

KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY

*A Környezeti hatástanulmány
tájékoztató anyaga*

2026. JÚNIUS-SZEPTEMBER

*A Paksi Atomerőmű
további üzemidő-hosszabbítása*



Paksi
Atomerőmű



Impresszum:

Kiadja: MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

Felelős kiadó: Dr. Horváth Péter János vezérigazgató

Készítők: Czibula Mihály, Pécsi Zsolt, Dr. Bujtás Tibor, Romenda Tamás,

Nagyné Juhász Emőke, Ördögh Miklós, Bajsz Katalin

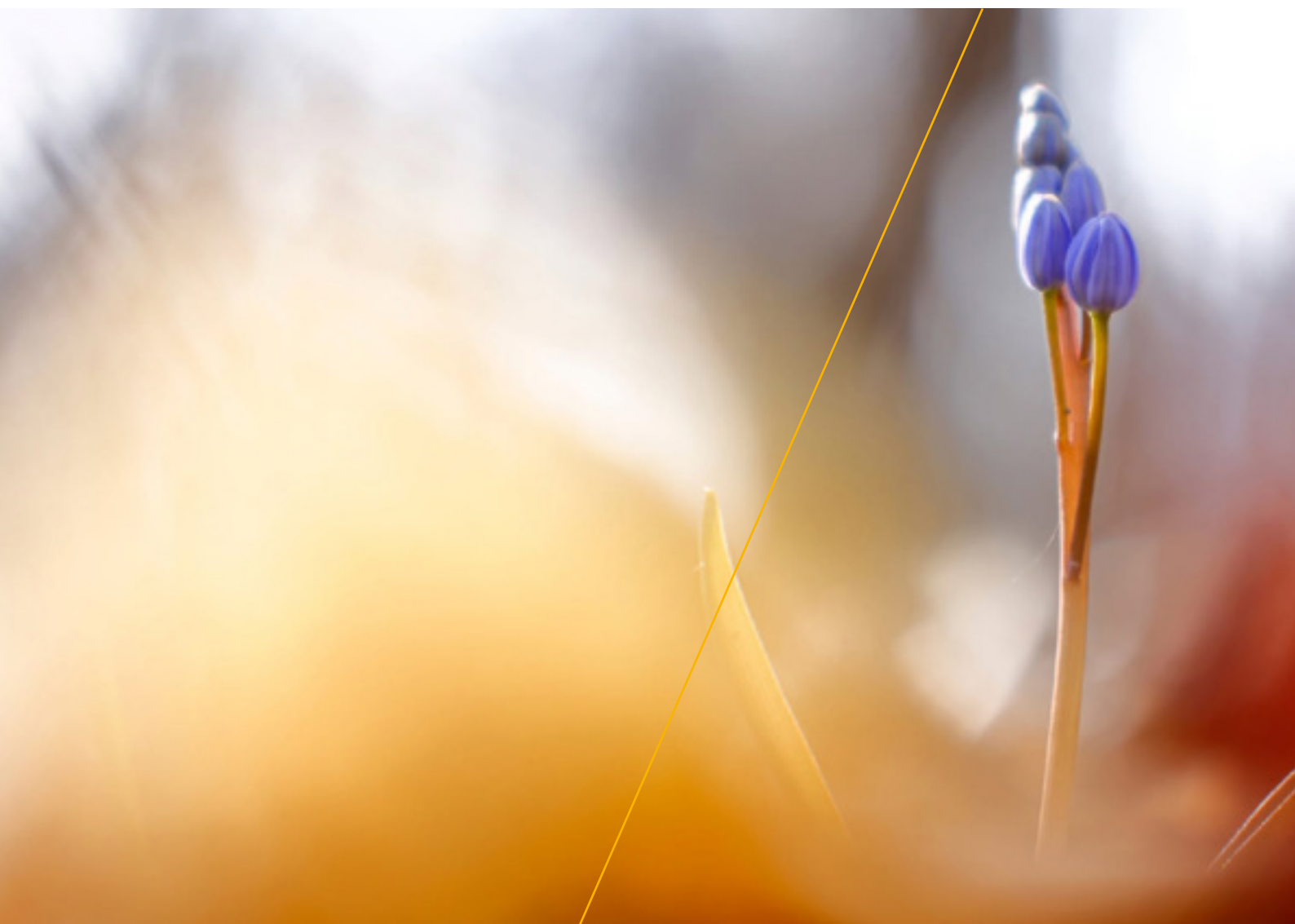
Tördelés: László-Boglári Orsolya

Fotók: Vincze Bálint, archív

Nyomdai előállítás: ATOMIX Kft. Nyomdaüzem

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Bevezetés	1
1.1.	Előzmények	1
1.2.	A tervezett további üzemidő-hosszabbítás célja és indoklása	4
1.3.	Jogszabályi háttér és a környezeti hatásvizsgálat sajátosságai	6
1.4.	Az atomerőmű üzemidő-hosszabbítás nemzetközi gyakorlata	8
2.	A Paksi Atomerőmű főbb műszaki jellemzői	10
2.1.	Az atomerőmű telephelye	10
2.2.	A nukleáris energiatermelés technológiája	12
2.3.	Tervezett átalakítások és rekonstrukciók	14
2.4.	Kibocsátás- és környezetellenőrzés	16
3.	A további üzemidő-hosszabbítás várható környezeti hatásai	18
3.1.	A levegőminőségre gyakorolt hatások	18
3.2.	Meteorológiai és klimatikus hatások	19
3.3.	A felszíni vizekre gyakorolt hatások	22
3.4.	A felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások	24
3.5.	Az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások	26
3.6.	A tájképre és tájhasználatra gyakorolt hatások	29
3.7.	Nem radioaktív hulladékok és szennyvizek keletkezése és kezelése	31
3.8.	A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások	32
3.9.	Radioaktív anyagok kibocsátása és a környezet radioaktivitásának jellemzése	35
3.10.	A lakosság sugárterhelése	36
3.11.	Radioaktív hulladékok és kiegétt fűtőelemek kezelése	38
4.	A környezeti hatások összegzése és a hatásterület lehatárolása	41







1. BEVEZETÉS

1.1 ELŐZMÉNYEK

A Paksi Atomerőmű a magyar villamosenergia-rendszer meghatározó alapegysége, fő funkciója a villamosenergia-termelés. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett atomerőmű négy, VVER-440/V-213 típusú reaktorblokkból áll, melyek 1982 és 1987 között léptek üzembe. A Paksi Atomerőmű névleges villamos teljesítménye jelenleg 2026,6 MW.

Az atomerőmű eredetileg 30 évre tervezett üzemideje meghosszabbításának lehetőségét – a nemzetközi trendeknek megfelelően – az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a 2000-es évek elején kezdte vizsgálni. Az elvégzett részletes megvalósíthatósági vizsgálatok kedvező eredményei alapján 2003-ban döntés született az atomerőmű első 20 éves üzemidő-hosszabbításáról.

Az atomerőmű blokkjainak az eredetileg tervezett 30 éves üzemidőn túli 20 évvel történő üzemeltetésére az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a környezetvédelmi hatóság 2006 októberében kiadott határozatával kapott környezetvédelmi engedélyt. A jelenleg hatályos környezetvédelmi engedély érvényessége blokkonként került meghatározásra, mely 2032 és 2037 között jár le.

Az atomerőmű szakemberei már 2013-ban, az első üzemidő-hosszabbítási projekt végrehajtása során is figyelembe vették az 50 (30+20) éves üzemidőn túli, további üzemidő-hosszabbítás lehetőségét. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. vállalati stratégiája keretében 2019-ben indult el a részletesebb vizsgálat, összhangban a nemzetközi gyakorlattal, amelynek részeként több ország is foglalkozott a működő atomerőművek üzemidejének 60-ról 80 évre, sőt 80-ról 100 évre való kiterjesztésével. A megvalósíthatóságra vonatkozó jogi, műszaki és gazdasági elemzések 2020-ban készültek el. A Paksi Atomerőmű, mint létesítmény élettartamát azok a szerkezetek és rendszerelemek (pl. reaktortartály, gőzfejlesztők) határozzák meg, amelyek nem cserélhetők, nem felújíthatók, vagy az ezzel járó költségek és leállási idő olyan nagy lenne, hogy műszaki-gazdasági értelemben az nem ésszerű. Az elvégzett anyagvizsgálati, elemzési, karbantartási eredmények alapján a nukleáris biztonság szempontjából legfontosabb berendezések egyike esetén sem kell ellehetetlenüléssel vagy kiugró költséggel számolni az erőmű további üzemeltetése során. A cserélhető, felújítható rendszerelemek biztonságos üzemelése az előírányzott és az erőmű üzemeltetésének részét képező öregedéskézelési, illetve rekonstrukciós programok végrehajtásával a további üzemelés időszakában is fenntartható.

Bár a további üzemidő-hosszabbítás gazdasági és klímapolitikai előnyei is nyilvánvalóak voltak, az üzemidő-hosszabbítási projekt indításáról csak később született döntés a Paks II. Atomerőmű eredetileg tervezett ütemű megvalósításának változása miatt. Egy atomerőművi üzemidő-hosszabbítás előkészítésének időigénye közel 10 év. Figyelembe véve, hogy az 1. blokk üzemideje 2032-ben jár le, Magyarország Kormánya 2022 nyarán döntött a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítéséről. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2022 szeptemberében megalapította a További Üzemidő-hosszabbítás Kiemelt Projektet. A projekt keretében végrehajtandó előkészítő feladatok közé tartozik a környezeti hatásvizsgálat elvégzése és a környezetvédelmi engedélyezési eljárás lefolytatása.

Az atomerőművek üzemidő-hosszabbítására vonatkozó nemzetközi gyakorlatot is figyelembe véve a Paksi Atomerőmű további üzemeltetésére vonatkozó műszaki és környezetvédelmi vizsgálatok 20 éves további üzemidő-hosszabbítással, azaz összesen 70 éves teljes üzemidővel számolnak.

A hatályos törvényi szabályozás alapján csak új atomerőművek létesítésére vonatkozóan kötelező az Országgyűlés előzetes elvi jóváhagyása. Az első üzemidő-hosszabbításnál követett gyakorlatnak megfelelően a Kormány a további üzemidő-hosszabbítással kapcsolatos tevékenységek megkezdéséről is tájékoztatta az Országgyűlést, amely azt elfogadta.

Az Euratom-szerződés¹ értelmében az üzemidő-hosszabbítási projekt bejelentésköteles az Európai Bizottság részére. Az European Commission Directorate-General for Energy Unit ENER D.2 – Nuclear energy, nuclear waste and decommissioning részére 2023. október 26-án megküldésre került a projektet bemutató dokumentum, amellyel a további üzemidő-hosszabbítás hivatalos bejelentése az Európai Bizottság részére megtörtént. 2025 januárjában a Bizottság kiegészítő kérdéseket tett fel a projekttel kapcsolatban, amelyekre a válaszok 2025. április 9-én megküldésre kerültek. Az eljárás a Bizottság lezáró véleményének kiadásával zárul.

A környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) korm.-rendelet értelmében az atomerőmű üzemidejének meghosszabbítása környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenység, amely a környezetvédelmi hatóság által kiadott környezetvédelmi engedély birtokában végezhető. A környezeti hatásvizsgálat eredményeit a kérelmezőnek környezeti hatástanulmányban kell bemutatnia.

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása esetében a környezetvédelmi engedélyezési eljárást megelőzően a jogszabály ún. előzetes konzultáció lefolytatására biztosít lehetőséget a kérelmező részére a környezetvédelmi hatóság és az érintett közigazgatási szervek véleménye, valamint a nyilvánosság észrevételeinek megismerése érdekében.

Az érintett nyilvánosságba beleértendő az országhatáron áttérjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espooban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) korm.-rendelet szerint az előzetes konzultáció során értesített országok nyilvánossága is.

Az előzetes konzultációt az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2024 szeptemberében kezdeményezte a Baranya Vármegyei Kormányhivatalnál – mint illetékes környezetvédelmi

¹ Az Európai Atomenergia Közösséget létrehozó 1957. március 25-én aláírt szerződés, amely az atomenergia békés célú felhasználását és az atomenergia-ipar fejlesztését tűzte ki célul.



hatóságnál – az Előzetes konzultációs dokumentum benyújtásával. Az előzetes konzultáció célja az volt, hogy a környezeti hatástanulmány kidolgozására a környezetvédelmi hatóság, valamint a bevont közigazgatási és egyéb szervek véleményének, illetve a nyilvánosság észrevételeinek figyelembevételével kerülhessen sor.

A környezetvédelmi hatóság az előzetes konzultációt lezáró, 2024 októberében kiadott véleményében megállapította, hogy az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatban a környezetvédelmi engedélyezést kizáró ok nem merült fel. A környezeti hatásvizsgálati eljárás lefolytatása iránti kérelemhez csatolni szükséges a 314/2005. (XII. 25.) korm.-rendelet előírásai szerint elkészített környezeti hatástanulmányt az előzetes konzultációt lezáró véleményben megfogalmazott követelmények figyelembevételével.

Tekintettel arra, hogy az atomerőmű üzemeltetése az Espooi Egyezmény szerint várhatóan jelentős országhatáron áterjedő hatást előidéző tevékenység – a 314/2005. (XII. 25.) korm.-rendeletben a nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárásra vonatkozóan előírtakkal összhangban – a konzultáció lehetőségének biztosítása céljából megtörtént a vélelmezhetően érdekelt külföldi felek értesítése. Az Energiaügyi Minisztérium 2024 októberében – a Paks II. Atomerőmű esetében lefolytatott nemzetközi hatásvizsgálati eljárás során értesített országok figyelembevételével, azaz a Magyarországgal szomszédos országoknál jóval szélesebb körben és függetlenül a lehetséges áterjedő hatások korlátozott voltától – 31 külföldi felet értesített (a Magyarországgal szomszédos országok, valamennyi EU tagállam, továbbá az Egyesült Királyság, Norvégia és Svájc). Az értesített országok közül 8 ország részéről érkezett visszajelzés. A hatásvizsgálati eljárásban való előzetes részvételi szándékát Ausztria, Lettország, Románia és Horvátország jelezte, Finnország, Lengyelország és Csehország tájékoztatást kért a környezeti hatásvizsgálat eredményéről.

A további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezési eljárásával kapcsolatos feladatok végrehajtására a Paksi Atomerőmű További Üzemidő-hosszabbítás Kiemelt Projekt keretében működő környezetvédelmi engedélyezési munkacsoport felügyeletével önálló projektszervezet alakult. A környezeti hatásvizsgálat egyes szakterületeihez tartozó vizsgálatok, elemzések elvégzésére, megfelelő referenciákkal rendelkező szakmai szervezetek, tudományos intézmények kerültek bevonásra. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a környezetvédelmi szakmai feladatok felügyeletére Környezetvédelmi Szakértői

Testületet hozott létre, amelynek tagjai a vonatkozó szakterületek magyarországi elismert tudományos szakértői.

A környezeti hatásvizsgálat keretében elvégzendő helyszíni vizsgálatok (mérések, mintavételek), elemzések, értékelések, modellezési feladatok végrehajtására szakterületi vizsgálati programok kerültek kidolgozásra és végrehajtásra.

A jogszabályi előírások, illetve az előzetes konzultációt lezáró hatósági véleményben megfogalmazott tartalmi követelményeknek megfelelő - a 2024-ben és 2025-ben végrehajtott szakterületi vizsgálati programok eredményeire támaszkodó - Környezeti hatástanulmány 2026. első félévében került kidolgozásra.

Jelen kiadvány a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezetvédelmi engedélyezése iránti kérelmet megalapozó Környezeti hatástanulmány tájékoztató anyaga, amely a hatástanulmány véglegesítésével egyidőben került összeállításra 2026. júniusában. Közvetlenül ezt követően extrém hőhullámok és dunai kisvizek alakultak ki, amelyek jelentős hatást gyakoroltak a Paksi Atomerőmű üzemére.

Az események időbelisége lehetővé és szükségessé tette az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása engedélyezésének megalapozásához készített Környezeti hatástanulmány tartalmát érintő hatásainak felülvizsgálatát. A felülvizsgálat eredményét a „Kiegészítő információk a Paksi Atomerőmű További Üzemidő-hosszabbítási Projekt Környezeti hatástanulmányához használt elemzések lezárása után tapasztalt extrém hőhullámok és dunai kisvizek következményeinek értékelésére” című, a környezeti hatástanulmány részét alkotó dokumentum mutatja be.

1.2. A TERVEZETT TOVÁBBI ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁS CÉLJA ÉS INDOKLÁSA

A tervezett tevékenység célja a Paksi Atomerőmű üzemeltetésével jelenleg is biztosított kereskedelmi célú villamosenergia-termelés fenntartása az erőmű meglévő négy reaktorblokkjának további 20 éves üzemeltetésével. Az atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbítása Magyarország hosszútávú energiafüggetlenségi, klímavédelmi és ellátásbiztonsági céljait szolgálja.

A Paksi Atomerőmű az utóbbi évtizedben (2015 és 2024 között) évi 15,7-16,3 TWh villamos energiát állított elő, magas teljesítménykihasználtság mellett. A hazai villamosenergia-termelés – melynek több, mint 40%-át (az utóbbi időszakban közel 48%-át) a Paksi Atomerőmű adja – Magyarország villamosenergia-felhasználását teljes mértékben nem tudja biztosítani, ezért importra is szükség van.

Magyarország energiapolitikájának célja az ellátásbiztonság szavatolása, a klímasemlegesség megvalósítása és az energetikai függetlenség megteremtése. Ennek eléréséhez az ország villamosenergia-igényét minél nagyobb mértékben szén-dioxid-kibocsátásmentes hazai forrásokból szükséges fedezni. Az elektrifikáció és a gazdasági növekedés következtében várhatóan a magyarországi villamosenergia-igény emelkedő tendenciájával lehet számolni a következő évtizedekben is. Tekintettel arra, hogy a belföldi előállítású karbonsemleges villamos energia meghatározó forrása – a jelenleg még kezdeti építési fázisban lévő Paks II. Atomerőmű mellett – a Paksi Atomerőmű, a további üzemidő-hosszabbítás megvalósítása hosszú távon szolgálja a hazai alaperőművi energiatermelő kapacitást, ezáltal az ellátásbiztonság megtartását, az energiaiimport-függőség csökkentését és a klímavédelmi célokat.

