

5. A környezet jelenlegi állapota az atomerőmű térségében – az erőmű hatása a környezetállapot kialakulásában

TARTALOMJEGYZÉK

5. A KÖRNYEZET JELENLEGI ÁLLAPOTA AZ ATOMERŐMŰ TÉRSÉGÉBEN – AZ ERŐMŰ HATÁSA A KÖRNYEZETÁLLAPOT KIALAKULÁSÁBAN	1
5.1. A nukleáris energiatermeléshez kötődő hatótényezők és hatásfolyamatok meghatározása	1
5.2. A hatásterület lehatárolása.....	4
5.2.1. A meghatározó hatótényezőcsoportokhoz kapcsolódó hatásterületek	4
5.2.1.1. <i>Az előkészítő munkákhoz kapcsolódó hatások által várhatóan érintett terület</i>	<i>4</i>
5.2.1.2. <i>A meghosszabbított üzemidejű atomerőmű működéséhez kötődő hatásterület.....</i>	<i>4</i>
5.2.2. Elemenkénti hatásterületek	7
5.2.3. Hatásterület maximális méretezési üzemzavar esetén	8
5.2.4. A vizsgálandó terület tagolása.....	8
5.3. A környezeti radioaktivitás jellemzése.....	9
5.3.1. A radioaktív anyagok kibocsátása a Paksi Atomerőműből	9
5.3.2. Az erőmű radiológiai környezetellenőrzésének eredményei	13
5.3.2.1. <i>Aktivitáskoncentráció a földfelszíni levegőben</i>	<i>14</i>
5.3.2.2. <i>A talaj- és fűmintákban mért aktivitáskoncentráció.....</i>	<i>17</i>
5.3.2.3. <i>A dunai eredetű minták aktivitáskoncentrációja</i>	<i>17</i>
5.3.2.4. <i>A halastavak víz-, iszap és halmintáinak aktivitáskoncentrációja</i>	<i>18</i>
5.3.2.5. <i>Aktivitáskoncentráció a talajvízben</i>	<i>19</i>
5.3.2.6. <i>A tejminták aktivitáskoncentrációja</i>	<i>20</i>
5.3.2.7. <i>A környezeti gamma-sugárzás átlagos dózisteljesítménye.....</i>	<i>20</i>
5.3.3. Az atomerőmű hatása a lakosság többlet sugárterhelésére	27
5.4. Hagyományos környezeti hatások	30
5.4.1. Az atomerőmű környezetének levegőminősége.....	30
5.4.1.1. <i>Légszennyezettség 1987-2002 között.....</i>	<i>30</i>
5.4.1.2. <i>A légszennyezettség jelenlegi állapota</i>	<i>34</i>
5.4.1.3. <i>A légszennyezettséget befolyásoló meteorológiai és környezeti tényezők.....</i>	<i>47</i>
5.4.2. Az erőmű léte és működése miatt kialakuló mezoklimatikus változások	49
5.4.2.1. <i>A hőterhelés elvi hatásai</i>	<i>49</i>
5.4.2.2. <i>A hőszennyezés miatt várható mezoklimatikus változások mérési és értékelési programja</i>	<i>49</i>
5.4.2.3. <i>Urbánhatás változása.....</i>	<i>52</i>
5.4.3. Az erőmű környezetében található felszíni vizek minősége, az ezeket érő hatások és az ezekből kiinduló hatásfolyamatok eredményei	53
5.4.3.1. <i>Mennyiségi kérdések</i>	<i>53</i>
5.4.3.2. <i>Hagyományos vízminőségi jellemzők – a vízszennyezés hatásai</i>	<i>69</i>
5.4.3.3. <i>A Duna víz hőmérséklete – a hőterhelés hatásai.....</i>	<i>73</i>
5.4.4. Geológiai és hidrogeológiai képződmények (föld, talaj, talajvíz) terhelése, igénybevétele.....	88
5.4.4.1. <i>Talaj, talajvíz szennyezettség</i>	<i>88</i>
5.4.4.2. <i>Az atomerőmű Duna menti vízbázisokra gyakorolt hatásai.....</i>	<i>105</i>

5.4.5. Élővilág, ökoszisztémák.....	115
5.4.5.1. A tágabb környezet jogszabályi védelmet élvező természeti értékei	115
5.4.5.2. A Paksi Atomerőmű környezetének növényvilága.....	119
5.4.5.3. A Paksi Atomerőmű környezetének állatvilága.....	124
5.4.6. Hulladékok keletkezése és kezelése.....	127
5.4.6.1. Szilárd hulladékok.....	128
5.4.6.2. Folyékony hulladékok.....	134
5.4.7. A Paksi Atomerőmű jelenlegi környezeti zajhelyzete	142
5.4.7.1. Az üzem jelenlegi zajkibocsátásának felmérése	142
5.4.7.2. Mérési módszer	144
5.4.7.3. Mérési eredmények.....	144
5.4.7.4. Követelmények.....	144
5.4.7.5. Vizsgálat eredményeinek értékelése.....	147
5.4.8. Az erőmű hatása a környezetében élők egészségügyi állapotára.....	147
5.4.9. Települési környezet	148
5.4.9.1. A város gazdasága, fejlesztési lehetőségei.....	148
5.4.9.2. Általános településkörnyezeti jellemzők változása az erőmű létesítése után.....	153
5.4.10. Táj.....	155
5.4.10.1. Tájszerkezeti változások.....	155
5.4.10.2. Tájképi változások.....	165
5.4.10.3. Az atomerőmű tevékenysége a táji környezet alakításában	168
5.5. Üzemzavarok várható következményei.....	169
5.5.1. Az üzemzavarok értékelésével kapcsolatos követelmények.....	170
5.5.2. A Paksi Atomerőműre elvégzett üzemzavar-értékelések.....	171
5.5.3. Üzemzavari kibocsátással járó események a Paksi Atomerőmű eddigi működése során	183
5.5.4. Nem nukleáris üzemzavarok	185

5. A KÖRNYEZET JELENLEGI ÁLLAPOTA AZ ATOMERŐMŰ TÉRSÉGÉBEN – AZ ERŐMŰ HATÁSA A KÖRNYEZETÁLLAPOT KIALAKULÁSÁBAN

Az atomerőmű léte és működése jelentős hatással van környezetének állapotára. Az atomerőmű létesítése előtti időszakhoz viszonyított állapotváltozások kialakulása hosszabb időszak tevékenységeinek eredménye. E fejezetben egyrészt minősítjük a környezet jelenlegi állapotát, másrészt összefoglaljuk, hogy a jelenlegi állapot kialakulásában az atomerőmű és a kapcsolódó tevékenységek milyen szerepet játszanak. Ahol lehetőség volt rá az erőmű előtti állapothoz viszonyítottuk a jelenlegi állapot jellemzőit.

5.1. A nukleáris energiatermeléshez kötődő hatótényezők és hatásfolyamatok meghatározása

Attól függetlenül, hogy ebben a fejezetben csak a jelen állapot leírása, a működő erőmű hatásainak meghatározása történik célszerű a meghosszabbított üzemidejű erőmű környezeti hatásait átgondolni. Ennek oka, hogy a működés alatti hatótényezők és hatások jelen állapotban, illetve az üzemidő hosszabbítás esetén gyakorlatilag megegyeznek. Az üzemidőhosszabbítás előkészítési időszakában várhatóan megvalósuló teljesítménynövelés sem változtat számottevően a hatásokon. Ugyancsak azonos hatásokkal kell számolnunk a felhagyás fázisában attól függetlenül, hogy az mikor következik be.

Az atomerőmű üzemidő hosszabbításához köthető hatótényezők a következő fázisokban jelentkeznek:

- Az üzemidő hosszabbítás előkészítése, azaz a tervezett tevékenység megvalósításához szükséges feltételek megteremtése, a üzemidő hosszabbításhoz szükséges tevékenységek, beavatkozások (a hatósági eljárástól a rekonstrukciókon át az alkatrész cseréig) elvégzése. Az a fázis gyakorlatilag napjainktól az első blokk elvi leállításáig, azaz 2012-ig tart. (20/2001. Korm. rendelet szerint létesítés.);
- Az üzemidő hosszabbítás, azaz az erőmű eredetileg tervezett 30 éves üzemidőn túli működése, mely 2012-től várhatóan 20 évig történik. (20/2001. Korm. rendelet szerint megvalósítás.);
- A meghosszabbított üzemidő lejártá után az erőmű leállítása. (20/2001. Korm. rendelet szerint felhagyás.)

Jelen esetben is külön kell vizsgálni az esetleges balesetek – tevékenységünkönél méretezési üzemzavarok – következményeit.

