízes APWR (Advanced Pressurized Water Reactor) blokkja, az Areva EPR (Evolutionary Pressurized Water Reactor), a Toshiba-Westinghouse AP600 (Advanced Pressurized Water Reactor 600) és AP1000 (Advanced Pressurized Water Reactor 1000) típusa, a VVER-1000 blokk új változatai (AES-2006 / MIR.1200), a dél-koreai APR1400 és a közös Areva-Mitsubishi fejlesztésű ATMEA1 blokk.

2.2.2. A nyomottvízes reaktorok (PWR) működése, harmadik generációs nyomottvízes atomerőművek

2.2.2.1. Az energiatermelő folyamat

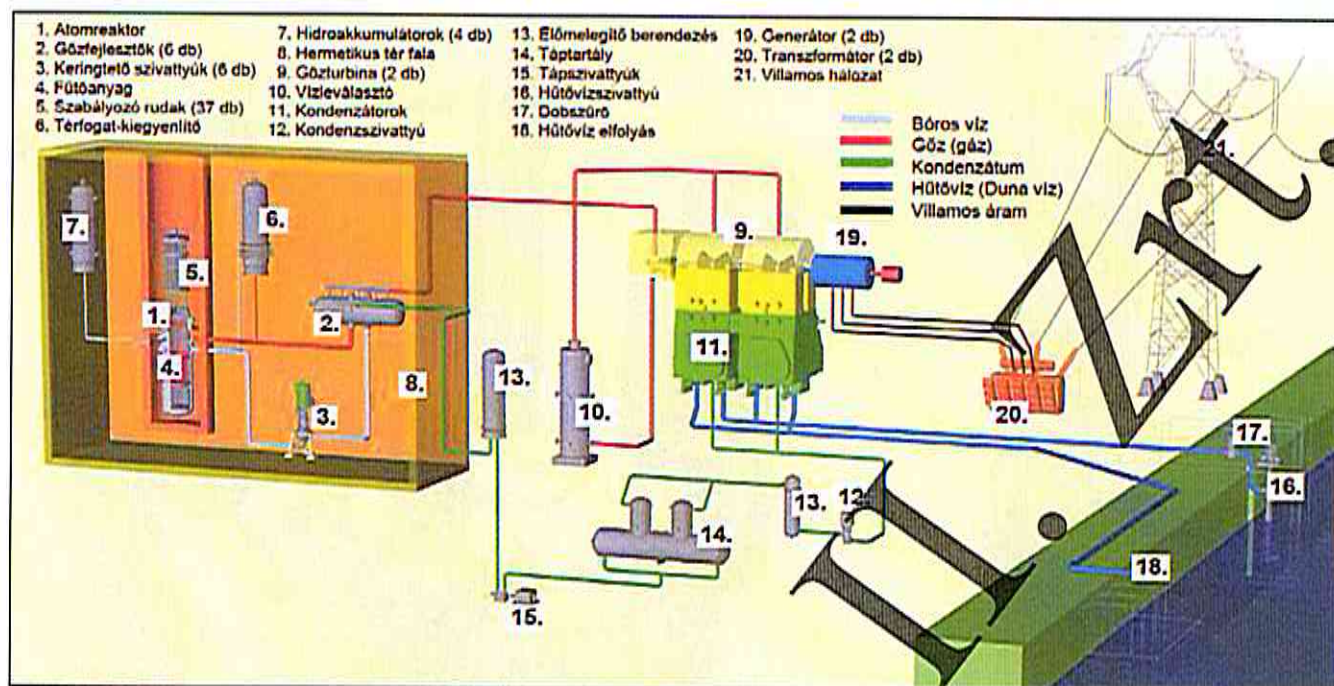
A nyomottvízes reaktorokban három hűtőkörös rendszer gondoskodik a hő elszállításáról a reaktortól a végső hőelnyelőig. A maghasadás során keletkező nagymennyiségű hő egy zárt rendszerben (az ún. primer körben) keringő tisztított víz szállítja el, amelynek nyomása olyan, hogy a hűtővíz még a magas üzemi hőmérsékleten sem forr fel (innen a „nyomottvízes” elnevezés). A reaktorból elvitt hő egy újabb zárt vízkörben (az ún. szekunder körben), nagyméretű hőcserélőkben (gőzfejlesztőkben) gőzt fejleszt, ez a gőz forgatja a turbinát. Ez a forgómozgás a generátorban mágneses indukció révén villamos áramot termel. A megtermelt villamos energia kapcsolóberendezéseken és transzformátorokon át az országos hálózatba kerül.

A munkát végzett „fáradt” gőzt a kondenzátorban vízzé alakítják vissza (kondenzálják) a végső hőelnyelő – mely lehet tengervíz, folyóvíz vagy hűtőtoronyos hűtésnél a levegő – alkalmazásával.

A tengerből vagy a folyóból kiemelt nagymennyiségű hűtővizet – kissé felmelegedve – visszacsúszdik a tengerbe vagy a folyóba, így ez a harmadik vízkör (az ún. tercier kör) nyitott.

Ezen kívül a nukleáris gőzfejlesztő berendezéshez számos technológiai segédrendszer is tartozik, melyek biztonsági feladatokat látnak el, javítják az erőmű hatásfokát, folyamatosan tisztítják a vízköröket. Egy nyomottvízes atomerőmű működését mutatja a 2.2.2.1-1. ábra.

³ A Pakson működő VVER blokkok a nyomottvízes típusúhoz tartoznak.



Forrás: Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Látogatóközpont: Hogyan működik? c. kiadványa

2.2.2.1-1. ábra: A nyomottvizes atomerőmű működése

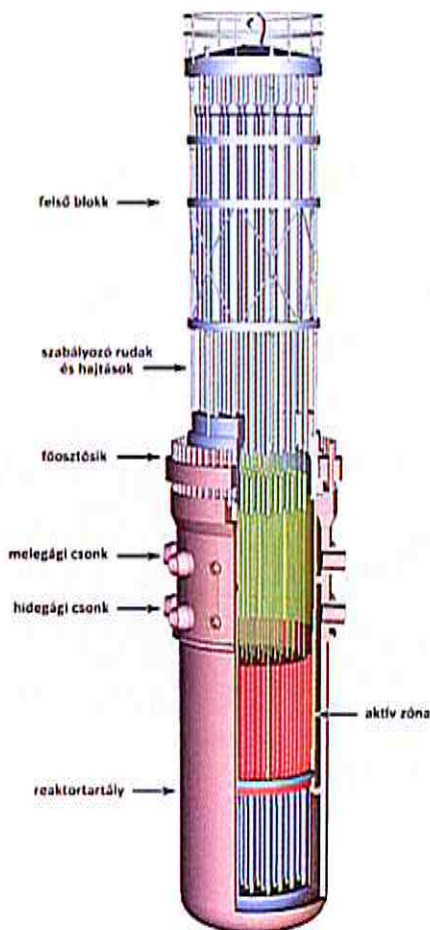
2.2.2.2. A primer kör

Az aktív zóna egy függőleges állású, hengeres alakú acél reaktortartályban található, amely belülről rozsdamentes acél bevonattal (ún. platinozással) van ellátva korrózióvédelem céljából. A tartály felső részén helyezkednek el a hűtőközeg be- és kivezetésére szolgáló belépő- és kiömlő csonkok (2.2.2.2-1. ábra).

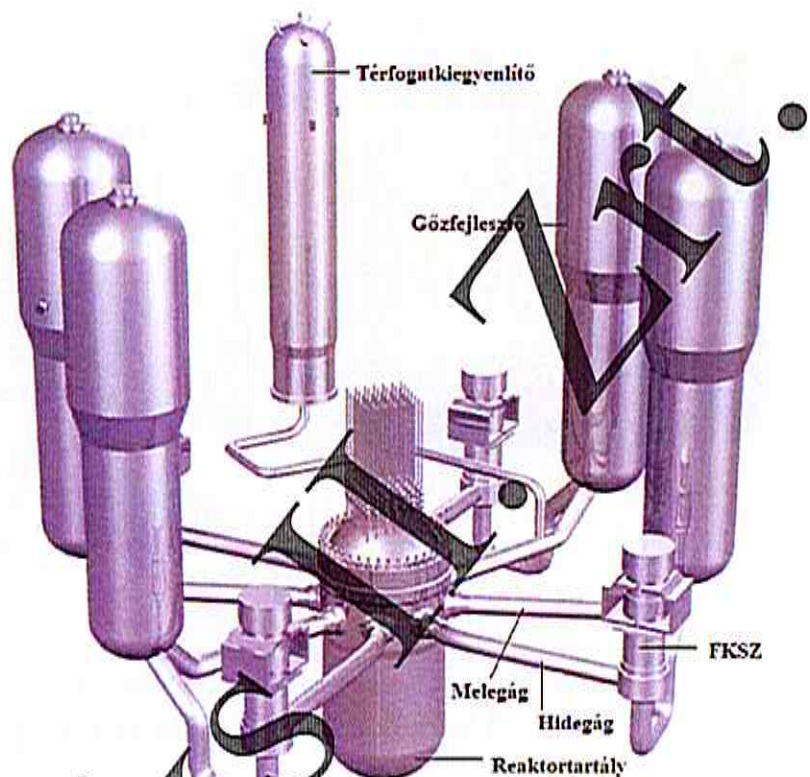
Az aktív zónában felszabaduló hő elszállításáról típustól függően 2, 3, 4 vagy 6 hűtőkör gondoskodik. Egy négyhurkos primer kör 3D képét mutatja a 2.2.2.2-2. ábra. A primer kör nyomás szabályozása az egyik körhöz kapcsolódó térfogatkompenzátor feladata. A térfogatkompenzátor szükség esetén a tartályában lévő villamos fűtőtestekkel növeli, illetve a hidegágból vett hideg víz befecskendezésével csökkenti a primer kör nyomását.

A hűtővíz a hidegágakon keresztül jut be a reaktortartályba, míg az aktív zónában 300–320 °C-ra felmelegedett víz a melegágakon át kerül a reaktortartály körül elhelyezkedő gőzfejlesztőkbe. A reaktorban felmelegedett víz hőjének egy részét itt adja át a szekunder kör vizének, miközben a szekunder kör vize a gőzfejlesztőben felforr (gőzzé alakul). A lehűlt hűtőközeg a hidegágakon jut vissza a reaktorba, a víz cirkulációját a főkeringtető szivattyúk (FKSZ) biztosítják.

A nyomottvizes reaktorok primer körében a nyomás értéke – típustól függően – 123–156 bar. Ez a magas nyomás biztosítja, hogy az aktív zónából kilépő magas hőmérsékletű hűtővíz ne forrjon fel.



2.2.2.2-1. ábra: Egy VVER-440 reaktortartály képe



2.2.2.2-2. ábra: Egy négyhurkos blokk (Mitsubishi APWR) primer körének képe

2.2.2.3. A Szekunder kör

A szekunder kör feladata a reaktorban megtermelt hő átalakítása mozgási, majd villamos energiává. A szekunder oldalon áramló tápvizet a gőzfejlesztők vékony csöveiben keringő, 300–320 °C hőmérsékletű primer körű víz felmelegíti és felforralja.

A gőzfejlesztőből kilépő gőz a turbinára kerül, ahol mozgási energiáját kihasználva meghajtja a turbina lapátjait. A turbinában ugyanazon a tengelyen helyezkedik el egy nagynyomású és két kisnyomású ház, valamint a generátor forgórésze. A nagynyomású turbinaházban a gőz hőmérséklete csökken, a gőz nedvességtartalma pedig jelentősen megnő. Emiatt a kisnyomású házba való belépés előtt a gőz ún. cseppléválasztó és gőztúlhevítő berendezésbe kerül, ahol a turbinalapátokat károsító vízcseppeket eltávolítják belőle.

2.2.2.4. A tercier kör, a végső hőelnyelő

A már munkát végzett (fáradt) gőz a kondenzátorba kerül, ahol több ezer vékony csőben hűtővíz áramlik. A hűtőcsöveken a gőz kb. 25 °C hőmérsékleten kondenzálódik, majd tisztító és – a hatások javítása érdekében alkalmazott – előmelegítő berendezéseken keresztül a tápszivattyúk visszajuttatják a gőzfejlesztőbe.

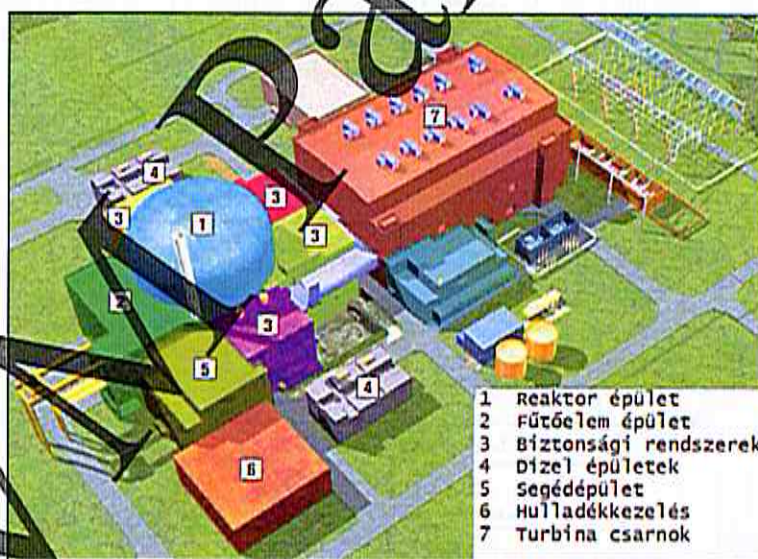
A végső hőelnyelő biztosítja a reaktorban keletkező hő azon részének elvezetését, amely nem alakul át villamos energiává (a körfolyamat hatásfokától függően ez a részarány kb. 65–67%). A végső hőelnyelő kialakítására – a telephely adottságainak függvényében – többféle megoldás lehetséges.

Nagy vízhozamú folyó, nagyobb tó vagy tenger mellé telepített erőmű esetében az azokból kiemelt hűtővizet alkalmazzák végső hőelnyelőként (ilyen megoldással működnek a mai paksi blokkok is). Azokon a telephelyeken, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű „frissvíz” a terciér kör táplálására, ott hűtőtornyokat alkalmaznak.

2.2.2.5. A nyomottvizes atomerőművek fő épületei

Az egyes típusok között ugyan vannak eltérések, de a nyomottvizes atomerőművek jellemző épületei jól illusztrálhatók az EPR blokk épületeivel (2.2.2.5-1. ábra):

1. **Reaktor épület (konténment):** ebben található a nukleáris gőzfejlesztő berendezés, beleértve a reaktortartályt, a primer kört és a gőzfejlesztőket. A konténment egy nyomásálló, hermetikusan kialakított (általában kettősfalú) építmény, amely megakadályozza, illetve korlátozza a radioaktív anyagok környezetbe jutását.
2. **Fűtőelem épület:** a friss és a kiegészített nukleáris üzemanyag kezelésére és tárolására szolgál.
3. **Biztonsági rendszerek épülete:** a többszörös redundancia miatt az atomerőművekben több biztonsági (pl. üzemzavari zónahűtő) rendszer van, melyek közül egyetlen rendszer megfelelő működése is elegendő az üzemzavar kezeléséhez. A megfelelő fizikai szétválasztás miatt ezeket általában különálló épületekben helyezik el.
4. **Dízel épületek:** az üzemzavari váltóáramú villamos betáplálást biztosító dízelgenerátorok a megfelelő fizikai szétválasztás miatt több különálló épületben találhatók.
5. **Segédépület:** itt találhatók a primer és a szekunder körhöz tartozó fontos segédrendszerek.
6. **Hulladékkezelés épülete:** itt történik a blokk üzemeltetése során keletkező folyékony és szilárd radioaktív hulladékok kezelése.
7. **Turbina csarnok:** a turbinát és a generátort, valamint a kapcsolódó segédrendszereket magába foglaló épület.



2.2.2.5-1. ábra: Az EPR reaktorblokk fontosabb épületei [5]

2.2.2.6. Biztonsági filozófia – a mélységi védelem elve az új atomerőművekre

A mélységi védelem elve

A radioaktív anyagok környezetbe történő kijutását négy fizikai gát akadályozza meg:

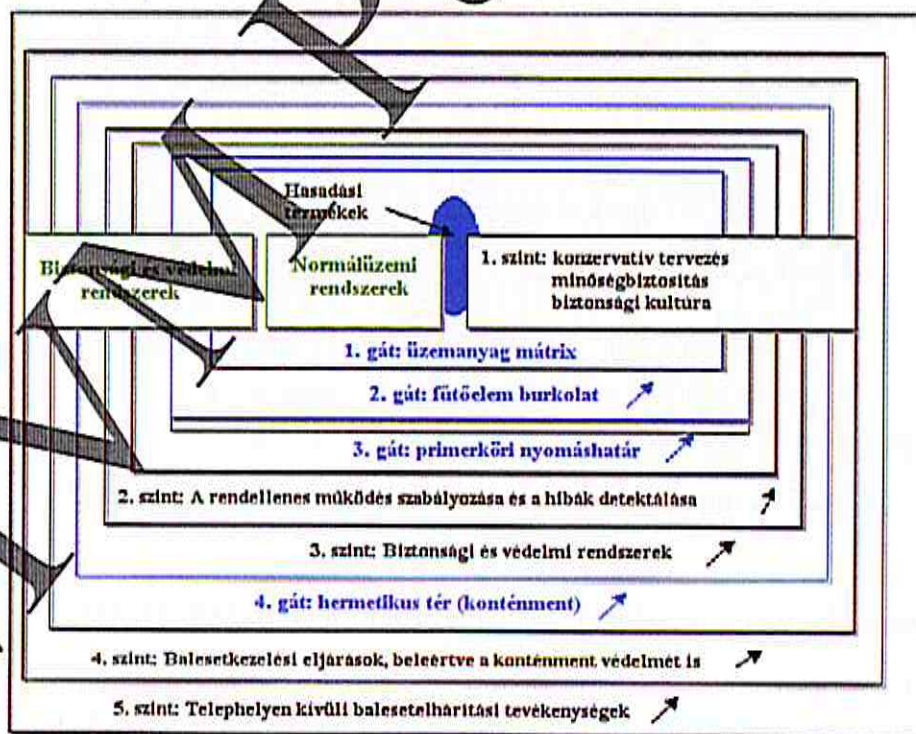
1. az üzemanyag mátrix (a fűtőelem tablettá anyaga),

2. a fűtőelem légmentesen záró burkolata,
3. a primer kör nyomáshatára (a reaktortartály és a primer kör csövezetékek),
4. a hermetikusan záró, általában kettősfalú konténment.