Az éghajlatváltozásról szóló Párizsi Megállapodásban rögzített klímapolitikai célok szerint 2050-re a klímasemlegesség elérése a cél az Európai Unióban. Az Unió valamennyi tagállama – köztük Magyarország is – aláírta és megerősítette a 2016-ban hatályba lépett Párizsi Megállapodást. A vállalások teljesítése érdekében a klímavédelemről szóló törvény célul tűzte ki, hogy Magyarország 2050-re elérje a teljes klímasemlegességet, azaz az üvegházhatású gázok még fennmaradó hazai kibocsátása, valamint elnyelése ekkorra egyensúlyba kerül.



A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával a Nemzeti Energia- és Klíma-terv 2024. évi felülvizsgált változata is számol, mely rögzíti, Magyarország célja, hogy a magyar villamosenergia-termelés legnagyobb része két forrásból, az atomenergiából és megújuló energiából, elsősorban naperőművekből származzon. Magyarország villamosenergia-termelésének közel felét a karbonsemleges nukleáris energia adja. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítási projektjének megvalósulásával és a Paks II. Atomerőmű üzembe lépésével ez az arány hosszú távon is fenntartható.

Az energia- és klímaterv szerint a fő árampiaci célkitűzések között szerepel az atomenergia magas részarányának fenntartása a villamosenergia-termelésben. Az energiahatékonysági és megújuló energiát támogató programok mellett a nukleáris kapacitások hosszú távú fenntartása jelentős hatást gyakorol az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának elmaradása esetén az így kieső villamos energiát a villamosenergia-piacról kellene beszerezni, ami az előrejelzések alapján jelentős többletköltséget jelenthetne az atomerőmű további üzemeléséhez képest. A kieső villamos energia más technológiával történő előállítás jelentősen kedvezőtlenebb környezeti hatásokat eredményezhet.

A Paksi Atomerőmű meglévő négy blokkjának további üzemidő-hosszabbítása Magyarország stratégiai érdeke annak biztosítására, hogy:

- a hálózati stabilitás fenntartható legyen az időjárásfüggő megújulók integrációja mellett,
- a klímasemlegességi célok 2050-re elérhetők legyenek a szén-dioxid-mentes alaperőművi termelés megőrzésével,
- a növekvő ipari és lakossági villamosenergia-igények biztonságosan, az importfüggőséget mérséklő módon kielégíthetők legyenek,
- a kiemelkedően magas gazdasági megtérülés és az alacsony fogyasztói árak elérhetők legyenek.

A Paksi Atomerőmű négy VVER-440/V-213 blokkjának további üzemidő-hosszabbítása során a hazai korszerű, nemzetközi szabályozási gyakorlaton alapuló előírások és a műszaki tapasztalatok alkalmazása garantálja, hogy a szükséges célzott felújítások, beruházások elvégzése révén a blokkok a 2050-es évek végéig a magyar energiaellátás biztonságának, az energia- és klímavédelmi stratégiának, valamint a gazdaság fejlesztésének szilárd alapját jelenthessék.



1.3. JOGSZABÁLYI HÁTTÉR ÉS A KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLAT SAJÁTOSSÁGAI

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény értelmében a környezetre jelentős, illetve várhatóan jelentős mértékben hatást gyakorló tevékenységek megkezdése előtt környezeti hatásvizsgálatot kell végezni és környezetvédelmi engedélyt kell szerezni az illetékes környezetvédelmi hatóságtól. Ezen tevékenységek körét, továbbá a környezetvédelmi engedélyezési eljárás módját, fázisait, a környezetvédelmi hatóság részére benyújtandó dokumentumok tartalmi követelményeit végrehajtási rendelet tartalmazza.

A környezetvédelmi engedélyezési eljárás tárgyát képező tevékenység a négy VVER-440/V-213 típusú, nyomottvizes, könnyűvíz-moderátorú, termikus reaktorblokkal üzemelő Paksi Atomerőmű üzemidejének, azaz a villamosenergia-termelő tevékenységének további 20 évvel történő meghosszabbítása. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása a környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) korm.-rendelet szerint környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenység, melynek megkezdéséhez környezetvédelmi engedély szükséges.

A környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenységek esetében a korm.-rendelet előzetes konzultáció lefolytatására biztosít lehetőséget, amely az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. kérelmére lefolytatásra került. Az előzetes konzultáció a környezetvédelmi hatóság a környezeti hatástanulmány tartalmi követelményeire vonatkozó, a környezet- és természetvédelmi, valamint az egyéb szakkérdésekre kiterjedő írásos véleményének kiadásával zárult 2024 októberében.

Az előzetes konzultációt követő környezeti hatásvizsgálati eljárást a környezetvédelmi hatóság a környezethasználó kérelmére indítja meg. A kérelem mellé csatolni kell a hatóság előzetes konzultáció során adott véleménye, valamint a 314/2005. (XII. 25.) korm.-rendelet 6. számú melléklete szerinti általános tartalmi követelményeknek megfelelő környezeti hatástanulmányt.

Az atomerőművek üzemeltetése az országhatáron áterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, 1991. február 26-án Espooban (Finnország) aláírt és a 148/1999. (X. 13.) korm.-rendelettel kihirdetett egyezmény hatálya alá tartozó olyan tevékenység, amely várhatóan jelentős, országhatáron áterjedő környezeti hatást idézhet elő. A környezeti hatásvizsgálati eljárás során a környezetügyért felelős minisztérium értesíti a külföldi érdekelt feleket a tervezett tevékenységről, illetve az arra vonatkozóan folyamatban lévő környezeti hatásvizsgálati eljárásról.

Amennyiben a külföldi fél az értesítésre adott válaszában bejelenti, hogy részt kíván venni a környezeti hatásvizsgálati eljárásban, akkor az eljárást az Espooi Egyezmény előírásainak figyelembevételével kell tovább folytatni (nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárás). Ennek során a környezeti hatástanulmány és a kapcsolódó dokumentumok megküldésre kerülnek a külföldi felek részére, valamint – a külföldi felek tájékoztatása és véleménye megismerése érdekében – konzultáció kerül lefolytatásra az érintett külföldi felekkel. A környezetvédelmi hatóság a környezetvédelmi engedély tárgyában meghozott döntéséhez figyelembe veszi a nemzetközi hatásvizsgálati eljárásban a külföldi felektől kapott véleményeket, észrevételeket.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának környezeti hatásvizsgálata, hatósági eljárása és annak megalapozása szempontjából is speciálisnak tekinthető egy hagyományos, jellemzően új tevékenységre vonatkozó hatásvizsgálathoz képest. A legfontosabb sajátosságok a hatásvizsgálatra vonatkozó jogszabályi előírások tükrében az alábbiak voltak:

- Az eljárás egy már évtizedek óta működő létesítményre vonatkozik, ezáltal a várható környezeti hatásokra vonatkozó előrejelzések jórészt valós mérési, tapasztalati eredményeken, ismereteken alapulhattak.
- A hagyományos környezeti hatásvizsgálatoknál vizsgálandó telepítési fázis jelen esetben csak részlegesen volt értelmezhető. Telepítési fázisként a további üzemidő-hosszabbítás előkészítéseként tervezett – a 2.3 fejezetben ismertetett – átalakítások végrehajtása (elsősorban a tervezett alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és kapcsolódó csúcshűtő rendszer kialakítása), továbbá az egyes berendezések modernizációjával, rekonstrukciójával, cseréjével kapcsolatos egyéb tevékenységek kerültek figyelembevételre. Ezeknek a tevékenységeknek egy jelentős része azonban a normál üzemi működés során is folyamatos, ezért ennek a fázisnak az önálló vizsgálata csak a számottevő, a normál üzemeléshez képest többletként jelentkező környezeti hatásokra vonatkozóan volt szükséges. A telepítési, azaz a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása előkészítési fázisa részeként környezeti szempontból a normál üzemi fenntartási, karbantartási munkákon túlmutató, nagyobb volumenű, nagyobb gyakoriságú, esetleg kampányidőszakot igénylő, ezért többlet környezeti hatással járó beavatkozásokat kellett értékelni a hatásvizsgálat részeként.
- A környezeti hatásvizsgálat során figyelembe kellett venni, hogy a továbbműködés idejére a Paksi Atomerőmű telephelye mellett, az 1–4. blokkok területével szomszédos területen a Paks II. Atomerőmű Zrt. beruházásában épül a Paks II. Atomerőmű két új blokkja. Ennek megfelelően a vizsgálatban a Paksi Atomerőmű hatásainak önálló vizsgálata mellett a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemeléséből eredő összeadódó hatásokat is értékelni kellett.
- Az atomerőművek esetében a felhagyás (leszerelés) a 314/2005. (XII. 25.) korm.-rendelet értelmében önálló környezetihatásvizsgálat-köteles tevékenység, így a környezetvédelmi engedélyezési eljárás részeként e fázis bemutatása csak elvi szintű értékelést igényelt.
- A meghosszabbított üzemidő alatt keletkező többlet kiégett üzemanyag, illetve radioaktív hulladék elhelyezésével kapcsolatos tevékenységek a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) feladatkörébe tartoznak, amelyek külön környezetvédelmi engedélyezési eljárásban kerülnek engedélyezésre. A leszereléshez hasonlóan a kiégett fűtőelemek és a radioaktív hulladékok kezelésének bemutatása ezért szintén elvi szintű ismertetésre terjed ki.



1.4. AZ ATOMERŐMŰ ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁS NEMZETKÖZI GYAKORLATA

Az atomerőművek üzemidő-hosszabbítása ma már általános gyakorlat az atomerőművet üzemeltető országokban. Egy termelőképessé és biztonságosan üzemeltethető, a tőkeköltségeket már megtérítő, jelentős nemzetgazdasági hozzáadott értéket előállító villamosenergia-termelő kapacitás tervezett üzemidőn túli üzemben tartása műszaki és közgazdasági értelemben is egyértelműen észszerű döntés. Elsőként az Amerikai Egyesült Államokban indult el az ehhez szükséges kutatás-fejlesztési munka, tekintettel arra, hogy új atomerőművek nem, vagy csak a világ egyes országaiban (pl. Kínában) épültek az utóbbi évtizedekben, és az üzemben lévő termelőegységek sorra elérték volna az engedélyezett üzemidejük végét.

A második húszéves üzemidő-hosszabbítás műszaki-tudományos megalapozása és jogi kereteinek kialakítása úgyszintén megtörtént az Egyesült Államokban. Az amerikai gyakorlathoz hasonlóan sok országban kezdtek el az atomerőművi berendezések öregedéskézelésének szisztematikus megalapozását.

Az üzemidő-hosszabbítást mint koncepciót követte, és az ehhez szükséges műszaki-tudományos megalapozást a saját nemzeti szabályozása kereteit figyelembe véve adaptálta a saját blokkjaira a világ legtöbb atomerőmű-üzemeltetője, és valósította meg a tervezett időn túli üzemelést.

Az atomerőművek üzemidő-hosszabbítása esetében alapvetés, hogy a blokkoknak az aktuális nemzetközi követelményeknek és nemzeti biztonsági szabályozásnak meg kell felelniük. Az üzemeltető feladata, hogy az erőmű megkövetelt állapotát öregedéskézelési programokkal és a karbantartások hatékonyságának biztosításával fenntartsa. A Paksi Atomerőműben is üzemelő VVER-440/V-213 típusú blokkok esetében ehhez a betervezett-beépített biztonságuk és tartalékaik adják az alapot. A ma működő VVER-440/V-213 reaktorok biztonságát már nem az eredeti tervek alapján kell megítélni. Az ilyen típusú blokkal rendelkező atomerőművekre vonatkozóan az elmúlt évtize-

dekben nemzeti és nemzetközi biztonságelemző és felülvizsgálati programok kerültek végrehajtásra, amelyeket jelentős költségű és műszaki terjedelmű biztonságnövelő programok követtek.

A megvalósított programoknak köszönhetően a működő VVER-440/V-213 atomerőművek biztonsága a 2000-es évek követelményeit teljesíti. Ezt a tízévenkénti biztonsági felülvizsgálatok és az azt követő intézkedések tovább javították, valamint a fukushimai balesetet követő célzott biztonsági felülvizsgálat és intézkedések még a rendkívüli hatásokra és baleseti körülményekre is felkészítették a blokkokat.

Finnországhoz, Csehországhoz, Szlovákiához, Ukrajnához hasonlóan Magyarországon is az üzemidő-hosszabbítási engedély érvényességének fennmaradását az erőművi felülvizsgálatok – mint a tízévenkénti átfogó, időszakos biztonsági felülvizsgálat –, beszámolók, jelentések hatósági elfogadásához is hozzákapcsolják. A VVER-440 blokkok között vannak már olyanok is (pl. Kola 1, Kola 2, Kola 4, Novovoronyezs 4 /Oroszország/), amelyeknek ismételt üzemidő-hosszabbítás engedélyezéssel közel 60 éves üzemidőre szóló üzemeltetési engedélyt adtak ki.

A Loviisa 1-2. blokkokra (Finnország) 2022-ben nyújtottak be további 20 év üzemidő-hosszabbításra (összesen 70 éves üzemidőre) vonatkozó engedélykérelmet, miután a blokkok időszakos biztonsági felülvizsgálata sikeresen lezárult. A blokkok jelenleg már a meghosszabbított üzemidőre vonatkozóan rendelkeznek üzemeltetési engedéllyel. A Bohunice 3-4. blokkok (Szlovákia) esetében is tervezik a 60 éves üzemidő engedélyeztetését. Az ún. forralóvízes típusú Olkiluoto 1-2. blokkokra (Finnország) vonatkozóan lezárult a további – összesen 70 éves üzemidőre vonatkozó – üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyeztetése.

Csehországban, a Dukovany Atomerőműben működő négy, a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjával gyakorlatilag megegyező VVER-440/V-213 blokk esetében is megkezdtek az előkészületeket a 80 éves üzemidő elérésére, amely nem helyettesíti, hanem kiegészíti az új atomerőművi blokk építéseket a nemzeti energiastratégia részeként.

Nemzetközi példaként említhető más országok gyakorlata is, például Franciaország, mint az Európai Unió legnagyobb atomerőművi kapacitással rendelkező tagállama, ahol jelenleg 52 blokk üzemidő-hosszabbítására adtak elvi engedélyt a tervezett 40 évről 50 évre. További példaként említhetők az olyan országok, mint Svájc, Belgium, Hollandia, ahol az atomerőművek leállítására vonatkozó korábbi döntéseket felülvizsgálva a blokkok üzemidő-hosszabbítását vizsgálják vagy arra vonatkozó döntést hoztak.

A világtendenciának megfelelően a nemzeti energiastratégia részeként a paksi VVER-440/V-213-as blokkok esetén is indokolt az újabb 20 éves üzemidő engedélyezésének előkészítése, a blokkok 70 éves koráig meghosszabbított üzemben tartása.



2. A PAKSI ATOMERŐMŰ FŐBB MŰSZAKI JELLEMZŐI

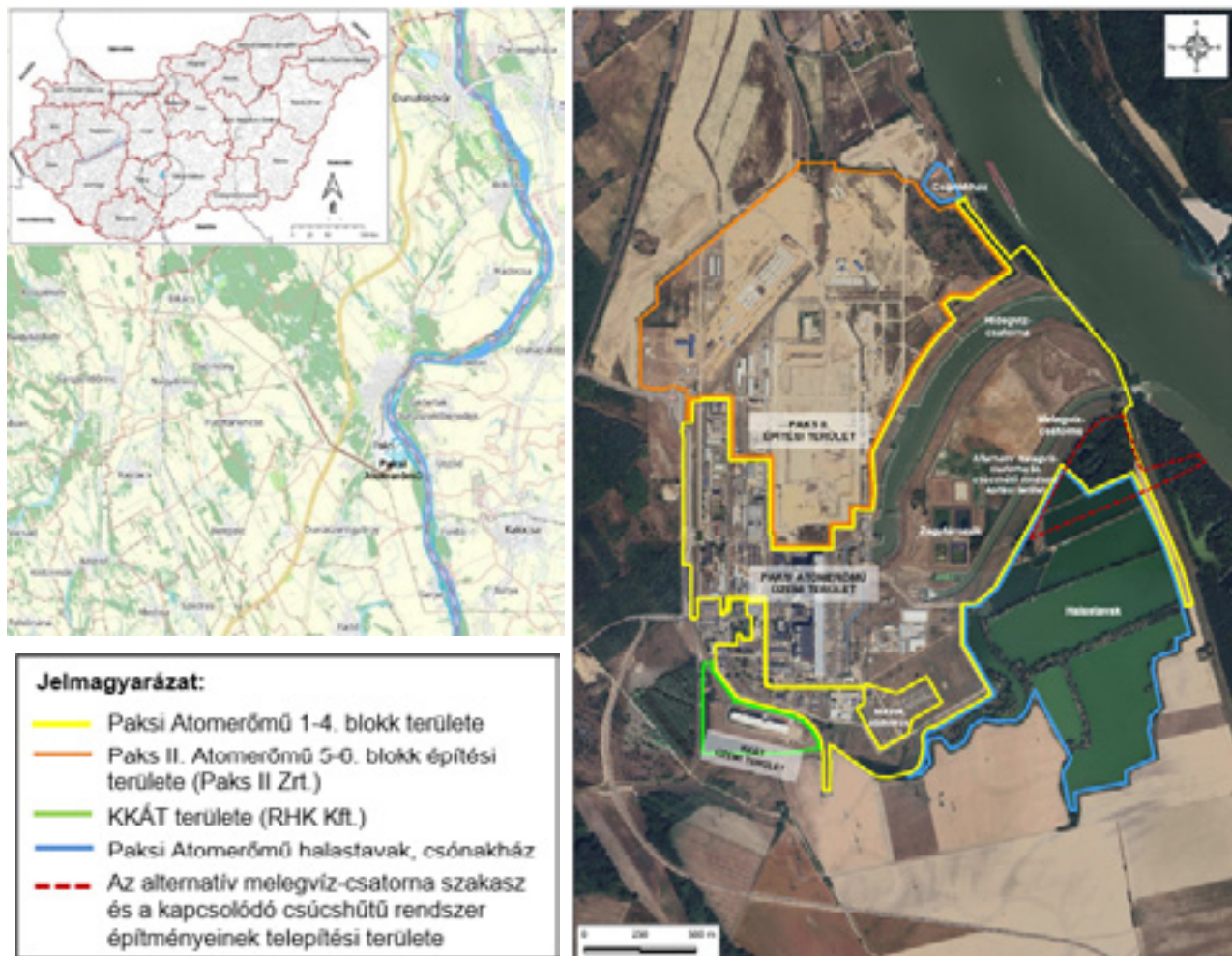
2.1. AZ ATOMERŐMŰ TELEPHELYE

A Paksi Atomerőmű telephelye Magyarország dél-dunántúli régiójában, Tolna vármegye keleti határán, a Dunától 1 km-re nyugatra, a folyó 1527. fkm-szelvényénél, a 6. sz. fő-közlekedési úttól 1,5 km-re keletre található. A telephely Budapesttől 118 km-re délre, Paks város központjától pedig 5 km-re délre helyezkedik el. A telephely Paks város közigazgatási területén, belterületen helyezkedik el, a terület az alábbi három fő részre tagozódik (2.1-1. ábra):

