

MVM Paks II. Zrt.

TELEPHELY BIZTONSÁGI JELENTÉS

II. KÖTET

8. FEJEZET

VÉGSŐ HŐELNYELŐ BIZTOSÍTÁSÁNAK ÁTFOGÓ ÉRTÉKELÉSE A VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA ALAPJÁN

2016.10.18.

TARTALOMJEGYZÉK

8. Végző hőelnyelő biztosításának átfogó értékelése a veszélyeztető tényezők vizsgálata alapján.....	3
8.1. A végző hőelnyelő biztosítását befolyásoló hidrológiai tényezők.....	4
8.2. A végző hőelnyelő biztosítását befolyásoló meteorológiai tényezők.....	5
8.3. A végző hőelnyelő biztosítását befolyásoló emberi eredetű veszélyeztető tényezők.....	6
8.3.1. A Duna által hatást gyakorló ipari létesítmények értékelése.....	6
8.3.2. A közúti, vasúti és folyami szállítás jelentette veszélyeztető tényezők.....	6
8.3.3. A fel- és alvízi létesítmények jelentette veszélyeztető tényezők.....	7
8.4. Egyéb veszélyeztető tényezők.....	8
8.5. Összefoglalás.....	8

8. Végso hőelnyelő biztosításának átfogó értékelése a veszélyeztető tényezők vizsgálata alapján

A fejezet a kapcsolódó vizsgálati területek elemzésének eredményeire alapozva összefoglalóan bemutatja, hogy a tervezett új blokkok biztonságos üzemeltetéséhez tartozó, ún. végso hőelnyelő funkció rendelkezésre állását, mely telephelyre jellemző tényezők, és milyen mértékben befolyásolják.

Az atomerőmű biztonsága szempontjából fontos rendszerei terjedelmében a hőátviteli rendszerek, rendszerlemek segítségével mindenkor biztosítani kell a szükséges mértékű folyamatos hőelvonást és a végso hőelnyelő-közegbe való eljuttatást. Az NBSz 3a.2.1.1300. pontja szerint „*Biztosítani kell a maradványhő végso hőelnyelőbe való elvitelét úgy, hogy a hőelviteli funkció elvesztésének gyakorisága kisebb legyen, mint 10^{-7} /év*”.

A végso hőelnyelő kiemelt szerepére való tekintettel az NBSz 3a.4.3.1100. pontja azt is előírja, hogy „*Amennyiben a maradványhő végso hőelnyelőbe juttatásának képessége nem igazolható minden üzemállapotra magas megbízhatósággal, akkor másodlagos végso hőelnyelőt és a működtetéséhez szükséges rendszereket kell biztosítani*”.

A végso hőelnyelő funkció biztosítása összetett kérdés, amely szükségszerűen kiterjed az elsődleges végso hőelnyelő rendelkezésre állásának értékelésére, a hőt a végso hőelnyelőbe szállító rendszerek rendelkezésre állásának értékelésére, ennek következményeként a másodlagos végso hőelnyelő biztosításának szükségességére, továbbá annak technológiai megvalósítására és megbízhatósági jellemzőire. Ezek alapján a végso hőelnyelő funkció komplex megvalósulására vonatkozó megfontolások és igazolások csak a létesítmény tervezési fázisában tehetők. A telephely engedélyezés fázisában a végso hőelnyelő biztosítására alkalmas közegek és a végso hőelnyelő funkciót veszélyeztető telephelyi sajátosságok mutathatók be.

A létesítményről rendelkezésre álló információk alapján, a telephely folyóparti elhelyezkedésével összhangban, elsődleges végso hőelnyelőként a Duna, míg másodlagos végso hőelnyelőként, mesterséges huzatú hűtőcellák, vagy szóróhűtő medencék alkalmazása mellett, a környezeti levegő vehető figyelembe.