Az egyes fázisokhoz köthető, várhatóan legfontosabb hatótényező-csoportok a következők:

- **Előkészítő fázis** (normál üzemi, és az ezt meghaladó fenntartási munkák):
 - hagyományos szennyezőanyag kibocsátások az erőmű területen és annak közelében;
 - hagyományos szennyezőanyag kibocsátások a szállítási utak mellett;
 - különböző típusú igénybevételek (pl. vízkivétel);
 - radioaktív hulladékok keletkezése.

Az előkészítő fázis során azonban, mivel az erőmű az előkészítő időszak alatt is folyamatosan működik, háttérterhelésként minden jelenleg működő hagyományos és radioaktív kibocsátással is számolni kell.

– **Működési fázis:**

- radioaktív kibocsátások;
- radioaktív hulladékok keletkezése és kezelése;
- hagyományos szennyezőanyag kibocsátások (légszennyezés, zaj- és rezgésterhelés, víz- és talajszennyezés);
- hőkibocsátás (levegőbe és vízbe);
- vízkivétel;
- az atomerőmű épületeinek, építményeinek léte, e speciális területhasznosítási forma működése.

Ezek gyakorlatilag megegyeznek az atomerőmű jelen állapotban történő működésének hatótényezőivel, így jelen fejezetben ezekkel foglalkozunk kiemelten. Mivel az atomerőmű felhagyása önmagában is környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenység, ezért e szakasz csak áttekintő módon kerül hatástanulmányunkban feldolgozásra.

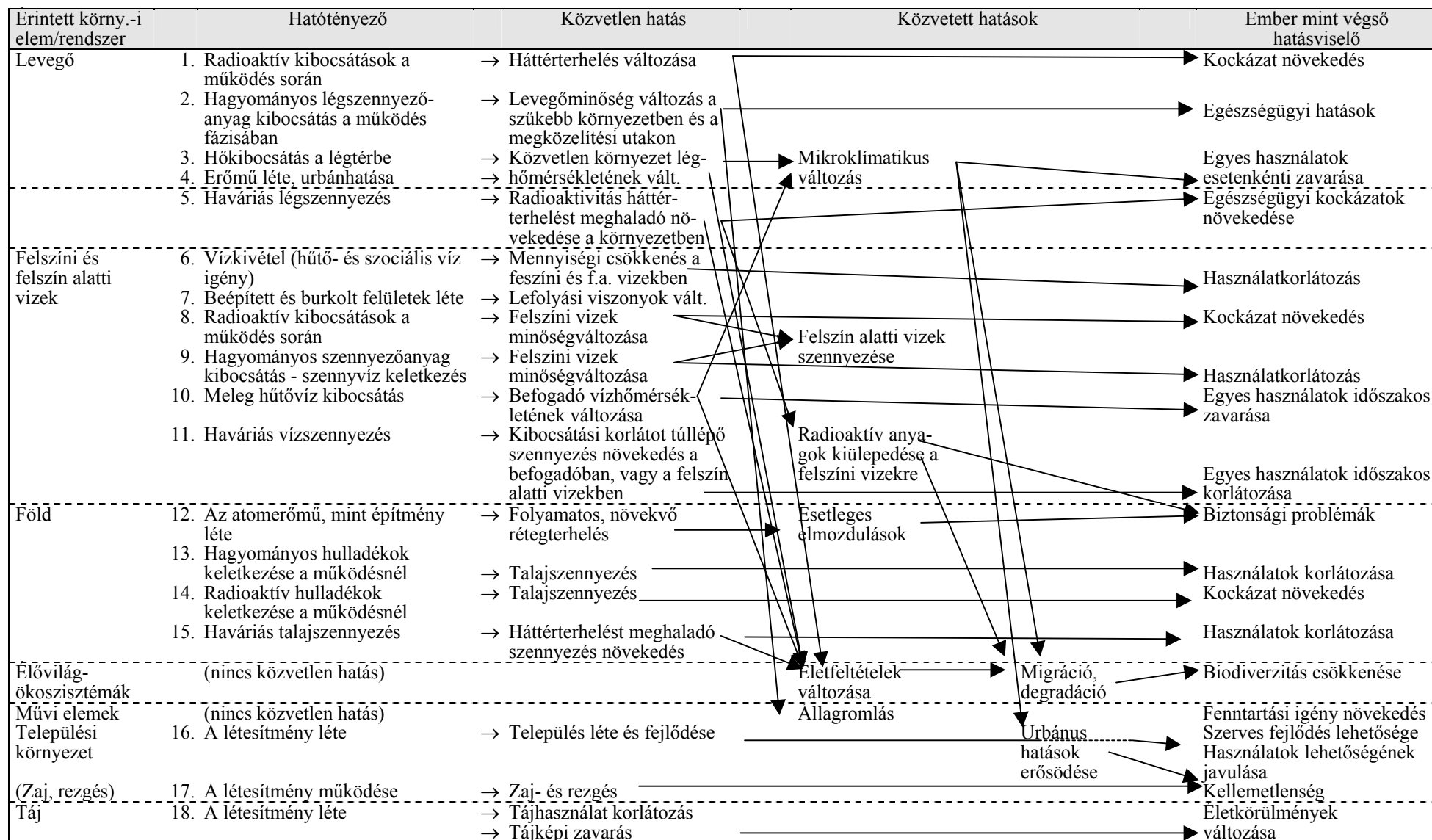
A hatótényezőkből kiinduló hatásfolyamatok meghatározásának egyik lehetséges módja a hatásfolyamat-ábra készítése. A folyamatábrát a jelenleg működő létesítmény üzemelési tapasztalatai alapján készítettük el. Így kismértékben eltér a hatástanulmányokban megszokottól, hiszen elsődlegesen nem előrebecsülésen alapszik. Ez azt jelenti, hogy nem az ún. potenciális, valószínűleg előforduló hatótényezőket és folyamatokat, hanem a valóságban működő folyamatokat mutatja be.

Az 5.1. hatásfolyamat-ábra tehát az erőmű létehez és működéséhez, esetleges havária eseményeihez köthető legfontosabb hatótényezőket, ezek közvetlen és közvetett hatásait vázolja fel, valamint azt, hogy ezek becsülhetően hogyan gyűrűzhetnek az emberig. Az erőmű hatásainak értékelésekor az itt meghatározott hatásfolyamatokból indultunk ki.

A hatásfolyamat-ábra felépítése a hatástanulmányoknál megszokott: Az első oszlopban a környezeti elemek és rendszerek megnevezései szerepelnek. A második oszlop a hatótényezők sorszámozását tartalmazza. A harmadik oszlopban – az egyes környezeti elemek/rendszerek bontásában – a tevékenység hatótényezői találhatók. Természetesen, ahol egy hatótényező több környezeti elemre is hat, azt több sorban is szerepeltetjük. (Lásd pl. hagyományos szennyezőanyag kibocsátás, mely a 2., 9., 13. sorszámokon is megjelenik, tehát egyaránt érinti a levegőt, a vizet és a földet.)

Az ötödik oszlopban a közvetlen hatások, utána pedig a közvetett hatások láthatók. A nyilak a továbbgyűrűzés útját mutatják a különböző hatásviselők között. A továbbgyűrűzésnél általában két fázist szoktunk figyelembe venni, mivel a hatásfolyamatok többnyire egyre csökkenő intenzitásúak és a két fázis után már nem számottevőek. Az ábra utolsó oszlopában az ember – mint végső hatásviselő – kiemelten szerepel. Ebben az oszlopban azt jelezzük, hogy a hatásterületen élő lakosság az egyes hatásfolyamatot hogyan élheti át, számára, illetve az egyes hasznosítási lehetőségek szempontjából a hatásfolyamatok miként jelentkezhetnek.

5.1. ábra: Az atomerőmű működésének környezeti hatásfolyamatai



5.2. A hatásterület lehatárolása

A hatótényezők azonosítása, az általuk indukált hatásfolyamatok rögzítése, az érintett hatásviselők számbavétele után előzetesen meghatározható a tevékenységgel érintett terület, az ún. hatásterület. Az előzetesen becsült hatásterület, a vizsgálandó terület a környezeti elemek-rendszerek állapotértékelésénél, majd a meghosszabbított üzemidejű erőmű működésének előrejelzésénél továbbfinomításra kerül. Jelen esetben a jogszabályok szerint meghatározandó hatásterületet a továbbüzemelő atomerőmű hatásaihoz kell kötni. (A hatásterület meghatározásánál egy már jelenleg működő tevékenységnél azt is fontosnak tartjuk, hogy a jelenlegi és a későbbi hatótényezők által meghatározott hatásterületek azonosságát, vagy különbözőségét is bemutassuk.)