- A Paksi Atomerőmű 1-4. blokk üzemi területe:
Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett 1-4. blokk, a hozzá kapcsolódó turbinagépház, vízkivételi mű, az ezek kiszolgálásához szükséges segédberendezések, rendszerek, a hideg- és melegvíz-csatorna, valamint iroda-, karbantartó- és raktár-épületek helyezkednek el ezen a területrészen. A 2.1-1. ábrán jelzett területrészen tervezett – a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása előkészítése részeként – az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúshűtő rendszer építményeinek, berendezéseinek telepítése. A hűtőrendszer létesítése a – Dunából kivett, felmelegedett hűtővíz folyóba való visszavezetését megelőző – hűtés biztosítása érdekében, a Duna hőterhelésnek csökkentése céljából szükséges.
- A Paks II. Atomerőmű 5-6. blokk területe:
Az atomerőmű meglévő 1-4. blokkjaitól északra fekvő terület, amely az új, a Paks II. Atomerőmű Zrt. beruházásában épülő Paks II. Atomerőmű (5-6. blokk) elhelyezésére kijelölt terület. A Paks II. Atomerőmű látványterve a Paksi Atomerőmű épületeinek feltüntetésével a 2.1-2. ábrán látható.
- A Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolójának (KKÁT) üzemi területe:
Az 1-4. blokk üzemi területétől délnyugatra található területen helyezkedik el az RHK Kft. mint a nukleáris létesítmény engedélyese által fenntartott KKÁT, illetve az ahhoz kapcsolódó egyéb épületek, építmények (2.1-3. ábra).

A Paksi Atomerőmű területét biztonsági övezet veszi körül, amelyet a jogszabályi előírások alapján az Országos Atomenergia Hivatal határozatban jelölt ki. A biztonsági övezet távolsága az atomerőmű legkülső technológiai védelmet jelentő falának síkjától számítottan 500 m. Szintén 500 m-es biztonsági övezet került kijelölésre a Paksi Atomerőművel szomszédos KKÁT és Paks II. Atomerőmű területe körül is. A biztonsági övezetekben a jogszabályi előírások szerinti korlátozások érvényesek.

2.1-1. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye a Paks II. Atomerőmű építési területének és a KKÁT területének feltüntetésével



2.1-2. ábra: A Paks II. Atomerőmű látványterve



2.1-3. ábra: A KKÁT és a Paksi Atomerőmű főépületei



2.2. A NUKLEÁRIS ENERGIATERMELÉS TECHNOLÓGIÁJA

A Paksi Atomerőműben négy VVER-440/V-213 típusú reaktor működik két ikerblokkos kiépítéssel. A VVER elnevezés a „víz-vizes energetikai reaktor” rövidítéséből adódik. A „440” szám az atomerőművi blokk eredeti 440 MW-os névleges villamos teljesítményére utal (az erőmű összesített villamos teljesítménye így 1760 MW-ra adódott), a „213” szám pedig a reaktor típuszáma. Az első blokk üzembe helyezésétől eltelt időszak alatt az 1-4. blokkok villamos teljesítménye az erőműben végrehajtott modernizációs tevékenységeknek köszönhetően első lépésben blokkonként 470 MW-ra növekedett, majd újabb teljesítménynövelés megvalósításával blokkonként rendre 508,6; 506,0; 506,0; 506,0 MW-ra. A Paksi Atomerőmű összesített névleges villamos teljesítménye ezáltal 2026,6 MW-ra emelkedett. Az atomerőmű alaperőműként, viszonylagosan egyenletes terheléssel üzemel.

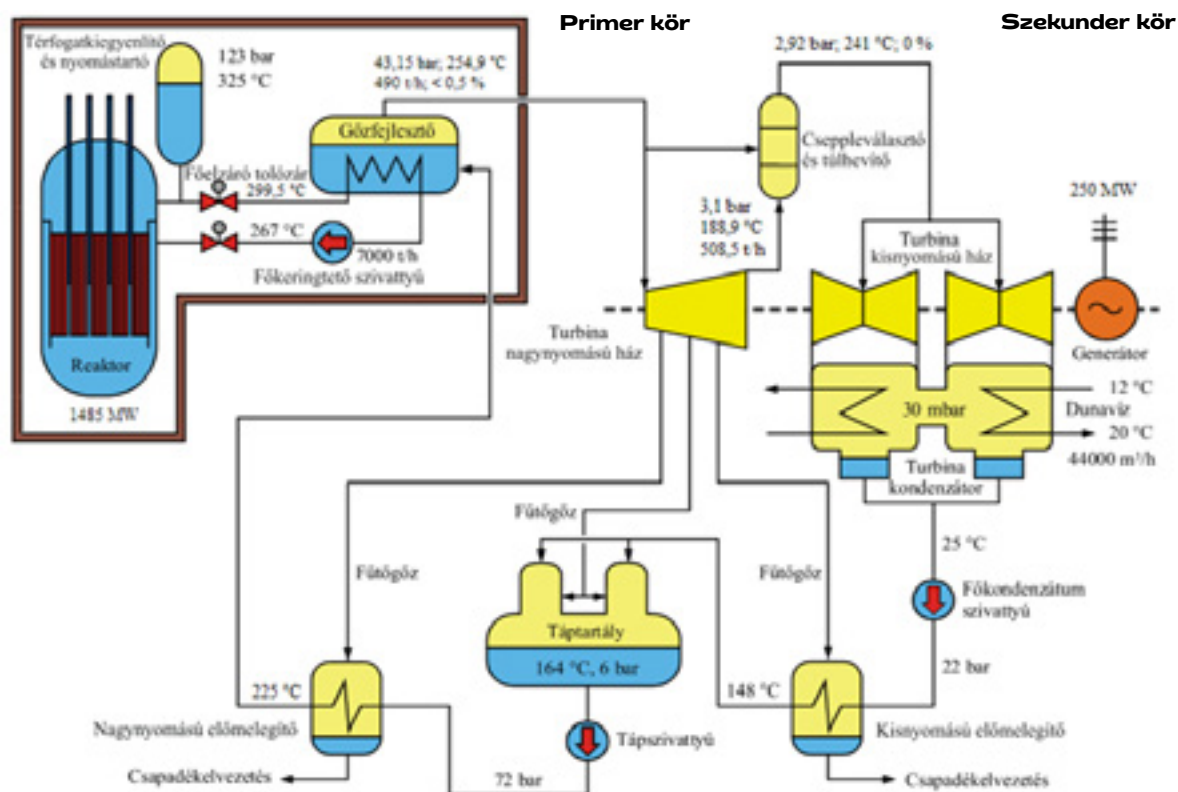
A reaktorblokkok nyomottvizes-hűtésű, az energiatermelést biztosító láncreakció fenntartásához a gyors neutronok lassítását biztosító könnyűvíz-moderátorú, termikus reaktorról üzemelő, telített gőzkörfolyamatú erőművi rendszerek. Az egyes blokkok kétkörös kialakításúak, ennek megfelelően a radioaktív primer körből és a nem radioaktív szekunder körből állnak. Az atomerőművi blokkok főberendezéseinek sematikus ábrája, az erőművi körfolyamat elvi működése a 2.2-1. ábrán látható.

Az atomerőművi blokk reaktorának aktív zónájában elhelyezett fűtőelemek urán-dioxid fűtőanyagában lévő ^{235}U izotópok hasadása eredményeképpen keletkező energiát a primer kör hűtőközege (magas nyomású és hőmérsékletű víz) veszi fel. A felmelegedett primer kör vizet a gőzfejlesztőbe vezetik, amelynek kis átmérőjű csöveiben átadja hőjét a szekunder kör vizének. A szekunder körben levő víz nyomása sokkal alacsonyabb, mint a primer körben lévőé, emiatt a gőzfejlesztőben a felmelegedett víz felforr. Innen kerül a gőz a turbinára, amely működteti a turbinákat. A turbinák által meghajtott generátorok termelik a villamos energiát. A turbinából kilépő gőz a kondenzátorban cseppfolyósodik, ahonnan előmelegítés után újra a gőzfejlesztőbe kerül. A szekunder kör gőzfázisú hűtőközege a hő mechanikus energiává való átalakításával hűl le, a maradék hő pedig a kondenzátorok folyóvíz oldali melegítésével adja le, melyet a Duna vizével hűtenek le. A felmelegedett hűtővizet visszavezetik a Dunába. A Paksi Atomerőmű alaperőműként az országos villamosenergia-rendszer számára termel villamos energiát, amelyet a 400, és a 120 kV-os állomásokon keresztül adnak ki az országos hálózati rendszerbe.

A Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez szükséges üzemanyag beszállítását és készletezését a négy blokk üzembe helyezése óta – az orosz tervek szerint létesített atomerőműhöz – orosz beszállító, a TVEL biztosította és biztosítja jelenleg. Az atomerőmű – a nukleáris üzemanyag felhasználás fejlesztési stratégiájának megfelelően, ellátásbiztonsági szempontokat is szem előtt tartva – még a további üzemidő-hosszabbítás megkezdését megelőzően megkezdte az üzemanyag beszerzési forrás bővítését további két

gyártó (a francia-országi Framatome-TVEL közös vállalat és az amerikai Westinghouse cég) bevonásával. Az új üzemanyagok nem eredményeznek érdemi változást az atomerőmű üzemeltetéséből eredő környezeti hatásokban.

2.2-1. ábra: Az atomerőművi villamosenergia-termelésben részt vevő főberendezések sematikus ábrája



A további üzemidő-hosszabbítás műszaki feltételeit az atomerőműben folyamatosan végzett műszaki felülvizsgálatok, tervszerű öregedéskézelési tevékenységek, felújítások, berendezés- és eszközcserek, karbantartások alapozzák meg. Az öregedéskézelés az atomerőmű élettartam gazdálkodásának egyik kulcsfontosságú tevékenysége, és az erőmű hosszú távú biztonságos üzemeltetésének elengedhetetlen feltétele. Az öregedéskézelés célja annak biztosítása, hogy a kijelölt szerelemeken azonosított, öregedési folyamatokkal kapcsolatos elemzési, üzemeltetési, karbantartási, időszakos ellenőrzési és tesztelési, monitorozási, javítási és rekonstrukciós tevékenységek szisztematikus végzésével a rendszerek képesek maradjanak funkcióik ellátására a szükséges biztonság tartalékok fenntartása mellett.

A rendelkezésre álló anyagvizsgálati, elemzési, karbantartási eredmények alapján a nukleáris biztonság szempontjából legfontosabb berendezések (pl. reaktortartályok, gőzfejlesztők) egyike esetén sem kell ellehetetlenüléssel vagy kiugró költséggel számolni az erőmű tervezett további 20 éves üzemeltetése során sem. A cserélhető, felújítható szerelemek biztonságos üzemelése az erőmű üzemeltetésének részét képező öregedéskézelési, illetve rekonstrukciós programok végrehajtásával a további üzemelés időszakában is fenntartható. Az üzemeltetés időszakában végzett öregedéskézelés elsődlegesen az időszakos biztonsági felülvizsgálatok keretében történik.

A Paksi Atomerőműben a berendezések, építmények állapotát az üzemeltetés részeként folyamatosan felügyelik, a szükséges karbantartásokat, felújításokat tervezetten elvégzik, amely tevékenységek megalapozzák az atomerőmű elvárt műszaki állapotának szinten tartását, ezáltal a további üzemidő-hosszabbítás megvalósíthatóságát.



2.3. TERVEZETT ÁTALAKÍTÁSOK ÉS REKONSTRUKCIÓK

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésével kapcsolatos műszaki elemzések, megvalósíthatósági vizsgálatok eredménye alapján az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. műszaki-technológiai átalakításokat is tervez, amelyek a környezeti hatásvizsgálat során a várható környezeti hatások jellege, jelentősége szempontjából elemzésre és értékelésre kerültek.

A Duna hőterhelésére előírt, a felmelegedett hűtővíz bevezetési pontjától 500 m-re lévő keresztmetszetre vonatkozó 30°C-os hőmérsékleti korlát betartását a kritikus időszakokban jelenleg az atomerőmű villamos teljesítményének szükséges mértékű csökkenésével biztosíthatják, amely a nukleáris biztonság fenntartását nem befolyásolja, de termeléskiesést jelent az atomerőmű villamosenergia-termelése szempontjából. A klímaváltozás a jövőben várhatóan önmagában is növelni fogja azon időszakok előfordulási gyakoriságát, amelyek esetében a jelenlegi hőelvezető rendszer mellett növekvő mértékű és növekvő gyakoriságú leterhelésekre lenne szükség a 30°C-os korlát betartásához. A szükséges leterhelések számát és mértékét az új paksi blokkok (Paks II. Atomerőmű) üzembeállítása – jelentős mértékben – tovább növeli.

A hőterhelési korlát – a Paks II. Atomerőmű üzembeállítást figyelembe vevő – hosszú távú betartásának biztosítása érdekében az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a meglévő melegvíz-csatornából kiágazó alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és ehhez kapcsolódóan hűtőcellákból álló ún. csúcshűtő rendszer (2.3-1. ábra) műszaki tervezésének megkezdéséről döntött. A tervezett hűtőrendszer a mesterséges huzatú hűtőcellák segítségével lehetőséget biztosít az atomerőműben a hűtési célra felhasznált, ezáltal felmelegedett Duna-víz hőmérsékletének a folyóba történő visszavezetést megelőző csökkentésére.

Az alternatív melegvíz-csatorna-szakaszból kiemelt felmelegedett hűtővíz a hűtőcellákba jut, ahol a hűtőbetétek mentén lefolyva lehűl, majd a cellák alatti medencéből gravitációsan visszafolyik a csatornába. A hűtőcellák olyan ventilátoregységeket tartalmaznak, amelyek a cellában a hőcsere során megteremtik a szükséges légmennyiséget a hűtési hatás biztosítására.

A hűtőcellák üzemeltetése szakaszos, arra csak abban az esetben kerül sor az év meghatározott időszakaiban, amikor azt a Duna-víz magas hőmérséklete szükségessé teszi.

A további üzemidő-hosszabbításra vonatkozó tervektől függetlenül is szükségesek az atomerőműben folyamatosan végzett műszaki felülvizsgálatok, tervszerű öregedéskézelési tevékenységek, felújítások, berendezés- és eszközcserek, karbantartások, amelyek egyúttal alapul szolgálnak annak megvalósításához is. Az elkövetkező években több berendezés esetében is elkerülhetetlenné válik azok cseréje, tekintettel az alkatrész-utánpótlás hiányára vagy a berendezés elhasználódására, elavulására, ezért az alábbi berendezés-

2.3-1. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer elrendezése



és eszközcsereket, felújításokat, rekonstrukciókat irányozták elő:

- Az üzemi főépületek, segédépületek, dízelgépházak, egészségügyi és laborépület, melegvíz-csatorna és egyéb építmények rekonstrukciója, megerősítése.
- Reaktoron belüli berendezések, szivattyúk, hőcserélők, szerelvények, kompresszorok, szűrők cseréje, pihentető- és átrakó-medencével kapcsolatos rekonstrukciók.
- Híradástechnikai rendszerek elemeinek cseréje.
- Sugárzás-ellenőrző rendszerek felújítása, cseréje.
- Irányítástechnikai eszközök cseréje, felújítása.
- A radioaktív hulladékok minősítő rendszere elemeinek felújítása.
- Új radioaktív hulladék-tömörítő prés telepítése, kobalt-60 izotóp eltávolítása, komplex-bontás berendezéseinek kiváltása, a folyékony hulladék-feldolgozó technológia berendezéseinek felújítása, a cementező technológia időszakos felújítása.
- A tűzjelző rendszerek elemeinek felújítása a tűzjelző-oltásvezérlő rendszer elemeinek cseréjére.
- Az egyéb, rekonstrukciókkal kapcsolatos tevékenységek közé tartozik továbbá:
 - a nagynyomású zóna üzemzavari hűtőrendszer szivattyúk cseréje (vagy felújítása),
 - a hermetikus szénacél lemezburkolat rekonstrukciója,
 - ventilátorok kiváltása, cseréje,
 - cseppfolyós nitrogén tároló tartályok, cseppfolyós nitrogén elpárologtató cseréje,
 - nagynyomású nitrogén elgázosító cseréje,
 - az I. kiépítés (1-2. blokkok) üzemzavari dízelgenerátoraira vonatkozóan hosszú távú stratégia kidolgozása (a teljes vagy részleges csere lehetőségeire is tekintettel),
 - külső üzemi elosztói körhálózat transzformátor állomások cseréje,
 - gőzfejlesztő leizapolás rendszeri armatúrák cseréje.
- Villamos, épületgépészeti, vizesblokki, szennyvízátemelői felújítások, berendezéscserék.
- Vegyészeti mintavételi rendszerre kiterjedő berendezéscserék.
- Emelőgépek felújítása, rekonstrukciója, kiváltása, lámpatestek, villamos motorok cseréje.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése tehát részben az engedélyezett 50 éves üzemeléshez kötődően szükséges beavatkozások elvégzését is magába foglalja. A rendszeres karbantartás feladatkörébe tartozó munkákat azonban a meghosszabbított üzemidő alatt is folyamatosan végezni kell. Ez egészül ki célzott, csak a további üzemidő-hosszabbítás miatt szükséges tevékenységgel.