A másodlagos végso hőelnyelő vonatkozásában a telephely engedélyezés fázisában megállapítható, hogy nem azonosíthatók olyan általános telephelyi veszélyeztető tényezők, amelyek levegő által érvényesülő hatásmechanizmuson át érdemben befolyásolhatnák a hőelvitel megfelelőségét. A levegő általi végso hőelnyelő funkciót ellátó rendszerek tervezéséhez szükséges meteorológiai viszonyokat bemutató információkat, beleértve a meteorológiai paraméterek extrém értékeit is, a TBJ II. [3. fejezet](#) tartalmazza. A másodlagos végso hőelnyelő funkció ellátását befolyásoló speciális veszélyeztető tényezők lehetséges hatásait és az azok kezelését biztosító megoldásokat a hőelnyelő tényleges technológiai megvalósítási tervezése során lehet azonosítani és értékelni.

Ennek megfelelően, a jelen fejezet a telephely adottságaiból eredően a Duna, mint elsődleges végso hőelnyelő funkciót befolyásoló tényezők bemutatására koncentrálna.

Az elsődleges végso hőelnyelő funkciót ellátó Duna, részletes hidrológiai jellemzését a TBJ II. [4.1. fejezet](#) tartalmazza.

A hőelnyelő funkciót befolyásoló tényezők a kapcsolódó telephely vizsgálati és értékelési területekkel összhangban a következő csoportokra bonthatók:

- hidrológiai tényezők,
- meteorológiai tényezők,
- emberi eredetű veszélyeztető tényezők,
- egyéb veszélyeztető tényezők.

Jelen fejezet alfejezetei a befolyásoló tényezőket a fenti felsorolás szerinti bontásban tárgyalják. Az alfejezetek, csak a végső hőelnyelő funkció szempontjából specifikus veszélyeztető tényezőkre koncentrálnak. Nem térnek ki azokra a vizsgálati területek által bemutatott általános tényezőkre, amelyeket a nukleáris létesítmény minden elemének tervezése során egyaránt figyelembe kell venni (például: extrém, szél vagy hóteher, a telephely szeizmikus sajátosságai, közúti szállításból, szomszédos létesítményekből vagy külső tüzekből származó kockázatok, stb.).

8.1. A végső hőelnyelő biztosítását befolyásoló hidrológiai tényezők

A végső hőelnyelő biztosítása szempontjából elsődleges jelentősége az extrém Duna vízszinteknek van. Az extrém magas vízszintek a létesítmény, benne a vízkivétel biztonságát veszélyeztethetik, míg az extrém alacsony vízszintek a vízkivételi műhöz történő hűtővíz hozzáférést korlátozhatják. Az extrém Duna vízszintek 100 000 éves visszatérési gyakoriságú adatai a következők szerint kerültek meghatározásra:

- A TBJ II. [4.2.3.2. fejezete](#) alapján a telephely szelvényében a 100 000 éves visszatérési gyakoriságú árvízszint a töltés koronaszintek jövőbeni várható fejlesztését és a klimatikus hatásokat is figyelembe véve 96,18 mBf.
- A TBJ II. [4.5.2. fejezete](#) alapján a telephely szelvényében a 100 000 éves visszatérési gyakoriságú kisvízszint, a 2090-ig prognosztizált medersüllyedést figyelembe véve 82,33 mBf.

A medersüllyedést vizsgáló prognózis az új blokkok tervezett 60 éves üzemidejének végéig, azaz kb. 2090-ig történő kiterjesztése azért elegendő, mert az erőmű blokkjainak leállítása után a technológiai hűtési igény gyakorlatilag megszűnik. A villamosenergia termelés befejezése után az erőmű területén esetlegesen még néhány évig tárolt kiegészítő fűtőelemek miatt szükséges maradék, viszonylag alacsony mértékű hűtési igény biztosítására, az esetleges extrém vízállások esetére kiegészítő műszaki intézkedések hozhatók az akkor érvényes előrejelzéseknek megfelelően.

A 100 000 éves extrém vízszintek meghatározásának alapját szolgáló, várható szélsőséges vízhozamok hatása az elsődleges végső hőelnyelőre az alábbiak szerint értékelhető:

- A TBJ II. [4.2. fejezet](#) által meghatározott 100 000 éves visszatérési gyakoriságú nagyvízi vízhozamnak nincs jelentősége a végső hőelnyelő biztosítása szempontjából. A vízhozam következtében fellépő maximális vízszint adatok az előzőekben bemutatásra kerültek.
- A TBJ II. [4.5. fejezet](#) által meghatározott 100 000 éves visszatérési gyakoriságú kisvízi vízhozam önmagában nem befolyásoló tényező a végső hőelnyelő biztosítása szempontjából, ugyanis a létesítmény biztonsággal összefüggő feltételezett hűtővíz igénye a jelenlegi ismeretek szerint nem több, mint kisvízi vízhozam néhány százaléka.