A mélységi védelem elvét már az első atomerőművek tervezésénél is alkalmazták. Amellett, hogy biztosítja az üzemzavarok megelőzését, alkalmas az esetleg bekövetkezett balesetek következményeinek enyhítésére is. A mélységi védelem szintjeit az üzemzavar fokozatos súlyosbodásának megfelelően definiálták: ha az első szint nem működik, akkor letér a második szint stb. A mélységi védelem eredeti koncepciója ([6], [7], [8]) három szintet tartalmazott, majd az elvet továbbfejlesztették és az 1990-es években bevezették a „tervezési alapon túli üzemzavarok” (angolul BDBA – Beyond Design Basis Accident) osztályát. Ebbe a kategóriába azok az üzemzavarok tartoznak, amelyek a blokk tervezési alapjában eredetileg nem szerepeltek (pl. a többszörös meghibásodások eredményeképpen kialakulható üzemzavarok és a súlyos balesetek). Az új kategória kezelésére két új mélységi védelmi szintet vezettek be. A mélységi védelem alapvető célja, hogy a fizikai gátak integritását automatikus vagy kézi működtetésű biztonsági és védelmi rendszerek segítségével fenntartsa az épségüket veszélyeztető belső és külső események bekövetkezésekor. A mélységi védelem öt szintjét, a négy fizikai gátat továbbá az automatikus és kézi beavatkozások viszonyát illusztrálja a 2.2.2.6-1. ábra.

A mélységi védelem alkalmazása az új blokkokra

A mélységi védelem új blokkokra érvényes koncepciója a 2.2.2.6-1. ábra szerinti öt szintet tartalmazza [7]. Az új blokkoknál már a tervezési alap részeként kezelnek olyan üzemzavarokat, amelyeket a mai reaktoroknál „tervezésen túli” kategóriába soroltak (ilyenek pl. a többszörös meghibásodások és a zónaolvadással járó súlyos balesetek). Emiatt a ma üzemelő és az új reaktoroknál a „tervezésen túli üzemzavarok” osztály tartalma eltérő. További előrelépés, hogy míg a mai reaktoroknál a mélységi védelem a nukleáris üzemanyaggal főleg azokban az állapotokban foglalkozik, amikor az üzemanyag a reaktorban van, addig az új blokkoknál a terjedelemben beletartozik a nukleáris üzemanyag összes lehetséges állapota (pl. azok a szituációk is, amikor az üzemanyag kazettákat a pihentető medencében tárolják).



2.2.2.6-1. ábra: A védelmi gátak, a mélységi védelmi szintek és a beavatkozások hierarchiája [6], [8]

Ha egy biztonsági funkció fenntartására szolgáló biztonsági rendszert több (általában 3 vagy 4) párhuzamos, azonos elven működő alrendszerrel valósítanak meg, akkor redundáns megoldásról beszélünk, melyeket egymástól fizikailag el kell választani, hogy a működésüket potenciálisan veszélyeztető külső események (pl. tűz, elárasztás) ne okozhassák a párhuzamos rendszerek egyidejű elvesztését.

Diverz megoldásról akkor beszélünk, ha egy biztonsági rendszert több, eltérő működési elven alapuló alrendszerrel valósítanak meg.

Egy funkciót akkor nevezünk „egyszeres hibatűrőnek”, ha azt redundáns rendszerek valósítják meg és az egyik redundáns rendszerben bekövetkező egyszeres meghibásodás⁴ nem okozza a funkció elvesztését.

2.2.2.7. A 3. generációs reaktorok sajátosságai

A 3. generációs típusok fejlesztése során az egyik fontos cél a hipotetikus súlyos balesetek megelőzése és a rendkívül kis valószínűséggel bekövetkező súlyos balesetek következményeinek csökkentése volt. Az alkalmazott tervezési és technológiai megoldások biztosítják, hogy még súlyos balesetek során se kerülhessenek radioaktív anyagok a környezetbe, így a 3. generációs blokkok még súlyos balesetek bekövetkezése esetén sem gyakorolnak számottevő hatást a lakosságra és az erőmű környezetre.

A súlyos balesetek során esetleg megolvadt zóna kezelésére az egyik elterjedt konstrukció a „zónaolvadék csapda” (angolul „core catcher”) alkalmazása, amikor a reaktortartály alatti beton átolvadását úgy akadályozzák meg, hogy az olvadék szűkületet elősegítő helyiségeket alakítanak ki az akna alján, vagy olyan anyagokat helyeznek el a tartály alatt, amelyek nem hatol át a zónaolvadék. Ilyen megoldást alkalmaz az EPR, az ATMEA1 és a MIR.1200 blokk. Ehhez képest eltérő megoldást alkalmaznak az AP1000 blokknál, ahol igyekeznek a megolvadt zónát mindenképpen a reaktortartályon belül tartani és ehhez a tartályt kívülről hűtik a tartályt befogadó reaktoraknával vízzel elárasztva. Ehhez hasonló megoldást alkalmaz a koreai APR1400 blokk standard verziója is, de az európai piaera szánt változathoz már „core catcher” is tartozik.

A mélységi védelem fontos része a konténment, mivel ez képviseli az utolsó gátat a radioaktív anyagok és az erőmű környezete között. Emiatt számos innovatív megoldás született a 3. generációs blokkok konténmentjének megerősítésére, a szerkezet integritásának hosszú távú fenntartására. Az AP1000 típusnál alkalmazott passzív konténment belső, rozsdamentes acélból készült fala elvezeti a hőt a konténment belsejéből, amit a természetes cirkuláció által hajtott levegő szállít tovább. Szükség esetén beindul a belső acélfal külső felületének vízhűtése is, ehhez a vízutánpótlást a konténment tetején elhelyezkedő nagyméretű víztartály passzívan, gravitációs úton biztosítja.

A konténment épségét védik a hipotetikus súlyos baleseti folyamatok során keletkező – a konténment levegőjével keveredve bizonyos koncentráció elérésekor robbanóképes – hidrogéngáz kezelésére alkalmazott eljárások is. A passzív eljárásban katalitikus rekombinátorokkal folyamatosan megkötik a légtérbe jutó hidrogént, az aktív eljárásban pedig „hidrogéngyújtókat” alkalmaznak, melyek a konténmentben felgyülemlett hidrogéngázt még jóval a veszélyes koncentráció elérése előtt szándékosan begyűjtják, ezzel biztosítva hogy az sehol ne érje el a robbanásveszélyes koncentrációt.

A mai előírások a legtöbb országban megkövetelik, hogy a konténment ellenálljon egy nagy utasszállító repülőgép becsapódásának is, a nagymennyiségű kiömlött kerozin által keltett kiterjedt tüzek ellenére is.

⁴ Az egyszeres meghibásodás egy rendszerem olyan véletlenszerű, egyetlen hibából eredő meghibásodása, amely az adott rendszerem és/vagy az őt tartalmazó rendszer funkciójának elvesztésével jár.

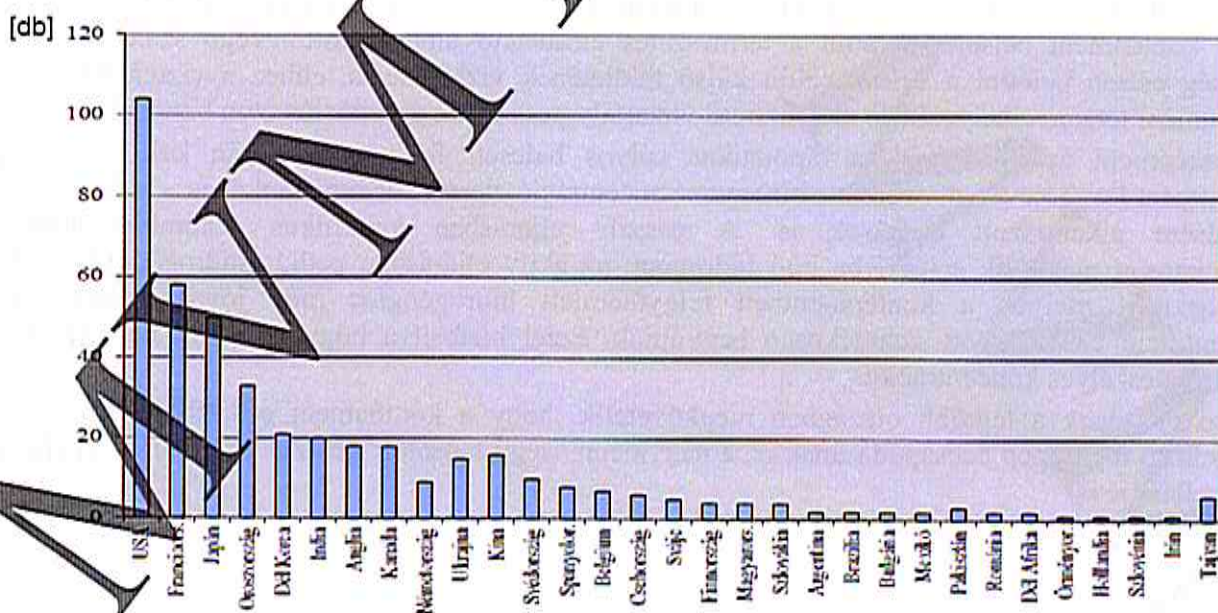
2.2.3. Nukleáris energiatermelés a világban, a nukleáris energiatermelés referenciái

A nukleáris energetika az 1960-as és 1970-es években világszerte gyorsan fejlődött, de ez a fejlődés a Three-Mile Island baleset (USA, 1979) után megtorpant, majd a csernobili atomerőmű balesetét (Szovjetunió, 1986) követően lényegében megállt. A helyzet a XXI. század elején változott meg, alapvetően két fontos körülmény miatt. Az egyik körülmény a jelenlegi magas olaj- és gázár, amely az energiapiaci elemzők szerint tartósan magas is marad, még növekedhet is a politikai válságok hatása miatt. A másik körülményt a globális klímaváltozással kapcsolatos aggodalmak és nemzetközi kötelezettségek jelentik. A fenntartható fejlődéshez szükséges „tiszt” (zero CO₂ kibocsátással járó) energiatermelésre az újfajta energiaforrások (megújuló és fúzió), illetve az új energiahordozók (pl. hidrogén) rövid távon biztosan nem, de még középtávon sem biztos, hogy megoldást jelentenek. Emiatt világszerte újból előtérbe került az atomerőművek alkalmazása, annál is inkább, mert időközben az atomerőművi technológia jelentősen fejlődött, így a piacon jelenleg kapható 3. generációs blokk típusok műszaki-biztonsági mutatói olyanok, hogy nagyszámú atomerőmű működtetése is biztonságosnak tekinthető. [9]

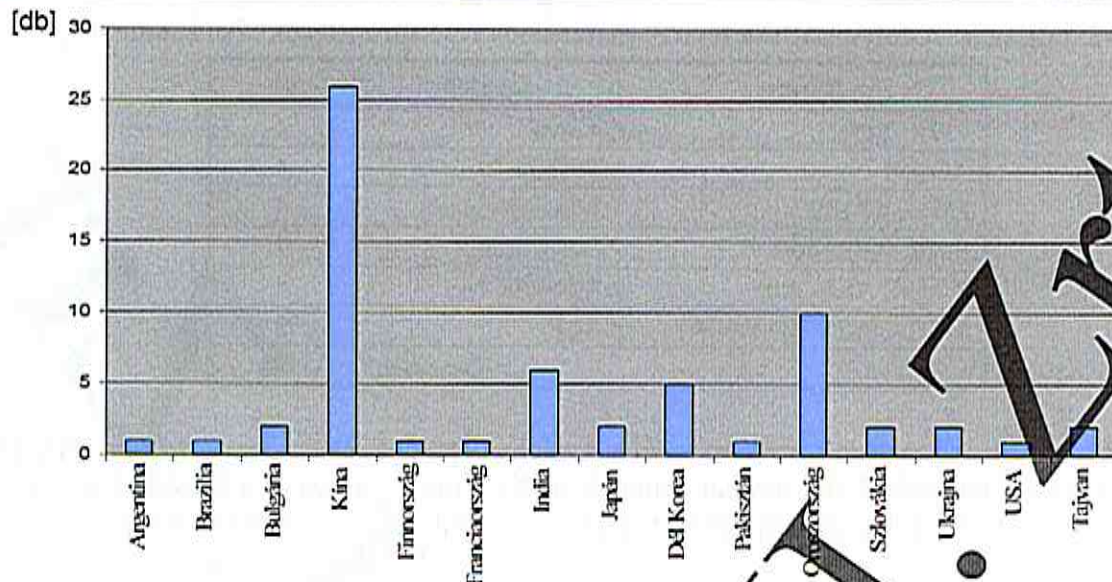
A világtendencia változása hatott az Európai Unióra is. Az unió fokozottan érzékeny a fosszilis energiahordozókkal kapcsolatos problémákra, hiszen saját gáz- és olajtermelése csak a fogyasztás töredékét fedezi.

Az üzemelő atomreaktorok országokénti megoszlását mutató 2.2.3-1. ábra adatai alapján megállapítható, hogy az összesen 435 db üzemelő reaktor közel 25%-a az Amerikai Egyesült Államokban található. A második helyen Franciaország szerepel, az 58 francia atomreaktor az ország energiatermelésének közel 75%-át adta (2009. december 31-i állapot). Kínában jelenleg csak 16 üzemelő atomerőművi blokk van, melyek az ország energiatermelésének jelentéktelen részét adják. [10] Egészen más képet mutat az építés alatt lévő reaktorok mennyisége és megoszlása. Kínában található az épülő reaktorok kb. 44%-a, egyértelmű az ázsiai országok dominanciája. Az építés alatt lévő reaktorok (összesen 63 db) országokénti számát mutatja a 2.2.3-2. ábra.

2012 elején a világ kb. 373 GW villamos teljesítményt szolgáltató 435 atomerőművi blokkjának túlnyomó többsége a nyomottvízes (PWR) és a forralóvízes (BWR) típusba tartozott, de sok blokk üzemelt a kanadai CANDU nehézvízes technológiával is [10]. Van még néhány RBMK technológiával működő reaktor (ez a „csernobili” forralóvízes típus: vízhűtéssel és grafit moderátorral), és üzemelnek még gázhűtésű reaktorok is.



2.2.3-1. ábra: Üzemelő reaktorok országokénti megoszlása (2012. január) [10]



2.2.3-2. ábra: Építés alatt lévő reaktorok országonkénti megoszlása (2012. január) [10]

A jelenlegi piacon alapvetően az alábbi nagy szállítók vannak jelen, melyek a 3. generációs blokkok különféle változatait kínálják: Areva, AECL (Atomic Energy Canada Ltd.), Atomsztrólexport, General Electric (GE), Hitachi, Mitsubishi, Toshiba-Westinghouse, valamint a dél-koreai KEPCO (Korea Electric Power Corporation). Ezek a nagyvállalatok – amellett, hogy egymás kemény versenytársai – bizonyos projekteken együttműködnek, és vannak közös fejlesztéseik is. A továbbfejlesztett nyomottvizes reaktorok öt gyártójától (Areva, Toshiba-Westinghouse, Atomsztrólexport, Mitsubishi és KEPCO) származnak. Ezek mellett 2007-ben indult egy ATMEA nevű Areva-Mitsubishi közös vállalat, melynek célja egy 1000–1100 MW_e teljesítményű 3. generációs blokk fejlesztése.

A jelenleg folyamatban lévő atomerőmű építések (2.2.3-1. és 2.2.3-2. táblázat) áttekintésekor szembeötlő a nyomottvizes típus dominanciája, az új blokkok több, mint 80%-a ebbe a típusba tartozik, ezzel szemben a forralóvizesek aránya kisebb, mint 10%. A nukleáris önállóságra törekvő India kivételnek számít, mert itt főleg saját fejlesztésű nyomott-tartályos (PHWR) blokkokat építenek.

2.2.3-1. táblázat: A folyamatban lévő reaktorépítések reaktor típus alapján (2012. január) [10]

Típus	Épülő blokkok száma [db]	Összteljesítmény [MW]	Hányad [%]
Forralóvizes (BWR)	4	5 250	8,6
Gyors-tenyésztő (FBR)	2	1 274	2,1
RBMK* (LWGR)	1**	915	1,5
Nyomott nehézvizes (PHWR)	4	2 582	4,2
Nyomottvizes (PWR)	52	51 011	83,6
Összesen	63	61 032	100,0

* Forralóvizes reaktor, grafit moderátorral és könnyűvíz-hűtéssel.

** Az oroszországi Kurszki Atomerőmű 5. blokkjának építését 1985-ben kezdték meg, az építést később felfüggesztették, a blokk készültségi állapota jelenleg 70%-os. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Power Reactor Information System [10] adatbázisában a blokk építés alatt állóként szerepel, az építés végleges felfüggesztésének szándékát nem jelezték.

2.2.3-2. táblázat: A folyamatban lévő 3. generációs reaktorépítések (2012. január) [10]

Típus	Gyártó	db
PWR, EPR	Areva	4
ABWR	Toshiba	4
PWR, AP1000	Westinghouse	4
PWR, APR1400	Dél-Korea	2
VVER, AES-2006	ROSATOM	4
VVER, AES-92 (V-466)	ASE	2
Összesen:		20

A fejelet, 3. generációs reaktorok döntő mértékben Ázsiában épülnek, elsősorban Kínában. Míg Japán és Dél-Korea saját fejlesztésű reaktorokat építenek, addig Kína az Areva és a Westinghouse mellett döntött. A folyamatban lévő reaktorépítéseket országok szerint a 2.2.3-3. táblázat mutatja.