Az, hogy a hatásterület (pontosabban jelen fázisban még csak vizsgálandó terület) meghatározása az 5., és nem a tervezett tevékenységgel foglalkozó 6. fejezetbe került annak az az oka, hogy a jelen állapotban működő erőmű hatásainak leírásához tudnunk kell ezek milyen térbeli kiterjedésben vizsgálandók. Ezért a hatásterület meghatározásánál, majd szakterületenkénti pontosításánál a korábbi hasonló jellegű tanulmányok megállapításait, valamint az erőmű jelenlegi működésének tapasztalatait, az ezekre vonatkozó a környezetvédelmi monitoring programban szereplő mérési eredményeket is figyelembe vettük.

5.2.1. A meghatározó hatótényezőcsoportokhoz kapcsolódó hatásterületek

A hatásterületek becslésekor először a különböző hatótényezőkhöz kapcsolható terhelési/igénybevételi hatásterületek jelölhetők ki. A hatótényezőnkénti hatásterületek ismeretében ezek elemenkénti hatásterületekké összegezhethők. A hatótényezőnkénti hatásterületek esetleges beavatkozási javaslatok elkészítésénél alkalmazhatók, a hatástanulmányban azonban az elemenkénti hatásterületek ismerete fontosabb (hatásterület – kontroll környezet elemenkénti összehasonlítása, a változások értékelése elvégzéséhez).

5.2.1.1. *Az előkészítő munkákhoz kapcsolódó hatások által várhatóan érintett terület*

Itt gyakorlatilag együttesen beszélhetünk a fenntartási munkák, a szállítási tevékenység és esetlegesen más területeken jelentkező egyéb (lásd pl. anyag- és hulladéklerakó, hulladék-feldolgozó területek) közvetlen hatásterületekről. Ezek térben jól elhatárolhatók egymástól. A fenntartási munkák hatásterülete becsülhetően a telephelyen belül marad. A többlétszállítási tevékenység hatásterülete várhatóan a normál működéshez szükséges szállítások hatásterületétől nem különíthető el.

Jelen tevékenységnél közvetetten érintett hatásterületről nem kell beszélnünk, hiszen az üzemidő hosszabbítás érdekében végzett előkészítő munkák elvégzéséhez sem település- sem infrastruktúrafejlesztés nem szükséges.

5.2.1.2. *A meghosszabbított üzemidejű atomerőmű működéséhez kötődő hatásterület*

Ez a hatásterület gyakorlatilag megegyezik a jelenlegi hatásterülettel. Várakozásunk szerint a meghosszabbított üzemidejű erőmű hatásterülete lényegileg nem változik a jelenlegi hatásterülethez képest.

5.2.1.2.1. *Radioaktív kibocsátások hatásterülete*

A radioaktív kibocsátások közvetlenül érintik a levegőt és a felszíni vizeket. A levegőbe jutó sugárzó anyagok környezeti, egészségvédelmi szempontból csak akkor lehetnek elfogadhatók, ha számottevő többletterhelést a háttersugárzáshoz képest nem jelentenek, hasonlóképpen a felszíni vizeket (Duna) közvetlenül érő terhelés sem okozhat a befogadóban számottevő radioaktivitás növekedést.

A levegőbe kerülő radioaktív szennyezés onnan kihullva, vagy kimosódva a felszíni vizekre, talajra, élővilágra jut. Hasonlóképpen a felszíni vizeket érő terhelés is tovább gyűrűzhet a talaj és az élővilág felé. Lefolyástalan területeken, állóvizekben, a talajban és az élővilág egyedeiben a hosszabb felezési idejű radioaktív izotópok felhalmozódhatnak (kumulatív hatás), különösen azokban a környezeti elemekben és azokon a területeken, ahol a radioaktív terhelésnek több forrása is van. (Pl. kihullási övezetben termelt zöldségfélék esetén ilyen a levegő, a talaj és a Dunából vett öntözővíz is.) Mindezek alapján – annak ellenére, hogy a **radioaktív kibocsátás által közvetlenül érintett környezeti elemekben lényeges változás eddig nem volt kimutatható** –, a feltételezhető akkumulációs folyamatok miatt a közvetetten érintett környezeti elemeket is hatásviselőnek kell tekintetünk.

Közvetlen hatásterület

A sugárzás által közvetlenül érintett elemeknél értelmezhető hatásterület – a fenti megállapításokat figyelembe véve – nem lehet. Ezt az eddigi tapasztalatok, mérési eredmények gyakorlatban is alátámasztották. A radioaktív kibocsátás normálüzemi körülmények között a háttersugárzásnak megfelelő szintet már az erőmű biztonsági övezetén belül eléri. Tehát a biztonsági övezeten kívül nem magasabb, mint a háttérterhelés. A közvetlenül a Dunába bocsátott hulladékvizek a mérési eredmények tanúsága szerint nem okoznak számottevő aktivitásnövekedést, várhatóan itt sem kell számolnunk jelentős többletterheléssel.

Közvetett hatásterület

Az esetleges akkumulációs folyamatok következtében létrejövő változások területének meghatározásához a nemzetközi gyakorlatban az atomerőművek esetén elfogadott 30 km sugarú kört tekintettük a vizsgálandó terület külső határának. (A nemzetközi gyakorlat ténylegesen az amerikai, kanadai, finn atomerőművek környezeti hatásvizsgálatában alkalmazott megközelítéseket jelenti, mivel az akkumulációs folyamatok a lokálisan zárt rendszerekben az üzemzavari kibocsátások esetén is 10-12 mérföld, azaz 16-20 km után már elenyésznek.) Ezen belül a jól akkumuláló és ezért fokozott veszélynek kitett környezeti elemek a következők:

- kolloid talajok;
- rendszeresen belvízzel borított vagy nedves területek;
- állóvizek;
- a vízfolyások pangó részei;
- a folyó- és állóvizek üledéke;
- a természetes növényvilágból a gombák, a zuzmók és mohák, fűfélék;
- kultúrnövények közül a gyökérzöldségek, a gumósok;
- az erdei avar (különösen a tűlevelűek);
- a hosszú vágásfordulóú erdők fái, esetleg egyéb állókultúrák;

- az állatvilág tagjai közül elsősorban az előzőekben felsorolt növényekkel rendszeresen táplálkozók, lásd pl. éti csiga, kacska, liba, nyúl, legelő állatok (juh, kecske, őz, szarvasmarha);
- és természetesen az itt élő lakosság.

A **radioaktív hulladékok keletkezése** az atomerőmű telephelyére koncentrálódik. A kezelést, sőt az átmeneti tárolást is itt kell megoldani, tehát a közvetlen hatásterület belül marad a telephelyen. Jelen esetben közvetett hatásterületeknek a hulladékok átmeneti és végleges tárolásának területeit tekintjük, ez részben szintén a telephelyen belül, a végleges elhelyezés azonban csak azon kívül oldható meg (pl. Bataapáti, Boda térségében). Jelen esetben utóbbiak hatásterületének lehatárolása nem történhet meg, hiszen még csak a kezdeti, előkészítő fázisban van létesítésük. Ezek mindegyike önálló hatásvizsgálat-köteles tevékenység, ezért a hatásterület lehatárolásra az önálló engedélyezési eljárások keretén belül kell megtörténjen.

5.2.1.2.2. Hagyományos környezetterhelések és igénybevételek hatásterülete

Levegőszennyezés

A hagyományos légszennyezőanyagok kibocsátási gyakorisága rendkívül kicsi, hatása a környezeti elemekre elenyésző. A dízelgenerátorok hatásterületét terjedésszámítással határoztuk meg, és megállapítottuk, hogy hatásterületük a telephelyen belül várható, lásd még 5.4.1. fejezet és az 4. melléklet.

Vízterhelés

Az atomerőmű nem radioaktív szennyvizei tisztítás után kerülnek a befogadóba, hatásuk nem változtatja meg jelentősen a befogadó minőségét, hatása a biztonsági övezeten belül marad. Ez a továbbműködés során várhatóan nem változik.