Hidrológiai tényezők által a végső hőelnyelő funkciót ellátását alvív- és felvízoldali jégtorlasz, jégdugó, (TBJ II. [4.3. fejezet](#)) illetve partfalomlás (TBJ II. [4.4. fejezet](#)) befolyásolhatja.

A Duna vízének torlódását és így árvízi hatást kiváltó alvívoldali jelenségek az árvízvédelmi mű koronaszintjével színeltek, így a telephelyre vonatkozóan nem jelentenek veszélyeztető kockázatot.

A felvízoldali jégjelenségek hatásait extrém konzervatívizmussal a telephely felett közvetlenül, egy óra alatt kialakuló 15,34 m illetve 10,34 m magas, azaz 93,0 mBf és 88,0 mBf koronaszintű jégdugókkal modellezték, mindkét esetben a 100 000 évente előforduló minimális Duna vízhozam mellett. A vizsgálat végkövetkeztetése, hogy a Duna szint még ilyen extrém feltételezések mellett sem csökken 81,0 mBf, azaz a hidegvíz-csatorna fenékszintje alá. A gyakorlatban figyelembe kell venni, hogy a Duna felső szakszán a Hrusovi Tározó a kialakuló

jégtáblákat visszafogja, így csak a tározó alatti jégképződést indokolt figyelembe venni, mivel a jégképződésnek ezen a szakaszon újra kell indulnia. A jégtorlasz kialakulásához tíz-tizenöt nap egybefüggően -10°C napi középhőmérséklet alatti időszakra lenne szükség, ami a telephely klimatikus viszonyai között nem gyakori. Emellett a jégfigyelő és jégtorlasz elhárító tevékenységek biztosítják, hogy a végső hőelnyelő funkciót veszélyeztető jégtorlaszok a telephely feletti szakaszon ne alakuljanak ki. Ennek megfelelően a jégtorlaszok veszélyeztető hatását a végső hőelnyelőre figyelembe venni nem indokolt.

A felvízoldali partfalomlás modellezésére a telephely feletti nagymértékű, Dunameder-elzáródást okozó csuszamlást feltételeztek, amely mellé a 100 000 évente visszatérő kisvízhozamnak megfelelő Duna állapotot szimuláltak. Az eredményekből megállapítható, hogy a rendkívüli mértékű dunai partfalomlások, partfalcsuszamlások vízszintváltozásra gyakorolt hatása elenyésző és átmeneti jellegű. A kisvíz esetén bekövetkező partfalomlás következtében a csuszamlás dunai szelvénye alatt mintegy 3-10 cm-es vízszintsüllyedés várható, amely a Duna vízszintjének egyéb változásai mellett elhanyagolhatónak tekinthető.

A felvízoldali partfalomlás másodlagos hatásaként potenciálisan eltömődést okozó szemcsés anyagok, a partfal anyagát képező lösz alkotóelemei, kerülhetnek a Dunába, illetve a hidegvíz-csatornába és a vízkivételi műbe. A veszélyeztető tényező alapvető jellemzői a TBJ II. [4.4.1. fejezetében](#) bemutatásra kerülnek és a tervezési alap részét képezik.

8.2. A végső hőelnyelő biztosítását befolyásoló meteorológiai tényezők

A telephely meteorológiai sajátosságait bemutató TBJ II. [3. fejezet](#) által jellemzett meteorológiai tényezők közül az elsődleges végső hőelnyelő vonatkozásában a következő jellemzőknek nincs hatása:

- köd,
- látástávolság,
- légnyomás,
- felhőzet,
- stabilitási viszonyok (atmoszféra).

A végső hőelnyelő biztosítását befolyásoló hidrológiai tényezők által közvetetten gyakorolnak hatást az elsődleges végső hőelnyelőre az olyan meteorológiai tényezők, mint a:

- légköri hőmérséklet,
- talajhőmérséklet,
- csapadék jellemzők (beleértve a csapadék bármilyen formáját) a Duna vízkészletével kapcsolatos terjedelemben.