2.2.3-3. táblázat: A folyamatban lévő reaktorépítések országok alapján (2012. január) [10]

Ország	Épülő blokkok száma [db]	Épülő blokkok típusa	Összteljesítmény [MW]	Hányad [%]
Argentína	1	Nyomott nehézvízes	692	1,1
Brazília	1	Nyomottvízes	1 245	2,0
Bulgária	2	Nyomottvízes	1 906	3,1
Kína	26	Nyomottvízes	26 620	44,0
Finnország	1	Nyomottvízes	1 600	2,6
Franciaország	1	Nyomottvízes	1 600	2,6
India	6	3 nyomott nehézvízes 1 gyors-tenyésztő 2 nyomottvízes	3 766	6,2
Japán	2	Nyomottvízes	2 650	4,4
Dél-Korea	5	Nyomottvízes	5 560	9,3
Pakisztán	1	Nyomottvízes	300	0,5
Oroszország	10	8 nyomottvízes 1 gyors-tenyésztő 1 RBMK*	8 203	13,6
Szlovákia	2	Nyomottvízes	782	1,3
Ukrajna	2	Nyomottvízes	1 900	3,1
USA	1	Nyomottvízes	1 165	1,9
Tajvan	2	Forralóvízes	2 600	4,3
Összesen	63		60 589	100,0

* A Kurszk Atomerőmű 5. blokkjának építését 1985-ben kezdték meg, az építést később felfüggesztették, a blokk készültségi állapota jelenleg 70%-os. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Power Reactor Information System [10] adatbázisában a blokk építés alatt állóként szerepel, az építés végleges felfüggesztésének szándékát nem jelezték.

A 2011 márciusában Japánban bekövetkezett nagy erősségű földrengés miatt a tervezett atomerőművi fejlesztések, a folyamatban lévő engedélyezési eljárások, illetve atomerőmű építések ütemezése valószínűsíthetően világszinten felülvizsgálatra kerülnek. Az Európai Unió Tanácsának előírása alapján az atomerőműveket üzemeltető országokban elvégzésre került a jelenleg üzemelő atomerőművi blokkok biztonsági szempontú felülvizsgálata. A felülvizsgálati jelentéseket az illetékes nemzeti hatóságok értékelték, és elkészítették a Nemzeti Jelentést az Európai Bizottságnak

az adott állam területén működő atomerőművek biztonságáról. Ezeket a jelentéseket az EU-tagállamok biztonsági hatóságai által delegált tagokból álló nemzetközi munkacsoport veti független és kölcsönös felülvizsgálat alá.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a 2011. október 31-i határidőig megküldte az 1–4. blokk célzott biztonsági felülvizsgálat eredményeiről készült jelentését az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) részére. Az OAH a jelentést elfogadta, és értékelése alapján 2011. december végéig meghatározta azokat a teendőket, amelyeket az erőműnek a biztonság további növelése érdekében el kell végeznie. A felülvizsgálat eredményeiről összeállított Nemzeti Jelentés⁵ 2011. december 29-én került kiadásra, melyet az OAH benyújtott az Európai Bizottságnak.

Az OAH a Nemzeti Jelentésben a célzott biztonsági felülvizsgálat értékelése alapján megállapította, hogy a paksi atomerőmű tervezési alapja megfelelő, összhangban van a jogszabályokban meghatározott követelményekkel és a nemzetközi gyakorlattal. A biztonsági rendszerek és funkciók megfelelnek a tervezési alapban figyelembe vett elvárásoknak, azonnali intézkedésre nincs szükség. A hatósági felülvizsgálat arra is rámutatott, hogy azonosítható néhány olyan változtatási lehetőség is, amelyek végrehajtása az erőmű biztonságát még tovább növelheti.

2.3. A telephelyen jelenleg működő atomerőmű és a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója összefoglaló bemutatása

2.3.1. A meglévő atomerőmű főbb technológiai jellemzői

A paksi atomerőmű egyenként eredetileg 440 MW villamos teljesítményű, VVER-440/213 típusú nyomottvízes reaktorblokkja 1982 és 1987 között kezdte meg működését, az erőmű azóta tervszerűen, folyamatosan üzemel. A blokkok eredetileg tervezett üzemideje 30 év, mely a tervezett üzemidő-hosszabbítás megvalósulása esetén további 20 évvel növekszik. A minél gazdaságosabb üzemeltetés érdekében végrehajtott, a biztonsági követelményeket teljesítő módosításoknak köszönhetően az egyes blokkok névleges villamos teljesítménye elérte az 500 MW-ot, így az erőmű névleges villamos kapacitása jelenleg 2000 MW. Az atomerőmű alaperőműként, viszonylag egyenletes terheléssel üzemel.



2.3.1-1. ábra: A paksi atomerőmű blokkjainak látképe

Az egyes reaktorok ikerblokk kialakítású épületekben helyezkednek el. A két-két reaktort magában foglaló ikerblokkok a 2.3.1-1. ábrán láthatók. A paksi atomerőmű reaktorblokkjai kétkörös kialakításúak, ennek megfelelően radioaktív primer körből és nem radioaktív szekunder körből állnak. Az erőmű nyomottvízes típusú, vízzel hűtött és moderált energetikai reaktorainál a hőhordozó – a reaktort is magába foglaló – zárt primer körben kering, közvetlen kapcsolata a külvilággal nincs.

Az atomerőműből – tervezett és ellenőrzött módon az előírt korlátokat betartva – radioaktív izotópok

kerülhetnek ki a környezetbe a szellőzőkéményeken és a melegvíz csatornán keresztül, valamint a normál üzemeltetés, karbantartás során radioaktív hulladékok keletkeznek. A szellőztető rendszerek által előszívott, illetve a technológiai lefűtatásokból származó levegőt a légnemű kibocsátásokat kezelő rendszerek aeroszol és jód szűrők alkalmazásával tisztítják, majd a blokkokból 100 m, az egészségügyi-laboratóriumi épületből 30 m magas kéményen keresztül kerül a környezetbe. A keletkező hulladékvizeket ellenőrzőtartályokban gyűjtik, és kibocsátásukat minden esetben szigorú kémiai és radiológiai minősítés előzi meg. A kibocsáthatónak minősített vizek az ellenőrző

⁵ Nemzeti Jelentés a Paksi Atomerőmű Célzott Biztonsági Felülvizsgálatáról, Országos Atomenergia Hivatal, Budapest, 2011. december 29.

tartályokból, a kibocsátási határértékek betartásával a melegvíz csatornán keresztül a Dunába, mint befogadóba kerülnek.

A keletkező kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékokat feldolgozzák (válogatják, tömörítik, az iszapokat szilárdítják), átmeneti tárolásuk az erőmű fő- és segédépületeiben történik. A paksi atomerőmű üzemeltetéséből és majdani leszereléséből származó kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére a Bataapáti térségében létesült Nemzeti Radioaktív Hulladék-tárolóban (NRHT) kerül sor.

A nagyaktivitású szilárd hulladékok a visszanyerhetőséget biztosító csomagolásban tároló kutakban kerülnek elhelyezésre. A kutakban lévő hulladékok végleges elhelyezéséről az erőmű leszerelésekor kell gondoskodni. Az erőmű reaktoraiból kikerülő kiégett fűtőelemek átmeneti tárolásra a külön erre a célra épült létesítménybe – az RHK Kft. által üzemeltetett – Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT) kerülnek.

2.3.2. A Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója

Az atomerőmű üzemeltetése során keletkező – évente átlagosan 400 db – elhasznált fűtőelem kazettát az esetleges további feldolgozást vagy a feldolgozás nélküli végleges elhelyezést megelőzően átmenetileg tárolják. A tárolást a reaktor mellett elhelyezkedő, és ebből adódóan korlátozott tároló kapacitással rendelkező pihentető medence biztosítja arra a 3,5 éves időtartamra, amíg a reaktorból kikerülő üzemanyag fajlagos aktivitása és hőfejlődése olyan értékre csökken, amely már lehetővé teszi a kiégett üzemanyag átmeneti tárolóban való elhelyezését. A pihentetést követően a kiégett fűtőelemek az erőmű szomszédságában található átmeneti tároló létesítményben, a kazetták legalább 50 éves tárolását biztosítani képes Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójában (KKÁT) kerülnek elhelyezésre.

A 2.3.2-1. ábrán látható KKÁT moduláris, más néven száraz tároló (MVDS – Modular Vault Dry Storage), olyan vasbeton építmény, amely tároló üregeket tartalmaz mátrixos elrendezésben, melyek alkalmasak a fűtőelem-kötegek befogadására. A megfelelő árnyékolást és a védőbeton szerkezet biztosítja. A hővezetést levegőnek a fűtőelemek, illetve a tároló üregek külső felületén történő keringtetésével érik el, majd a levegőt közvetlenül az atmoszférába engedik. A kamrán áramló levegőben a tárolt fűtőelemből elvont hő által fenntartott kéményhatás (levegő-termoszifon) biztosítja a hajtóerőt és ezáltal a megfelelő hűtést aktív gépészeti rendszerek és személyi felügyelet nélkül.



2.3.2-1. ábra: A Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója Pakson

A létesítmény első 3 kamrából álló modulja és a kiszolgáló épület 1997-re készült el, a KKÁT ekkor kezdte meg működését. Egy-egy 4 kamrából álló modult adtak át 2000-ben és 2003-ban, majd megtörtént az újabb 5 kamrából álló modul építésének befejezése 2007-ben, így a tároló 16 kamrája ekkor összesen 7200 db kazetta befogadására vált alkalmassá. A KKÁT-ban 2010. december 31-én összesen 6547 db kiégett üzemanyag kazettát tároltak. A KKÁT újabb 4 kamrából álló tárolómoduljának átadására 2011 decemberében került sor, a létesítmény tárolókapacitása ezzel 9308 db kazettára növekedett.

2.3.3. Az atomerőmű és a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója biztonsági övezete

Nukleáris létesítmények biztonsági övezetének határait, valamint a biztonsági övezetben alkalmazandó korlátozásokat jelenleg a nukleáris létesítmény és a radioaktív hulladék-tároló biztonsági övezetéről szóló 246/2011. (XI. 24.) Korm. rendelet előírásai alapján kell meghatározni.

A rendelet szerint a biztonsági övezet földfelszíni távolsága atomerőmű és kiégett üzemanyag átmeneti tárolója esetében is a létesítmény legkülső technológiai védelmet jelentő fal síkjától számítva legalább 500 m. A biztonsági övezet határán a folyamatosan ott tartózkodó személyt a nukleáris létesítmény szabályszerű működése során a környezetbe kibocsátott vagy kikerülő radioaktív anyagok sugárzása révén nem érheti nagyobb sugárterhelés 100 $\mu\text{Sv/év}$ -nél. A Korm. rendelet a biztonsági övezetre vonatkozóan különböző korlátozásokat ír elő (pl. lakó-, üdülőépületek építésének, veszélyes anyagok tárolásának, a nukleáris létesítményre veszélyes emberi tevékenységek tilalma).

A paksi atomerőmű 246/2011. (XI. 24.) Korm. rendelet szerint felülvizsgált biztonsági övezetének határait az Országos Atomenergia Hivatal a 2012. augusztus 2-án kiadott HA5538 számú határozatával jelölte ki. A biztonsági övezet kiterjedését a *Melléklet M-4. ábrája* mutatja. A Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója felülvizsgált biztonsági övezetének határait az Országos Atomenergia Hivatal a 2012. július 31-én kiadott, HA5540 számú határozatával jelölte ki a 246/2011. (XI. 24.) Korm. rendelet előírásai alapján.

Paks Város Helyi Építési Szabályzata (24/2003. (XII. 31.) sz. Önkorm. rendelet) alapján az atomerőmű és a KKÁT biztonsági övezetébe eső területek mind építési tilalommal terheltek.

2.4. A létesítendő új blokkok számításba vett típusainak ismertetése

2.4.1. A számításba vett blokk típusok alapadatai

Az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése során végzett előzetes vizsgálat [9] egyértelműen nyomottvízes, 3. generációs atomerőmű típus építését javasolta. Amellett, hogy a világban épülő új blokkok több mint 80%-a ehhez a típushoz tartozik, a meglévő hazai szakmai háttér és a paksi atomerőmű blokkjaival szerzett sokéves kedvező üzemeltetési tapasztalat is ezt indokolja. A technológiai, biztonsági, üzemeltetési, karbantartási és létesítési jellemzőket összehasonlító és azokat értékelő Megvalósíthatósági Tanulmány [9], valamint a későbbi APR1400 elemzések az alábbi blokk típusok létesítését tartották javasolhatónak:

- AP1000 – Advanced Pressurized Water Reactor 1000 (Toshiba-Westinghouse),
- AES-2006 (Atomsztrójeexport, a nemzetközi piacon a típus neve MIR.1200),
- EPR – Evolutionary Pressurized water Reactor (Areva),
- ATMEA1 (Areva-Mitsubishi),
- APR1400 – Advanced Pressurized Reactor (KEPCO – Korea Electric Power Corporation).

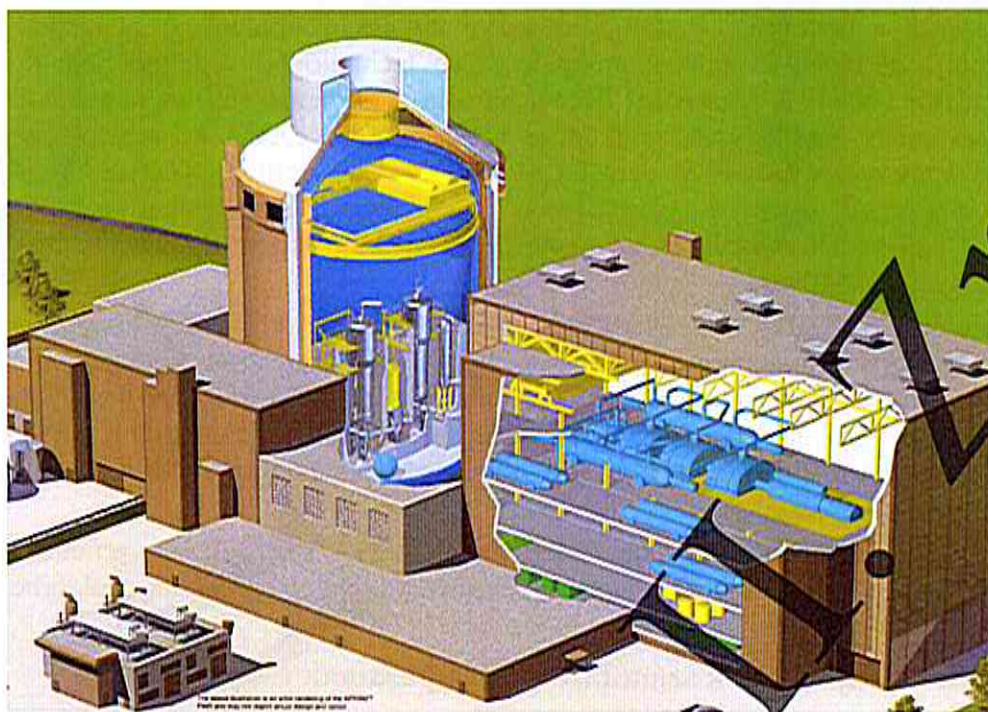
Az egyes típusok főbb műszaki és biztonsági paramétereit a *2.4.1-1. táblázat*, a biztonsági célokat és ezek eléréséhez alkalmazott tervezési megoldásokat, illetve következménycsökkentő eljárásokat a *2.4.1-2. táblázat* foglalja össze.

2.4.1.1. AP1000 – Westinghouse Advanced Passive PWR

Műszaki jellemzők

Az AP1000 (*2.4.1.1-1. ábra*) egy egyszerű, kiforrott és biztonságos konstrukció. A közepesen nagy beépített kapacitás miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, a blokk tízévenként esedékes nagyjavításainak időtartama kb. 40 nap. Az amerikai nukleáris hatóság (NRC) kiadta a blokk típusengedélyét, az EUR⁶ (European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants) követelményeknek a blokk megfelel.

⁶ A nyugat-európai atomerőművek tulajdonosai, üzemeltetői által az 1990-es évek elején kidolgozott átfogó követelményrendszer.



2.4.1.1-1. ábra: Az AP1000 blokk látványterve [11]

A szabványos 17×17 pozíciót tartalmazó PWR üzemanyag kazettából 157 darab található a zónában, amiből 69 db a szabályozó kazetta. Az üzemanyagciklus végén a zóna 43%-át cserélik ki friss fűtőelemre. [12], [13], [14]

A primer kör kéthurkos, hurkonként 2 hideg- és 1 melegággal. A hidegágakban összesen 4 főkeringtető szivattyú van, közvetlenül az aló gőzfejlesztők alsó kilépő csomjára szerelve. A reaktortartály megegyezik a korábban széles körben alkalmazott Westinghouse tartállyal. A referencia blokk szekunder köréhez 60 Hz-es lassú (1800 rpm) fordulátú turbina tartozik, az 50 Hz-es hálózathoz kapcsolható lassú (1500 rpm) turbina tervezése folyamatban van.

Biztonsági jellemzők

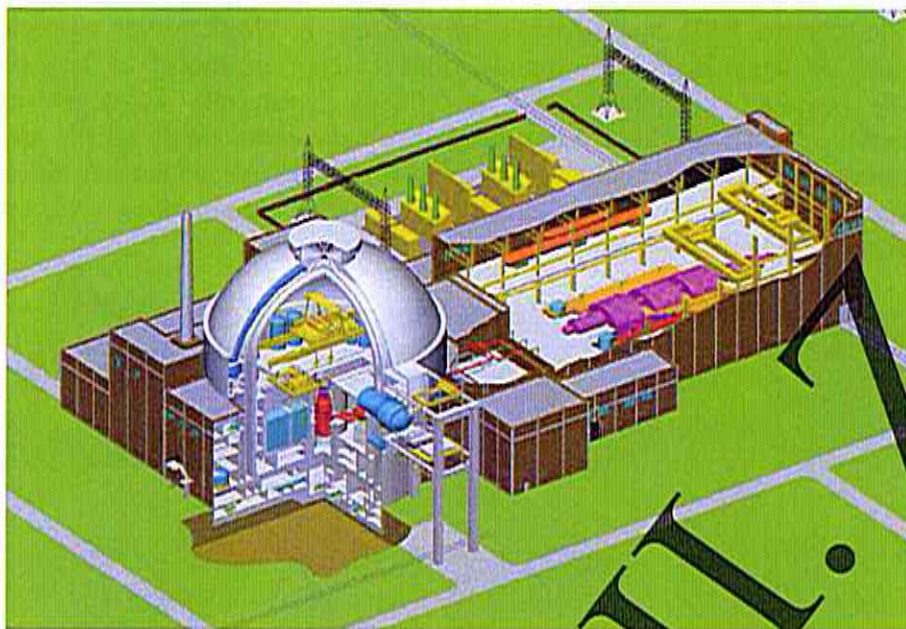
Az AP1000 típus biztonsági rendszerei passzív működtetésűek, azaz nem tartalmaznak aktív komponenseket (pl. szivattyúkat), működésükhöz nincs szükség biztonsági besorolású segédrendszerekre (pl. váltóáramú betáplálásra vagy hűtővízre). Négy passzív biztonsági rendszere van (zóna üzemszári hűtőrendszer, biztonsági befecskendező és nyomáscsökkentő rendszer, maradványhő elviteli rendszer, valamint konténment hűtés), melyek eleget tesznek az egyszeres hibatűrés elvének. Megbízhatóságukat két eltérő teljesítményszinten (600 MW és 1000 MW) átfogó kísérleti programok keretében tesztelték.