2.4. KIBOCSÁTÁS- ÉS KÖRNYEZETELLENŐRZÉS

A Paksi Atomerőmű a környezetvédelmi hatóság által kiadott hatályos környezetvédelmi engedélyben rögzített feltételek mellett üzemel. Az atomerőmű több évtizede üzemelő létesítmény, a környezet állapotának ellenőrzése érdekében végzett tevékenységek biztosítják az erőmű környezeti hatásainak nyomonkövethetőségét azáltal, hogy részletes és naprakész információkat szolgáltatnak a környezet állapotáról.

A bevezetett és alkalmazott környezetvédelmi intézkedések, eljárások, ellenőrzések alapvetően a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan is megfelelőek és alkalmasak az atomerőmű környezeti kibocsátásainak, illetve az erőmű környezete állapotának nyomonkövetésére. Jövőbeli jogszabályváltozás, az atomerőmű rendszereit érintő jelentős átalakítás vagy a környezeti feltételekben beálló esetleges változások esetén az erőmű környezetvédelmi intézkedéseit, eljárásrendjeit és alkalmazott gyakorlatát szükség szerint felülvizsgálják, és indokolt esetben módosítják vagy kiegészítik. Ennek biztosítékeként az atomerőmű az MSZ EN ISO 14001:2015 szabvány szerint tanúsított Környezetközpontú Irányítási Rendszert működtet.

A meglévő környezetellenőrző tevékenységet az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a további üzemidő-hosszabbítás időszakára kiterjesztve is folytatni fogja. Az atomerőmű hatályos eljárásai, szabályozásai, az azokba foglalt intézkedések, illetve az atomerőmű környezetellenőrző tevékenysége szolgál alapul ahhoz, hogy az erőmű környezetvédelmi előírásoknak megfelelő üzemeltetése és a környezeti hatásainak nyomonkövetése biztosított legyen a továbbüzemelés időszakában is. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítéseként végrehajtani tervezett átalakítások miatt azonban a környezeti kibocsátások ellenőrzésével kapcsolatos egyes tevékenységek kiegészítése is szükségessé válik.

A nukleáris környezetvédelmi ellenőrzés alapvető feladata, hogy egyrészt folyamatosan kontrollálja a radioaktív anyagok erőműből történő kibocsátását, másrészt széleskörűen vizsgálja azok közvetlen környezeti megjelenését. Az ellenőrzés kétszintű, a távmérő hálózatok állandóan mérik, monitorozzák a legfontosabb kibocsátási és környezeti sugárzási szinteket, valamint a meteorológiai jellemzőket, az érzékeny laboratóriumi vizsgálatok pedig kiegészítik, pontosítják a távmérési eredményeket.

Az atomerőmű Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerének (ÜKSER) feladata, hogy közvetlen környezeti mérésekkel is bizonyítsa, az erőmű normál üzemben nincs a megengedettnél nagyobb hatással a környezetre. A Paksi Atomerőmű környezetében a mintavevő és távmérő állomások elhelyezkedését a 2.4-1. ábra mutatja be.

A környezetellenőrző rendszer alapvetően megfelel a meglévő és az épülő Paks II. Atomerőmű együttes kibocsátásainak ellenőrzésére. A Paks II. Atomerőmű 5. és 6. blokkja

megfelelő környezeti monitoringjának biztosítása érdekében az A-típusú állomások méréseit kiegészítő és a közöttük elhelyezkedő G-típusú állomások számának növelése válik majd szükségessé az új blokkok üzembevételével.

A nem radioaktív kibocsátások, illetve környezeti hatások tekintetében az atomerőmű által végzett ellenőrzési tevékenységek körébe tartozik többek között a Dunába vezetett használt vizek és tisztított szennyvíz minőségének ellenőrzése, a felszín alatti vizek minőségének ellenőrzése talajvízfigyelő kúthálózattal, az erőmű felmelegedett hűtővizének és szennyvizének a Duna

vízminőségére és élővilágára gyakorolt hatásának vizsgálata a Víz Keretirányelv elvárásainak megfelelő rendszerrel, valamint a légszennyező pontforrások kibocsátásainak időszakos ellenőrző mérése.

Az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz megépítésével az erőműből a Dunába egy új vízbevezetési pont létesül a meglévőtől déli irányban kb. 300 m távolságra. Az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz új dunai bevezetési helyén ezért – a meglévő melegvíz-csatorna Dunába való becsatlakozása előtt jelenleg végzett vízminőségi mérésekkel (V4 mintavételi állomás) egyenértékű – új mérési, illetve vízmintavételi hely kialakítását tervezik.

2.4-1. ábra: Távmérő állomások elhelyezkedése az atomerőmű környezetében





3. A TOVÁBBI ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁS VÁRHATÓ KÖRNYEZETI HATÁSAI

3.1. A LEVEGŐMINŐSÉGRE GYAKOROLT HATÁSOK

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása előkészítésének keretében tervezett tevékenységekhez kapcsolódóan számottevő légszennyezőanyag-kibocsátással az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és a hozzá kapcsolódó hűtőcellás csúcshűtő rendszer építési munkáiból eredően kell számolni. A légszennyezőanyag-kibocsátás forrásai a földmunkákkal érintett területen történő munkavégzés porkibocsátása és az építési munkaterületen üzemelő munkagépek üzemeléséből eredő kipufogógáz-kibocsátás.

Az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és csúcshűtő rendszer létesítésére vonatkozó vizsgálatok eredményei alapján az építési munkákból eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés a telepítési területen kívüli vizsgált környezetben a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO_2)-kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a kibocsátások középpontjának 1100 m sugarú körzete. A hatások középtávon – a földmunkák időszakában – jelentkeznek.

Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan – a hagyományos légszennyező-anyagok kibocsátásait illetően – a légszennyező forrásokat a telephelyen található dízelgenerátorok jelentik. A Paksi Atomerőmű telephelyén több, szükségáramforrást biztosító dízelgenerátor található, melyek kipufogócsonkjai helyhez kötött légszennyező pontforrások. A dízelgenerátorok normál üzemi körülmények között csak tesztüzemben működnek, amikor is az évi néhány órás próbajáratásukat végzik, egy időben csak egy dízelgenerátor járatásával.

Az elvégzett légköri terjedési modellszámítások eredménye alapján a dízelgenerátorok üzemeltetéséből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés az üzemi területen kívüli vizsgált környezetben a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO_2)-kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a kibocsátások középpontjának a Paksi Atomerőmű önálló üzeme esetében 690 m, míg a Paks II. Atomerőművel való egyidejű üzem esetében 700 m sugarú körzete.

A Paksi Atomerőmű, illetve a Paks II. Atomerőművel való egyidejű üzemeléséhez kapcsolódó légszennyezőanyag-kibocsátás másik forrását a létesítmény működéséhez kapcsolódó közlekedés jelenti. Az elvégzett számítások eredményei alapján a közúti közlekedésből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés a szállítási útvonalak

környezetében a határérték alatt marad mind a két esetben. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO_2)-kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a Paksi Atomerőmű déli bekötőút mentén az úttest szélétől 30 m-es távolságon belül, valamint a 6. sz. főút, a Paksi Atomerőmű déli bekötőút és a Paks Kölesdi úti csomópont közötti szakasz mentén az úttest szélétől 20 m-es távolságon belül alakul ki.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során a jelenlegi üzemelési gyakorlathoz hasonlóan légszennyezőanyag-kibocsátás a dízelgenerátorok próbaüzeme alatt, illetve a közlekedéshez kapcsolódóan azonosítható. A kibocsátás mértékében – a jelenlegi üzemelési gyakorlathoz képest – nem várható változás. Ettől időszakosan eltérő légszennyező-anyag kibocsátással (elsősorban por és munkagépek kibocsátásai) kell számolni az új melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer létesítési munkálatai során, azonban ezen kibocsátások is határérték alatt maradnak a közvetlen létesítési területen kívül.

3.2. METEOROLÓGIAI ÉS KLIMATIKUS HATÁSOK

A meteorológiai viszonyok meghatározó paraméterei az ipari létesítmények üzemeltetésének. Emellett a Paksi Atomerőmű vonatkozásában a Duna víz hőmérsékletének fő szabályozója a levegő hőmérséklete, emiatt az alapvető meteorológiai változók vizsgálata kulcsfontosságú volt. Az atomerőmű telephelye meteorológiai jellemzőinek vizsgálata mellett a tervezett üzemidő-hosszabbítás időtartamának figyelembevételével elemzés készült az éghajlatváltozás várható hatásaira vonatkozóan. A vizsgálatokhoz két, ún. RCP (Representative Concentration Pathways, azaz Reprezentatív Koncentrációs Útvonal) forgatókönyv eredményei kerültek felhasználásra (RCP4.5 és RCP8.5). Az RCP8.5 a leginkább pesszimista, klímapolitikától mentes, magas üvegházhatású gáz kibocsátását feltételező forgatókönyv, míg az RCP4.5 egy optimistább forgatókönyv, ahol a kibocsátás-csökkentési törekvések sikeresek. Az RCP4.5 szerint a 21. század végére 1,5-2,9°C-os, míg az RCP8.5 szerint 3,5-5,3°C országos átlaghőmérséklet-emelkedés várható a 20. század végéhez képest. A század végére projektált országos éves csapadékmennyiség változás -5% és 16% (RCP4.5), illetve 0% és 24% (RCP8.5) között várható.

Az éghajlatváltozás a Duna-vízgyűjtő hidrológiai jellemzőire is hatással van, a korábbi előrejelzések alapján a kis- és középvízszintek esetén 2060-ig minden valószínűséggel szinten csökkenést prognosztizáltak, míg a nagyvízszintek esetén növekvő trendet becsültek. Az éghajlati változékonyságból adódóan a Duna maximális víz hőmérséklete növekvő trendet követhet. A mértékadó hidrometeorológiai állapotok meghatározásához a környezeti hatásvizsgálat során új modellvizsgálatok készültek.

Az atomerőmű levegőkörnyezetre gyakorolt klimatikus hatását két hatótényező határozza meg. Az egyik maga a telephely léte, pontosabban a beépített területek miatt jelentkező ún. urbán (városi) hatások. A másik az erőmű üzemeléséből eredő hőterhelés, amely egyrészt a frissvíz-hűtési hűtőrendszeren keresztül a Dunába történő hőkibocsátás közvetett hatásaként jelentkezik (a Duna magasabb víz hőmérséklete miatti hőátadás a levegőkörnyezetnek), valamint a tervezett csúcshűtő rendszer üzemeléséből eredő közvetlen hőkibocsátás a levegőkörnyezetbe (mesterséges huzatú nedves hűtőcellák pára-kibocsátása). Az első összetevő bármely kiterjedt beépítési területtel járó létesítmény sajátossága, a második pedig a hőerőműveknél jellemző.

A Paksi Atomerőmű további önálló üzemelése a terület beépítettségéből eredően a telephely meteorológiai és klimatikus viszonyainak megváltozására nem lesz érdemi hatással. Ez az éghajlatváltozás előrehaladtával sem fog változni. Az általános melegedés miatt azonban a már jelenleg is fennálló urbán hatás erősödése feltételezhető.



A meghosszabbított üzemidejű Paksi Atomerőmű üzemelése során jelentős új beépítést az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz nyomvonala és a hozzá kapcsolódó hűtőcellák és az azokhoz tartozó berendezések, műtárgyak, egyéb építmények jelentenek. Ez a létesítmény jelentős részben eddig erdő és halastó funkciójú területek igénybevételeével valósul meg, így a korábban urbán hatással érintett erőművi terület nagysága kismértékben növekszik. A Paks II. Atomerőmű létesítésével a paksi telephelyen a beépítetlen és növényzettel borított terület tovább csökken, emiatt – az éghajlatváltozás tényétől eltekintve is – az urbán hatás a Paks II. Atomerőmű területét érintő területi kiterjedése és kismértékű erősödése várható.

A Duna hőterheléséből eredő hatások tekintetében általánosan elmondható, hogy a frissvíz-hűtéses hőerőművek hűtőrendszerén keresztül végbemenő hőkibocsátás egyes éghajlati elemekben lokális változásokat okozhat. A Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó telephelyjellemzési program keretében a mezoklimatikus hatásokat célzottan vizsgált mérések eredményei szerint ezek a hatások csak lokálisan az atomerőmű közvetlen környezetét, illetve a Duna hőterhelése miatt a szűkebb folyóvölgyet érintik. Ezt erősíti meg az a tény is, hogy az atomerőmű létesítése óta folyamatosan végzett meteorológiai megfigyelési eredmények a mért paraméterekben az országosan megfigyelt tendenciákhoz képest jellegzetes változásokat nem mutattak ki.

Az elvégzett mérések és modellezések alapján megállapításra került, hogy a Paksi Atomerőműből a Dunába visszavezetett felmelegedett hűtővíz okozta hőterhelés – bár kimutatható – nem jelent beavatkozást indokló mértékű változást a légköri környezetben. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelését tekintve, a mezoklíma jellemzőinek az atomerőmű további üzemelése során a dunai hőterhelésből eredő megváltozása a rendelkezésre álló információk alapján nem feltételezett. A Paks II. Atomerőmű üzembe helyezését követően a Duna hőterhelése a jelenleginek közel a duplájára nő. Ez nyilvánvalóan a hőhatás erősödésével jár, de nem fogja elérni azt a szintet, ami a fenti megállapításokat kétségbe vonná. A két atomerőmű felmelegedett hűtővizének visszavezetése okozta dunai hőterhelésből eredő klimatikus hatások az erőmű telephelyén, illetve a melegvíz-csatornák közvetlen környezetében lokálisan várhatóan kimutathatók lesznek, mezoklimatikus változások azonban ebből eredően nem feltételezhetők.

A további üzemidő-hosszabbítás időszakára tervezett alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és az ahhoz kapcsolódó csúcshűtő rendszer feladata a visszavezetésre kerülő felmelegedett hűtővíz hőmérsékletének csökkentése annak érdekében, hogy a Dunára vo-

natkozó vízhőmérsékleti korlát magas Duna-víz-hőmérséklet esetén is tartható legyen az erőművi teljesítmény fenntartása mellett, figyelembe véve a Paks II. Atomerőmű működését. A Paks II. Atomerőmű, a Paksi Atomerőműhöz hasonlóan, frissvíz-hűtéses hűtőrendszerrel fog rendelkezni. A Paks II. Atomerőműhöz létesülő új melegvíz-csatorna mentén a felmelegedett hűtővíz utólagos hűtésére hasonló csúcshűtő rendszer létesítése tervezett.

A csúcshűtő rendszerek hűtőcella-sorai azonban egyik atomerőmű esetében sem üzemelnek folyamatosan, azokat csak a kritikus időszakokban (magas dunai vízhőmérséklet esetén) és fokozatosan léptetik üzembe. Az üzemeltetésük teljes időtartama éves szinten csak a nyári, hőhullámos időszakokra korlátozódik. A telepítendő csúcshűtő rendszerek működésük során nagy mennyiségű vízpárát bocsátanak ki, ami várhatóan befolyásolja a mikroklímát. A párákibocsátás kapcsán valószínűsíthető, hogy az időszakosan befolyásolja a légnedvesség alakulását az atomerőművek környezetében.

A várható relatív páratartalom a hűtők feletti térrészben a két csúcshűtő rendszer maximális terhelése és a legkedvezőtlenebb szélviszonyok ($<0,5$ m/s szélesebség) mellett is 85% alatt marad. Így még ha helyileg látható is lesz a pára közvetlenül a hűtőcellák fölötti néhány 10 m-es térrészben, a nagy légtérfogatban az extra párákibocsátás látható párája gyorsan elpárolog, nem fog jelentős felhőképződéshez vezetni. A legnagyobb páratartalom-növekedéssel járó üzemállapotok gyakorisága elhanyagolhatóan kicsi.

Figyelembe véve, hogy a csúcshűtő rendszerek üzemeltetésére a tartósan meleg nyári időszakokban van leginkább szükség, amikor a levegő páratartalma általában relatív alacsony, a párákibocsátás hatása pozitívnak tekinthető, kompenzálja a beépítettségéből fakadó párolgási hiány egy részét a leginkább kritikus tartósan meleg nyári időszakban. Pozitív hatása elsősorban az éjszakai és hajnali harmatképződésben jelenik meg, amely a növények számára hasznosítható nedvességet biztosít.

A Paksi Atomerőmű – további üzemidő-hosszabbítással kapcsolatos – éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata a Miniszterelnökség megbízásából készített és kiadott Klímareziliencia Útmutató (2022. február) alapján került végrehajtásra, az abban meghatározott standard éghajlatváltozási rezilienciavizsgálat módszerét és lépéseit követve.

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának klímavédelmi indokoltságát megalapozza, hogy az energia- és klímastratégiákkal összhangban az atomerőművi villamosenergia-termelés alacsony üvegházhatásúgáz-kibocsátással járó tevékenység. Az elvégzett elemzés igazolja, hogy a létesítmény klímaalkalmazkodási sajátosságai kedvezőek, az atomerőműre jellemző robusztus felépítés és jelentős biztonsági tartalékok az egyéb emberi és természeti veszélyek mellett, a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás szempontjából is jelentősek.



3.3. A FELSZÍNI VIZEKRE GYAKOROLT HATÁSOK

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatban a Duna és az egyéb környező felszíni vizek kémiai és ökológiai állapotára vonatkozó, alapvetően a Víz Keretirányelv (VKI) szempontú környezeti hatásbecslés során meghatározásra kerültek a potenciális és tényleges hatótényezők és azok hatásai, a hatásviselők, valamint a hatások kiterjedése. A hatásbecslés során a hatások jellegének meghatározása élőlényköz-pontú módon – tehát a vízi szervezetek szempontjából vizsgálva azokat, de ideértve az embert is mint hatásviselőt – annak tartóssága, erőssége és jelentősége alapján történt.