Ezeknek a tényezőknek a hatásai közvetve megjelenítésre kerültek a TBJ II. [4. fejezetben](#), amely a telephely hidrológiai jellemzőit ismerteti. Így a tárgykör vizsgálata ebben a terjedelemben teljesnek tekinthető.

Végül a meteorológiai tényezők közül minden építmény, így a végső hőelnyelő funkció biztosítását szolgáló építmények tervezése során általában figyelembe veendő tényezők, beleértve ezek extrém értékeit is, az alábbiak:

- csapadék jellemzők a létesítmények tervezéséhez szükséges információk terjedelmében,
- a szélterhelés jellemzői,
- a hóterhelés jellemzői,
- a villámlás elleni védelem jellemzői.

Ezek tekintetében az elsődleges végső hőelnyelő funkció biztosítása szempontjából specifikum vagy eltérés nem azonosítható.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az elsődleges végső hőelnyelő funkció biztosítása vonatkozásában nincs szükség speciálisan és célirányosan vizsgálandó meteorológiai paraméter, vagy jelenség értékelésére.

A másodlagos végső hőelnyelő funkció biztosítása szempontjából a létesítés jelen fázisában a levegő hőmérséklet jellemzői bírnak jelentőséggel. Ezeket, mint a telephely mértékadó meteorológiai paramétereinek összefoglalása, a TBJ II. [3.7.2. fejezet](#) tartalmazza.

8.3. A végső hőelnyelő biztosítását befolyásoló emberi eredetű veszélyeztető tényezők

Az emberi eredetű veszélyeztető tényezők értékelésének részeként, az elsődleges végső hőelnyelő biztosítását befolyásoló emberi eredetű tényezőket is a TBJ II. [2. fejezet](#) tárgyalja.

A végső hőelnyelő funkciót specifikusan érintő emberi eredetű veszélyeztető tényezők az alábbiak:

- a Duna által hatást gyakorló ipari létesítmények jelentette veszélyeztető tényezők,
- a közúti, vasúti és folyami szállítás jelentette veszélyeztető tényezők,
- a fel- és alvízi létesítmények jelentette veszélyeztető tényezők.

8.3.1. A Duna által hatást gyakorló ipari létesítmények értékelése

A Duna által hatást gyakorló ipari, bányászati, katonai tevékenységből származó veszélyeztető tényezők azonosítására a TBJ II. kötet 2.1.2. fejezet figyelembe vett minden olyan tevékenységet és objektumot, amelyek a telephelyhez viszonyítva, a Duna magyarországi felvízi szakaszán, a folyótól maximum 2 km légvonalban számított távolságban található.

Az elemzés vizsgálta a figyelembe vett tevékenységek és létesítmények sajátosságait, és a TBJ II. [2.1.2.3. fejezetben](#) összefoglalásra kerülnek az ipari létesítményekből származó, a hűtővíz ellátást potenciálisan veszélyeztető események, és azok tervezési alapadatai.

- A nem kizárható potenciálisan veszélyeztető események közül a nagy mennyiségű szemcsés anyagot tároló létesítmények sérülésére vonatkozó terjedésszámítások irreális eredményeket adtak, ezért a TBJ II. [2.6. fejezet](#) ennek a veszélyeztető tényezőnek további vizsgálatát javasolja.

8.3.2. A közúti, vasúti és folyami szállítás jelentette veszélyeztető tényezők

A Dunára és így az elsődleges végső hőelnyelő funkció ellátására vonatkozó, szállításból származó veszélyeztető tényezők elemzését a következő pontok tartalmazzák:

- a közúti szállítással kapcsolatban a TBJ II. [2.2.1.1. fejezet](#),
- a vasúti szállítással kapcsolatban a TBJ II. [2.2.1.2. fejezet](#),
- a folyami szállítással kapcsolatban a TBJ II. [2.2.1.3. fejezet](#).