Hőterhelés hatásterülete

A hőhatás közvetlenül egyrészt a levegőt, másrészt a befogadó Dunát éri. Utóbbinál a hőcsóva a jobb part mellett maradv halad tovább. (Lásd még 5.4.2. fejezet.) A hatásterületet a korábbi előrejelzések szerint mintegy 10-80 km közötti területre tettük, az időjárási körülményektől függően. Az eddig elvégzett hőfelvételek szerint azonban nem éri el ezt a kiterjedést, az erőmű alatti 4-5 km-es szakaszon az elkeveredés, mind a termo felvételek, mind a hőmérséklet mérések alapján nagyobb részt lejátszódik. A hőterhelés hatása a Sió torkolata környékén, az erőműtől mintegy 30 km-re már eléri a kimutathatósági határt. Változás a meghosszabbított üzemidejű atomerőmű működési időszakában sem várható. A hőhatás közvetetten érinti a part menti ökoszisztémákat, a part közeli területeket, elsősorban a hőcsóva menti jobb parton. Így közvetett hatásterületnek minősül az érintett Duna-szakasszal párhuzamos parti sáv is.

Az erőmű vízkivételéből eredő hatások területe

Az atomerőmű vízellátásának biztosításához 3-4 év gyakorisággal előforduló kisvizek esetében bizonyos gázlók megléte szükséges. Ebben az időszakban a gázlók léte korlátozhatja a hajózási tevékenységet hosszabb Duna-szakaszon a forgalom irányától függően, az erőmű környezetében. A kotrások korlátozása az 1505-1536 fkm közötti szakaszt érintheti, vagyis az erőmű 10-22 km-es környezetét.

A létesítmények léte, a speciális tájhasználat

A területen a telephely léte bizonyos **urbánhatással**, tehát mezoklíma változással jár együtt. Ez becsülhetően az erőmű néhány kilométeres körzetére lokalizálódik. Többlethatások itt sem várhatók.

Az építmények tömörszerű megjelenésük, és/vagy kiemelkedő magasságuk miatt a látványban, **tájképben** már akár több 10 km-ről is hangsúlyos elemként mutatkoznak. Új – tájképben is megjelenő – elemek létesítésével a következőkben sem kell számolnunk. Tehát a környezetben a már eddig megszokott képre, a megszokott távolságokból kell számítani.

Az erőmű, mint gazdasági létesítmény mobilizálta a környező települések lakosságát és elsősorban Pakson komoly városiasodási folyamatot, ezzel **tájszerkezet** átalakulást indított el. Amennyiben az üzemidő hosszabbításra nem kerülne sor, a régi blokkok leállása egy ezzel ellentétes folyamatot indíthatna el, azaz a lassú visszafejlődést (feltételezve, hogy más húzóágazat a településen nem alakul ki) feltételezhetünk. A hatásterület jelen hatásfolyamatnál elsődlegesen Paks város és az erőmű által mobilizált környezet.

Az erőmű léte a közvetlen környezetében **területhasználatának** korlátozásával jár. Ez az üzemidő hosszabbítás nélkül is fennmaradna, mivel a felhagyás a leszerelési változat függvényében akár 100 évig is eltarthat, bár az azonnali leszerelési változat időigénye is 30 év.

5.2.2. Elemenkénti hatásterületek

Az elemenkénti hatásterületek bemutatása során az egy környezeti elemet érintő, különböző hatótényezőktől eredő változások területeit együttesen tekintjük, így módon a különböző kibocsátási területek egymást átfedhetik. Az így adódó terület unióját kell az illető környezeti elem hatásterületének tekinteni.

Légköri szennyezés tekintetében a radioaktív anyagok kibocsátása a meghatározó. Ez alapján a **levegőre** vonatkozó tágabb hatásterületnek az erőmű 30 km-es környezete tekinthető, mivel a hatások alacsony intenzitása miatt nem lehet pontos hatásterületet kijelölni. A 30 km-es hatásterület a vizsgálat szempontjából elfogadható maximum miután a korábbi mérések alapján, az e területen belül megjelenő hatások elhanyagolható nagyságrendűek voltak.

Felszíni vizek szempontjából a hatásterületet a radioaktív kibocsátás és a hőterhelés együttesen adják. A Dunában a hőszennyezés hatásterülete eddigi tapasztalataink szerint meghaladja a radioaktív szennyezés távolságát, ha a hatásterületet az érintett bioszféra komponensek és emberek dózisterhelése alapján határozzuk meg. Ezért itt a hőterhelés hatásterülete a mérvadó. Egyéb felszíni vizeket hőterhelés nem, csak kihullás, kimosódás következtében esetleges radioaktív szennyezés érhet, ezért e térségekben a sugárzó anyag-felhalmozódásnak kitett területeket kell a hatásterületbe bevonni.

Felszín alatti vizek szempontjából az áramlási iránynak megfelelően a telephely alatti és az attól keleti, délkeleti irányban a Dunáig kiterjedő terület veendő figyelembe.

A **talaj** és az **élővilág** esetében elsősorban a hő- és radioaktív szennyezés által érintett területek uniója, másrészt a levegőből történő kiülepedés adja a hatásterületeket. Hőszennyezés szempontjából a part menti sáv, sugárterhelés szempontjából a felhalmozódásnak kitett területek tartoznak ide. A talajok hatásterülete megfelel azon területek összességének, ahol a sugárzó anyag halmozódásával a talaj tulajdonságai miatt számolni lehet.

A **települési környezet** hatásterülete a tevékenységhez nem közvetlenül, hanem járulékosan kapcsolódó tevékenységekhez köthető. (Az erőmű dolgozóinak élet és mozgástere a város.) A

környezetre közvetlen hatást gyakorló hatótényezők (pl. a levegőbe bocsátott hő, vagy radioaktív anyagok) hatásterülete elvben érinthetné Paksot, de a településen ebből fakadó változás nincs. Tehát e hatásterület nem értelmezhető. A járulékosan kapcsolódó tevékenységek elsősorban Paks város területére koncentrálnak (lásd pl. terület- és infrastruktúra fejlődés).

A **táj**, mint környezeti rendszer szempontjából hatásterületnek tekinthető mindaz a térség, ahonnan a létesítmények látszanak. (Ez a legkiterjedtebb hatásterület táji szempontok alapján.)

5.2.3. Hatásterület maximális méretezési üzemzavar esetén

A maximális méretezési üzemzavar (MMÜ) esetén a tervezett biztonsági rendszerek még biztosítják, hogy a biztonsági övezeten kívül élő lakosságnál nem szükséges védelmi intézkedéseket elrendelni. Az MMÜ-nél a légköri kibocsátások mennyisége növekszik meg jelentősen, ezért csak ennek hatásterületét kell vizsgálni. A korábban terjedésszámítással végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a 30 km sugarú zóna ebben az esetben is elegendő a hatások vizsgálatára.

Jelen esetben az alapállapot bemutatásánál figyelembe veendő terület és az üzemidő hosszabbítás esetén becsülhető – az előzetes környezeti tanulmány jogszabályokban meghatározott – hatásterülete gyakorlatilag megegyezik. Ezért nem itt, hanem a 7. fejezetben, a 7.1. ábrán mutatjuk be. A hatásterületet a részletes vizsgálati fázisban tovább kell pontosítani. A térképen az alább leírt tagolás is ábrázolásra került.

5.2.4. A vizsgálandó terület tagolása

Összefoglalóan a vizsgálandó terület tehát a következő térségekre terjed ki:

- **Biztonsági övezet:** Ez az atomerőműtől számított kb. 2,7 - 3 km-es távolság, ill. a Duna vonala, ezen belül maradnak általában a normál üzemi kibocsátások.
- **Szűkebb környezet:** Ez az a térség, ameddig a becslések szerint a hagyományos szennyező-anyag kibocsátások, valamint a környezeti igénybevételek és terhelések maximális esetben terjedhetnek. Ez az erőmű kb. 5-8 km-es körzete. Ehhez a térséghez hozzáadódik a hőterhelés következtében a Duna Paks alatti hozzávetőleg 30 km-es szakasza, ill. a szállítási útvonalak. (Utóbbi elsősorban Paksig.)
- **Tágabb környezet:** Ez a becslések szerint az a terület, ameddig a radiológiai hatások üzemzavar esetén kimutatható kollektív dózisémelkedést okozhatnak, illetve ahol akkumulálódásra esetlegesen számítani lehet. Ez a max. 30 km-es körzet.

Ezt a hármas tagolást vizsgálataink során figyelembe vettük, azaz a 3 km-es biztonsági övezeten belül a jelen állapot részletes feltárássra került minden környezeti elem és rendszer tekintetében. Bár e területnek nem része Paks városának egésze, ezt is kiemelt figyelemmel vizsgáltuk.