A hatásértékelés a rendelkezésre álló archív adatok, a 2024. évi vizsgálatok keretei között végrehajtott mérések és elemzések eredményei, továbbá a 2025-ben elvégzett, egyes speciális kérdések megválaszolását biztosító kiegészítő vizsgálatok eredményeinek egységes szempontú értékelésével készült. Az elemzések és értékelés szempontjából fontos háttérrel biztosítottak a hosszútávú klímamodellek és az ezekre épülő hidrológiai, illetve hőterhelési modellek.

A hatásértékelés kiterjedt a Duna-főmeder Dunaföldvár-Baja (1544-1474 fkm) közötti szakaszának vizsgálatán túl négy dunai mellékág (Uszódi-mellékág, Grébeci-Holt-Duna, Rezéti-Holt-Duna, Vén-Duna) továbbá az archív adatok alapján több állóvíz-víztestre (Faddi-Holt-Duna, Tolnai-Északi-Holt-Duna, Tolnai-Déli-Holt-Duna, Bogyiszlói-Holt-Duna). A hatásértékelés, illetve a hatásterület meghatározása több forgatókönyv figyelembevételével készült, a Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemállapota, a további üzemidő-hosszabbítás időszaka, figyelembe véve a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelést is, valamint az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer üzemelését.

A Paksi Atomerőmű által a hidegvíz-csatornán végzett vízkivétel, valamint a használat után a melegvíz-csatornán az 1526,2 fkm-nél a Duna jobb partján visszavezetett felmelegedett hűtővíz és a szintén a csatornán visszavezetett tisztított, nem radioaktív technológiai és kommunális szennyvizek hidromorfológiai változásokat, a vízhőmérséklet emelkedését és további vízminőségi változásokat okoznak a Duna vizében. Ezen változások közül az élőlénycsoportok mélyreható és kifestésben is elvégzett ökológiai elemzései alapján a kibocsátott hűtővíz hőmérséklet-emelkedése és a hidromorfológiai változások okoznak a közösség szerkezetében kimutatható közvetlen hatást. Ugyanakkor a kibocsátás során az egyes kémiai komponensek változásai nem jelentenek kimutatható hatást az akvatiszervezetek ökológiai struktúrájában. Ezek alapján a jelenlegi üzemelés során a következő tényleges környezeti hatótényezők, illetve közvetlen hatások állapíthatók meg: a vízkivétel hidromorfológiai hatása, a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hőterhelése, a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hidromorfológiai hatása.

Az ökológiai vizsgálatok azt igazolták, hogy a vizsgált élőlénycsoportok közül a tényleges hatások hatásviselői a bentikus kovaalgák (fitobenton), a makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton), valamint a halak.

A legjelentősebb hatást a melegvíz-csatorná(ko)n kibocsátott, felmelegedett hűtővíz dunai hőterhelése jelenti. Ennek a Duna hatásviselő élőlénycsoportjaira meghatározott kimutathatósági határértéke Δt (hőlépcső) $\geq 2,5^\circ\text{C}$. Ugyanakkor a közösségszerkezet jelentősebb és tartós átstruktúráródása $\Delta t \geq 4,3^\circ\text{C}$ tartós hőmérséklet-különbségtől számítható. Az ökológiai elemzések alapján a halak szempontjából megállapítható volt az abszolút hőmérséklet hatása is. Kritikusan magas dunai háttérhőmérséklet esetén, a tapasztalatok alapján $t_{\max} \geq 36^\circ\text{C}$ -os alvízi hőmérsékletnél a halak elkerülése figyelhető meg. Összhangban az elkészített hőterhelési modellekkel kijelenthető, hogy a hőterhelés hatása nem terjed ki a teljes keresztmetszetre. A hőterhelés hatása jellemzően hosszú távú, nagy jelentőségű, így összességében terhelő hatást jelent a hatásviselő csoportok számára a hatásterületen.

Szintén jelentős a kibocsátott hűtővíz hidromorfológiai hatása, amit részben maga a kibocsátás, illetve a kibocsátás alvizén kiépített sarkantyúk áramlásmódosító hatása jelent. A sarkantyúk csúcsán a vízsebesség növekszik, míg a sarkantyúk mögött visszaforgó, közöttük lassabb áramlású területek alakulnak ki. A hidromorfológiai hatás másik oka az áramlási sebességekkel összefüggésben az élőhelyi adottságok, vagyis az aljzat összetételének módosulása. A sarkantyúk homogén kövezéses aljzatúak, míg a visszaforgó és lassabb áramlású területeken a kisebb szemcseméretű üledék (homok/iszap) jelentősebb felhalmozódása figyelhető meg. Ezen változások egyaránt fontos közösség-szervező hatásúak a bentikus növényi és állati szervezetek (fitobenton, makrozoobenton), valamint a halak számára. Az elemzések azt igazolták, hogy a hőterhelés és a hidromorfológiai változások hatásai egymást erősítik. Emiatt ez a hatás a vizsgált scenáriók esetén alapvetően hosszú távú, közepesen erős és közepes jelentőségű. A hatásviselők szempontjából a hatásváltozás terhelő.

A kibocsátás hidromorfológiai hatásánál kisebb a vízkivétel hidromorfológiai hatása, amely alapvetően a vízkivételi műtárgy környékén a Duna-parti élőhely adottságainak változásán (partkövezés) keresztül hat a hatásviselő élőlényközösségekre. A vízkivétel hidromorfológiai hatása így minden vizsgált forgatókönyvben hosszú távú hatásként értékelhető, de kis jelentőségű, így összességében elviselhető hatású a hatásviselő akvatisz szervezetek számára.

Az ökológiai elemzések alapján összességében megállapítható, hogy a vizsgált üzemálapotok környezeti hatása alapvetően azok hatásterületében különbözik.

A vízkivétel hatásterülete gyakorlatilag minden forgatókönyvnél hasonló, kb. 500 méter, és a hidegvíz-csatorna, valamint a melegvíz-csatorna közötti jobbparti területre, a rézsűkövezésre terjed ki. A hatásterület csak az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz üzembeállításával növekszik, mivel ebben az esetben, annak üzemelése során a hidromorfológiai hatás az új vízbevezetési pontig terjed kb. 850 m hosszúságban.

A kibocsátás hidromorfológiai hatásterülete az egyes forgatókönyvekben csak kisebb mértékben változik, hatása jellemzően a Nagy-sarkantyú (1525,3 fkm) környékéig terjed ki.

A jelenlegi hőterhelés hatásterülete a kritikus kisvizes állapotban közel 8 km, míg a további üzemidő-hosszabbítás időszakában a Paksi Atomerőmű önálló üzemelése során várhatóan ez csak csekély – néhány száz méterrel – mértékben nő meg. A legjelentősebb hatású és ezzel a legnagyobb hatásterületű vizsgált eset a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése a további üzemidő-hosszabbítás időszakában.

A Duna hatásviselő élőlénycsoportjai szempontjából ebben a forgatókönyvben a kimutatható maximális hatás területe a hőterhelés modellszámításai alapján a dunai kisvízi kritikus állapotra és az üzemelési időszak végére a Duna jobbparti régiójában a Duna 1508,9 fkm-ig, Fadd magasságáig húzódik, 17,3 km-re a kibocsátási ponttól. A legkisebb hatásterülettel az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz üzemelése során lehet számolni, ennek kiterjedése nem éri el a 2 km-t az alvíz irányában a jobboldali vízterületeken.



A vizsgálatok eredményei összességében azt igazolták, hogy a Duna ökológiai állapotában az elmúlt két évtizedben bekövetkezett változások a Duna regionális léptékű környezeti állapotváltozásához kapcsolódnak, és nem köthetők a Paksi Atomerőmű kibocsátásához. Az ökológiai elemzések azt jelezték, hogy a Paksi Atomerőmű további üzemelése során továbbra sem várható a működéssel összefüggésbe hozható – a víztest léptékben értékelhető – jelentős hatás. Ennek megfelelően az atomerőmű további üzemelése nem befolyásolja az érintett dunai víztesteken a jó ökológiai állapot elérését, illetve fenntartását.

3.4. A felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások

A hatások vizsgálata a Paksi Atomerőmű tágabb környezetében lévő Duna-völgy felszín alatti vizei környezeti állapotára, a telephely földtani közeg- és hidrogeológiai állapotára, valamint a környezeti jellemzők paramétereinek a meghosszabbított üzemidőre történő előrejelzésére terjedt ki. A vizsgálat célja volt továbbá a vizsgált víztestek állapotának a további üzemidő-hosszabbítással összefüggő környezeti hatásainak elemzése, kiemelt figyelemmel a felszín alatti vizek hőterhelésére, valamint értékelése a víz fizikai, kémiai jellemzői vonatkozásában. A vizsgálatok a Paksi Atomerőmű önálló, illetve a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelését is figyelembe vették. Mindezen feladatok elvégzésére lokális és regionális vizsgálatok készültek.

A lokális vizsgálat során a telephelyen belüli földtani közeg szennyezettségének vizsgálata archív adatok alapján, valamint 2024. évi negyedéves akkreditált felszín alatti vízmintavétel és laboratóriumi vizsgálati eredmények alapján került értékelésre. Ezen túlmenően a hatások előrejelzésére modellvizsgálatok készültek, melyekkel egyrészt a Paks II. Atomerőmű tervezett épületeit körülvevő, már megépített résfal hatását, másrészt egy esetlegesen a földtani közegbe és talajvízbe jutó szennyezőanyag (olajszenyyezés) terjedését vizsgálták.

Az esetlegesen felszín alatti vízbe jutó szennyezőanyag terjedésének vizsgálata a telephelyen korábban (a 2000-es évek elején) történt technológiai meghibásodásokból eredő trícium-szennyeződés modellezésével került elvégzésre. Ennek oka, hogy a trícium egy konzervatív nyomjelző anyag, vagyis az esetlegesen a földtani közegbe, felszín alatti vízbe jutó szennyezőanyag hatásterülete ennél csak kisebb lehet. A trícium koncentrációja folyamatos csökkenést mutat.

A Paksi Atomerőmű önálló és a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelése sem okoz jelentős változást a felszín alatti vízviszonyokban. A Paks II. Atomerőmű területét körülvevő résfal és műtárgyai lokálisan módosíthatják az áramlási pályákat, de a módosulás az egész rendszer szintjén elhanyagolható.

A vizsgálatok során kidolgozott modellek a 2032-2058 közötti időszakra vonatkoznak. Kiterjednek a mélyalapozású műtárgyak, valamint a hidegvíz-csatorna – Paks II. Atomerőmű építéséhez kapcsolódóan tervezett – bővítésének áramlástér módosító hatásaira

és a tríciumterhelés eloszlás időbeli változásának bemutatására. Az eredmények egy folyamatos, hosszú távú tríciumterhelés-csökkenést jeleznek, amely még a legkedvezőtlenebb forgatókönyv esetén is azt mutatja, hogy a terhelés 10 éven belül a természetes háttérszint (8 Bq/dm^3) alá esik. Az eredmények továbbá arra utalnak, hogy a Paks II. Atomerőmű létesítményei által okozott áramlasmódosító hatások a Paksi Atomerőmű telephelyének területén belül a vizsgálatok szerint nem kimutathatók.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során valószínűsíthető hatások jellemzése céljából regionális értékelés és vizsgálat is végrehajtásra került. A Paksi Atomerőmű további üzemelése, valamint a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése következtében vízföldtani szempontból a parti szűrésű vízáramlási rendszer a legérzékenyebb, ezért nem csak a regionális felszín alatti áramlási rendszereket, hanem a Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatát is vizsgálni kellett. Ehhez fel kellett mérni a Duna vízjárásának, vízhozamának és hőmérsékletének változásait, tendenciáit, a felszín alatti vizek minőségi-, mennyiségi- és nyomásállapotát, valamint a potenciálisan érintett üzemelő- és távlati ivóvízbázisokat. Ezt követően a hatásvizsgálat elvégzéséhez szükséges, jellemző paramétereket és trendeket figyelembe véve regionális hidrodinamikai és lokális hőtranszport modellek felépítésére és a kalibrált alapállapot meghatározására került sor. A hatások értékelése és a hatások nagyságának kimutatása az alapállapothoz viszonyítva történt.

A regionális hatásoknál vizsgált (modell) terület a Duna 1534-1498 fkm közötti szakasza terjedt ki, amely alapvetően síkvidéki, enyhén hullámzó felszínű táj. A monitoring rendszer kiterjedt a telephelyi, partiszűrésű, törzshálózati és vízmű kutakra egyaránt. Néhány esetben volt tapasztalható határérték túllépés (szulfát, toxikológia, bakteriológia szempontjából), melyek jellemzően árvízi állapot miatt történtek. A vízkémiai, mikrobiológiai és toxikológiai vizsgálatok csak a természetes szezonális változásokat mutatják. A mederszondák vízmintáiban rendkívül kis egyedszámban talált egysejtűek, algák, illetve azok vázai, valamint a helyszíni hidrogeológiai mérések, elsősorban az oldott oxigén mérés azt mutatják, hogy a mederszondák környezetében érvényesülő természetes szűrőhatás megfelelő.

A regionális modellen belül a hatásvizsgálat elvégzéséhez kisebb kiterjedésű, nagyobb felbontású, részletesebb modellterületek kerültek vizsgálatra (a Csámpa-pusztai és a Gerjen-észak távlati vízbázis környezetére, a Foktő-Baráka üzemelő ivóvízbázis környezetére, a tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz környezetére kiterjedően).

A felső pannóniai korú vízadókból termelő Csámpa-pusztai vízbázisból az utóbbi években (2013-2024) kitermelt vízmennyiségében nagyságrendi változás nem történt, a legnagyobb termeléshez tartozó üzemi vízszint maximum 10 méteres depressziót (vízszint-csökkenést) okozott. A numerikus hidrodinamikai modelledmények kimutatták, hogy a vízbázis termelése nem okoz akkora vertikális áramlási irány változást, mely a felszín közeli vízadókra jelentős hatással lenne, így a Paksi Atomerőmű üzemelése sem jelent negatív hatást az ivóvízbázisra vonatkozóan.

A hőterhelés szempontjából meghatározó kisvíz idején a hőtranszport modellezése alapján elmondható, hogy a finomszemcsés homokos összletben (geológiai rétegsorban) a hőmérséklet-emelkedés max. 3°C , a kavicsos összletben max. $0,5^\circ\text{C}$, a Duna alatti rétegekben $1-1,8^\circ\text{C}$ anomália alakulhat ki. A parti szűrésű vízkivételek szerepe jelentős. Lokálisan növelhetik vagy csökkenthetik a hőmérsékletet, de a kutakban mért hatás $0,05-0,3^\circ\text{C}$ közötti.

A Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemeltetése mellett fennálló állapotok a további üzemidő-hosszabbítás miatt sem a Csámpa vízbázisra, sem a Gerjen-Északi távlati vízbázisra gyakorolt hatások tekintetében nem okoznak változást.

A Foktő-Barákai vízbázis kútjai a bal parton találhatóak, azonban az egyes kutak magas, akár $2000 \text{ m}^3/\text{nap}$ mennyiséget is meghaladó termelése miatt nemcsak a balparti partmenti zónából, hanem a sodorvonalon túli területekről is kapnak utánpótlódást. Mindezek miatt a Paks II. Atomerőmű üzeme miatt megemelkedett hőmérsékletű, jobbparti csóva is

részt vesz a kutak vizének utánpótlásában. Mindez hőmérséklet-emelkedést okoz mind a teraszrétegben, mind a kútkörnyezetben is. A 790 m³/s Duna kisvízhozam esetén a csóva alatti mederüledékben a maximális hőmérséklet-emelkedés 1-1,5°C, míg a balparti partközeli zónában 0,1-0,4°C. A kutak térségében a hőmérséklet-emelkedések hatása 0,1-0,05°C alá csökkent. Összességében az állapítható meg, hogy a Paks II. Atomerőmű üzembe lépése nem hat a balparti víztermelésre és a balparti zónában található parti szűrésű vízkészletekre sem.

A további üzemelés előkészítése miatt várható beavatkozásokból eredően a földtani közegre gyakorolt hatások főként szerkezetbolygatásból (alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és csúcshűtő rendszer építése során végzett területfeltöltés, talajmozgatás) erednek, de lokálisak és nem befolyásolják érdemben a vízföldtani rendszert. A felszín alatti vízben a változások minimálisak, szennyezőanyag-terjedés nem várható a normál üzemelés során sem. Az atomerőműben alkalmazott eljárásrendek biztosítják továbbá, hogy esetlegesen bekövetkező havária események (pl. olajelfolyás) alkalmával a földtani közegbe, talajvízbe kerülő szennyező anyagok a gyors beavatkozásoknak köszönhetően tartós környezeti kárt nem okoznak.

A regionális modellvizsgálatok, a monitoring rendszer folyamatos mérési adatai nem utalnak olyan, az atomerőmű hatására visszavezethető jelenségekre, amely az üzemeltetési időszakban a felszín alatti vizek növekvő minőségromlásához vezetett volna. Az is megállapításra került, hogy a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének talajvízre gyakorolt hőhatások elhanyagolhatóak még többszörösen konzervatív feltételezések mellett is. Az is látható, hogy az egyes melegvíz-csatornák és csatornarészek hatásai közvetlenül a felszín alatt, pusztán az aktuálisan üzemelő csatornaszakasz térségére mutatható ki, kismértékű, 0,5°C alatti, de jellemzően 0,3°C alatti hőmérséklet-emelkedési hatással.