A szárazföldi szállítás vonatkozásában a Duna hidakon illetve a Duna 100 m széles parti sávjában fellépő olyan eseményeket feltételeztek, amelyek kapcsán a szállított anyag a Dunába kerül és hatása az atomerőművi telephelyig terjedhet. Az elemzések nem azonosítottak olyan vasúti szállítással kapcsolatos veszélyeztető tényezőt, amely hatásai a hűtővíz ellátást elérhetnék. Továbbá megállapítható, hogy a szárazföldi szállítás jelentette veszélyeztető tényezők tekintetében a folyami szállításból származó hasonló veszélyeztető tényezők burkoló eseményként vehetők figyelembe.

A folyami szállítás esetében az atomerőművi telephelyre ténylegesen veszélyt jelentő anyagok környezetbe kerülésével járó hajózási baleset gyakoriságát $3,42 \cdot 10^{-4}$ 1/év értékben határozták meg, emiatt az ebbe a csoportba tartozó események a 10^{-7} 1/év kritérium figyelembe vételével nem szűrhetők ki.

A szállítási események kapcsán potenciálisan a Dunába kerülő, és így a végső hőelnyelő funkciót veszélyeztető anyagok jellege a fentebb felsorolt szállítási formáktól gyakorlatilag független, azaz mindegyik szállítási formában előfordulhat.

A TBJ II. [2.2.1.3.3. fejezetben](#) összefoglalásra kerülnek a szállítási eseményekből származó, a hűtővíz ellátást potenciálisan veszélyeztető események, és azok tervezési alapadatai.

8.3.3. A fel- és alvízi létesítmények jelentette veszélyeztető tényezők

A TBJ II. [2.4.1. fejezet](#) szisztematikusan összefoglalja mindazokat az emberi eredetű veszélyeztető tényezőket, amelyek a Dunán és annak közelében lévő létesítményekből származhatnak.

A fel- és alvízi létesítmények terjedelmében a korábbi alfejezetekben bemutatottakon túl az alábbiak vehetők figyelembe.

- Általánosságban a Duna part árvízvédelmi töltéseivel együtt, a Dunához kapcsolódó mellékfolyók és csatornák partja és árvízvédelmi töltése. Fel- és alvízi létesítmények továbbá a Duna és a Duna vízgyűjtő területén elhelyezkedő, Dunához kapcsolódó mellékfolyókon, csatornákon, illetve ezek partjain lévő, valamint a mederbe benyúló létesítmények és műtárgyak, valamint a Duna hidjai is.
- Specifikusan a PAE 1-4 blokk jelenleg meglévő vízkivételi és vízkibocsátási műtárgyai, beleértve a(z):
 - hidegvíz-csatorna torkolati uszadékfogó műtárgyat,
 - hidegvíz-csatornát,
 - meglévő vízkivételi műveket,
 - meglévő szinttartó bukót,
 - melegvíz visszakeverő műtárgyat,
 - meglévő melegvíz-csatornát,
 - energiatörő műtárgyat,
 - torkolati melegvíz visszakeverő műtárgyat.

A specifikusan a PAE 1-4 blokkhoz tartozó műtárgyak terjedelmében a vizsgálat a következő veszélyeztető tényezőket azonosította:

- katonai és polgári repülőgép becsapódása,
- folyami szállítási tevékenység.

Ezeket a veszélyeztető tényezőket a tervezés során figyelembe kell venni.

Az egyéb felvízi műtárgyak terjedelmében burkoló eseményként a dunacsúnyi duzzasztómű rendellenes működéseit feltételezték.

- Egyrészt nagyvizes időszakban a duzzasztómű esetleges átszakadásából származó többlet vízszint terhelés hatásait. Ezekről elmondható, hogy a jelenlegi és prognosztizált töltésviszonyok mellett, a levonuló árhullám nagyságát korlátozza, hogy a Budapest alatti szakasz árvízvédelmi koronaszintjein a nagyobb árhullámok átbuknak (esetlegesen töltésszakadásokat is okozva) a mentett ártéri területekre, lefejezve ezzel a hullámtéri mederben maradó víztömeg árhullám-csúcsát. Tehát a telephely szelvényébe korlátozott árhullám érkezik. További biztonsági tényező, hogy a telephely szelvényében lefutó

árhullám a balparti töltéskorona magasságával színel, amely alacsonyabb, mint a jobbparti töltéskorona, és így nem jelenthet előntési veszélyeztetést a telephely vonatkozásában.