A biztonsági rendszerek vezérlése nagyon kevés kezelői beavatkozást igényel, ugyanis az elv a beavatkozások szükségességének kiküszöbölése volt a beavatkozások automatizálása helyett. Minden biztonsági rendszer a 4,1 bar tervezési túlnyomású konténmentben vagy a segédépületben található, ezek közös földrengésálló alapon állnak.

2.4.1.2. MIR-1200

Műszaki jellemzők

Az orosz gyártó ma lényegében két VVER verziót szállít: a 3. generációhoz tartozó AES-92 típust [13] és ennek a továbbfejlesztését, az AES-2006 blokkot (2.4.1.2-1. ábra), melyből Oroszországban a tervek szerint 2020-ig 17 darabot (összesen 20 000 MW_e kapacitással) építenek. A korábbi VVER típusokhoz hasonlóan ezekben is 4 primer körű hurok és vízszintes gőzfejlesztők találhatók.



2.4.1.2-1. ábra: A MIR.1200 blokk látványterve [15]

Az AES-2006 blokk nemzetközi piacra szánt verziója a MIR.1200 típus, melyen alapvetően a gazdaságosság (egységteljesítmény, hatásfok) és a rendelkezésre állás javítása (pl. 92%-os teljesítmény kihasználási tényező, 60 év üzemidő előrelátása) irányában történtek fejlesztések az AES-92 blokkhoz képest. A biztonsági változtatások mellett megtörtént a főkeringtető szivattyúk működésének javítása (az olajkenés kiiktatásával) új, kiegészítő mérget⁷ tartalmazó üzemanyag bevezetése, a gőzfejlesztők megbízhatóságának javítása. A tervek szerint a MIR.1200 alkalmas lesz MOX üzemanyag használatára is. Az újonnan épített blokkokban integrált, digitális alapú irányítástechnikát alkalmaznak. A blokk szekunder köre gyorsfordulatú (3000 rpm) turbinát tartalmaz, de tervezik lassú fordulatu (1500 rpm) gépek alkalmazását is. A nemzetközileg általánosan elfogadott biztonsági normák, valamint az EUR követelmények következetes alkalmazásával a MIR.1200 blokkot lényegében az AP1000 és az EPR színvonalára emelték. Ezt igazolja, hogy az AES-92 típust az EUR szervezet minősítette és megfelelőnek találta.

Biztonsági jellemzők

Üzemzavari esetekben a reaktor és a primer kör hosszú idejű hűtése operátori beavatkozás nélkül is megvalósul, ezt 4 db nagynyomású és 8 db kisnyomású hidroakkumulátor biztosítja az automatikus üzemű zónahűtő rendszerekkel együtt.

A blokk nukleáris rendszerei kettősfalú konténmentben helyezkednek el, melyet 4 bar üzemzavari túlnyomásra méreteztek, a belső acélköpeny passzív hűtési móddal rendelkezik. Az egyenként 100%-os kapacitással rendelkező biztonsági rendszereket négy egymástól független csatornába rendezték. Mindegyik biztonsági csatorna energiabetáplálását egy-egy 6,3 MW teljesítményű dízelgenerátor biztosítja. A konténment alsó része zónaolvadék csapdaként működik.

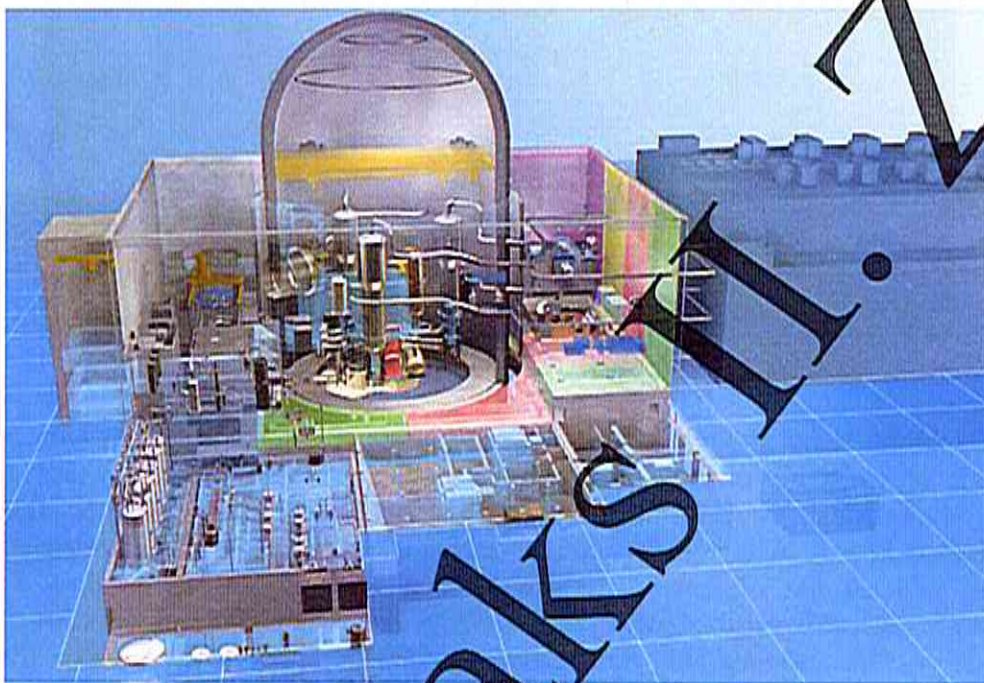
2.4.1.3. ATMEA1

Műszaki jellemzők

Az ATMEA1 típus (2.4.1.3-1. ábra) az Areva és a Mitsubishi kipróbált nyomottvizes technológiájának továbbfejlesztésével jött létre, a blokk a Mitsubishi háromhurkos nyomottvizes

⁷ A reaktormérgek azok az elemek, amelyek elnyelik a neutronokat (ezáltal csökkentve a sokszorozási tényezőt), anélkül hogy hozzájárulnának a láncreakcióhoz.

típusán alapul, de számos EPR megoldást is beépítettek. A blokk tervei megfelelnek az EUR követelményeknek. A létesítésnél 5 év építési idővel lehet számolni, a közepesnél nagyobb (1000–1150 MW) beépített kapacitás miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek. Az üzemanyag kazetták 17×17 pozíciót tartalmaznak, lényegében megfelelnek az EPR zónába betölthető kazettáknak, csak rövidebbek, a nagyjavítás tízévenként esedékes. A blokk teljesítménye maximum 5%/perc sebességgel változtatható. A blokk automatikus frekvenciaszabályzási üzemmódban is üzemeltethető. [16], [17]



2.4.1.3-1. ábra: Az ATMEA1 blokk látványterve [18]

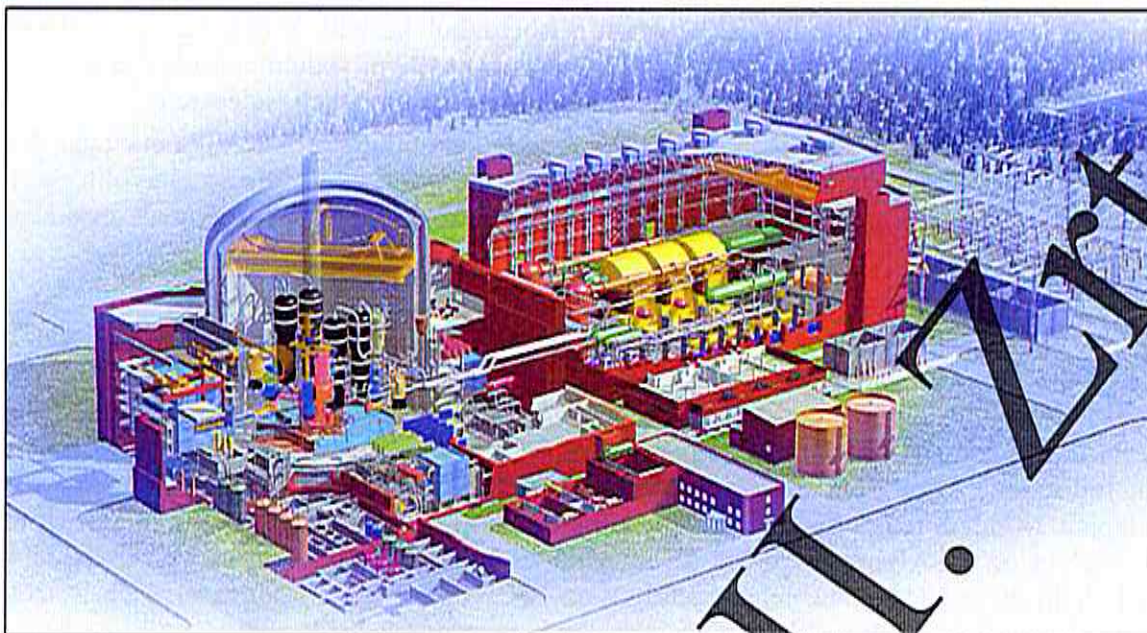
Biztonsági jellemzők

A biztonsági rendszerek három független, 100%-ban redundáns aktív ágot tartalmaznak, üzem közbeni karbantartási lehetőséggel. A súlyos balesetek következményeinek kezelésére a 3. generációs blokkoknál már szabványosnak tekinthető megoldásokat alkalmaznak: zónaolvadék csapda az olvadt zóna lokalizálására és hűtésére, hidrogén rekombinátorok és gyűjtők a konténmentben felgyülemlett hidrogén megkötésére, illetve a hidrogénkoncentráció csökkentésére, szűrt leeresztés és hűtés a konténment épségének hosszú idejű fenntartására. A konténment kettősfalú, védve van egy nagy utasszállító gép rázuhanásával szemben is. A blokk földrengés elleni védelme olyan, hogy telepíthető földrengésveszélyes területeken is.

2.4.1.4. EPR – Evolutionary Pressurized Water Reactor

Műszaki jellemzők

Az EPR („European Pressurized Water Reactor”, melyet az amerikai piacra történő bevezetésekor marketing okok miatt „Evolutionary Pressurized Water Reactor”-ra változtattak) típus (2.4.1.4-1. ábra) a francia Framatome és a német Siemens-KWU kipróbált nyomottvízes technológiájának továbbfejlesztésével jött létre. A blokk terveit a finn, a francia és a kínai hatóság már engedélyezte, az USA és az Egyesült Királyság hatóságai jelenleg vizsgálják a tervet, a blokk az EUR követelményeknek megfelel. [19]



2.4.1.4-1. ábra: A finnországi Olkiluoto-ban épülő EPR blokk látványterve [19]

A nagy beépített kapacitás miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, ugyanakkor a magyar hálózat viszonyai között hátrányt jelent a nagy egységteljesítmény. Ha azonban regionális együttműködést feltételezünk a tartalékkapacitások kihasználására, akkor az EPR blokk versenyképességét nem rontják számottevően a szükséges kiegészítő beruházások. A megelőző karbantartással összekötött zónaátrakás időtartama 16 nap, a tízévenként esedékes nagyjavítás kb. 40 napig tart.

Az aktív zónában 241 db, egyenként 17×17 pálcza-pozíciót tartalmazó üzemanyag kazetta található. A reaktivitás szabályozása 89 db szabályozó rúddal történik.

A primer kör négy hurokból áll, hurokonként egy-egy főkeringtető szivattyúval és gőzfejlesztővel. A szekunder kör a német Konvoi blokkok jól bevált és kiváló rendelkezésre állási mutatókkal üzemelő szekunder körének továbbfejlesztésével jött létre. Optimalizálták a gőz-kondenzátum-tápvíz rendszert, a nagy- és kisnyomású turbína fokozatokat, ami a hatásfok jelentős növelését eredményezte.

A normál üzemi állapotokban a szabályozásokat, védelmeket megvalósító rendszereket kétszeres redundanciával építették ki, ezek egyszeres meghibásodás ellen védettek. A várható üzemi tranziensek levezetése 2–2 redundáns, diverz rendszerrel történik, míg a posztulált üzemzavarok kezeléséhez négy redundáns rendszert használnak. A vészbetáplálást négy dízelgenerátor biztosítja, melyek külön épületben helyezkednek el. A karbantartás szempontjából kiemelt fontosságú, hogy a négyszeres redundanciával kiépített rendszerek közül az egyik rendszer üzem közben bármikor kivehető karbantartásra vagy javításra.

Biztonsági jellemzők

A blokk fontos biztonsági mutatói (zónaolvadási gyakoriság, nagy radioaktív kibocsátások valószínűsége stb.) kiválóak. A biztonsági rendszerek négyszeres redundanciával rendelkeznek, az alrendszerek egyenként 100% kapacitással lettek kiépítve.

Nagynyomású befecskendezés nincs, csak közepes- és kisnyomású befecskendező rendszerek. Az In-containment Refueling Water Storage Tank (IRWST) a reaktorépület alján helyezkedik el, ötvözi a hűtőközeg tárolási és a zsomp funkciókat. A zónaolvadással járó súlyos balesetek kezelését a zónaolvadék csapda segíti. Az IRWST tartályban tárolt víz passzív (gravitációs) úton árasztja el az olvadékat.

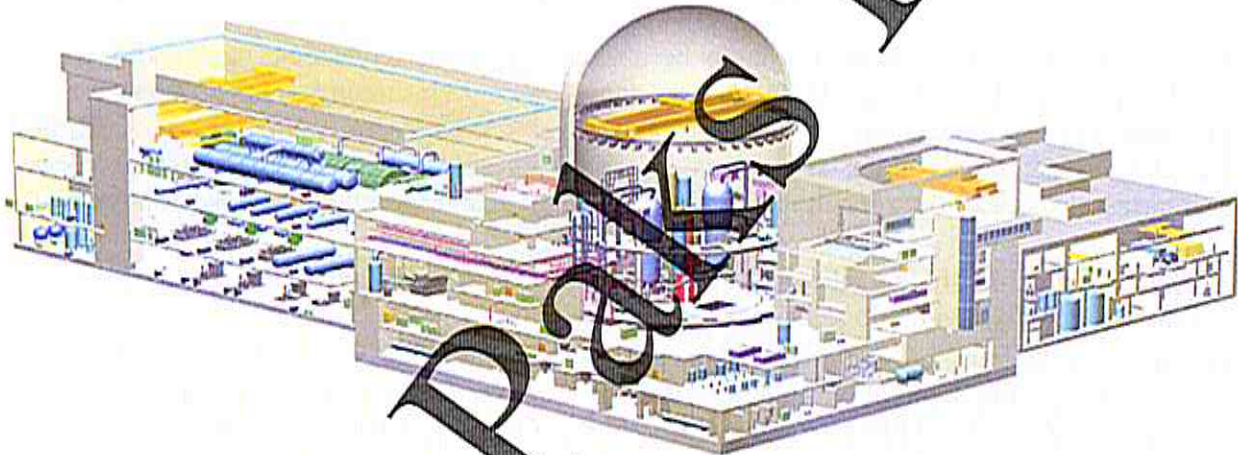
A duplafalú konténment belső fala előfeszített vasbetonból készült, 6 mm vastag acélborítással rendelkezik. A normál vasbeton külső fal a külső események elleni védelmet szolgálja és méretezve van egy nagy utasszállító gép becsapódásából eredő következmények elviselésére is.

Súlyos balesetknél passzív hidrogénkezelést (katalitikus rekombinátorokat) alkalmaznak. A súlyos balesetek következményeinek csökkentésére szolgál a passzív hidrogéneltávolító rendszer katalitikus rekombinátorok alkalmazásával, valamint a konténment nyomásának csökkentésére szolgáló hűtőrendszer.

2.4.1.5. APR1400 – Advanced Pressurized Reactor

Műszaki jellemzők

Az APR1400 blokkot (2.4.1.5-1. ábra) a dél-koreai KEPCO (Korea Electric Power Corporation) vállalat fejlesztette ki az 1000 MW villamos teljesítményű OPR1000 (Optimum Power Reactor) típus alapján. Mindkét reaktortípus alapját a Combustion Engineering cég System 80+ nevű blokkja jelenti, melyet az USA-ban dolgoztak ki az 1990-es évek elején. A blokkterveit a dél-koreai nukleáris hatóság engedélyezte, jelenleg folyik az NRC típusengedély megszerzéséhez szükséges beadvány előkészítése. A típus EUR minősítéssel még nem rendelkezik.



2.4.1.5-1. ábra: Az APR1400 blokk látványterve [18]

A blokk biztonsági mutatói jók, a súlyos balesetek megelőzésére és következményeik csökkentésére az összes nemzetközileg elfogadott megoldást alkalmazzák. A magyar hálózat viszonyai között a blokk hátránya a nagy egységteljesítmény, de regionális együttműködést feltételezve az EPR blokknál elmondottak itt is érvényesek.

A reaktor aktív zónájában 241 db üzemanyag kazetta van, ezek a 16×16 pozíciót tartalmazó szabványos PWR kazettának felelnek meg. Az üzemanyagot a KNF (KEPCO Nuclear Fuel) cég készíti. A blokk képes olyan töltettel is üzemelni, melynek maximum 1/3 része MOX fűtőelem.

Az APR1400 primer köre két hurokból áll, egy hurokban egy meleg- és két hidegág található, mindkét hidegágban van főkeringtető szivattyú (a konstrukció hasonló a Westinghouse gyártmányú AP1000 blokkéhoz). A melegágak egy-egy igen nagyméretű, függőleges gőzfejlesztőhöz csatlakoznak, melyek egyenként 2000 MW termikus teljesítményt képesek elvinni. A vízmennyiség a szekunder oldalon akkora, hogy teljes tápvízvesztés esetén legalább 20 perc áll rendelkezésre a gőzfejlesztő teljes kiszáradásáig.