A szűkebb környezetben minden környezeti elem és rendszer a saját hatásterületén belül került bemutatásra. A tágabb környezetben az egyes környezeti elemek kiemelkedő értékeit, veszélyeztető tényezőit tártuk fel, az előzőeknél kisebb részletezettséggel. (A tágabb környezet jellemzőinek jó része igen lassan változó paraméter, így általában már az atomerőmű létesítése előtti időszakot áttekintő 4. fejezetben bemutatásra került.)

5.3. A környezeti radioaktivitás jellemzése

5.3.1. A radioaktív anyagok kibocsátása a Paksi Atomerőműből

A Paksi Atomerőmű első blokkjának 1982. végén történt üzembehelyezése óta az erőmű folyamatosan bocsát ki radioaktív anyagokat a légterbe és a Dunába. A kibocsátható radionuklidok mennyiségét igen szigorú hatósági korlátok szabályozzák, melyek betartását az üzem és a hatóságok többszörösen ellenőrzik [39].

A korabeli szabályozás alapja az volt, hogy a tervezett normálüzemi kibocsátásokból számított lakossági sugárterhelést összehasonlították az elsődleges kibocsátási korláttal ($250 \mu\text{Sv}/\text{év}$ 1000 MW villamos teljesítményenként). Az elvégzett számítások azt mutatták, hogy még a legkedvezőtlenebb – ún. pesszimista – feltételezések mellett is ezek az értékek nagyon kicsik. A Dunába tervezett kibocsátások következményeként kialakuló dózis a kibocsátási korlát tízezred része körül, a légköri kibocsátásokból származó lakossági sugárterhelés az elsődleges korlát $1/10 \dots 1/100$ -a között van. E megnyugtató előzmények alapján az akkor illetékes hatóságok a tervezési értékeket tették meg kibocsátási korlátnak, amelyek – az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet bevezetése körüli problémák miatt – jelenleg még érvényben vannak. (Folyamatban van új hatósági kibocsátási korlátok meghatározása, de ezt még nem tudjuk a tanulmányban figyelembe venni¹.)

A szabályozás elsősorban egyes radionuklid csoportokra – radioaktív nemesgázokra, aeroszolokra, béta-sugárzókra – ír elő korlátokat, külön csak a radiojóddal, a radiostronciummal és a tríciummal foglalkozik. A légnemű kibocsátások szabályozása a névleges villamos teljesítményhez, a folyékony kibocsátásoké az üzemelő blokkok számához van kötve. Mivel a villamos teljesítmény – a szekunder körüli teljesítmény-növelő beavatkozások következtében – a 90-es évek elején, majd a végétől kis mértékben nőtt, a légnemű kibocsátások viszonyítási alapja is kissé módosult (érdemi változást azonban ezek nem jelentettek). Nem módosította viszont ez ideig a kibocsátási korlátokat az 1999-ben bevezetett, a kritikus lakossági csoportot érintő dózismegszorítás.

Lényegi különbség a folyékony és a légnemű kibocsátások között az, hogy az előbbi esetében a különféle eredetű hulladékvizeket különböző tartályparkokban gyűjtik össze kötelezően, és csak szigorú előzetes ellenőrzés után bocsáthatók ki (azaz mód van operatív beavatkozásra: visszatartásra, besűrítésre, hígításra stb.). A folyékony radioaktív kibocsátások mennyiségét a hatósági szabályozás szerint a tartálymérések alapján kell megadni.

Az atomerőmű kezdettől fogva szélesebb körű kibocsátás-ellenőrzést valósított meg, mint amit a hatósági szabályozás megkövetelt. Elsősorban a nuklidspecifikus vizsgálatok körét terjesztette ki, ami a lakossági sugárterhelés számítása szempontjából is alapvető fontosságú. A kibocsátás-ellenőrzés eredményeit az atomerőmű havi és éves jelentésekben összegzi. Az alábbiakban az éves jelentések alapján az elmúlt húsz év fontosabb adatait, tendenciáit, következtetéseit foglaljuk össze.

¹ 2004. február 16-tól az OAH NBI által jóváhagyott, az üzemeltető által benyújtott dokumentáció szerinti értékek vannak érvényben, amikre az ADUKÖFE 2003. decemberben megadta a szakhatósági hozzájárulást.

Hatósági kibocsátási korlátozás alá eső radioaktív izotópok

Az 5.1. táblázat összesíti az atomerőmű eddigi üzemelését jellemző azon radioaktív kibocsátási adatokat a vonatkozó hatósági korlát százalékában, amelyek szabályozás alá esnek.

5.1. táblázat: A Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátásai a hatósági korlát százalékában

Év	Üze- melő blokkok száma [db]	Légnemű [%]				Folyékony [%]		
		Nemes- gáz (összes)	Aero- szol ($T_{1/2} \geq 24$ óra)	Jód (^{131}I egyen- érték)	$^{89}\text{Sr} +$ ^{90}Sr	Hasadási és korróziós termékek	$^{89}\text{Sr} +$ ^{90}Sr	^3H
1983	1	3,3	< 0,1	< 0,1	nm	15,0	nm	84
1984	2	2,7	< 0,1	< 0,1	5,5	7,6	8,9	52
1985	2	1,8	< 0,1	< 0,1	3,6	7,5	8,0	57
1986	2	2,4	< 0,1	< 0,1	0,5	5,7	3,3	41
1987	3	2,8	< 0,1	< 0,1	0,4	8,6	3,1	49
1988	4	1,2	< 0,1	< 0,1	0,4	3,4	1,1	55
1989	4	1,5	0,15	< 0,1	0,4	4,0	3,9	50
1990	4	1,5	< 0,1	< 0,1	0,4	5,1	2,8	46
1991	4	1,3	< 0,1	< 0,1	0,6	9,3	1,9	53
1992	4	1,6	< 0,1	< 0,1	0,3	7,6	3,2	53
1993	4	1,3	< 0,1	< 0,1	0,2	6,6	1,4	60
1994	4	1,4	0,11	< 0,1	0,8	7,4	0,5	61
1995	4	1,4	< 0,1	< 0,1	1,9	8,1	2,8	67
1996	4	0,6	0,1	< 0,1	3,3	5,5	3,2	65
1997	4	0,4	0,18	< 0,1	5,6	4,5	7,0	52
1998	4	0,5	< 0,1	< 0,1	2,2	6,0	6,1	66
1999	4	0,4	< 0,1	< 0,1	2,0	7,4	4,8	67
2000	4	0,6	< 0,1	< 0,1	0,4	7,7	1,6	61
2001	4	0,7	< 0,1	< 0,1	0,5	7,9	1,5	62
2002	4	0,4	< 0,1	< 0,1	0,3	8,5	1,3	73
Hatósági korlát		$1,9 \times 10^{13}$	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$5,6 \times 10^4$	3,7	37	7,5
		[Bq/nap]				[GBq/év]	[MBq/év]	[TBq/év]
		1000 MW_e-ra				blokkonként		

nm: nincs mérés

A táblázatból látható legfontosabb megállapítás az, hogy az atomerőmű a 2002. évvel bezárólag minden vonatkozásban betartotta a hatósági korlátokat, a folyékony kibocsátással távozó ^3H mennyiségén kívül igen nagy tartalékkal. A kiváltó okok részletesebb magyarázatát mellőzve, néhány jellemző tendenciára érdemes a figyelmet felhívni:

- A radioaktív nemesgázok összes kibocsátása a 90-es évek közepétől a felére-harmadára esett vissza az előző időszakhoz képest.
- Az aeroszolok és a radiojódok kibocsátása a légtérbe csaknem mindig 0,1% alatt volt, és a kivételek esetében sem sokkal haladta azt meg.

- A ^{90}Sr légnemű kibocsátásában – egyébként kicsiny értékek mellett – fluktuációk figyelhetők meg.

A hulladékvizekkel történő ^3H kibocsátásban enyhe emelkedés látható: a 90-es évek elejéig a kibocsátás a korlát 50%-a körül ingadozott, az ez utáni időszakban 60-70% között volt.

Az egységnyi villamosenergia termelésre normált paksi adatokat összehasonlítva a hasonló típusú külföldi erőművek kibocsátásának átlagával (5.2. táblázat), korábban az volt tapasztalható, hogy a paksiak lényegesen kisebbek a megelőző időszak nemzetközi átlagánál. Az utóbbi években csökkent az előny a nemzetközi átlaghoz képest, de így is jóval a határértéken belül maradt. Történt ez annak ellenére, hogy a paksi kibocsátás összességében nem romlott, ellenben a világátlag majdnem mindegyik radionuklid csoportra jelentősen, olykor nagyságrendnyit is javult, azaz csökkent.