- Másrészt kisvizes időszakban a duzzasztómű üzemrendtől eltérő vízviszatartása elvben befolyásolhatja a telephelyen a hűtővíz ellátást, és a hipotetikus modell szerint $294 \text{ m}^3/\text{s}$ szélsőséges, 100 000 évente visszatérő kisvízi vízhozam mellett a nem üzemrend szerinti Dunai vízeresztés, a telephely szelvényében további 38 cm vízszintcsökkenést okozhat. Ilyen jelenség kialakulási valószínűségét jelentősen csökkenti, hogy a Dunacsúnyi duzzasztómű üzemrendje szerinti üzemeltetése esetén $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ Duna vízhozamnál kisebb vízhozam esetén sem lehet már vízviszatartást eszközölni, és az esetleges üzemrendtől eltérő működés esetén jelentős időtartam áll rendelkezésre, egyrészt az amúgy is alacsony valószínűségű extrém alacsony vízhozam felléptéig, másrészt a vízviszatartást kompenzáló, vagy megszüntető intézkedések bevezetéséhez.

Az alvízi műtárgyak esetében a telephely létesítményeinek hűtővíz biztosítására a Paksi szűkület és a Barákai gázló területén tervezett beavatkozások, amelyek célja a folyam jobb partja közelében áramlási árnyékban időnként kialakuló hajóút szűkület kiváltása a vízfelszín megemeléssel gyakorolhatnak közvetett hatást. A távolabbi alvízi műtárgyak változásai a folyón felfelé nem érzékelhető hatásokkal járhatnak csak. A Paksi szűkület és a Barákai gázló területén tervezett beavatkozások vizsgálata alapján megállapítható, hogy a tervezett minimális mértékű kotrást a beépítésre kerülő sarkantyúk kompenzálják, a kisvízi vízjárás helyzet felszingörbét megtartják. Így bizonyosan kijelenthető hogy a hajózhatóság javítása érdekében tervezett beavatkozások a hűtővíz kivétele szempontjából negatív hatással nem járnak.

8.4. Egyéb veszélyeztető tényezők

Egyéb veszélyeztető tényezők csoportjába sorolhatóak mindazok az élővilágból, a biológiai környezetből eredő tényezők, amelyek a telephelyen veszélyeztető hatásokat képesek létrehozni. Ezek a veszélyeztető hatások is a Duna által érhetik el a telephelyet és befolyásolhatják a végső hőelnyelő funkció működését.

Az egyéb veszélyeztető tényezők részletes vizsgálatának eredményeit a TBJ II. [7. fejezet](#) tartalmazza, amely szisztematikusan értékeli:

- a Duna part menti ipari, bányászati és katonai tevékenységet,
- a potenciális veszélyt hordozó dunai tevékenységeket.

Az elemzés alapján megállapítható, hogy az egyéb veszélyeztető tényezők vonatkozásában az alábbiak terjedelmében indokolt a tervezés során további vizsgálatot végezni és szükség esetén tervezési, műszaki vagy adminisztratív telephelyvédelmi intézkedést meghatározni:

- Toxikus anyag hatására a hűtővíz rendszerben esetlegesen előforduló vízi élőlények tömeges pusztulása,
- Dunában lévő vízi élőlények hűtővíz rendszerben történő elszaporodása.

8.5. Összefoglalás

Jelen fejezetben összefoglalóan bemutatásra kerültek a végső hőelnyelő biztosításával kapcsolatos veszélyeztető tényezők jellemzői és extrém értékei (ahol extrém értékek meghatározhatók) az alábbi vizsgálati területek szerint bontásban:

- hidrológiai,
- meteorológiai,
- emberi eredetű,
- egyéb (biológiai jelenségekhez kapcsolódó).

A telephelyi jellemzőket és veszélytető tényezőket bemutató elemzések alapján összegzésre kerültek a végső hőelnyelőt érintő tovább vizsgálandó tényezők, illetve a tervezés során és a biztonsági elemzésekben figyelembe veendő jellemzők.

A végső hőelnyelőre vonatkozó ismeretek összefoglaló bemutatását követően megállapítható, hogy a végső hőelnyelő funkció biztosítása kapcsán, a telephely alkalmasságát kizáró tényező nem került azonosításra.