3.5. AZ ÉLŐVILÁGRA ÉS ÖKOSZISZTÉMÁRA GYAKOROLT HATÁSOK

Az atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző normál üzemelés élővilágra gyakorolt hatásainak értékelése módszertanilag úgy történt, hogy a 2024-2025-ben keletkezett aktuális vizsgálati eredmények összehasonlításra kerültek a 2001-2004-es, valamint a 2011-2012-es felmérések eredményeivel. Miután a Duna élővilágára vonatkozóan a rendszeres monitoring vizsgálatok adatai rendelkezésre álltak, az összehasonlítás egészen a 2021-es állapottal bezárólag elvégezhető volt. A vizsgált élőlénycsoportonként külön-külön elvégzett összehasonlító elemzés eredményei alapján azt értékelték, hogy tapasztalható-e eltérések a korábbi állapot, illetve a 2024-2025-ös aktuális felmérések által meghatározott jelen állapot között. A következő lépésben a detektált eltérések kerültek értékelésre abból a szempontból, hogy azok ok-okozati összefüggésbe hozhatók-e azokkal a hatótényezőkkel, amelyek az atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző normál üzemelés kapcsán azonosításra kerültek. Ezt követően az azonosított eltérések szakirodalmi adatok, illetve saját tapasztalatok alapján előzetesen az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezőként kerültek meghatározásra.

Az összehasonlító értékelés során megállapítható volt, hogy a vizsgált élőlénycsoportok vonatkozásában a legtöbb esetben a korábbi állapot és a jelen állapot között tapasztalt eltérések nem hozhatók összefüggésbe a Paksi Atomerőmű normál üzemeléséhez kapcsolódóan azonosított, az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezőkkel. A tapasztalt eltérések a legtöbb esetben más tényezőkkel, például jellemzően a globális klímaváltozáshoz kapcsolódó szárazodással hozhatók összefüggésbe.

Számottevő környezeti hatással járó építési tevékenységekre a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítéséhez és azt követő üzemeléséhez kapcsolódóan az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer, illetve az egyéb kapcsolódó létesítmények (pl. műtárgyak, csővezetékek, villamos berendezések) kivitelezése során kerül sor.

Az építési tevékenységek élővilágra gyakorolt hatásainak vizsgálata során egyrészt az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz, illetve a csúcshűtő rendszer hűtőcelláinak és kapcsolódó berendezéseinek kivitelezéséhez szükséges terület foglalás, a kivitelezési munkafolyamatokhoz kapcsolódó munkaterület-igénybevétel, mint hatótényezők kerültek figyelembevételre, amelyek közvetlen fizikai hatásokat jelentenek. Másrészt a létesítmények kivitelezési munkálatainak közvetett hatásait kiváltó hatótényezőit vehetjük figyelembe, így a kivitelezési munkafolyamatokból eredő légszennyezőanyag-kibocsátás, zajkibocsátás, illetve a kivitelezést végző személyek, munkagépek jelenlétéből, mozgásából adódó vizuális zavarás.

Az értékelés alapján megállapítható, hogy a figyelembe vett hatótényezők esetében egyik vizsgált élőlénycsoportra vonatkozóan sem detektálhatók jelentős negatív hatások. Lokálisan a beavatkozások érintik a tervezett létesítmények helyfoglalásával és a kivitelezéshez szükséges munkaterület-igénybevétellel érintett területen található élőhelyeket, a vizsgált élőlény-csoportoknak ezen élőhelyekhez kötődő állományrészeit. Azonban a várható hatások után az érintett élőhelyek állapotát, kiterjedését és a hozzájuk kötődő fajegyüttesek összetételét figyelembe véve minden vizsgált élőlénycsoport esetében elviselhető mértékűek. Ez azzal indokolható, hogy azok nem indukálnak tartós, visszafordíthatatlan változásokat a hatásviselő fajok térségben élő populációi vonatkozásában.

A további üzemidő-hosszabbítás miatt az élővilágra vonatkozóan várható hatások szempontjából üzemelési hatásterületként kell figyelembe venni az atomerőmű normál üzemi működéséhez kapcsolódóan jelentkező, az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezők közül azoknak az előfordulási területeit, melyek esetében a hatásértékelés során bármilyen kis mértékű értékelhető hatás detektálható vagy valószínűsíthető. Ezek határozzák meg a hatásterületet a további üzemidő-hosszabbítás időszakában is.



A további üzemidő-hosszabbítás időszakában jelentkező hatótényezők alapvetően megegyeznek az atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemzőkkel, abban az esetben is, amikor a Paksi Atomerőmű önállóan, és akkor is, amikor a Paks II. Atomerőművel együtt üzemel.

A további üzemelés időszakában a Paksi Atomerőmű önálló üzemelése esetén a vizsgált hatótényezők hatásösszege, a környezetterhelés mértéke várhatóan teljesen megegyezik majd az elmúlt üzemidőszakra jellemző mértékkel. Annyi különbség várható csupán, hogy a felmelegedett hűtővíz vagy a jelenlegi melegvíz-csatornán, vagy az új alternatív melegvíz-csatorna szakaszon kerül bevezetésre a Duna-főmederbe, de a hűtővíz mennyisége és a hőterhelés mértéke ugyanakkora marad. Ebből adódóan az élővilágra, mint környezeti elemre, azon belül pedig a vizsgált élőlénycsoportokra gyakorolt hatások gyakorlatilag megegyeznek majd az elmúlt üzemidőszakban detektált hatásokkal, mind a hatások jellegét, mind mértékét illetően. A klímaváltozás hatásaival azonban ettől függetlenül számolni kell, a hatásvizsgálat ennek figyelembevételével került elvégzésre.

A további üzemidő-hosszabbítás időszakában a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése esetében az élővilágra, mint környezeti elemre potenciálisan hatást gyakorló hatótényezők mindegyike megegyezik a Paksi Atomerőmű önálló normál üzemeléséhez kapcsolódó hatótényezőkkel. A megegyező hatótényezők azonban a két atomerőmű párhuzamos üzemelése esetén mindkét létesítmény üzemeléséből eredően fennállnak, ezért az ezek által kiváltott hatások összeadódnak.

A Paksi Atomerőmű Kibocsátás Ellenőrző Laboratóriuma folyamatosan méri az erőmű légnemű kibocsátásait. Ezt felhasználva került elvégzésre az élővilág sugárterhelésének becslése az egyes élőhelyek vonatkozásában. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az erőmű élővilágra gyakorolt járuléka gyakorlatilag elhanyagolható a globális és a csernobili eredetű sugárterhelés mellett, tekintve, hogy számottevően kisebb dóziszárulékot jelent a globális háttérhez képest.

Az élőlények ionizáló sugárzásra való érzékenysége nagyon tág határok között változik, ami abból következik, hogy a legalacsonyabb szerveződési szintektől az emlősökig minden élőlény a vizsgálat tárgya volt. Az elemzésekben ezért a vizsgálatok kritériumaként olyan – a nemzetközi ajánlásokra, tudományosan megalapozott becslésekre támaszkodó – értéket vettek alapul, amelynél a hatás nélküli dózisteljesítmény az élőlények teljes vizsgálati tartományára érvényes. Ameddig a dózisteljesítmény az élővilágra ezen érték alatt marad, semmilyen a sugárterheléssel összefüggő hatással nem kell számolni.

Az elvégzett elemzések alapján a szárazföldi és vízi élővilág sugárterhelése több nagyságrenddel alacsonyabb az előzőek szerint meghatározott értéknél. Ez a jelentéktelennek tekinthető többlet a Paksi Atomerőmű további üzemeltetésénél – a Paks II. Atomerőmű üzembe lépését is figyelembe véve – is megmarad, mivel a légköri és vízi kibocsátások mértéke becsülhetően nem fog változni. Az élővilágot érő radiológiai hatások mindig is elhanyagolható nagyságrendűek voltak, és ez várható a további üzemidő-hosszabbítás időszaka alatt is.



3.6. A TÁJKÉPRE ÉS TÁJHASZNÁLATRA GYAKOROLT HATÁSOK

Az atomerőmű környezetében a szántóföldi, nagytáblás művelés az uralkodó tájhasználat. Jelentős a lomblevelű erdőültetvények, a települési területek és a vízfolyások (főként a Duna vízfelülete miatti) kiterjedése. Az utóbbi évtizedekben a gyepek területének csökkenése tapasztalható. A térség tájpotenciálja alapján megállapítható, hogy természeti adottságai révén magas ökológiai potenciállal, a tájhasználatokból adódóan magas mező- és erdőgazdasági potenciállal rendelkezik, továbbá – az ipari létesítményeknek köszönhetően – Paks település ipari potenciálja is magas.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítési fázisában táji szempontból a legfontosabb hatás a területfoglalás. Jelen esetben ez csak minimális változást okoz, mivel egy meglévő létesítmény esetén alapvetően nincs szükség újabb területek igénybevételére. Az előkészítési tevékenység keretében szükséges rekonstrukciós, felújítási munkák a telephelyen belül kerülnek végrehajtásra. Kivételt képez ez alól a tervezett alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer területigénybevétele. Ennek helye a jelenlegi melegvíz-csatornától délre került kijelölésre részben az iparterületen belül, részben ártéri területeket, illetve halastavi részeket elfoglalva, jórészt a Paksi Atomerőmű telephelyén belül maradván. A szükséges területfoglalás több, mint fele jelenleg is a telephely része, iparterület.

A szükséges többlet-területigénybevétel a tájhasználatot annyiban módosítja, hogy az igénybevett területeken az addigi, főként erdőgazdasági terület helyét ipari területhasználat veszi át, a természetes, természetszerű terület emberi befolyás alá kerül, mesterséges megjelenésűvé válik. A táj szerkezetére, illetve a tájkarakterre ez a viszonylag kis volumenű változás számottevő hatással nem lesz. Így a területhasználat változás következménye elviselhető minősítésű.

Táji értékváltozásként a Duna menti ártéri erdő igénybevétele nevesíthető. A kiépítés tájképi változást is okoz majd, hiszen az „erdő hiánya” a képben jellegzetesebben mutatkozik majd meg, mint az új csatorna, vagy a hűtőcellák látványa, melyek részben a töltés

általi takarásban lesznek. Számottevő látványváltozással az erdőfolt kivágása miatt sem kell számolni, hiszen a háttérben, a szigetekben, a Duna túl oldalán hasonló erdőfoltok találhatóak. A továbbüzemelés időszakában azonban már nem várható a területfoglalás növekedése.

A tájszerkezet, mivel egy meglévő, üzemelő erőműről van szó, várhatóan a továbbüzemelés során sem módosul, a jelenlegi tájszerkezet az atomerőmű és kapcsolódó létesítményei építésekor és/vagy üzemelése közben alakult ki, azaz a környező területek használatára gyakorolt hatás/befolyás már korábban megvalósult. A környező használatok közül az új alternatív melegvíz-csatorna-szakasz mellé telepített csúcshűtő rendszer jelenthet a szomszédos horgásztavi rekreációs tevékenységre kedvezőtlen hatást (zaj, látvány). A csúcshűtő rendszer működtetése azonban csak időszakos, kritikus, magas dunai és léghőmérséklet együttállásakor lesz szükséges, azaz várhatóan évente csak rövid időszakokban fognak működni a berendezések.

A védendő értékek megőrzését a tervezett továbbüzemelés előreláthatóan nem fogja befolyásolni. Kivétel ez alól a Duna árterét érintő erdőigénybevétel az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz, illetve az új dunai vízbevezetési pont kialakítása miatt. Ez a dunai árter azonban csak igen kis területén valósul meg, ráadásul az igénybe vett területek mellett megmaradnak hasonló ártéri erdők, így az értékcsökkenés tájvédelmi szempontból elhanyagolható.

A tájkép, tájkarakter változása általában egy létesítmény építéséhez kötődik. Egy működő üzemnél tájképi változással már nem kell számolni. A létesítmény jelentette táji karakter a továbbüzemelés időszakában azonos lesz a jelen állapottal, mivel az épületek, építmények jellege, tömege, így megjelenése sem változik. A tervezett hűtőcellák láthatósága korlátozott. Az erőmű láthatósága a jelenlegi és a továbbüzemelés időszakában is az erőmű kb. 8 km-es környezetén belül a kitakarással (alapvetően az erdők és a települések építményeinek takarása) nem érintett részterületekre terjed ki.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének hatásait tekintve a területigénybevétel és a tájhasználat - mivel a Paks II. Atomerőmű telephelye korábban is iparterületként az erőmű bővítésére fenntartott helyszín volt - nem változik. Az eddig jórészt beépítetlen terület azonban jelentősen beépített, burkolt, intenzíven hasznosított területté válik, melyen a funkcionalitás lényegesen megváltozik a villamosenergia-termelési tevékenység befogadásával.

A tájkarakterben az ipari környezetben a Paks II. Atomerőmű működése sem okoz számottevő változást, hiszen a tervezett két új blokk magassága, tömegességi viszonyai hasonlóak az üzemelő Paksi Atomerőmű jellemzőihez.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása a tájképben és a tájhasználatban csupán kismértékű változást fog eredményezni a tervezett új melegvíz-csatorna és a mellé létesítendő csúcshűtő rendszer létesítéséből adódóan. Egyéb tájszerkezetbeli, tájképi változással nem kell számolni, hiszen több évtizede üzemelő létesítmény üzemidejének meghosszabbításáról van szó.



3.7. NEM RADIOAKTÍV HULLADÉKOK KELETKEZÉSE ÉS KEZELÉSE

Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan a háztartási hulladékhoz hasonló (kommunális) és termelési (nem veszélyes és veszélyes) inaktív szilárd hulladékok keletkezésével kell számolni. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. hulladékgazdálkodási rendszerére vonatkozó üzemi adatok és környezetvédelmi jelentések alapján megállapítható, hogy a telephelyen működő jelenlegi hulladékgazdálkodási rendszer a gyakorlatban igazoltan jogszerű, ellenőrzött és megbízható módon működik. A rendszer alkalmas arra is, hogy a további üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó előkészítési és végrehajtási időszak során megjelenő többlethulladékokat megfelelőségi kockázat nélkül kezelje. A hulladékok kezelése a keletkezési helyhez közel, hulladéktípusonként elkülönített gyűjtéssel indul, majd a telephelyi ideiglenes tárolási és üzemi gyűjtőhelyi infrastruktúrán keresztül jut el az engedéllyel rendelkező kezelő részére történő dokumentált átadásig. Így a hulladékok teljes körű visszakövethetőségét biztosítja. A rendszer működési logikája nem a telephelyi felhalmozódásra épül, hanem arra, hogy a hulladék a keletkezést követően szervesen, ellenőrzött és igazolhatóan kerüljön hasznosításra vagy ártalmatlanításra.

A normál üzemelés időszakát reprezentáló 2014-2023 közötti időszak mennyiségi adatai alapján a termelési hulladékok nagyságrendje tartósan magas, ugyanakkor a hulladékképződés éven belüli és évek közötti alakulása alapvetően a nagykarbantartási ciklusok, a rekonstrukciók és a technológiai beavatkozások ütemezésével magyarázható.

A nem veszélyes hulladéktípusok esetében a hasznosítási arány a vizsgált időszak jelentős részében 60-90% között volt, egyes években pedig a hasznosítás megközelítette a 90%-ot is, ami a szelektív gyűjtés hatékonyságára, a hasznosítható anyagáramok következetes leválasztására és a hulladékhierarchiának megfelelő gyakorlatra utal.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítési időszakára vonatkozó előrejelzés szerint a keletkező többlethulladék összetétele ebben az időszakban döntően nem veszélyes, az arány várhatóan 80-90%. A növekedés oka jellemzően nem egy folyamatos, kontrollálatlan terhelésnövekedés, hanem az, hogy az üzemszerű működés fenntartása mellett párhuzamosan, időszakosan, koncentráltan zajlanak olyan célzott műszaki beavatkozá-

sok, amelyek hulladékképződéssel járnak. Ide tartoznak a rekonstrukciós és korszerűsítési projektek, egyes berendezések részleges cseréi, segédüzemi rendszerek felújításai, állapotfelmérések és technológiai tisztítások, valamint a kapcsolódó építési és átalakítási jellegű munkák. Ezek a tevékenységek jellemzően nagy tömegű, nem veszélyes hulladéktípusokat generálnak, tipikusan fémhulladékokat, inert építési és bontási hulladékokat, csomagolási anyagokat és egyéb üzemfenntartási eredetű hulladékokat, miközben a veszélyes hulladéktípusok mennyisége összességében alárendelt marad. A többlet-hulladékok kezelése műszakilag és szervezetiileg a meglévő gyűjtőhelyi, logisztikai és dokumentációs renddel megoldható, és a jogszerű, ellenőrzött működés fenntartása reálisan biztosítható.

A hulladékképződés jellegét tekintve a nem veszélyes hulladéktípusok között a prognózisok alapján is meghatározóak a fémhulladékok, különösen a vas- és acélhulladékok, továbbá az inert építési és bontási hulladékok, a csomagolási hulladékok, a zöldhulladék és a kábelhulladékok. A vas- és acélhulladék a nem veszélyes mennyiségben belül kiemelt arányt képvisel. A veszélyes hulladéktípusok között tipikusan a technológiai üzemeltetéshez és karbantartáshoz kötődő hulladékok dominálnak, így különösen a fáradt olajok és olajos vizek, veszélyes vizes folyékony hulladékok, szennyezett szűrők és abszorbensek, továbbá egyes vegyszeres jellegű hulladékok.

A hulladékgazdálkodáshoz kapcsolódó környezeti hatások értékelése alapján a terhelések jellemzően kismértékűek, időszakosak és lokális jellegűek, elsődlegesen a telephelyen belüli anyagmozgatási, gyűjtési és tárolási műveletekhez kapcsolódnak.

A Paks II. Atomerőmű üzemelése a Paksi Atomerőműben keletkező nem radioaktív hulladékok jellemzőire, mennyiségére nem lesz hatással, tekintettel arra, hogy a Paks II. Atomerőmű önálló, a Paksi Atomerőműétől független hulladékgazdálkodási rendszerrel fog rendelkezni.