Az APR1400 blokkhoz egyetlen nagyteljesítményű turbina tartozik, melynek egy nagynyomású és három kisnyomású fokozata van, fordulatszáma pedig 1800/perc (60 Hz-es hálózathoz). A rendszert úgy alakították ki, hogy 100%-ról történő generátorterhelés-ledobás esetén is képes a gőzt elvezetni anélkül, hogy turbina vagy reaktor vészleállás lépne fel. 50 Hz-es hálózatban működő 1500/perc

fordulatszámú turbinával először az Egyesült Arab Emírségekben épülő APR1400 blokkokat fogják felszerelni.

Biztonsági jellemzők

A reaktor védelmi rendszerét négyszeres redundanciával alakították ki, aktív és passzív biztonsági rendszereket egyaránt alkalmazva a biztonsági célok elérésének érdekében.

A tartály négy, közvetlen befecskendezést biztosító csőcsonkon át képes vízutánpótlást kapni a konténmenten belül lévő nagyméretű (csaknem 2500 m³) átrakási víztartályból (IRWST - In-containment Refueling Water Storage Tank). Minden egyes ág kapacitása 50%, ami 4×50%-os redundanciát jelent. A szivattyúkkal hajtott nagynyomású befecskendezés mellett minden ág tartalmaz egy nagyméretű, nyomás alatt lévő tartályt (akkumulátort) is, amely passzív működetésű.

Az APR1400 blokk elsődleges konténmentje előfeszített vasbetonból készül, melynek belső falára hermetikusan záró acélborítás illeszkedik. Az elsődleges konténmentet kívülről borító másodlagos konténment biztosítja a külső veszélyek (pl. repülőgép becsapódása) elleni megfelelő védelmet. A konténment hőmérsékletének és nyomásának csökkentésére alkalmazott spray rendszer két független ágból áll, szivattyúi az IRWST tartályhoz kapcsolódnak. A konténment légtere olyan nagy, hogy egy hipotetikus súlyos baleset bekövetkezése után 24 óráig a nyomás a korlátok alatt marad és a hidrogén koncentrációja sehol sem éri el a veszélyes értéket.

Súlyos balesetek esetén a megolvadt zónát a tartályon belül igyekeznek tartani a tartály külső hűtésével, de az európai létesítésekhez kidolgozott EU-APR1400 verzió zónaolvadék-csapdát is tartalmaz. A keletkezett hidrogént rekombinátorokkal kötik meg, de kiegészítésként hidrogéngyújtókat is alkalmaznak [20].

2.4.1-1. táblázat: A számításba vett blokk típusok fontosabb műszaki jellemzői

Blokk típusa	AP1000	MIR.1200	ATMEA1	EPR	APR1400
Kiadható nettó teljesítmény	1107 MW	1150 MW	1000 MW	1600 MW	1400 MW
Üzemidő	60 év	50 (60) év	60 év	60 év	60 év
Tervezett teljesítmény kihasználási tényező	93%	92%	92%	92%	legalább 92%
Tervezett főjavítás miatti éves kiesés	17 nap	20 nap	16 nap	14 nap	17 nap
Önfogyasztás	6,9%	7,0%	5,8%	7,0%	3,8%
Felhasználható üzemanyag típusa	UO ₂ , MOX	UO ₂	UO ₂ , MOX	UO ₂ , MOX	UO ₂ , MOX
Felhasználható üzemanyag forrása	Westinghouse	TVEL	Areva és MHI	Areva	KEPCO Nuclear Fuel
Üzemanyagciklus	18 hónap	18-24 hónap	12-18-24 hónap	12-18-24 hónap	18 hónap
Üzemanyag szükséglet	43,2 t UO ₂ / 18 hónap	43,0 t UO ₂ / 24 hónap	48,7 t UO ₂ / 24 hónap	64 t UO ₂ / 24 hónap	44,7 t UO ₂ / 18 hónap
Friss kazetták száma átrakáskor	68 db (18 havonta)	82 db (24 havonta)	60 db (18 havonta)	120 db (24 havonta)	92 db (18 havonta)
Friss kazetták átlagdúsítása	4,8%	4,0%	4,5%	4,4%	4,09%
Manőverező képesség	25%-100% között, napi 100%-50%-100%	30%-100% között, évi max. 250 db Δ70%	30%-100% között	20%-100% között, napi 100%-25%-100%	20%-100% között, napi 100%-25%-100%
Primerköri nyomás	155,2 bar	157 bar	155 bar	155 bar	155 bar
Reaktor belépő hőmérséklet	280,6 °C	291,0 °C	290,9 °C	295,5 °C	290,6 °C
Reaktor kilépő hőmérséklet	321,1 °C	320,0 °C	326,3 °C	328,0 °C	323,9 °C
Gőzfejlesztő kilépő nyomás	57,6 bar	62,7 bar	>70 bar	78,0 bar	69,0 bar
Felhasznált hűtővíz mennyisége	136 000 m ³ /h	140 000 m ³ /h	122 000 m ³ /h	190 000 m ³ /h	173 000 m ³ /h

2.4.1-2. táblázat: A cél eléréséhez alkalmazott tervezési megoldások vagy következménycsökkentő eljárások

Elérni kívánt biztonsági cél	AP1000	MIR.1200	ATMEAI	EPR	APR1400
A tervezési alap kiterjesztéséhez tartozó üzemzavarok kezelése	– Passzív biztonsági rendszerek – Reaktortartályban való visszatartás – Reaktorakna elárasztása és a tartály külső hűtése – Hidrogén re kombinátorok és gyűjtők	– Kettősfalú konténment – Passzív lehűtőrendszer – Konténment passzív hűtőrendszer – Hidrogén re kombinátorok – Zónafogó csapda	– Nagy térfogatú előfeszített beton konténment – Hosszú idejű konténment hűtés – Hidrogén re kombinátorok – Zónaolvadék csapda	– Kettősfalú konténment – Konténment hűtőrendszer – Hidrogén re kombinátorok – Zónaolvadék csapda (olvadék szétterítése, hűtése)	– Nagy térfogatú, előfeszített beton konténment – Hosszú idejű konténment hűtés – Hidrogén re kombinátorok – Reaktortartályban való visszatartás (opcionálisan zónaolvadék csapda)
Korai konténment meghibásodáshoz vezető nagy nyomási folyamatok megelőzése	– Automatikus primer körű nyomásredukáló szelepek	– Nyomáscsökkentő szelepek – Passzív hűtőrendszer	– Gyors, redundáns nyomásredukáló szelepek	– Kézi működtetésű primer körű nyomáscsökkentő szelepek	– Kézi működtetésű nyomáscsökkentő szelepek – Konténment spray
A keletkezett hidrogén kezelése	– Passzív re kombinátorok (csőtöréscsökkentő üzemzavarokra) – Hidrogén gyűjtők (súlyos balesetekre)	– Passzív re kombinátorok	– Passzív re kombinátorok	– Passzív re kombinátorok	– Passzív re kombinátorok + hidrogéngyűjtők
Zónaolvadék stabilizálása és hűtése	– Reaktortartályon belüli visszatartás – Reaktorakna elárasztása és a tartály külső hűtése	– Zónafogó csapda	– Tartályon kívüli zónaolvadék stabilizálás	– Tartályon kívüli zónaolvadék stabilizálás	– Reaktortartályon belüli visszatartás – Reaktorakna elárasztása és a tartály külső hűtése (az európai verziójánál zónaolvadék csapda is lesz)
Konténment nyomáscsökkentés	– Passzív konténment hűtőrendszer	– Passzív, nagy felületű hűtők (0–24 óra között) – Mobil berendezések (24–72 óra között)	– Konténment spray	– Konténment légterének hűtésével – Olvadék passzív elárasztása felülről, hűtése alulról – Kézi indítású konténment spray hűtés	– Konténment spray + elárasztás alatti hőeltávolító rendszer

2.4.2. A tervezett hűtőrendszer ismertetése

A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkoknál alkalmazható hűtési lehetőségek elemzésére külön vizsgálatok keretében került sor [21], [95]. A vizsgálatok célja az volt, hogy az adott körülmények, környezeti feltételek között a lehető legjobb műszaki megoldással és hatásfokkal gazdaságosan megvalósítható és üzemeltethető, a környezetvédelmi előírásoknak a tervezett üzemidő során megfelelő hűtési mód kerüljön kiválasztásra. Az elvégzett elemzések eredményei alapján – a meglévő négy bloknál jelenleg alkalmazotthoz hasonlóan – frissvízhűtéses hűtőrendszer került kiválasztásra.

A frissvízhűtéses hűtőrendszer üzemelése során a blokkok működéséhez szükséges ipari és kondenzátor hűtővízellátás a Dunából vételezett vízzel történik. A frissvízhűtéses hűtőrendszer alkalmazását a felmelegedett hűtővíz visszavezetése okozta hőterhelésre vonatkozó környezetvédelmi követelmények korlátozzák. Ahhoz, hogy az új blokkok üzembe lépését követően az érvényes határértékek szélsőséges körülmények között (magas Duna vízhőmérséklet, alacsony vízhozam) is betarthatók legyenek, műszaki intézkedésként a blokkokból kilépő felmelegedett hűtővízhez friss hidegvíz hozzákeverése, rendkívüli esetben a blokkok szükség szerinti visszaterhelése áll rendelkezésre.

A Dunából kiemelt nyersvíz felhasználásával üzemelő, atólyó rendszerű frissvíz hűtés alkalmazásakor a víz nyers, vegyileg kezeletlen állapotban, az úszó- és lebegő hordaléktól való mechanikai tisztítást (szűrést) követően kerül felhasználásra. A blokkok kondenzátorainak hűtővíz igényét, azaz a Dunából kiemelni szükséges nyersvíz mennyiségét a vizsgált blokkteljesítmények esetén a 2.4.2-1. táblázat mutatja. A felhasználást követően a felmelegedett hűtővíz teljes mennyisége a Dunába visszavezetésre kerül. A frissvízhűtéses hűtőrendszer helyszínrajzát a 2.4.2-1. ábra mutatja.

2.4.2-1. táblázat: A frissvízhűtéses hűtőrendszer vizsgálatánál figyelembe vett alapadatok

	2×1200 MW teljesítmény esetén	2×1600 MW teljesítmény esetén
A hűtővíz felmelegedése a kondenzátorban [°C]	8	8
A kondenzátorok névleges vízigénye [m ³ /s]		
Blokkonként	66	86
Összesen	132	172

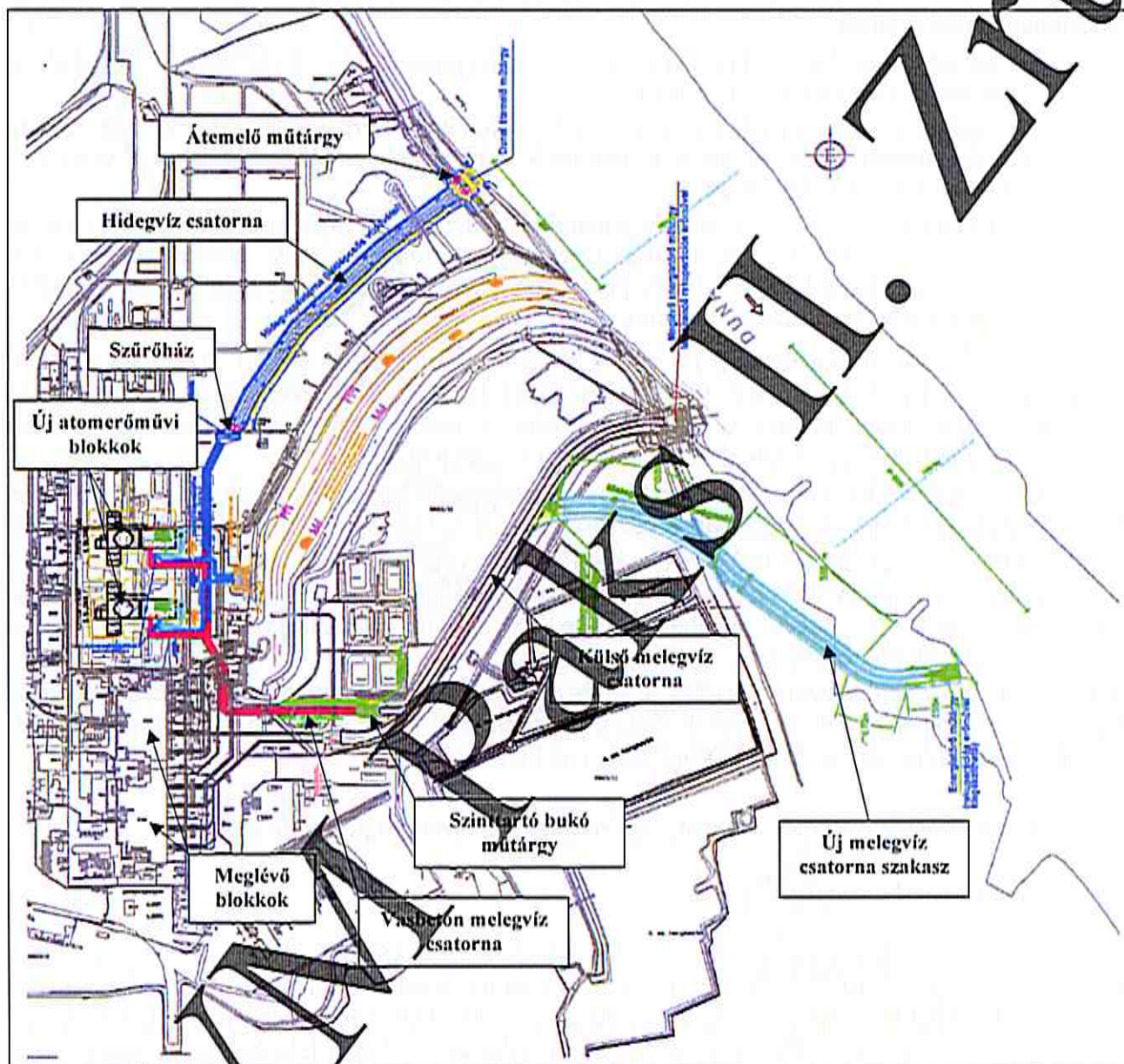
A dunai átemelő szivattyútelep az erőmű meglévő hidegvíz csatornájának torkolata fölött kerül elhelyezésre. A vízz szállítási vonal kétlépcsős lesz, első lépésként az átemelő szivattyútelep a Dunából az új hidegvíz csatornába emeli a nyersvizet, második lépésként a kondenzátor szivattyúüzem innen juttatja a hűtővizet a kondenzátorokhoz. Az új hidegvíz csatorna kb. 4 m mélységű, – blokkváltozattól függően – 12–20 m fenékszélességű, kb. 1000 m hosszúságú.

A szűrőháztól a kondenzátor hűtővíz szivattyú házig zárt vasbetoncsatornán keresztül érkezik a víz. A szivattyúüzem feladata, a szükséges hűtővízmennyiség áthajtása a kondenzátorokon az érkező hidegvíz csatornából a távozó melegvíz csatornába. A főépületből a melegvíz elvezetés vasbeton csatornákon keresztül történik, melyek szinttartó bukó műtárgyon keresztül csatlakoznak az erőmű meglévő melegvíz csatornájához. Az előzetesen elvégzett hidraulikai számítások szerint [21] a meglévő melegvíz csatorna nem csak a jelenlegi blokkok üzemének 100–110 m³/s (max. 120 m³/s) vízmennyiségét, de a 2×1600 MW teljesítményű új blokkokhoz tartozó 172 m³/s vízmennyiséget is képes elvezetni.

A hűtővíz Dunába vezetésénél egy új melegvíz csatorna ággal kialakított másik bevezetési pont létesül, mely déli irányban, a jelenlegi dunai bevezetéstől közel 1000 m távolságra tervezett. Az új csatornaszakasz a meglévő, Duna felé forduló íves szakasz előtt, a meglévő csatorna alvíz felé eső

oldalán, egy új osztóműtárgyon ágazik le a meglévő csatornáról (2.4.2-1. ábra). (A jövőben rekuperációs vízerőmű létesítését tervezik a melegvíz csatornákra.)

Az új melegvíz csatorna szakasz déli partja – a meglévő melegvíz csatorna déli partjának az új csatorna leágazástól a torkolatig tartó szakasza helyett – állandó árvízvédelmi műként is fog funkcionálni.



2.4.2-1. ábra: A kétlépesős frissvízhűtéses hűtőrendszer részei, helyszínrajza

2.4.3. A tevékenység megvalósításához szükséges további létesítmények, kapcsolódó műveletek

A paksi atomerőmű jelenleg üzemelő blokkjai a MAVIR Zrt., mint átviteli hálózati engedélyes tulajdonában lévő 400/120 kV-os állomás 400 kV-os kapcsolóberendezésén keresztül csatlakoznak a magyar villamosenergia-rendszerhez. A csatlakozás szempontjából a paksi telephely megfelelő adottságokkal rendelkező 400 kV-os csomópont, ugyanakkor az új erőművi blokkok villamosenergia-rendszerbe történő integrálása csak új hálózati kapcsolatok létesítésével oldható

meg. A szállító kiválasztásáig többféle blokk típussal is számolni kell, a különböző nagyságú beépített teljesítményekhez azonban különböző mértékű hálózati fejlesztések szükségesek.

Az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése során előzetes hálózatszámítások [22] készültek annak vizsgálatára, hogy 1000–1600 MW nettó teljesítményű blokk nagyságok mellett normál üzemi és üzemzavari állapotokban milyen feltételekkel szállítható ki a megtermelt teljesítmény. Az eredmények az alábbi fejlesztések szükségességét igazolták a vizsgált teljesítménytartományban:

- A kétrendszerű Paks–Albertirsa távvezeték megépítése az új blokkok üzembe lépésének alapvető és elengedhetetlen feltétele.
- A kétszeres hiányállapotra vonatkozó vizsgálatok eredménye és az új erőmű tartalékelátása miatt indokolt a harmadik 400/120 kV-os transzformátor beépítése a jelenlegi (Paks-I.) alállomásba.
- A létesítendő blokk méretétől és dinamikai jellemzőitől függően a tranzienstabilitás erősítésére van szükség egy második Litér vagy Martonvásár irányú távvezetéki kapcsolat kiépítésével. Ezt a kérdést a blokk pontosabb paramétereinek ismeretében a későbbiekben további vizsgálatoknak kell alávetni.