5.2. táblázat: A Paksi Atomerőműből kibocsátott radioaktív anyagok mennyisége az UNSCEAR világadatok tükrében

Radionuklid	Paks [GBqGW _e ⁻¹ év ⁻¹]				PWR [GBqGW _e ⁻¹ év ⁻¹]
	2000	2001	2002	1983-2002	1995-1997
Légnemű kibocsátás					
Összes aeroszol	1,6 x 10 ⁻¹	3,3 x 10 ⁻¹	1,4 x 10 ⁻¹	3,8 x 10 ⁻¹	1,3 x 10 ⁻¹
¹³¹ I egyenérték	8,8 x 10 ⁻²	2,4 x 10 ⁻¹	5,4 x 10 ⁻²	1,8 x 10 ⁻¹	1,7 x 10 ⁻¹
Összes nemesgáz	4,8 x 10 ⁴	5,8 x 10 ⁴	3,5 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁵	1,3 x 10 ⁴
Összes trícium	3,1 x 10 ³	3,7 x 10 ³	3,9 x 10 ³	2,1 x 10 ^{3*}	2,4 x 10 ³
Összes radiokarbon	5,7 x 10 ²	5,0 x 10 ²	4,6 x 10 ²	7,7 x 10 ^{2**}	2,2 x 10 ^{2***}
Folyékony kibocsátás					
Korróziós és hasadási termékek	7,0 x 10 ⁻¹	7,4 x 10 ⁻¹	7,8 x 10 ⁻¹	6,4 x 10 ⁻¹	8,1 x 10 ⁰
Trícium	1,1 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁴	1,4 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁴	1,9 x 10 ⁴

Megjegyzések: A nemzetközi adatok a Paksi Atomerőművel azonos elven működő nyomottvizes erőművi blokkokra vonatkoznak (UNSCEAR Report Exposures from Man-made Sources of Radiation, 2000)

*: 1985-2002 átlaga

**: 1988-2002 átlaga

***: 1990-1994 átlaga

A hulladékvizekkel alfa-sugárzó izotóp az erőműből nem bocsátható ki, amelyet a tartályvizek mintáinak összes-alfa mérésével kell igazolni, a hatóság által előírt 0,01 Bq/dm³ kimutatási határ mellett. Az alfa-sugárzó izotóp eredetének eldöntése céljából az üzem alfa-spektrometriát is alkalmaz, s ezzel bizonyította, hogy az erőmű alfa-sugárzó radionuklidot a hulladékvizekkel nem bocsátott ki a Dunába.

Hatósági kibocsátási korlátozás alá nem eső radioaktív izotópok

A hatósági szabályozás alá eső kibocsátások mellett érdemes néhány, szabályozás alá nem eső kibocsátást elemezni. Ezek mindegyike nuklidspecifikus vizsgálatokhoz kötődik, és kiegészíti, finomítja az 5.1. táblázatból kiolvasható képet.

Folyékony kibocsátások

A folyékony kibocsátásban megjelenő, fontosabb gamma-sugárzó radioaktív izotópok éves kibocsátott mennyiségeit a 5. mellékletben táblázatos formában foglaljuk össze. (A feltüntetett radionuklidokon kívül egyes években más izotópok is előfordultak – ^7Be , ^{86}Rb , ^{95}Zr , ^{103}Ru , ^{140}La stb. –, de ezek jelentősége és aránya elhanyagolható.) Mindegyik izotópra kijelenthető, hogy mennyiségük évről-évre változó, akár nagyobb fluktuációt is mutathat. Hosszabb idő távlatában egyértelműen csökkenő mennyiség és részarány figyelhető meg az $^{110\text{m}}\text{Ag}$ -nél, míg növekvő tendencia a ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn , ^{134}Cs és ^{137}Cs esetében. Az utóbbi években dominál a ^{60}Co , mennyisége összemérhető a többi gamma-sugárzó radionuklid összes aktivitásával.

Az erőmű 1997. óta a karbonát formában jelen levő ^{14}C -et is méri a kibocsátott vizekben. 2000-ig az éves kibocsátás 490–790 MBq között változott, az utóbbi két évben azonban jelentősen lecsökkent (11, illetve <95 MBq-re). Hasonlóan az előzőhöz, az erőmű 1994. óta ellenőrzi a folyékony kibocsátásban a röntgen-sugárzó ^{55}Fe és ^{59}Ni mennyiségét. A legtöbb eredmény kimutatási határ alatti volt. Ezt figyelembe véve, az eddigi időszakban a legnagyobb éves kibocsátás e két izotópra nem haladta meg a 155, illetve a 40 MBq-t.

Az ellenőrző tartályokból kibocsátott vizek engedélyezett kibocsátási útvonalakon, a tisztított fekális szennyvizet és a mérleg feletti vizeket (TM tartályok) összegyűjtő kidobó vezetéken keresztül jutnak a Dunába (1993-tól). A becsatlakozás a melegvízcsatorna energiatörője előtt van, ezáltal a radioaktív izotópokat tartalmazó hulladékvíz a felmelegedett kondenzátor hűtővízzel elkeveredve, nagymértékben felhígulva kerül a befogadóba. Ennek a kidobó vezetéknek a vizét a V3 állomás, míg a melegvíz-csatorna vizét a V2 állomás ellenőrzi. A V2-vel történő korrekt összehasonlíthatóság érdekében a bejövő Duna vizet a hidegvíz csatornára telepített V1 állomás figyeli. A V1, V2 és V3 állomásokon naponta, folyamatos mintavételezéssel gyűjtött mintákat a Paksi Atomerőmű Környezetellenőrző Laboratóriuma (KEL) analizálja.

A melegvíz csatorna vizéből erőművi eredetű radionuklidot sem az összes-béta, sem a nuklid-specifikus vizsgálatok során (gamma-spektrometria, ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr meghatározás) szignifikánsan nem lehetett kimutatni. Kivétel ez alól az 1985-1992 közötti időszak, amikor is a mérleg feletti vizek kibocsátási útvonala a melegvíz csatorna volt, s ez a csatorna vizében éves átlagban 6-8 Bq/dm³ ^3H aktivitáskoncentráció növekményt eredményezett. Egyébként a melegvíz csatorna vizét – a hidegvíz csatorna vizével megegyezően – a Duna Paks feletti szakaszában már jelen levő radioaktív izotópok aktivitáskoncentrációja jellemezte.

Az 5. mellékletben összefoglalt, a V3-as vízminták éves jellemző aktivitáskoncentráció adatai alapján megállapítható, hogy a radionuklidok aktivitáskoncentráció aránya – 1993-tól – jól követi a kibocsátott aktivitások arányát. (Még jobban látszik ez a megfelelés egy-egy tárgyév során a havi kibocsátások és a V3 havi átlagos aktivitáskoncentrációk között.) Összevetve ennek a kidobó vezetéknek a napi vízforgalmát (1550–2000 m³/24 óra) a Duna átlagos vízhozamával (kb. 2500 m³/s), körülbelül 5 nagyságrendnyi hígulás becsülhető a teljes elkeveredés után. A kibocsátási adatokon és a vízhozam adatokon alapuló becslés szerint a

Paksi Atomerőműből kibocsátott radioaktív izotópok által a Duna vizében létrehozott évi átlagos növekmény – a teljes elkeveredés után – a ^3H esetében 1 Bq/dm^3 -nél, az összes többi radionuklidra pedig együttvéve $0,1 \text{ mBq/dm}^3$ -nél kisebb volt.

Légnemű kibocsátások

A légnemű kibocsátásban megjelenő fontosabb radioaktív izotópok éves kibocsátott mennyiségei szintén az 5. mellékletben találhatók. (A feltüntetett radionuklidokon kívül más izotópok is többé-kevésbé rendszeresen előfordultak – ^{42}K , ^{76}As , ^{95}Zr - ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{124}Sb , ^{140}La stb. –, de ezek jelentősége részben kicsiny mennyiségük és részarányuk, részben rövid élettartamuk miatt elhanyagolható.) Mindegyik izotópra kijelenthető, hogy mennyiségük évről-évre változó, akár nagyobb fluktuációt is mutathat. Hosszabb idő távlatában egyértelműen csökkenő mennyiség és részarány tapasztalható 1996-tól a radioaktív nemesgázoknál az ^{41}Ar esetében, amely a víztisztítókról a primer körbe visszajuttatott víz kigázosításának (stabilis ^{40}Ar -tól való megtisztításának) köszönhető. Ez a csökkenés figyelhető meg a nemesgázok összes-béta kibocsátásában is. A radioaktív aeroszoloknál az eleinte meghatározó mennyiségű és arányú $^{110\text{m}}\text{Ag}$ kibocsátása lényegesen lecsökkent, míg növekvő a tendencia a ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co esetében. A radiocézium mennyiségének megnövekedése a 90-es évek közepe táján fűtőelem inhermetikusságra utalt, ez azonban a vizsgálatok alapján nem igazolódott be.