A fenti értékelési elemek összegzéseként megállapítható, hogy a telephely jelenlegi hagyományos hulladékgazdálkodási rendszere a gyakorlatban igazoltan alkalmas a keletkező hulladékok biztonságos és jogszerű kezelésére. A jelenlegi hulladékgazdálkodási rendszer nemcsak a jelenlegi üzemi állapot mellett működik megfelelően, hanem a további üzemidő-hosszabbítás előkészítése és végrehajtása során megjelenő többlet-hulladékterhelés mellett is képes lesz fenntartani a jogszabályszerű, ellenőrzött, nyomon követhető és környezetvédelmi szempontból biztonságos működést. A hulladékok kezelése nem jelent olyan mértékű környezeti terhelést vagy kockázatot, amely a tervezett tevékenység megvalósíthatóságát korlátozná.

3.8. A ZAJ- ÉS REZGÉSÁLLAPOTRA GYAKOROLT HATÁSOK

A Paksi Atomerőmű jelentős ipari üzemként zajterhelést okoz a környezetében, illetve az üzemeléshez köthető gépjárműforgalomból eredő zajterhelést is figyelembe kell venni a megközelítési útvonalakon. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan az aktuális környezeti zajhelyzet felmérésére helyszíni mérések kerültek elvégzésre. Az alapállapotú közúti forgalomból eredő zajterhelés meghatározása a járműforgalmi adatokra épülő zajsámítás alapján történt.

A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelésének és az üzem háttérterhelésének vizsgálatára a legközelebbi védendő területen, a legközelebbi védendő létesítményeknél, a telephely 3 km-es körzetében került sor. A helyszíni vizsgálatok alapján a Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelése a környező lakóterületeken alacsony, nem érzékelhető és nem mérhető az alapzajtól függetlenül.

A közlekedési járulékos zajterhelés a főbb, az atomerőműhöz kapcsolódó közlekedéssel érintett útvonalak, a 6. sz. főút és az M6-os autópálya mentén, legfeljebb 25 km távolságon belül került figyelembevételre.

Az alapállapotú közúti zajterhelés (háttérterhelés) tekintetében az M6-os autópálya melletti védendő referenciapontoknál a zajterhelési határértékek minden vizsgálati ponton határérték alatt maradnak. A 6. sz. főút melletti védendő referenciapontoknál csak

Dunaföldvár és Paks–Csámpapuszta vizsgálati pontokon mutatkozott kismértékű, néhány decibel (dB) határérték-túllépés a nappali és/vagy az éjszakai órákban.

Zajvizsgálati szempontból a normál üzemeléshez kapcsolódóan vizsgálandó környezeti hatótényező az atomerőmű zajterhelést okozó berendezéseinek – mint zajforrásoknak – a zajkibocsátása. A közvetlen zajkibocsátásból eredő hatások alapvetően az üzemi területen jelentkeznek.

A Paksi Atomerőmű valós zajterhelése a távoli, zajtól védendő terhelési pontokra vonatkozóan (ahol az atomerőmű zajterhelése már olyan alacsony, hogy helyszíni mérésekkel nem mérhető ki) az erőmű üzemi zajforrásaihoz közeli mérési pontokra alapozott zajterjedési modell alapján került meghatározásra. A zajmodellezés alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű jelenlegi környezeti zajterhelése az előírt zajterhelési határérték alatt marad. Az atomerőmű jelenlegi üzemi, zajvédelmi szempontú hatásterülete Paks és Dunaszentbenedek közigazgatási határát érinti, az erőmű környezetében fekvő lakóterületeket, védendő övezeteket nem érinti.

A korábbi vizsgálatok eredménye szerint rezgésterhelés – sem alapállapot, sem a Paksi Atomerőmű tekintetében – kritikus mértékben nem valószínűsíthető.

Az atomerőmű üzemelésének közvetett hatását a zajterhelést okozó közlekedési zajforrások zajkibocsátásai jellemzik mint hatótényezők. A Paksi Atomerőmű működéséhez köthető gépjárműforgalmi adatok alapján Dunaszentgyörgy és Paks–Észak között jelentkeznek nagyobb terhelési értékek a 6. sz. főút vonatkozásában, az M6-os autópályánál az üzemeléshez köthető közlekedéssel kapcsolatban zajterhelés-növekmény nem mutatható ki. Közvetett hatásterület az érintett útszakaszoknál a 6. sz. főút mentén, a Paks Csámpa út melletti lakóházaknál alakul ki.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének részeként tervezett tevékenységek közül az alternatív melegvíz-csatorna-szakasz és csúcshűtő rendszer építéséből eredően volt indokolt a zajkibocsátást vizsgálni. A hatótényezők az építési időszakban a zajterhelést okozó építési munkagépek zajkibocsátása. A vizsgálat eredményei alapján a kivitelezés során – nappali munkavégzést figyelembe véve – az építési tevékenységre vonatkozó zajterhelési határértékek teljesíthetők. A csúcshűtő rendszer kiépítésének zajvédelmi szempontú hatásterülete az építési munkák 400-600 m-es sugarú környezetét érinti, zajtól nem védendő övezetekre és a Paksi Atomerőmű védendő létesítményt nem tartalmazó gazdasági területére terjed ki.

A további üzemidő-hosszabbítás időtartamára vonatkozóan a jelenlegi zajterheléshez képest számottevő változás nem várható a mesterséges huzatú hűtőcellás csúcshűtő rendszer kritikus időszakokban szükséges üzemeltetésének kivételével. A csúcshűtő



rendszer üzemelése nélküli esetben a jelenlegi terheléssel lehet számolni a továbbiakban is. A csúcshűtő rendszer üzembe helyezését követően a legnagyobb zajterhelést jelentő állapot az lesz, amikor az új, alternatív melegvíz-csatornán, a működő csúcshűtő rendszer hűtőcelláin áthaladva kerül a felmelegedett hűtővíz a Dunába visszavezetésre.

A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerének zajcsökkentései úgy kerülnek kialakításra, hogy az érintett övezetekre vonatkozó zajterhelési határértékek teljesüljenek a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelése esetén is.

A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerrel történő üzemelésekor a Paks II. Atomerőmű is üzemelni fog, az együttes zajterhelés és hatásterület ennek megfelelően került vizsgálatra és bemutatásra. Az együttes üzemelés alatti zajterhelés vizsgálatánál a Paksi Atomerőmű zajforrásai a csúcshűtő rendszerrel kiegészítve és a Paks II. Atomerőmű üzemi zajforrásai kerültek figyelembevételre.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemeléséhez köthető zajterhelés a legközelebbi lakóövezetknél várhatóan megközelíti az övezeti határértékeket a Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszere üzemelésének figyelembevételével és anélkül is, azonban azokat – megfelelő zajcsökkentésekkel – nem haladja meg. A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerének kiépítésénél zajcsökkentéseket kell alkalmazni, azokat úgy kell tervezni, hogy a várhatóan eleve a határérték közeli zajterhelések ne emelkedjenek, a hatásterület ne növekedjen jelentős mértékben.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének zajvédelmi szempontú hatásterülete kb. 2,3 km sugarú körön belül alakul ki, Paks, Dunaszentbenedek és Uszód közigazgatási területére terjed ki, érintve a környező Paks-Csámpa, Dunaszentbenedek és Uszód lakóövezeteit is.

Az alapállapot – a Paks II. Atomerőmű környezeti hatásvizsgálata keretében végzett – rezgésmérések alapján a Paksi Atomerőmű környezeti rezgésterhelése határérték alatti. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó közlekedésből származó rezgésterhelés várhatóan nem jelentős. A rezgésforrások tekintetében a további üzemidő-hosszabbítás időtartamára vonatkozóan változással nem kell számolni, a jelenlegi terhelés vehető figyelembe a további üzemelés időtartama alatt is.

Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó jövőbeni közlekedési zajterhelés előrejelzésénél a várhatóan legkedvezőtlenebb esetet (a legnagyobb hatásterületet) feltételezve a jelenlegi állapotot jelentő hatásterület feltételezhető a további üzemidő-hosszabbítás kezdeti éveinek elején is. A hosszabb távú prognózist vizsgálva azonban már valószínűbb, hogy a távoli jövőben nem alakul ki az atomerőmű közvetett hatásaként hatásterület az érintett utak mentén, mivel az utak alapforgalma évente relatíve nő, amihez képest a Paksi Atomerőmű közlekedési zajterhelésből adódó hatásterülete relatíve csökkenni fog, illetve nem lesz kimutatható.

A Paks II. Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó járműforgalomból eredő közúti zajki-bocsátás a 6. sz. főút mentén kismértékű zajterhelés-növekményt okoz, a Paksi Atomerőmű közvetett hatásterületét kis mértékben növeli. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes lehetséges közvetett hatásterület a Paks-Csámpa és a Dunaszentgyörgy út melletti lakóházainál alakul ki a további üzemidő-hosszabbítás kezdeti éveiben. A távoli jövőben nem alakul ki a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes közlekedési zajterhelése okán közvetett hatásként hatásterület az érintett utak mentén.

Összefoglalóan elmondható, hogy a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához kapcsolódó zajterhelés a jelenlegi üzemelés zajterheléséhez képest a tervezett csúcshűtő rendszer üzemeltetési időszakaiban fog eltérést mutatni. Ugyanakkor megfelelő zajvédelmi intézkedésekkel a csúcshűtő rendszer zajterhelése is határértéken belül tartható.

3.9. RADIOAKTÍV ANYAGOK KIBOCSÁTÁSA ÉS A KÖRNYEZET RADIOAKTIVITÁSÁNAK JELLEMZÉSE

A Paksi Atomerőmű üzemelése során radioaktív anyagok kerülnek a légkörbe és a Dunába. Ezek kibocsátható mennyiségét szigorú hatósági korlátok szabályozzák, melyek betartását maga az erőmű és a hatóságok is többszörösen ellenőrzik.

A rendelkezésre álló mérési eredmények alapján elmondható, hogy az atomerőmű a teljes üzemideje alatt minden vonatkozásban nagy tartalékkal betartotta a radioaktív kibocsátásokra vonatkozó korlátokat. Az erőmű 2024-ben 0,33%-ban használta ki a kibocsátási korlátot, ebből 0,24%-kal a folyékony, míg 0,08%-kal a légnemű kibocsátások részesedtek. A kibocsátási határérték-kritérium kihasználtsága a korábbi években is hasonló nagyságrendű volt. A nukleáris környezetellenőrzés 2024. évi mérési eredményeit összegezve megállapítható, hogy – hasonlóan a korábbi évekhez – az atomerőmű hatása a környezetre sugárvédelmi szempontból elhanyagolható.

A Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátásai a további üzemidő-hosszabbítás időszakában várhatóan érdemben nem változnak, mivel az atomerőmű technológiáját, illetve üzemeltetési jellemzőit illetően nem terveznek olyan változtatásokat, amelyek a radioaktív kibocsátások jellemzőit számottevő mértékben befolyásolnák. Ennek megfelelően a jelenlegi radioaktív kibocsátások lesznek jellemzőek a további üzemidő-hosszabbítás időszakában is. Ez azt jelenti, hogy a jelen állapothoz képest a légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások jellemzői, mennyisége és a kibocsátások módja nem változik.

Az eddigi tapasztalatokat figyelembe véve megállapítható, hogy a meghosszabbított üzemidejű erőmű üzemelésének időszakában a normál üzemi légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások nagyságrendje az eddigiekhez hasonló tartományban marad, ezáltal a Paksi Atomerőmű további üzemelése sem jár az eddigieknél nagyobb radiológiai kockázattal a környezetre nézve.

A Paks II. Atomerőmű létesítési engedélyezési dokumentumai szerint az atomerőművet úgy tervezték, hogy a radioaktív sugárzás mértéke a környezetre és a lakosságra a blokkok folyamatos normál üzeme és a várható üzemi események során sem haladja meg a lakossági dóziskorlátokat, illetve a környezet radioaktivitását. Ennek igazolása érdekében dózisszámításokat végeztek a Paks II. Atomerőmű üzemelése közbeni hatásra vonatkozóan a telephely környezetében. A kapott eredmények teljesen hasonlóak a Paksi Atomerőmű blokkjainak normál üzemi kibocsátásai esetére vonatkozó számítási eredményekhez.

A Paks II. Atomerőmű várható normál üzemi környezeti hatásainak vizsgálata során számításokkal került bemutatásra, hogy a Paks II. Atomerőmű két blokkjának normál üzemvitele során a légnemű és a folyékony kibocsátásokból eredő, a lakosságot várhatóan terhelő dózisok jelentősen kisebbek, mint a létesítményre önállóan megállapított dózismegszorítás, sőt a tényleges kibocsátásokból eredő dózis jóval kisebb lesz ennél az értéknél is. A Paksi Atomerőmű és az épülő Paks II. Atomerőmű normál üzemi együttes működése alatt is elhanyagolható mértékű környezeti radiológiai terhelés várható.



3.10. A LAKOSSÁG SUGÁRTERHELÉSE

Az atomerőmű normál üzemi működéséből adódó lakossági dózisok a radioaktív anyagok kibocsátásából (nagy részt belső sugárterhelés), valamint az üzemeléshez kapcsolódó közvetlen (szórt) sugárzásból (külső sugárterhelés) származnak. Az atomerőmű kibocsátásaiból származó teljes lakossági sugárterhelést a légnemű és a folyékony kibocsátások együttesen adják.

A környezetben kialakuló sugárzási viszonyok és a lakossági dózisok meghatározásához minden vizsgálandó üzemállapotra nézve meghatározásra került az alkalmazandó elemzőeszköz, a kibocsátási forrástag és a kibocsátás figyelembe veendő körülményei, az alkalmazandó bemenő adatok a meteorológiai és hidrológiai viszonyok, illetve a lakossági életviteli, fogyasztási szokások tekintetében. Meghatározásra kerültek továbbá a figyelembe veendő besugárzási útvonalak, a különböző távolságokban és irányokban elhelyezett receptorpontok, amelyekre meghatározott dózisértékek képezik az alapját a radiológiai hatásterületre vonatkozó megállapításoknak.

A normál üzemi állapotra vonatkozó légnemű kibocsátási elemzések részeként a lakossági dózisok az 1 éves gyermek és felnőtt reprezentatív személyre vonatkozóan, a vizsgált 16 irányszektorban és különböző távolságokban kerültek meghatározásra. Csámpán, az atomerőműtől kb. 1 km-es távolságban, délnyugati-nyugati irányban a reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke felnőttre 3,64 nSv³, míg az 1 éves gyermekekre 1,63 nSv.

A normál üzemi légnemű kibocsátások lakossági dóziskövetkezményeiről megállapítható, hogy az atomerőmű környezetében mindenhol a semleges kategóriába esnek, számottevően a 90 µSv/év dózismegszorítás alatt maradván. A számított lekötött effektív dózisértékek maximuma 500 m távolságban délnyugati irányában adódott, a felnőttekre meghatározott 12,2 nSv a dózismegszorítás értékének kevesebb mint a 0,02%-a. Az elemzések alapján a normál üzemi légnemű kibocsátás radiológiai hatásterülete a biztonsági övezet határán (500 m) belül marad.

A folyékony kibocsátások következményeinek meghatározására végzett elemzés során a kibocsátást folyamatosnak és a part mentén pontszerűnek véve feltételezték.

³ A Sievert az effektív dózis mértékegysége, megadja az ionizáló sugárzás hatását a biológiai szövetekben. 1 µSv=10⁻⁶ Sv, 1 nSv=10⁻⁹ Sv

Gerjenben, az atomerőműtől 10 km-es távolságban a felnőtt és az 1 éves gyermek reprezentatív személyek számított lekötött effektív dózisát a halfogyasztásból származó belső sugárterhelés dominálta, az eltérő fogyasztási értékek miatt a felnőttek belső és teljes dózisa nagyobbak adódott, mint a gyermekeké.

A normál üzemi folyékony kibocsátások lakossági dóziskövetkezményeiről megállapítható, hogy az atomerőmű környezetében mindenhol a semleges kategóriába esnek, több nagyságrenddel a dózismegszorítás ($90 \mu\text{Sv}/\text{év}$) alatti értékkel. A számított lekötött effektív dózisok maximuma, az 500 m távolságban felnőttekre meghatározott 157 nSv a dózismegszorítás értékének kevesebb mint a 0,2%-a. Az elemzések alapján az effektív lekötött dózis Gerjenre felnőttekre $35,3 \text{ nSv}$, 1 éves gyermekekre pedig $31,8 \text{ nSv}$.

Az atomerőmű üzemeléséből eredő lakossági dózisok számítása a normál üzemi állapot mellett – jogszabályban meghatározott követelményeknek való megfelelés igazolása céljából készített – tervezési üzemzavarokra vonatkozóan is megtörtént. A vizsgálat kiterjedt az atomerőmű tervezési alapjába tartozó számos kezdeti eseményre. A kezdeti események közül az került figyelembe vételre, ahol a légnemű kibocsátás következtében kialakuló lakossági dózisok értéke a 30 km távolságon belüli receptorpontokon a legnagyobb. Csámpán, az atomerőműtől kb. 1 km-es távolságban a felnőtt reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke $425 \mu\text{Sv}$, míg az 1 éves gyermeké $349 \mu\text{Sv}$.

Az elemzések alapján megállapítható, hogy a tervezési üzemzavarok⁴ esetében vizsgált lakossági dóziskövetkezmények nem haladják meg az elviselhető hatások felső határértékét, vagyis az 1 mSv értéket. A kibocsátási ponttól kb. 5-6 km-ig elviselhető hatások ($\leq 1 \text{ mSv}$), azon kívül semleges hatások ($\leq 90 \mu\text{Sv}$) adódnak a tervezési üzemzavarokhoz tartozó légnemű kibocsátások következtében.

A vizsgált tervezési üzemzavari esetre nézve meghatározásra került a légnemű kibocsátásból származó $90 \mu\text{Sv}$ -et meghaladó dózisértékre vonatkozó radiológiai hatásterület az 1 éves gyermek és a felnőtt reprezentatív személyre. Az elvégzett elemzések alapján 6,0 km-nél nagyobb távolságban a hatás már semleges.

Tervezési üzemzavarok esetén nem történik közvetlen folyékony kibocsátás a Dunába, így a vízi terjedési elemzések annak feltételezésével készültek, hogy a tervezési üzemzavari eseteknél a légnemű kibocsátás során a levegőbe kerülő aktivitás közel 20%-a a csapadékkal a Dunába jut.