Az új blokkok hálózati csatlakozásához új 400 kV-os kapcsolóállomás (Paks-II.) létesül, melynek helye még nem került kijelölésre. [23] A lehetséges helyszín az északnyugati irányba haladó távvezeték-nyomvonalak mentén, a Paksról Nagydorog, illetve Kőlepd felé vezető utak közötti térségben található, mintegy 6 km-re az új blokkok tervezett helyétől.

A blokkok tartalék háziüzemi ellátásának csatlakoztatásához az új blokkok tervezett helye és Paks-I. alállomás 120 kV-os kapcsolóberendezése között 120 kV-os kábelkapcsolatot kell létesíteni.

Az új blokkok létesítéséhez a telephelyen az infrastruktúra (víz-, csatorna-, úthálózat, hírközlés stb.) alaphelyzetben rendelkezésre áll, várhatóan a későbbiekben ezek bővítése és korszerűsítése szükségessé válik. A paksi telephely rendelkezésre álló infrastrukturális kapcsolatait a 2.1.2. alfejezet ismerteti részletesen.

A tervezett új blokkok üzemeltetéséből származó kommunális szennyvizek, az egészségügyi és laboratóriumi épület hulladék vizének, valamint időnként a mérlegen felüli vizek fogadására és tisztítására várhatóan új szennyvíztisztítót kell majd kiépíteni.

2.4.4. A számításba vett blokk típusok nemzetközi referenciáinak bemutatása

2.4.4.1. AP1000 (Westinghouse)

Jelenleg Kínában már folyik három AP1000 blokk építése (Sanmen 1–2. – 2.4.4.1-1. ábra, Haiyang 2. – 2.4.4.1-2. ábra), ezeket 2013 és 2014 között tervezik átadni. Várhatóan az USA-ban is megindul az AP1000 típusú blokkok létesítése, jelenleg már két telephelyen folynak építési előkészületek (Georgia, Vogtle Erőmű), de az előrejelzések szerint 6 telephelyen összesen 12 db AP1000 blokk létesítésére fognak kérelmet benyújtani. A kínai blokkokat 5–6 év alatt tervezik felépíteni, a referencia AP1000 a tervezők szerint 5 év alatt építhető meg.



2.4.4.1-1. ábra: A harmadik konténment gyűrű beemelése Sanmen 1. telephelyen



2.4.4.1-2. ábra: Haiyang 2. építése

2.4.4.2. AES-2006 (MIR.1200) (Atomsztrójeexport)

Két AES-2006 (MIR.1200) típusú blokk építése van folyamatban Oroszországban a Leningrádi Atomerőműben (Szosznovij Bor – 2.4.4.2-1. ábra), valamint szintén két AES-2006 blokk épül a Novovoronyezi Atomerőműben. Oroszországban az AES-2006 blokk típussal tervezik a nukleáris kapacitás jelentős bővítését: a tervek szerint 2020-ig 20 000 MW_e kapacitást (17 db blokkot) építenek.



2.4.4.2-1. ábra: Az épülő erőművi blokk Szosznovij Borban

2.4.4.3. ATMEA1 (Areva-Mitsubishi)

Az ATMEA1 blokk műszaki tervei 2009 végére készültek el, ezután az engedélyezéshez szükséges előmunkálatok indultak el. A blokk engedélyezésével és EUR megfelelésének igazolásával valószínűleg nem lesznek nehézségek, mivel a terveket eleve az EUR szerint készítették, az NRC előírások messzemenő figyelembevételével.

Az Areva-MHI közös vállalat résztvevői nagy létesítési tapasztalattal rendelkeznek, együttesen idáig 123 atomerőmű blokkot építettek, gyártási kapacitásuk is jelentős, világszerte 12 helyszínen képesek nukleáris berendezések előállítására.

2.4.4.4. EPR (Areva)

Jelenleg Európában két EPR blokk létesítése folyik: az elsőt a finn Olkiluoto [24], a másodikat a francia Flamanville telephelyen építik [25]. Az OL-3 blokkot 2005-ben kezdték el építeni, a normandiai Flamanville-3 blokk építése (2.4.4.4-1. ábra) 2006 nyarán kezdődött. A blokkok átadása az eredeti ütemtervekhez képest késik. Az Areva szerződéssel rendelkezik két kínai EPR blokk létesítésére is (Taishan 1., Taishan 2.), ezek már szintén épülnek (2.4.4.4-2. ábra) és a tervek szerint ezek a blokkok 2013-ban és 2014-ben kapcsolódnak a hálózatra.



2.4.4.4-1. ábra: Flamanville-3 építése



2.4.4.4-2. ábra: Taishan 1-2. építési munkái

2.4.4.5. APR1400 (Korean Hydro and Nuclear Power)

Jelenleg Dél-Koreában két telephelyen (Shin-Kori – 2.4.4.5-1. és 2.4.4.5-2. ábra és Shin-Ulchin) összesen négy APR1400 blokk épül, az Egyesült Arab Emírségek szintén négy blokk létesítésére kötött szerződést 2009 végén a dél-koreai KEPCO cég által vezetett konzorciummal.



2.4.4.5-1. ábra: Munkaerőkonténment épületben a Shin-Kori 3. blokkon



2.4.4.5-2. ábra: A Shin-Kori erőmű építési munkái

2.5. Az építési fázis bemutatása, az építéstechnológiai és egyéb jellemzők leírása

2.5.1. Az építés jellemző adatainak ismertetése

Az építendő létesítmények területfoglalása

Az új atomerőművi blokkok tervezett telephelyének területe mintegy 106 ha, mely a tervek szerint 29,5 hektáryi részt foglal el a paksi atomerőmű jelenlegi üzemi területéből és 76,3 hektáryit az ún. felvonulási területből. A paksi telephely elhelyezkedése az új blokkok telepítési helyének megjelölésével a *Melléklet M-2. ábráján* látható. Az egyes vizsgált blokk típusok épületeinek, építményeinek, illetve egyéb létesítményeinek a szállítói adatszolgáltatásokban megadott területigényét a 2.5.1-1. táblázat foglalja össze.

2.5.1-1. táblázat: Az egyes blokk típusok területfoglalása

Blokk típus	Jellemző területigény	Két blokk területigénye
AP1000	Egy blokk által lefedett üzemi terület befoglaló méretei: 250×233 m, ami 5,825 ha-t jelent. A felvonulási területre a teljes, kb. 100 ha-os terület igénybevételével számolunk. [26]	≈ 12 ha
MIR.1200	Egy blokk épületének területfoglalása 2,6 ha, a kapcsolódó létesítményekkel, illetve burkolt felületekkel együtt ennek kétszeresét tekintjük a helyigénynek. Felvonulási terület igényként itt is a teljes rendelkezésre álló területtel számolunk. [27]	≈ 10 ha
ATMEA1	A rendelkezésre álló vázlatrajz szerint egy blokkhoz kb. 12 ha terület szükséges. A felvonuláshoz itt is a teljes terület igénybeveendő. [28]	≈ 24 ha
EPR	Egy blokk által elfoglalt üzemi terület befoglaló méretei: 384×283 m, 10,867 ha blokkonként. A felvonulási területre a teljes, 100 ha-os terület igénybevételével számolunk. [29]	≈ 22 ha
APR1400	Két blokk elhelyezése 36 ha területet igényel. Felvonulási igényként itt is a teljes területtel számolunk. [30]	≈ 36 ha

Az építés alatt a létesítési területen és feltételezhetően a felvonulási terület egészén is jelenlegi növényzet, zöldterület sérülésével, eltűnésével kell számolni. Ennek környezetvédelmi jelentősége korlátozott, hiszen mind a létesítési, mind a felvonulási terület a jelenlegi telephelyen belül, ipari övezetben van. Az építés befejezését követően a felvonulási és az üzemi területen a beépített részek közötti területek „rehabilitációját” el kell végezni.

Az építési munkák időtartama

Az építési tevékenység szállítók által megadott várható időtartamát blokk típusonként a 2.5.1-2. táblázat tartalmazza.

2.5.1-2. táblázat: Az építési munkák időtartama az egyes blokk típusokra vonatkozóan

Blokk típus	A megadott építési fázisok
AP1000	A telephely előkészítésének időszükséglete 18 hónap. A kivitelezés az üzembe helyezési próbák befejezéséig 4–5 év. [26]
MIR.1200	Az első beton öntéstől az üzembevételeig 60 hónap. [27]
ATMEA1	Egy blokk építése az első beton öntéstől a fűtőelem berakásáig kevesebb, mint 40 hónap. A próbaüzem 8,5–10,5 hónapig tart. [28]
EPR	Az első beton öntéstől az üzembevételeig 62 hónap. [29]
APR1400	Két APR1400 blokk létesítésének teljes építési időtartama az első beton öntéstől a párhuzamos kapcsolásig 58 hónap. Az időtartam magába foglalja az építést, szerelést, üzembe helyezést a kereskedelmi átadásig. [30]

Az építési munkák erőigénye, a szükséges építési létszám

Az építési folyamat átlagos, illetve csúcs időszakaiban szükséges építői létszámot foglalja össze blokk típusonként, a szállítóktól kapott adatszolgáltatás [26 – 31] alapján a 2.5.1-3. táblázat. Az építési időszakban három műszakos munkarendet kell figyelembe venni. [32]

2.5.1-3. táblázat: Az építési létszám blokk típusonként az átlagos és csúcs időszakokban

	AP1000		MIR.1200	EPR		ATMEA1		APR1400
	Átlag	Csúcs	Max.	Átlag	Csúcs	Megadott alacsonyabb érték (csúcs)	Megadott magasabb érték (csúcs)	Max. (havi létszám)
Építő létszám [fő]	3 000	4 300	5 600	800	2 400	6 000	7 000	1 200

Az új blokkok építésének tényleges munkaerő-szükséglete (az építés csúcsidőszakában kb. 5000–7000 fő) nagyban függ a kiválasztásra kerülő beruházótól, mert az öt elképzelhető műszaki megoldás között alapvető különbségek vannak az építést megelőző, és ahhoz kapcsolódó munkaerő-szükségletet illetően.

Az építésben résztvevők elhelyezésére több megoldás lehetséges Pakson, illetve a környező településeken. Amennyiben az építési létszám elhelyezésére új lakóházak épülnek, azok az építési időszak befejezését követően értékesíthetők a helyi lakosság részére, vagy felhasználhatók az erőmű üzemeltetői számára. Lehetőség van meglévő lakások, házak vásárlására vagy bérletére, illetve ideiglenes munkásszállások is kialakíthatók a munkaterület közelében, vagy a közeli településeken. Ennek előnye, hogy az ideiglenesen foglalkoztatott munkaerő felszabadulása után az ideiglenes lakókonténerek újrahasznosíthatók, új munkaterületre elszállíthatók. [32] [33]

Eszközök és munkagépek

Az építési időszakban egyszerre több és különböző típusú munkagép, valamint számos a telephelyen belüli szállítást végző tehergépjármű mozgásával kell számolni. Az APR1400 blokk típus szállítójának adatszolgáltatása [30] szerint az építés során az alábbi gépi berendezések és járművek alkalmazása szükséges:

1. Nagy teherbírású emelődaru (fő építési munkagép)

Az erőmű nagy méretű és tömegű főberendezéseinek (reaktor tartály ≈ 530 t, gőzfejlesztő ≈ 775 t) beépítéséhez nagy teherbírású emelődaru alkalmazása alapvető fontosságú. Az APR1400 blokk típus referenciájának tekintendő Shin-Kori erőmű 3–4. blokkjának építésénél egy 1350 t teherbírású darut használtak a főberendezések mozgatásához.

2. Egyéb munkagépek, berendezések

- Az előkészítő munkák (tereprendezés, alapozás stb.) alatt vontatóhajók, uszályok, trélerok (100 t), markolók (0,2; 1 és 8 m³), útgyaluk, gumikerekes tömörítő gépek, vibrációs úthenger, talajfúró gépek, toronydaru (50 t), hidraulikus daru, láncalpas daru (200 t), homlokrakódók, dőmperek (15 és 25 t), dózerek (32 t), betonkeverő autók, teherszállító autók, kompresszorok működnek.
- A felépítményi munkák során toronydaruk (5, 10–12 és 20 t), autódaruk (90, 200 és 300 t), betondaruk (35 és 50 t), hidraulikus daruk (35 és 50 t), láncalpas daruk (100 és 150 t), szivattyús teherautók (80 m³/óra), betonszivattyúk, úttisztítók, trélerok (25 t), vízszállító teherautók (6000 l), platós teherautók (25 t), légkompresszorok (100 és 210 m³/perc), traktorok (10 t), emelővillás targoncák (5–10 t) üzemelése várható.
- A gépészeti berendezések beépítése és egyéb építési/szerelési munkák (pl. csővezetékek, villamos berendezések beépítése) alatt a fő építési daru (1350 t), hidraulikus daruk (30, 50, 100, 150, 300 és 400 t), emelővillás targoncák (7,5 és 10 t), autódaruk (140 és 300 t), trélerok, elektromos emelők (2 t), dízelgenerátorok üzemelnek.

Tekintettel az építési tevékenység, illetve az egyes munkafázisok, munkafolyamatok hasonlóságára a fentiekhez hasonló fajtájú eszközök és munkagépek (alapvetően földmunkagépek, emelő- és rakodógépek, szállítójárművek, daruk stb.) vehetők figyelembe a többi blokk típus létesítése esetén

is. A munkagépek száma, paraméterei és típusa azonban eltérő lehet az egyes változatok esetében, ezek pontosabb meghatározására a tervezés későbbi fázisában, a telephely-specifikus jellemzők figyelembevételével kerülhet sor.

Az építési helyszínen egyidejűleg több munka- és szállítógép üzemel, a hatások becslésénél 50 gépet vettünk figyelembe, később, a munkák előrehaladása során ez a szám jóval alacsonyabbra várható.

Speciális munkafázisok (alapozás, víztelenítés)

A jelenleg működő reaktorblokkokat síkalapozással, összefüggő monolit alaplemezen 6,5 m-es mélységben alapozták. A gépházak monolit sávalapokon nyugszanak, az alapozási sík mélysége 7,0 m. A turbinagép-csoportok alapozását vagy monolit alaplemezzel (síkalapozás) vagy mélyalapozással (6–7 m hosszúságú Franki cölöpök) oldották meg, az alapozási mélység 7,5 m. A kisebb terhelésű épületek, létesítmények (dízlegenerátor állomások, segédépületek, hűtőgépház, kompresszorház, közlekedő és technológiai hidak) síkalapozással, monolit alaplemezzel készültek, az alapozás mélysége 3–7 méter között változott. A maximális talajigénybevétele a főépületek alatt 700 kN/m^2 ($= 0,7 \text{ MPa}$) nagyságrendű, míg a kisebb terhelésű létesítmények alatt $250\text{--}450 \text{ kN/m}^2$ ($0,25\text{--}0,45 \text{ MPa}$).

A tervezett beruházás létesítményeinek alapozásakor a hasonló geotechnikai viszonyok miatt, hasonló alapozási módok jöhetnek majd számításba. A reaktorblokkok alapozási munkálatai – a blokkok típusától függetlenül – blokkonként több száz ezer m^3 talaj kitermelését és mozgatását jelentik.

Az alapozási munkagödrök pontos helyei, méretei még nem ismertek. A létesítendő turbinagépházak terhelése várhatóan nagyobb lesz, mint a jelenleg működőké, ezért ezek alapozását mélyalapozással oldják meg.

Ha a talajvízszint magasabb az alap alsó síkjánál, a munkagödör víztelenítése szükséges. A munkagödör mélyítése feltehetően kb. -7 m -ig talajvízszint süllyesztés nélkül elvégezhető, a munkagödrök további mélyítésénél azonban már szükséges a talajvízszint süllyesztése. A talajvízszint süllyesztés leghatékonyabb módszere lehet a vákuum kutas megoldás. Ezt a megoldást használták a meglévő négy reaktorblokk és a kapcsolódó létesítmények építésénél is, mely során a munkagödrök vízmentesítéséhez két kútsort telepítettek a munkagödrök köré a $-6,8 \text{ m}$ és $-9,0 \text{ m}$ mélységek elérésekor. A munkagödör maximális mélysége az építési terület Ny-i oldalán elérte a $12,1 \text{ m}$ -t.

A víztelenítési munkálatokat olyan időszakban célszerű és gazdaságos végezni, amelyben az alacsonyabb talajvízállások dominálnak. Az elvezetésre kerülő víz mennyisége az építéskor fennálló talajvízállástól, és a Duna vízállásától is függ. A víztelenítésnél keletkező víz minősége folyamatos ellenőrzést igényel, a szikkasztás lehetősége mellett ülepítés, olajleválasztás után a kiemelt víz a Dunába vezethető.

2.5.2. Az építéshez kapcsolódó be- és kiszállítások módja, volumene

Az építési anyagok beszállítására, illetve a kitermelt föld és hulladék kiszállítására a közút, a vasút és a víz út jöhet számításba. Közúti szállításra a 6. sz. főút és az M6-os autópálya alkalmas. Az autópályáról az építési területre jelenleg csak Paks települést érintve lehet eljutni. A Megbízó adatszolgáltatása [32] szerint elképzelhető, hogy az M6-os Paks-Dél lehajtójától közvetlen – Paks városát nem érintő – megközelítési útvonalat jelölnek ki az építési terület felé.

Az építkezésen dolgozók szállítása közúton, elsősorban autóbusszokkal oldható meg Paksról, illetve a környező településekről. Az építési létszám blokk típustól és az adott építési fázistól függően 800 és 7000 fő között változhat. Az autóbusszal, illetve személygépkocsival érkezők arányát 80%/20%-nak feltételezve naponta 16–140 autóbusz járat és 80–700 darab személygépkocsi érkezése becsülhető.

Az építési tevékenység várható időtartama – az egyéb beruházásoknál megszokottól jóval hosszabb (5–6 év) – lesz. Ebben az időszakban jelentős be-, és kiszállítással (föld, beton, technológiai berendezések stb.) kell számolni.