Az erőmű a légnemű kibocsátásnál a jellemző előfordulási (kémiai) formákban egyaránt meghatározza a ^3H és a ^{14}C aktivitását. Az előbbinél a levegő hidrogén és vízpára frakciójából a HT, illetve a HTO formában kibocsátott aktivitást, a ^{14}C esetében a szén-dioxid és a szénhidrogén (C_nH_m) formában kibocsátott aktivitást vizsgálja. A mérések alapján az 5. mellékletben szereplő táblázat mindkét radionuklidra a frakciónként összegzett aktivitást tartalmazza. A vizsgálatok tapasztalatai alapján a ^3H -aktivitás zömmel, 90-95%-os arányban HTO formában távozott, míg a ^{14}C -nél a szénhidrogén aránya esett ebbe a tartományba. Ezeknek az adatoknak a különböző formák környezeti, ökológiai viselkedése, végső soron a lakossági sugárterhelésben játszott szerepük miatt van jelentősége. A folyékony és a légnemű kibocsátási adatok összevetéséből az is megállapítható, hogy – az elmúlt másfél évtizedben – az összes ^3H mintegy négyötöde a folyékony, míg a radiokarbon döntő hányada – a folyékonyénál három nagyságrenddel nagyobb része – a légnemű kibocsátással került a környezetbe.

5.3.2. Az erőmű radiológiai környezetellenőrzésének eredményei

Ebben a fejezetben összefoglaljuk az erőműtől normálüzemben kibocsátott radioaktív izotópok megjelenését a fontosabb környezeti közegekben, továbbá a környezeti gamma-sugárzás átlagos éves dózisteljesítményét állomásonként az esetlegesen kimutatható erőművi járulékok meghatározása céljából. Az elemzés alapját – a csernobili kihullás következményeit is figyelembe véve – az ún. alapszínti értékekkel való összehasonlítás képezi. Érdemes megemlíteni, hogy a környezeti komponensek radioaktív koncentrációjára – szemben a kibocsátások korlátozásával – nincsenek „normálüzemi” határértékek. Egyes mintafajtáknál azonban (pl. talajvíz) az elsőfokú környezetvédelmi hatóság a vonatkozó „Felülvizsgálati Rend”-ben az adott irányú vizsgálat eredményétől függően további, más irányú vizsgálatokat is előír (trícium-mérés → összes-béta mérés → gamma-spektrometriai vizsgálat).

A környezeti hatások szempontjából az erőmű (1-4. blokk együtt) és a KKÁT egy egységnek tekinthető. Részben azért, mert a folyékony kibocsátás útvonala közös a négy blokkra, a szellőzőkémények vonatkozásában pedig azért, mert a kibocsátási pontok közötti relatíve kis

távolság miatt a megkülönböztetésnek nincs jelentősége. E két meghatározó, „tervezett” kibocsátási útvonal mellett – normálüzemben alárendelt szerepű – egyéb ponton is kerülhet ki radioaktív anyag a környezetbe (pl. szivárgási helyek a talajvízbe). A kibocsátási pontoktól a radioaktív anyagok útját a környezetben alapvetően a pillanatnyi hidrológiai, illetve meteorológiai jellemzők szabják meg, de kiülepedésüket, a különböző komponensekben való felhalmozódásukat befolyásolják kémiai-fizikai tulajdonságaik is.

A rutinszerű környezetellenőrzés keretében mintegy húsz különböző mintafajta rendszeres nukleáris analitikai vizsgálatára kerül sor. Ezeknek körülbelül a fele képviseli a környezetterhelés szempontjából meghatározó fontosságú információkat. E közegek radioaktív koncentrációjának igen kiterjedt felmérése még az 1. blokk üzembe helyezése előtti években megtörtént.

Az 1. blokk indulásától végzett mintavételes vizsgálatok fontosabb eredményeit az éves jelentések alapján – elsősorban az atomerőműtől kikerülhető, illetve kikerült radionuklidokra fókuszálva – éves összesítésben az 5. melléklet tartalmazza. A mellékelt táblázatok feltüntetik a tárgyévben tapasztalt legkisebb és legnagyobb értéket, és ha korrektül képezni lehetett, az átlagot is. A mellékletben a teljes élettartamra vonatkozóan a környezeti közegek, a tej, a halhús éves koncentráció értékei szerepelnek. Itt minta értékkel a 2002-es év eredményeit mutatjuk be (5.3. táblázat).

Azokban az esetekben, melyeknél közvetlen környezeti mintavételezés nem alkalmazható (pl. radioaktív nemesgázok), terjedési számítások alapján kerül sor az aktivitáskoncentráció nagyságának becslésére. Ezekkel – és néhány más adattal, elemzéssel – kiegészítve a táblázatokban szereplő értékeket, az erőműtől 1-2 km távolságban a földfelszíni levegőben, a kihullásban, a talaj felső rétegében, a fűben, továbbá a Dunából és a halastavakból származó mintákban, az üzemi terület alatti talajvízben, a közeli tehenészetektől származó tejben mért tipikus radioaktív koncentrációk, valamint a környezeti gamma-sugárzás dózisszintje az alábbi képet mutatják (néhány, valamilyen technológiai rendellenességhez vagy üzemzavarhoz köthető nagyobb kibocsátás környezeti következményeit külön pontban tárgyaljuk).

A mérési eredmények alapján az egyes környezeti közegek vonatkozásában a legfőbb megállapításokat a következőkben foglaljuk össze.

5.3.2.1. Aktivitáskoncentráció a földfelszíni levegőben

A környezetellenőrzés kezdettől fogva megkülönböztetett figyelmet fordított a távmérő állomásokon nagy térfogatárammal vételezett heti aeroszol szűrőminták gamma-spektrometriai vizsgálatára, mivel ezt a vizsgálatot jól definiált feltételek mellett, nagy érzékenységgel – igen jó kimutatási határral – lehet végezni. Az aeroszol mintázást hasonló teljesítőképességű radiojód mintázás és mérés egészíti ki. Mindegyik állomáson fall-out (kihullás) mintavételezés, továbbá az állomások felénél speciális mintavevővel folyamatos levegő-mintavétel történik a trícium és a radiokarbon aktivitáskoncentrációjának meghatározása céljából.

5.3. táblázat: A környezeti közegek és a tej, a halhús jellemző radioaktív koncentráció értékei 2002-ben a Paksi Atomerőműtől 1-2 km távolságban (az átlagérték és zárójelben a szélső értékek feltüntetve)

Környezeti komponens (hely)	Mértékegység	Aktivitáskoncentráció						
		³ H (HTO)	¹⁴ C (szénhidrogén)	⁶⁰ Co	⁹⁰ Sr	^{110m} Ag	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Légköri minták (aeroszol, egyéb) (A1–A8)	Bq/m ³	2,5 ^a (1–23) •10 ⁻³	0,7 ^a (0,1–4,2) •10 ⁻³	— (kha–23) •10 ⁻⁶	—	kha (kha)	— (kha–9,1) •10 ⁻⁶	—
Kihullás (A1–A8)	Bq/(m ² ·hó)	—	—	— (kha–0,2)	—	kha (kha)	kha (kha)	—
Talaj (0–5 cm) (A1–A8)	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	kha (kha)	0,3 (<0,12–1,0)	kha (kha)	9 (3–23)	320 (240–510)
Fű (A1–A8)	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	— (kha–1,4)	2,0 (0,3–5,6)	kha (kha)	1,4 (kha–1,5)	540 (150–960)
Duna-víz (V1)	Bq/l	2,5 (1–4,0)	<1,3 (<1,3)	kha (kha)	3,5 (3,1–4,1) •10 ⁻³	kha (kha)	kha (kha)	—
Dunai üledék	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	kha (kha)	0,5 (<0,24–0,7)	kha (kha)	51 (kha–78)	530 (370–690)
Talajvíz (erőmű terület)	Bq/l	— (1–800)	—	kha (kha)	kha (kha)	kha (kha)	kha (kha)	—
Tej	Bq/l	—	—	kha (kha)	—	kha (kha)	kha (kha)	49 (47–54)
Hal	Bq/kg	—	—	kha (kha)	—	kha (kha)	kha (kha)	—

a: az erőmű kibocsátásából származó járulék

Megjegyzés: Az eredmények megadásában a kimutatási határ alatti értékeket „kha” jelzi. Az adatok helyett álló „—” azt jelenti, hogy a vizsgálatnak gyakorlati szempontból nincs értelme (esetleg nem értelmezhető), vagy az üzemi ellenőrzés ilyen irányú vizsgálatokat az adott időszakban nem végzett.