A számítások alapján a vízi besugárzási útvonalakra az üzemzavari kibocsátási források közül a legnagyobbak adódott dózisok estén Gerjenben, az atomerőműtől 10 km-es távolságban a felnőtt, valamint az 1 éves gyermek reprezentatív személyre kapott $28,8 \mu\text{Sv}$ és $29,2 \mu\text{Sv}$ eredmények alapján megállapítható, hogy a dózisok még az erősen konzervatív feltételezések mellett vizsgált forgatókönyvben is a $90 \mu\text{Sv}/\text{év}$ érték alatt maradnak, vagyis nem érik el a semleges hatásokra vonatkozó felső határértéket. A légnemű kibocsátás kimosódása következtében a vízi besugárzási útvonalakra adódó számítási eredmények nem összeadhatók a légnemű kibocsátás alapján a légköri besugárzási útvonalakra meghatározott dózisértékekkel, mivel a két forgatókönyv egyidejű bekövetkezése nem lehetséges.

A Paksi Atomerőmű, a KKÁT és Paks II. Atomerőmű normál üzemelésének együttes radiológiai hatására vonatkozó vizsgálat eredménye alapján az összesített dózis az elvégzett elemzések alapján jelentősen a $90 \mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítás és ez által a semleges hatás felső határértéke alatt marad. Az atomerőmű biztonságos üzemeltetésére vonatkozó szigorú kritériumoknak való megfelelés eredményeként az atomerőmű lehetséges üzemzavarainak környezeti hatása 5-6 km-en túl már a semleges kategóriába tartozik, azaz nem haladja meg a $90 \mu\text{Sv}$ dózismegszorítást.

⁴ Tervezési üzemzavarnak olyan csekély valószínűséggel előforduló normál üzemtől eltérő üzemállapotokat neveznek, amelyek a normál üzemtől eltérő (magasabb), de a jogszabályban előírt korlátot nem meghaladó radioaktív kibocsátásokat eredményezhetnek.



3.11. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK ÉS KIÉGETT FŰTŐELEMMEK KEZELÉSE

Az atomerőmű üzemeltetése során szilárd és folyékony kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok keletkeznek, melyeket az atomerőműben a végleges tárolóba történő átszállításig ideiglenesen tárolnak. A szilárd halmazállapotú radioaktív hulladékok többségét 200 literes acélhordókban, tömörített – a nem tömöríthető hulladékok esetében tömörítetlen – formában helyezik el. A folyékony radioaktív hulladékokat tartályokban gyűjtik az atomerőműben. A radioaktív hulladékokat csak szilárd formában lehet véglegesen elhelyezni, ezért a folyékony hulladékok szilárdítására is sor kerül az atomerőműben a végleges tárolóba történő átszállítást megelőzően.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése, illetve a további üzemeléshez tervezett tevékenységek, átalakítások keretében tervezett egyes rekonstrukciós munkákból eredően is számolni kell radioaktív hulladékok keletkezésével. Az elvégzett becslések alapján jellemzően az atomerőmű építészeti szerkezeteit, illetve technológiai rendszereit, berendezéseit érintő rekonstrukciók járnak radioaktív hulladék keletkezésével. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése során keletkező radioaktív hulladékok gyűjtése, minősítése, kezelése, illetve elszállításra és végleges elhelyezésre való előkészítése az atomerőmű érvényes eljárásrendjeinek megfelelően, a meglévő kezelési folyamatokba illesztetten tervezett.

Az atomerőmű normál üzemviteléből adódóan éves rendszerességgel kb. 90 m³ kis- és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladék (kb. 450 db 200 literes hordó) keletkezik, amelyhez további 10 m³ (50 db hordó) várható a folyékonyhulladék-feldolgozási technológia üzemeltetéséből. Így évente várhatóan 500 db hordó keletkezik.

A további 20 éves üzemidő-hosszabbítás időszakában keletkező többlet-radioaktív hulladékok mennyisége a jelenlegi becslések szerint – az üzemviteli radioaktív hulladékok kondicionálás utáni – végső elhelyezésre kerülő térfogata a jelenlegi kb. 14 000 m³-ről közel 3000 m³-rel, 17 000 m³-re növekszik.

Az atomerőműben a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékokból a tervezetten 2029-től üzemszerűen működő cementező technológiával ún. kompakt hulladékcsomagokat állítanak elő, amelyekben a 200 literes fémhordók négyesével kerülnek egy vékonyfalú, merevített acélkonténerbe. A hordók közötti teret kis- és közepes aktivitású folyékony radioaktív hulladékból kevert cementpéppel töltik fel, így a konténerek holt terét is radioaktív hulladék tölti ki.

A radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével és a kiégett üzemanyag átmeneti tárolásával összefüggő tevékenységek a Kormány által kijelölt szerv az RHK Kft. feladatkörébe tartoznak. A kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezése az

RHK Kft. által üzemeltetett, felszín alatti tárolókamrás kialakítású Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolóban (NRHT) (3.11-1. ábra) biztosított. A kompakt hulladékcsomagok a gyártás és minőségbiztosítási folyamatokat követően az atomerőműből kiszállításra kerülnek az NRHT-ba. A radioaktív hulladék végleges elhelyezése a felszín alatt, 200-250 m-es mélységben kialakított tárolókamrákban történik.

A bátaapáti NRHT teljes befogadóképessége az eredeti tervek szerint kialakítandó tárolókamrákkal a Paksi Atomerőmű 50 (30+20) éves üzemideje, és annak leszerelése során keletkező kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladék számára biztosít elegendő helyet. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során keletkező kis- és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok végleges elhelyezése az NRHT tárolókapacitásának későbbi bővítésével biztosítható.

3.11-1. ábra: A bátaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) felszíni létesítményei és az első feltöltött tárolókamrája



A keletkező kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok mellett az üzemelés során nagy aktivitású radioaktív hulladék is keletkezik, amelyet az atomerőműben rendelkezésre álló összesen 1114 darab tároló csőben ($222,8 \text{ m}^3$ tárolókapacitás) helyeznek el. A $222,8 \text{ m}^3$ -es tárolási kapacitásból 2025. január 1-jén $112,7 \text{ m}^3$ -nyi került felhasználásra. Az 50 éves üzemidő végéig konzervatívan további 22 m^3 nagy aktivitású radioaktív hulladék keletkezésével kell számolni. Ebből eredően közel 85 m^3 tárolókapacitás áll rendelkezésre a további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének és végrehajtásának időszaka során keletkező nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolására.

A kis- és közepes aktivitású részeket is tartalmazó nagy aktivitású hulladékok mennyisége darabolással jelentős mértékben csökkenthető, így a tárolásukra használt tároló csövek jelentős része felszabadítható, azaz kb. 40 m^3 tárolókapacitás nyerhető. Az így felszabadított tárolókapacitással biztosítható, hogy – a további 20 éves üzemidő-hosszabbítással összesen – 70 éves üzemidő alatt keletkező nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolása is megoldott legyen.

A nagy aktivitású hulladékot a végső elhelyezés érdekében konténerekben gyűjtik össze és betonnal öntik ki. A nagy aktivitású radioaktív hulladékok keletkezési ütemét figyelembe véve, a végleges elhelyezést a műszaki tervben foglaltak szerint csak az atomerőmű leszerelési fázisában kell megoldani.

A nagy aktivitású hulladék végleges elhelyezését széleskörű nemzetközi egyetértés szerint mélységi geológiai tárolóban lehet biztonságosan megoldani. Ez egy több száz méter mélyen megépülő létesítmény, amely védett a felszíni hatásoktól, folyamatoktól, és amelyben az ember alkotta műszaki létesítmények mellett a stabil földtani környezet is garantálja a hosszú távú biztonságot. Abban is egységes álláspont alakult ki az érintett nemzetközi szervezetek körében, hogy egy mélységi geológiai tároló egyaránt alkalmas a kiégett nukleáris üzemanyag közvetlen elhelyezésére, valamint a feldolgozott kiégett üzemanyag maradékainak elhelyezésére is.

Magyarországon a lehetséges tároló helyszínét kijelölő kutatási program 1993 végén indult el, a mecseki uránbányából nyitott vágatokban, a Bodai Agyagkő Formáció vizsgálatával. A nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezésére irányuló kutatás jelenleg

is folyamatban van. Az RHK Kft. 2018-ban összeállította, majd 2022-ben aktualizálta, a Bodai Agyagkő Formáció telephelykutatási keretprogramját, amely 2036-ig határozza meg a feladatokat.

A Paksi Atomerőműben keletkező kiégett üzemanyagot hosszabb időre (jelenleg 50 évre) átmeneti tároló létesítményben, a KKÁT-ban helyezik el, amíg döntés születik az újrafeldolgozásáról vagy a végleges elhelyezéséről.

Az RHK Kft. jelenlegi tervei szerint a KKÁT engedélyezett, 33 kamrát tartalmazó moduláris kamrás száraz tároló (MVDS) technológiával való kiépítése biztosítani tudja a Paksi Atomerőmű 50 (30+20) éves üzemideje alatt keletkező kiégett fűtőelem-kazettáinak átmeneti tárolását.

Az RHK Kft. több szempont, így az új paksi blokkok üzembevételének figyelembevételével alternatívákat vizsgált a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása és a Paks II. Atomerőmű kiégett üzemanyagának átmeneti tárolására. A vizsgálatok eredményeként 2025 novemberében döntés született arra vonatkozóan, hogy a további üzemidő-hosszabbítás során keletkező kiégett fűtőelem-kazetták átmeneti tárolását konténeres technológiára való átállással valósítják meg. Technológiai szempontból ez azt jelenti, hogy a konténer, mint tárolási egység tárolásra történő előkészítése az erőművi rendszerekkel, az atomerőműben történik. Ezt követően a konténert zárt és hermetikusan szigetelt állapotában már csak át kell szállítani a KKÁT tárolási területére, ahol a konténereket tervezetten közvetlenül a felszín alatt betonból kialakított tároló szerkezetben helyezik el a Holtec International HI-STORM UMAX technológiájának alkalmazásával.

A tervezett technológia a további 20 éves üzemidő során keletkező kiégett üzemanyag átmeneti tárolását a KKÁT jelenlegi területén belül biztosítja, így az átmeneti tárolás nem igényli további terület igénybevételét. A kiválasztott technológia további előnye, hogy az alacsony mértékű környezeti hatások mellett alternatívája lehet a Paks II. Atomerőmű terveiben jelenleg figyelembe vett földfelszíni, tárolócsarnokos konténeres tárolási technológiának is.





4. A KÖRNYEZETI HATÁSOK ÖSSZEGZÉSE ÉS A HATÁSTERÜLET LEHATÁROLÁSA

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításhoz kötődően várható környezeti hatások vizsgálatának alapfeltételezése, hogy az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó jelenlegi környezeti hatások, hatásfolyamatok lesznek a későbbiekben is meghatározók. A jelenleg is fennálló környezeti hatótényezőkkel kell a továbbiakban is számolni, azok „működési” időtartama a további üzemelés 20 éves időtartamával kitolódik. A további üzemidő-hosszabbítás időszakára megvalósítani tervezett alternatív melegvíz-csatorna és hűtőcellás csúcshűtő rendszer üzemeltetése a korábbiakhoz képest csak részleges és korlátozott mértékű változást eredményez a környezeti hatótényezők tekintetében.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű közös üzemének időszakában a csúcshűtő rendszer biztosítja a Duna vizére vonatkozó hőmérsékleti korlát olyan módon történő betartását, hogy a blokkok kényszerű leterhelése ezzel elkerülhető a kritikus időszakokban.

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához kapcsolódó környezeti hatások becsült hatásterületei – a várható hatások minősítése mellett – az egyes környezeti elemekre, rendszerekre vonatkozóan térképi formában is lehatárolásra kerültek.

A Paksi Atomerőmű eddigi üzemelése során tapasztalt környezeti hatásokat tükröző adatok, illetve monitoring eredmények értékelésére jelentős mértékben támaszkodó, valamint a további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének keretében tervezett átalakítások várható hatásainak figyelembevételével elkészített környezeti hatástanulmány alapján megállapítható, hogy nem azonosítható olyan kizáró környezet-, természet- és tájvédelmi ok, amely az atomerőmű tervezett további üzemidő-hosszabbítását lehetetlenné tenné.

A további üzemidő-hosszabbításhoz köthető környezeti hatások teljes hatásterülete a telephely – 3.12-1. ábrán látható – 6-17 km kiterjedésű környezete, amely a tevékenységnek helyet adó Paks város közigazgatási területén túl 10 további település területét érinti.

A környezeti hatásvizsgálatra vonatkozó jogszabályi előírások alapján vizsgálni szükséges, hogy a tervezett tevékenységgel kapcsolatban országhatáron áterjedő jelentős környezeti hatás bekövetkezése feltételezhető-e. Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján jelentős, országhatáron áterjedő hagyományos vagy radiológiai – légnemű és folyékony kibocsátásokból eredő – hatás a Paksi Atomerőmű normál üzeme, valamint a normál üzemtől eltérő haváriák és üzemzavarok esetében sem azonosítható. A lehetséges radiológia hatások az atomerőmű 6 km-es körzetére korlátozódnak.

Országhatárt elérő hatás a Paksi Atomerőmű országhatároktól távolabbi elhelyezkedéséből eredően (légvonalban is minimum 63 km, a Dunán folyásirányban 94 km) csak a Duna hőterhelése, valamint az atomerőmű tervezési alapját meghaladó események ese-

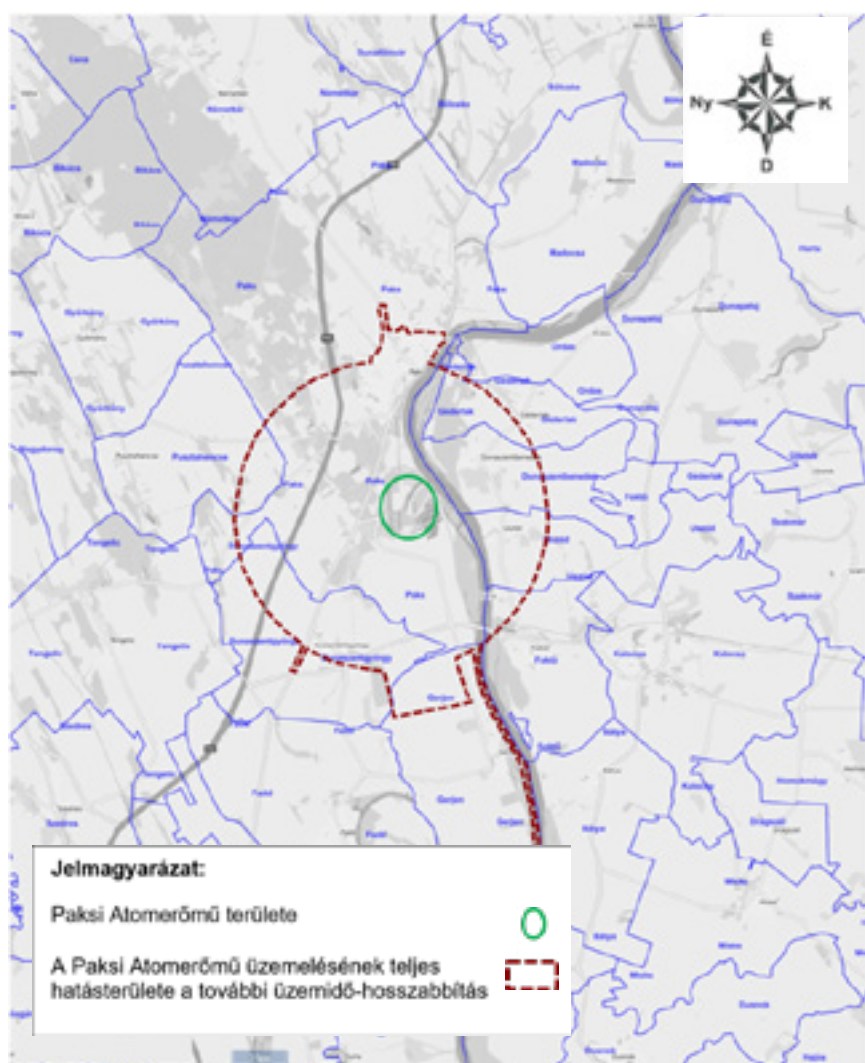
tében fordulhat elő. Ezen hatások egyike sem tartozik azonban jelentős kategóriába.

Összhangban a hatásértékelések nukleáris létesítmények esetében követett nemzetközi gyakorlatával, az országhatáron áterjedő hatások vizsgálataként nemcsak az üzemzavar, hanem a nukleáris biztonsági követelmények szerint a tervezési alapon túli kategóriába tartozó, a magyar terminológia szerint balesetként kategorizált események hatásainak elemzése is megtörtént.

A nukleáris létesítményekre és így az atomerőművekre vonatkozó, rendkívül szigorú nukleáris biztonsági követelmények betartása biztosítja, hogy baleset bekövetkezésére csak rendkívül kis valószínűséggel kell számítani. Szükség esetén a lakosság sugárterhelésének csökkentése érdekében védelmi intézkedések bevezetésére kerülhet sor a jogszabályi előírásoknak megfelelően. A tervezési alap kiterjesztésére vonatkozó előírások elsődleges célja ennek megfelelően, hogy a kis valószínűségű, de súlyos következményekkel járó események esetleges bekövetkezésére is megfelelően felkészültek legyenek az atomerőmű üzemeltetői és az azok kezelésében közreműködő szervezetek, hatóságok.

A balesetek országhatáron áterjedő lehetséges hatásainak bemutatása céljából – a normál üzem és a tervezési üzemzavarok hatásainak bemutatása mellett – elemzések készültek a kibocsátás szempontjából súlyos következményeket eredményező tervezési alapon túli üzemállapotokra is. Az elvégzett elemzések eredményei alapján megállapítható, hogy jelentős, országhatáron áterjedő hatással balesetek esetében sem kell számolni.

3.12-1. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemeléséből eredő környezeti hatások hatásterülete a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan







Paksi
Atomerőmű