A megmozgatandó föld mennyisége a MIR.1200 blokk típus szállítójának adatszolgáltatása [27] szerint két blokk létesítése esetén 4–6 millió m^3 , az APR1400 szállítójának adatai [30] alapján közel 3 millió m^3 , szintén két blokk építésére vonatkozóan. Az EPR blokk szállítója a telephelyi feltételektől függően több százezer m^3 megmozgatott földmennyiséget adott meg egy blokk építése esetén [29]. Az egyes blokkváltozatok épületeinek mérete, kialakítása, illetve területfoglalása eltérő, így az AP1000 és az ATMEA1 blokkok építése esetén kitermelésre kerülő föld mennyisége is – a többi szállító által megadott adatok figyelembevételével – a több százezertől a 4–6 millió m^3 -ig terjedő tartományban becsülhető két blokk építése esetén.

A szállítással érintett lehet Paks város déli szélé, illetve a 6. sz. főút menti terület, esetlegesen Dunaszentgyörgy nyugati szegélye, illetve Csámpa település. A zavarás minimálisra csökkentése érdekében a lehető legtöbb építési anyagot vízi úton célszerű szállítani. A közúti szállításhoz kedvezőbb a vasúti megoldás is, a vasúti összeköttetés adott, azonban minden bizonnyal a Dunaföldvár–Paks szárnyvonal rekonstrukcióra szorul. Megfontolandó a beszállítások nagy részének vízi útra terelése, különösen, ha az épületszerkezeti modulok szállítása – méretük miatt – már eleve csak úgy lehetséges.

Amennyiben az anyagszállítás teljes egészében közúton történik a szükséges anyagmennyiségekből kiindulva az anyagbeszállításhoz tartozó forgalom becsült nagysága átlagban kb. 80 nehézgépjármű, illetve az építési csúcsidőszakban mintegy 130 nehézgépjármű naponta. Az anyagbeszállítás napi 12 órában történik.

2.6. A tervezett környezetvédelmi létesítmények, berendezések, intézkedések

Az új atomerőművi blokkok létesítése előkészítésének jelenlegi fázisában konkrét, már megtervezett, környezetvédelmi célokat is szolgáló létesítményekről, intézkedésekről még nem beszélhetünk. Az üzemelő atomerőmű működési tapasztalatai alapján azonban számos olyan létesítmény, intézkedés megnevezhető, mely az új blokkok megvalósításának is alapfeltétele lesz. Az ilyen típusú intézkedéseknek mind az építési, mind az üzemelési, mind a felhagyási időszakokat fel kell ölelnie.

Az atomerőműnek hagyományos (nem radioaktív) levegőminőség terhelő kibocsátása normál üzemben nincs. Levegőszennyezésre csak a teher- és személyszállításból eredően, valamint várhatóan továbbra is a dízelgenerátorok próbaüzeme, illetve esetleges vészhelyzeti üzeme esetén kell számolni. A terhelések csökkentése érdekében javasolható a járművek és a berendezések közül a legkorszerűbbek alkalmazása mind az építési, mind az üzemelési időszakban. Az új telephelyre történő személyszállításnál előnyben kell részesíteni mind az építési munkák, mind a működés kapcsán a közösségi közlekedést, megfelelő járatsűrűségű és vonalvezetésű buszközlekedés kialakításával.

Az erőmű építése és üzemeltetése jelentős többlet ivóvízkivételt igényel. A meglévő vízbázisok mennyiségi szempontból várhatóan biztosítani tudják ezt a többlet vízmennyiséget. Ugyanakkor a vízbázis védőterülete a vízigény növekedésével kiterjed. A hidrogeológiai védőövezet újbóli kijelölése a vízbázis védelme érdekében szükséges.

A technológiai megoldások kiválasztásánál a víztakarékos, újrahasznosításra épülő megoldásokat kell előnyben részesíteni. Az új telephelyen a csapadékvizek összegyűjtését, szükség szerinti kezelését és befogadóba engedését úgy kell megoldani, hogy az ne okozza se a felszíni, se a felszín alatti vizek terhelését.

Az új blokkok létesítése és működtetése kapcsán szennyvizek keletkezésével is számolni kell. A legnagyobb kommunális szennyvíz mennyiséggel az építési időszakban kell számolni. Ezen időszak kommunális szennyvíztisztításához a meglévő erőművi szennyvíztisztító nem lesz elegendő, ezért

várhatóan új, korszerű tisztítómű építésére lesz szükség. Az új létesítmény befogadója a Duna lehet. A folyó Víz Keretirányelv (VKI) szerinti jó vízminőségének megőrzése érdekében a legkorszerűbb létesítményt javasolt telepíteni.

A tervezett létesítményben a kommunális szennyvizek mellett ipari szennyvizek keletkezésével is kell számolni. Ezeknél meg kell oldani az előkezelést és csak a jogszabályoknak megfelelően előkezelt vizek kerülhetnek a befogadóba bevezetésre.

A blokkok építéséhez várhatóan jelentős földkitermelésre lesz szükség. A tervezett helyszínen várhatóan ennek egy része nem földanyag, hanem feltöltés, azaz szitt, inert hulladék. Ezek jogszabályoknak megfelelő kezeléséről, ártalmatlanításáról gondoskodni kell. E mellett a speciális, építés idején jelentkező nagytömegű hulladék mellett mind az építés, mind a működés időszakában keletkeznek kommunális, nem veszélyes ipari és veszélyes ipari hulladékok. Ezek kezelését, tárolását, ártalmatlanítását a jogszabályoknak megfelelően kell végezni. Ez azt jelenti, hogy az új telephelyen is szükség lesz tároló- és kezelőterületek, üzemi gyűjtőhelyek kialakítására. A gyűjtést szelektíven kell végezni.

Kiemelt figyelmet kell fordítani a keletkező hulladékok újrahasznosítására, a hulladékmennyiség csökkentésére, hogy csak minimális mennyiségű hulladék kerüljön lerakásra. Ezért már a technológiák, majd később a felhasznált anyagok kiválasztásánál is a hulladékszegény technológiák, és újrahasznosításra alkalmas anyagok felhasználására kell törekedni.

Az új telephely parkosítása elengedhetetlen, nemcsak a jobb környezetbe illesztés, hanem az ott dolgozók közérzetének javítása érdekében is. E mellett javasolt az új telephely határán is a véderdő telepítése.

A tervezett létesítmények méretük miatt teljes mértékben nem lesznek tájbailleszthetők. Az épületek építészeti megoldásokkal (vonalvezetés, színezés, stb.) azonban harmonikusabbá, kevésbé kirívóvá tehetők.

Az új létesítmény – mind radiológiai, mind hagyományos – környezeti hatásait az üzemelés időszakában kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszer kiépítésével és működtetésével kell nyomon követni. A környezetellenőrző rendszer folyamatosan adatot kell, hogy szolgáltatson a tervezett erőműblokkok működéséhez kötődő környezeti állapotváltozásokra vonatkozóan. Ez módot nyújt arra, hogy ellenőrizhető legyen a felépített környezeti modellek, illetve előrejelzések megbízhatósága, másrészt – az esetleges kedvezőtlen hatások, kedvezőtlen állapotváltozások esetén – lehetőséget biztosít a gyors beavatkozásra, a kedvezőtlen folyamatok elhárítására, sőt megelőzésére is.

2.7. A bemutatott adatok bizonytalansága

Az új atomerőművi blokkok létesítésének jelenlegi előkészítő fázisában kivitelezési, építési tervek még nem állnak rendelkezésre és a telepítendő blokkok konkrét típusának, illetve szállítójának – a 2.4.1. alfejezetben bemutatott öt lehetséges blokktypus közül való – kiválasztására sem került még sor. Jelen előzetes konzultációs dokumentációban bemutatott műszaki megoldások és adatok alapvetően az erőművi berendezéseket gyártók/szállítók előzetes adatszolgáltatására, illetve publikált adataikra, valamint már megvalósult, vagy építés alatt álló hasonló blokkok referenciadataira épülnek.

A tervezési folyamat előrehaladásával, a beszállítói versenyeztetés eredményeként a környezetvédelmi engedélyezési eljárás következő fázisában az itt bemutatott adatok pontosításra kerülnek, a technológiára vonatkozó főbb adatok, illetve előzetesen becsült környezeti terhelési adatok csak csekély mértékben módosulhatnak.

3. A környezeti hatások ismertetése

A környezeti hatások vizsgálatának alapvető célja a tervezett tevékenység következtében a környezet egyes elemeiben/rendszeiben beálló változások előrebecslése és minősítése a végső hatásviselőkben beálló változások alapján. A hatásvizsgálatoknál a legfontosabb a hatótényező → közvetlen hatások → közvetett hatások, azaz a hatásfolyamatok → közvetlenül és közvetetten érintettek, azaz hatásviselők → végső hatásviselők logikai lánc végigkövetése. A hatások becsléseinek elvégzéséhez elsőként meg kell határozni a tervezett tevékenység hatótényezőit és az ezekből kiinduló potenciális hatásfolyamatokat. Azért nevezik ezeket potenciális hatásfolyamatoknak, mert e fázisban még minden, a tevékenység végzése során elképzelhető hatásfolyamatot számításba veszünk. A későbbi fázisokban, már a helyszíni adottságok ismeretében lehet a valóban megjelenő folyamatokra koncentrálni a vizsgálatokat.

A potenciális hatásfolyamatok meghatározásának a beruházási hatásvizsgálatoknál jól alkalmazható módja a hatásfolyamat-ábra készítése. A hatásfolyamat-ábrák elvi jellegűek, ami azt jelenti, hogy a tervek ismeretében ezen környezeti folyamatok kialakulására lehet számítani. Az új blokkok létesítési fázisára vonatkozó hatásfolyamat-ábra (Melléklet M-5. ábra) felépítése a hatásvizsgálatoknál megszokott, tehát az első oszlop az érintett környezeti elemet, vagy rendszert jelzi. A második oszlop sorszámozás, a tervezett tevékenység várható hatótényezői a harmadik oszlopban szerepelnek. Az adott hatótényező mindig annál a környezeti elemnél jelenik meg, amelyre közvetlenül, áttétel nélkül hat. Egy hatótényező egyszerre több környezeti elemre is hathat közvetlenül, de más-más módon, ezért az összes érintett környezeti elemnél szerepeltetni kell. A várható közvetlen hatások a negyedik, a közvetett hatások az ötödik oszlopban szerepelnek. A nyílak a hatások tovagyűrűzését jelzik a végső hatásviselők irányába. A tovagyűrűzés számtalan fázison keresztül történhet, többnyire egyre esőlköző, ritkán erősödő hatásfokkal. Általában a tovagyűrűzés alatt a hatások intenzitása lecsengő tendenciájú. A végső hatásviselő általában az ökoszisztéma és/vagy az ember. Az utóbbi az ábrán külön, kiemelten, az utolsó oszlopban jelenik meg, mivel a környezetet érő hatások, azaz a környezeti elemek/rendszerek állapotában beállt változások alapvetően az ember szempontjából értelmezhetők és értékelhetők.

Az új erőműblokkok létesítése az építési munkák legfontosabb, környezeti szempontból meghatározó hatótényezői a következők:

- építési munkák (por, szállító- és építőgépek kipufogógázai, zaj és rezgésterhelés, zavarás, a megjelenő építési létszám),
- dolgozók és építőanyagok szállítása az építkezéshez (por, szállító- és építőgépek kipufogógázai, zaj és rezgésterhelés, zavarás, utak állagromlása),
- tartós és ideiglenes területfoglalás, viszonylag nagy kiterjedésű beépítés (urbánhatás, talajszerkezet-változás, felszín alatti víz mennyiségi változás),
- nyersanyag-lelőhelyek kialakítása, kiaknázása,
- hulladékkeletkezés az építés munkák során (kommunális, veszélyes- és nem veszélyes ipari hulladékok),
- szennyvíz, hulladékvíz keletkezés,
- új építmények megjelenése az erőmű telephelyén és környezetében.

A tervezett új blokkok üzemeléséhez köthető hatásfolyamatok meghatározásának módja megegyezik a létesítési fázisra vonatkozóan leírtakkal. Először meghatározásra kerültek a hatótényezők és ezekből kiindulva a potenciális hatásfolyamatok, hatásfolyamat-ábra készítésével. Az üzemelés meghatározó hatótényezőiként a következők jelölhetők meg:

- radioaktív kibocsátások a működés során (levegő, víz),
- hőkibocsátás a Dunába (mikroklíma módosulás),
- személy és tehergépjármű forgalom (levegőszennyezés, zaj- és rezgésterhelés, zavarás),
- radioaktív és hagyományos hulladékok keletkezése,

- vízkivétel (szociális vízigény),
- szennyvíz keletkezés, haváriás vízszennyezés (befogadó minőségváltozása),
- beépített és burkolt felületek léte (talaj és felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi változása),
- az erőmű léte (tájkép, tájszerkezet, urbánhatás).

Az atomerőmű működésének környezeti hatásfolyamatait összefoglaló folyamatábrán (Melléklet M-6. ábra) az erőmű létehez és működéséhez, esetleges havária eseményeihez köthető legfontosabb hatótényezőket, ezek közvetlen és közvetett hatásait vázolja fel, valamint azt, hogy ezek becsülhetően hogyan juthatnak el a végső hatásviselőig, az emberig.

Az új atomerőművi blokkok létesítése előtti állapot, mint bázisadat szolgál a várható környezeti hatások előrejelzésénél. A hatásvizsgálati folyamatban az állapotváltozások előrejelzésénél a teljes élettartamot kell vizsgálni, mely a tendenciák bemutatásával realizálható. Az új blokkok működésének viszonyítási alapjánál a jelenleg üzemelő erőmű hatásaiból származó többletterheléseket, mint jelenlegi állapotot is figyelembe kell venni. Lehetőség szerint el kell különíteni, hogy a működő nukleáris létesítmények az alapállapot alakulását mennyiben befolyásolják.

A földrajzi környezet általános ismertetésével indul a fejezet, amely a tájföldrajzi lehatárolást, a befogadó környezet legfrissebb rendelkezésre álló jellemzőit ismerteti. Ezt követően – környezeti elemek/rendszerek szerinti bontásban – ismertetjük az új blokkok építésének, üzemeltetésének, a meglévő és új blokkok együttes üzemelésének (hatásfolyamatok a Melléklet M-7. ábráján láthatók), valamint a lehetséges üzemzavarok, balesetek várható környezeti hatásait, elkülönítve a radiológiai és a hagyományos hatásokat.

3.1. A földrajzi környezet általános ismertetése

A meglévő atomerőművet és az új atomerőművi blokkokat is befogadó telephely mintegy 30 km-es körzete az Alföld nagytáj (makrorégió) azon belül pedig elsősorban a Dunamenti síkság és a Mezőföld középtáj (mezorégió) része. A Dunamenti síkságon belül beletartozik a Solti-sík, a Kalocsai-Sárköz és a Tolnai-Sárköz, a Mezőföldön belül pedig a Közép- és Dél-Mezőföld, valamint a Sárvíz-völgy kistájakba (mikrorégió). Paks város maga a Dél-Mezőföld kistáj északi részén helyezkedik el. A legnagyobb területtel érintett kistájak tehát a következők [34]:

- Kalocsai-Sárköz (Bács-Kiskun- és Tolna megye területén helyezkedik el, területe 992 km², ártéri szintű síkság 89,4–125,6 mBf közötti magasságokkal. Északi része magasártér, déli része alacsonyártér. A magasártér főként északkeleten szikes laposokkal, középső része morotvákkel, alacsonyártér laposokkal tagolt. A Vörös-mocsár mentén, a Kecel-Bajai-magaspart közvetlen közelében hosszan elnyúló tözegterület a kistáj legalacsonyabb része. A Dunai jobb partján a részben futóhomokkal fedett magasártér (madocsi terasz) széles, ovális fölnyelvként emelkedik a környezete fölé.)
- Tolnai-Sárköz (Tolna és Bács-Kiskun megyében helyezkedik el, területe 680 km², ártéri szintű síkság 88,1–162 mBf közötti magasságokkal. A terület belvízveszélyes, a folyószabályozásig jelentős mocsaras területeket foglaltak el az időszakosan vízzel borított mocsaras felületek, ezek maradványa a Gemenci-erdő. Északi része összefüggő alacsonyártér, déli része magasártér, amelyen teraszszigetek, illetve a nyugati peremen a Tolnai-Baranyai-dombvidék felől érkező patakok által felhalmozott hordalékkúpok találhatók.)
- Dél-Mezőföld (Fejér és Tolna megye területén helyezkedik el, területe 503 km², futóhomokkal, illetve lösszel fedett hordalékkúpsíkság, 90–213 mBf közötti magasságokkal. Nyugat és kelet felé éles orográfiai⁸ határral különül el a környékétől. A

⁸ Orografia: hegyrajz, a földrajznak a Föld felszíni formáit leíró ága.

kistáj területén két orográfiai szint különíthető el, egy 180–200 m átlagmagasságú tagolt síkság, ezt a típust gyűrűszerűen öleli körül a 150–160 m átlagmagasságú, enyhén tagolt síkság futóhomokfelszíne. A felszínt félig a kötött futóhomokformák borítják.)

- Sárvíz-völgy (Fejér és Tolna megye területén helyezkedik el, területe 344 km², 89–161 mBf közötti magasságú, teraszos folyóvölgy. A felszínen három jellemző magassági szint különíthető el. A Sárvíz völgye eróziós-akkumulációs úton fejlődött, így a felszíni formák kialakulása is ezekhez kötődik. A domborzati képet a magasárterek futóhomokformái és a teraszt borító löszök eróziós-deráziós formakínosai színezzék.)

3.2. A környezet radioaktivitásának jellemzése

3.2.1. Az alapállapot ismertetése

Egy atomerőmű üzemeltetésének elengedhetetlen feltétele a környezet állapotának folyamatos ellenőrzése. A tervezett új blokkok környezeti hatásainak előrejelzésénél bázisadatként az új atomerőművi blokkok létesítése előtti állapot tekinthető, ennek meghatározásához rendelkezésre álltak az elmúlt tíz év (2001–2010) mérési eredményei és az azokat összefoglaló „Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben” címmel kiadott éves jelentések [35]. A környezeti sugárzás dózisteljesítménye mellett különböző környezeti közegek aktivitását vizsgáltuk.

A környezeti állapot jellemzésekor igyekeztünk azt is meghatározni, hogy a tervezett új létesítmény környezetében működő nukleáris létesítmények az alapállapot alakulását mennyiben befolyásolják. Ennek értékeléséhez felhasználtuk, hogy a paksi atomerőmű első blokkjának üzembeállítását megelőzően széleskörű vizsgálatokat folytattak a környezeti sugárzás dózisteljesítményének, valamint a különböző közegek radioaktív izotóp koncentrációjának – az ún. alapszintnek – a felmérése céljából. Az eredményeket a könnyebb értékelhetőség érdekében az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) országos adataival is összevetettük [36].

A mérések során alkalmazott nagy érzékenységű eszközök és módszerek ellenére számos esetben csak kimutatási határ (kh) alatti eredmények adódtak. A kimutatási határ alatti értékeknél a kimutatási határ került feljegyzésre, és a feldolgozás is ezen értékkel történt.

Az egyes mérések szórása általában 10% alatti, azonban ennél lényegesen nagyobb bizonytalanságot okoz a mintavétel olyan minták esetében, ahol a mintázandó közegben jelentős mértékű inhomogenitás fordul elő. Az átlagok képzésében a szórás kiszámítását általában mellőztük, mivel az átlagolandó értékek nem minden esetben tekinthetők normális eloszlásúnak [35], megadtuk ugyanakkor a minimum és maximum értékeket.

3.2.1.1. A környezeti sugárzás dózisteljesítménye

A környezeti sugárzás⁹ dózisteljesítményének alapszintjét a távmérő állomásokon 2001 és 2010 között mért adatsorok alapján határoztuk meg. A mérések passzív (ALNOR, illetve PorTL termolumineszcens dózismérő rendszerek) és aktív (BITT RS03/232 típusú mérőszonda) dózismérőkkel történtek.

A passzív dózismérőkkel végzett mérések alapján az átlagos környezeti dózisegyenérték teljesítmény 76 nSv/h. A vizsgált 10 éves időszak során az egy hónap alatt mért legalacsonyabb érték 46 nSv/h, a legmagasabb érték 118 nSv/h volt [35]. A BITT szondával végzett mérések eredménye jó egyezést mutat a TL dózismérők adataival: az átlagos környezeti dózisegyenérték teljesítmény 77 nSv/h, az egy hónapban mért minimum értéke 58 nSv/h, a maximum értéke 109 nSv/h. Az eredmények összhangban vannak az országos értékekkel, valamint a telephely

⁹ Környezeti sugármérésnél a jelzés a környezeti gamma-sugárzás és a kozmikus sugárzás összege. A tanulmányban átvettük a forrásmunkákban használt gamma-sugárzás kifejezést, de hangsúlyozzuk, hogy ez tartalmazza a kozmikus sugárzás jelzését is. Mivel ez utóbbi lényegében állandó érték, ezért az összehasonlításoknál nem játszik szerepet.

30 km-es körzetben 1980–1982 között 23 állomáson mért 67 ± 8 nGy/h értékkel [37] is. Az értékek ingadozása a talajtípussal, a talajban található természetes radioaktív izotópok mennyiségével, valamint az időjárás változásával magyarázható.

3.2.1.2. Az in-situ gamma-spektrometriai mérések eredménye

A helyszíni (in-situ) gamma-spektrometriai vizsgálatok hordozható félvezető detektoros mérőberendezéssel történtek a távmérő és mintavevő állomások környezetében. A talaj felső rétegére jellemző mérések alapján kijelenthető, hogy a spektrumokban a természetes radioaktív izotópokon (^{40}K , illetve az urán-sor és a tórium-sor tagjai) kívül jól mérhető a légköri atomrobbantásokból eredő, illetve a csernobili kihullásból származó ^{137}Cs is. Az elmúlt tíz év mérési eredményei (átlagérték, minimum és maximum) a 3.2.1.2-1. táblázatban láthatók [35].

3.2.1.2-1. táblázat: A talaj felső rétegének radioaktív koncentrációja az „A” típusú állomások környezetében a 2001 és 2010 között végzett in-situ gamma-spektrometriai mérések alapján [35]

Aktivitás-koncentráció az in-situ gamma-spektrometriai mérések alapján	Átlag (min-max) [Bq/kg]
^{40}K	240 (192–348)
^{137}Cs	3,7 (0,49–13,3)
U-sor	17,7 (8,0–31,0)
Th-sor	14,9 (8,4–26,6)

3.2.1.3. A légköri aktivitás-koncentráció

A vizsgált terület légköri radioaktivitásának jellemzésére évente körülbelül 500 minta elemzése történik meg, a módszer kimutatási határa az egyes izotópokra 10^{-5} – 10^{-6} Bq/m³ közötti.

A nagytérfogatú aeroszol és a fall-out minták eredményei alapján kijelenthető, hogy az egyes izotópok aktivitás-koncentrációja csak a minták kevesebb mint 1%-ában érte el a kimutatási határt, az eredmények az országos adatokhoz hasonlóak [36], [38], a mért izotópok feltehetően a globális kihullásból származnak.

A levegő ^{14}C aktivitás-koncentrációját havi rendszerességgel határozták meg, az átlagérték 43 mBq/m³.

3.2.1.4. A talaj- és a fűminták aktivitása

A 2001 és 2010 közötti időszakban rendszeresen történt talajminta, illetve fűminta gyűjtése, a minták ^{7}Be , ^{40}K , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs tartalmát, valamint a tórium- és uránsor aktivitását gamma-spektrometriai vizsgálattal határozták meg, emellett a minták ^{90}Sr tartalmát is meghatározták. Az adatok a homokos talajokra általában jellemző kis aktivitás-koncentrációkat mutatják, és jól egyeznek az országos átlaggal [36] és a nyolcvanas években mért alapszint értékeivel [39].

3.2.1.5. A felszíni vizek radioaktív izotóp koncentrációja

A paksi atomerőmű üzemelő blokkjainak környezetében rendszeresen történik vízmintavétel. A vizsgálatok célja elsősorban a blokkok működése következtében a környezetbe kikerülő radioaktív izotópok monitorozása, a terhelésének meghatározása, de a mérési eredmények a környezeti állapot

felmérésére is használhatók. A vízminták jellemző összes-béta aktivitás-koncentrációja 0,06–0,55 Bq/dm³ között változott. A mért aktivitás-koncentrációk alapvetően természetes eredetűek (a mért aktivitás körülbelül fele a ⁴⁰K izotópból származik), mesterséges izotópok csak néhány alkalommal és kis aktivitás-koncentrációban voltak kimutathatók (¹³⁷Cs és ⁶⁰Co, 10–20 mBq/dm³). Az eredmények illeszkednek a természetes felszíni vizeknél tapasztalható összes-béta aktivitás-koncentráció tartományba és az 1980-as évek elején mért alapszint értékeihez is. [39]

A telephelyen és környezetében vett évente átlagosan 70 vízminta trícium aktivitás-koncentrációja néhány esetet kivéve 3,5–10 Bq/dm³ alatt volt az egyes években, az ezt meghaladó értékek a 15–22 Bq/dm³ tartományba estek. A mért értékek legfeljebb két-háromszorosai a természetes felszíni vizek trícium aktivitás-koncentrációjának [36], és kicsit alatta maradnak a paksi alapszint felmérés során mért értékeknek.

3.2.1.6. A felszíni vízgyűjtők iszapmintáinak aktivitása

A felszíni vizek medréből (Duna, horgász-tó és halnevelő) rendszeresen történt iszapmintavétel. A Dunából vett iszapmintákban a természetes radionuklidokon kívül ¹³⁷Cs és ⁹⁰Sr izotóp közel minden mintában kimutatható volt. A halastavak iszapmintáiban csekély mennyiségű, feltehetően csernobili eredetű ¹³⁷Cs volt mérhető. Az iszapmintákban a ⁹⁰Sr átlagos aktivitás-koncentrációja 0,3–0,5 Bq/kg, ami beillik az alapszínti tartományba. Néhány alkalommal a Duna egyik mintapontján kimutatási határ közeli értékben mesterséges eredetű ¹³¹I izotópot mértek, ezért további mintavétel és elemzés történt. A részletes vizsgálatokból a Duna szennyezettségére lehetett következtetni. A mért mesterséges radionuklidok nem kórhadtak az atomerőmű működéséhez, a hosszú felezési idejük csernobili, a rövid felezési idejű ¹³¹I pedig feltehetően orvosi terápiás eredetű.

3.2.1.7. A halminták radioaktív izotóp koncentrációja

Az atomerőmű mellett található halastavakból negyedévente vesznek halmintát. A 2001–2010 időszakban egyik mintában sem volt mérhető mennyiségű mesterséges eredetű radioaktív izotóp (kimutatási határ: 0,5 Bq/kg), ami összhangban volt azzal a ténnyel, hogy sem a halastavak vize, sem az iszapja nem tartalmaz mesterséges radioaktív izotópokat. Az erőmű alatti Duna-szakaszon fogott halakban a mesterséges radionuklidok mért koncentrációi igen kicsik, a minták többségében kimutatási határ alattiak. A 2005–2010 között mért legnagyobb ¹³⁷Cs aktivitás-koncentráció 1,3 Bq/kg, a legnagyobb ⁹⁰Sr aktivitás-koncentráció 0,99 Bq/kg volt. Az összes-béta aktivitás 50–60 Bq/kg körüli, melynek jelentős része a ⁴⁰K izotópból származik. [36]

3.2.1.8. A talajvíz aktivitása

Az atomerőmű területén és környezetében található talajvíz állapotára egyrészt az atomerőmű építését megelőzően vett mintákból, másrészt a kifejezetten a talajvíz megfigyelésére létesített figyelőkutak vizsgálataiból következtethetünk. Ugyan az atomerőmű telephelyén – elsősorban a főépület és a segédpépületek alatti és körüli talajvízben – az 1980-as évek közepe óta kimutatható a technológiai eredetű trícium, ennek hatása csak kis területen érezhető, hatása az új telephelyre elhanyagolható ([40] [41]). Az 1998-ig elvégzett javítások eredményeképpen a trícium koncentrációjának jelentős csökkenése figyelhető meg a talajvíz kutakban. Mindezek alapján úgy tekinthető meg, hogy megszűnt a tríciummal szennyezett technológiai eredetű víz bejutása a talajvízbe. Néhány kút esetében a ¹⁴C aktivitás-koncentrációja meghaladja a természetes háttér értéket, ami erőművi eredetre utal, ez azonban még a tríciuménál is jelentősen kisebb környezeti terhelést jelent.

3.2.1.9. A tejminták radioaktív koncentrációja

A tejmintákat havonta váltakozva vásárolják az erőműhöz közel, déli irányban levő dunaszentgyörgyi és gerjéni tehenészetektől, és félvezető detektoros gamma-spektrométerrel vizsgálják. A mintákban $0,5 \text{ Bq/dm}^3$ kimutatási határ mellett sem csernobili, sem atomerőművi eredetű radioizotóp nem található. Az $^{110\text{m}}\text{Ag}$ és a ^{137}Cs minden esetben a kimutatási határ alatt volt, a ^{40}K koncentrációja 40 Bq/dm^3 és 60 Bq/dm^3 között változik, átlagosan $51,1 \text{ Bq/dm}^3$, ami összhangban van az országos értékekkel.

3.2.1.10. A környezet radiológiai ellenőrzése

Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet előírása alapján a paksi atomerőműnek ellenőriznie kell a környezeti radioaktivitásnak az erőmű kibocsátásaival összefüggésben álló szintjeit, levegőben és vízben egyaránt. A rendszernek az atomerőmű minden üzemállapotában megfelelő mennyiségű és megbízhatóságú adatot kell szolgáltatnia a környezeti hatások megítéléséhez, adott esetben a szükséges intézkedések meghozatalához. Az ellenőrzés főbb területei a következők:

- a légköri és a vízi kibocsátások mérése a szellőzőkéményekben, illetve a vizeket összegyűjtő tartályparkban, valamint a kifolyó csatornáknál,
- a Duna hidrológiai jellemzőinek mérése,
- a levegő, a kihullás, a talaj, a talajvíz és a természetes növénytakaró (fű) radioaktív koncentrációjának mérése a környezetben,
- a felszíni vizek (Duna és halastavak), az esővíz gyűjtő csatornák különböző mintáinak (víz, iszap, hal) aktivitásmérése,
- egyes élelmiszer-minták (tej) aktivitáskoncentrációjának mérése,
- a környezeti gamma-sugárzás dózisanak, dózisteljesítményének mérése.

Az ellenőrzés kétszintű, részben távmérőrendszerekkel, részben mintavételes, laboratóriumi vizsgálatokkal történik, melynek során évente kb. 4000 minta elemzését végzik el. A távmérő rendszer on-line adatokat szolgáltat, általában az összes sugárzás mérésével.

A mérőállomások feladata normál üzemi esetén annak igazolása, hogy az erőműből nem kerül a légkörbe számottevő mennyiségű radionuklid. Üzemzavari állapotban a legfontosabb feladatuk, hogy olyan esetben is folyamatosan szolgáltatassanak adatokat a környezeti sugárzás legfontosabb összetevőiről, ha a kibocsátás nem a kéményen keresztül történik. Ezeknek az információknak alkalmasnak kell lenniük arra, hogy megalapozzák a környezetben élő lakosság védelmére hozandó intézkedéseket.

- Az erőmű körül 1–1,5 km sugarú körben 9 db „A” típusú mérő- és mintavevő állomást létesítettek az alábbi főbb funkciókkal:
 - a gamma-sugárzás dózisteljesítményének mérése,
 - az aeroszolok összes béta-aktivitáskoncentrációjának mérése,
 - a radiojód elemi vagy elemi és szerves fázisának mérése,
 - aeroszol és jód mintavétel laboratóriumi mérésekhez.
- Az „A” típusú állomásokkal megegyező kontroll állomás (B24) Dunaföldváron működik.
- A jobb területi lefedés érdekében az „A” típusú állomások közé további 11 db gamma-sugárzás dózisteljesítményt mérő „G” típusú állomást telepítettek.

A távmérő detektorok jelzéseit a kibocsátási helyeken, valamint a környezet különböző pontjain – a környezetellenőrző állomásokon és egyéb helyeken – vett minták laboratóriumi vizsgálata egészíti ki. Ezek a vizsgálatok igen érzékenyek, és minden radionuklidra alkalmazhatók.

Az „A” típusú állomásokon aeroszol és jód, fall-out, talaj és fű mintavétel is történik nagy érzékenységgű nuklidspecifikus laboratóriumi vizsgálatok céljából. Öt állomáson levegő, trícium (hidrogén-gáz (HT) és vízpára (HTO) formában), CO₂, C_nH_m mintavételezés is történik. Az erőmű körüli felszíni vizekből (Duna, halastavak, övesatorna) víz-, iszap- és halminták nuklidspecifikus vizsgálatát végzik. A talajvíz radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére az üzemi terület kútjai közül 40 kútból ³H mérést végeznek, 20 kútból automatikus mintavevők segítségével ionizáló oszlopokon megkötött gamma-sugárzó nuklidokat és ¹⁴C izotópot határoznak meg.

Az atomerőmű méréseivel párhuzamosan működik az erőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek és radiológiai laboratóriumok által működtetett Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER), ahol évente körülbelül 2–3000 minta elemzését végzik el. A hatósági ellenőrzés keretében a légköri és vízkörnyezeti kibocsátások ellenőrzése mellett mintavételes laboratóriumi vizsgálatok is történnek, ezek során dunai víz- és iszap-, talaj-, növény-, valamint tejmintákat elemeznek.

3.2.2. Az új blokkok üzemelésének radiológiai hatásai

Az atomerőművi blokkok üzemeléséből eredően a lakosság sugárterhelésének három fő forrása lehet:

- a létesítményből származó közvetlen és szórt külső sugárzás,
- a légköri kibocsátások (külső sugárterhelés, belélegzésből származó belső sugárterhelés, talajszennyezettség, szárazföldi tápláléklánc hatásai)
- a folyékony kibocsátások (ivóvíz, halfogyasztás, dunai környezet hasznosítása).

A kritikus lakossági csoport (vonatkoztatási csoport)¹⁰ a létesítmény körül, egy létező településen élő olyan csoport, amely elhelyezkedése, korösszetétele, foglalkoztatása vagy egyéb sajátosságai (pl. életmód) következtében a legnagyobb sugárterhelésnek van kitéve. Meghatározásához a létesítmény környezetére érvényes meteorológiai, hidrologiai, demográfiai, mezőgazdasági termelési, fogyasztási és életmód jellemzőket használjuk. Egy ilyen csoport hipotetikus is lehet abban az értelemben, hogy különböző csoportok egyedi sajátosságait kapcsoljuk össze a konzervatív feltételezések biztosítása érdekében. A számítások – a jelenlegi blokkokra érvényes elemzésekhez hasonlóan – 1–2 éves gyermekekre és felnőttekre történtek.

A korábbi elemzésekkel [42], [43] összhangban a légköri kibocsátások, valamint a létesítményből származó közvetlen és szórt gamma- és neutronsugárzás esetére a Csámpa településen lakó 1–2 éves gyermekek csoportját tekinthetjük kritikus lakossági csoportként, illetve referencia személyként. A [42] tanulmányban részletesen ismertetett elemzés szerint e csoport tagjait érheti a legnagyobb dóziskövetkezmény a telephelyen működő létesítmények kibocsátásának hatására. A folyékony kibocsátás dóziskövetkezményének leginkább kitett csoportként a Duna melletti Gerjen község felnőtt korú lakosságát tekinthetjük. Az elemzések során a konzervatív becslés érdekében a csámpai és a gerjeni csoportot „egyesítették”, a két referencia személy dózisének összegét vették figyelembe.

3.2.2.1/ A közvetlen és szórt sugárzás hatásai

Az EUR [44] alapján a lakosságot érő közvetlen sugárzás célértéke egy atomerőmű esetében 0,1 mSv/év (azaz 100 µSv/év), függetlenül a blokk(ok) teljesítményétől. Ez gyakorlatilag

¹⁰ Az elmúlt években a nemzetközi ajánlásokban a kritikus csoport fogalmát felváltotta a jellemző (reprezentatív) személy fogalma: „...egy olyan személy, akinek a dózisa a legnagyobb sugárterhelést kapott egyénekre jellemző...”. Mivel a dózistényezők, a fogyasztásra és az életmódra vonatkozó jellemzők várhatóan nem fognak különbözni az eddig alkalmazott módszer szerint vett kritikus csoportra jellemző értékektől, így a gyakorlati számításokban ez nem jelent majd változást.