Az első évtizedben elsősorban az ^{110m}Ag aeroszol volt jelen: a legnagyobb mért heti átlagérték $0,3 \text{ mBq/m}^3$ volt (1990. 12. hét, A4 állomás), azonban az észlelések zöme a $0,001\text{--}0,01 \text{ mBq/m}^3$ nagyságrend között mozgott. Az erőmű körüli teljes térre vetített átlagot a $0,001 \text{ mBq/m}^3$ nagyságrend jellemezte. A 450 db körüli éves mintaszámot tekintve a radioezüst kimutathatóságának gyakorisága $10\text{--}40\%$ -ot ért el, ami azután a 90-es évek végére néhány esetre csökkent le. A nagyobb éves esetszámoknál megfigyelhető volt, hogy a gyakoribb megjelenés az uralkodó szél irányába eső állomásokon (A4, A8) fordult elő.

Az aeroszol mintákban ^{110m}Ag mellett olykor megjelent néhány korróziós termék (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co) is, jellemzően ezred, illetve század mBq/m^3 nagyságrendben. Az utóbbi években jobbra a ^{60}Co jelentkezett, az éves esetszám azonban eddig csak töredéke volt a korábbi ^{110m}Ag gyakoriságnak (legfeljebb 10-20 eset évente).

Erőműtől származó radiojódot – a 2003. április 10-11-i súlyos üzemzavar során és után történt kibocsátástól eltekintve – sem az aeroszol, sem az elemi (+szerves) jódszűrő mintákon 10^{-6} , illetve 10^{-5} Bq/m^3 kimutatási határ mellett egyetlen esetben sem lehetett észlelni.

A csernobili erőmű katasztrófája következtében kikerült radiocézium esetenként ma is kimutatható az aeroszol szűrőkön. 1986 után a jellemző aktivitáskoncentráció $0,01 \text{ mBq/m}^3$ nagyságrendű volt, azonban a korrekt meghatározást zavarta a mintavevő csőrendszer 1986. májusában történt elszennyeződése. A tisztítás után mindmáig észlelt értékek $0,001 \text{ mBq/m}^3$ nagyságrendben vannak; a megjelenés oka minden bizonnyal a talajról, növényzetről (fatörzs) történő reszuszpenzió.

Az erőmű környezetellenőrzése 1993-tól bevezette a levegő radiokarbon, majd 1997-től a trícium aktivitáskoncentráció vizsgálatát is. A viszonylag nagy természetes – és máshonnan is eredő – háttér mellett a kicsiny erőművi járulék meghatározása számos problémával és hibaforrással terhelt (kiváltképp a HT és a C_nH_m komponensre illetően), így az eddigi mérések jobbra csak kvalitatív képet nyújtanak. Eszerint a szén-dioxid frakcióban az éves átlagos járulék $0,2\text{--}0,8 \text{ mBq/m}^3$ között változott, a kilencéves átlag $0,3 \text{ mBq/m}^3$ volt. A szénhidrogén frakcióban az évenkénti átlagok tartománya $0,6\text{--}1,8 \text{ mBq/m}^3$, a kilencéves átlag $1,1 \text{ mBq/m}^3$ volt. A két frakció aktivitáskoncentrációjának aránya csak tendenciájában tükrözi a kibocsátásokban levő arányt. A trícium esetében $10\text{--}30 \text{ mBq/m}^3$ közé becsülhető a HTO frakcióban lévő trícium többéves átlaga, míg a HT frakcióban ugyanez $3\text{--}5 \text{ mBq/m}^3$ közé tehető. A két frakció aktivitáskoncentrációjának aránya itt is csak tendenciájában tükrözi a kibocsátásokban levő arányt.

A kihullási mintákban a csernobili balesetet követően éveken át elsősorban az innen kikerült radiocézium jelent meg. Az évi csaknem 100 mintaszámot tekintve a kezdeti $50\text{--}70\%$ -os előfordulási gyakoriság mára 10% alá csökkent. A Paksi Atomerőműből a légtérbe kibocsátott radionuklidok közül leginkább az ^{110m}Ag -et lehetett mérni (az észlelt legnagyobb érték $11 \text{ Bq/(m}^2\text{xhónap)}$ volt 1989. júliusában), de az éves esetszám nem haladta meg a 10% -ot. Az utóbbi években inkább már a ^{60}Co volt jelen, de az esetszám 10 alatt maradt. Még ritkábban néhány egyéb erőművi eredetű radionuklidot (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{134}Cs stb.) is ki lehetett mutatni. A mért értékek általában nagyon kicsik, a $0,1 \text{ Bq/(m}^2\text{xhónap)}$ kimutatási határ közelében voltak.

Összehasonlítva a szellőzőkéményeken éves viszonylatban többé-kevésbé folyamatosan és egyenletesen kibocsátott aeroszol, gőz- és gáz halmazállapotú radioaktív izotópok aktivitásarányát a környezeti levegőmintákban mért aktivitásuk arányával, hozzávetőleges párhuzamosság figyelhető meg: az 1 TBq/év nagyságrendben kibocsátott radionuklidok (^{14}C

C_nH_m formában, T HTO formában) 1-10 mBq/m³ nagyságrendben, a 0,1-1 GBq/év közötti aeroszol kibocsátások (⁵⁴Mn, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ^{110m}Ag stb.) 0,001 mBq/m³ nagyságrendben vannak éves átlagban jelen. A légtérbe 1-10 TBq/év nagyságrendben kibocsátott radioaktív nemesgázok által létrehozott éves átlagos aktivitáskoncentráció – amely közvetlen méréssel nem, csak terjedési számítás útján határozható meg – 10, 100 mBq/m³ nagyságrendűre becsülhető az erőműtől 1-2 km-re a földfelszíni levegőben.

5.3.2.2. *A talaj- és fűmintákban mért aktivitáskoncentráció*

Talajminták vételezésére évente általában egyszer, a fűmintákéra kétszer (tavasszal és ősszel) kerül sor. A vizsgálatok jelentőségét az adja, hogy a talajfelszín mintegy kumulálja a kihullást, s a rétegenkénti, nuklidspecifikus elemzéssel mód van a kihullás talajbeli migrációjának követésére is.

A gamma-spektrometriai mérésekben mindkét mintafajtánál meghatározóan jelentkeznek a természetes eredetű radioaktív izotópok: a ⁴⁰K, továbbá a talajmintákban az U-sor és a Th-sor gamma-sugárzó radionuklidjai. A vizsgálatok során a laboratóriumban elvégzik ezek aktivitáskoncentrációjának meghatározását is, a továbbiakban azonban ezen adatok elemzésével nem foglalkozunk, mivel függetlenek az atomerőmű környezeti hatásaitól. Annyit azért érdemes összefoglalóan megjegyezni, hogy az adatok jól illeszkednek a szakirodalomban közölt értékekhez.

A talajban a ¹³⁷Cs-et mindig, a ⁹⁰Sr-et gyakran ki lehetett mutatni mind a csernobil előtti, mind a csernobil utáni időszakban. A fűmintákban ugyancsak az esetek nagy többségében mindkét radionuklid jelen volt. A csernobili kihullás az addigi, globális kihullásból származó radiocézium koncentrációt jelentősen megemelte, így a korábbi alapszinti adatokkal való összehasonlítás értelmetlenné vált. A ⁹⁰Sr-nél – amelynek kihullását Magyarországon a szakirodalom a ¹³⁷Cs kihullásának tizedére becsüli – markáns emelkedés Paks környékén nem volt megfigyelhető (annak idején az ország középső része maradt a „legtisztább”).

Összehasonlítva az eddigi üzemi időszak alatt e két közegben mért ⁹⁰Sr és ¹³⁷Cs értékeket az alapszinti, illetve értelemszerűen az 1986. évi koncentrációkkal, látható, hogy a mért értékek a viszonyítási alaptól általában nem térnek el számottevően. 1986 után néhány alkalommal előfordult ugyan a talajban a 86-os évben mért radiocézium aktivitáskoncentrációnál nagyobb érték is, ezt azonban egyértelműen csernobili eredetűnek lehetett tulajdonítani. Mindezekből az a következtetés vonható le, hogy a Paksi Atomerőműből a légtérbe kibocsátott ¹³⁷Cs és ⁹⁰Sr szignifikáns kimutatását a mért aktivitáskoncentrációk közvetlen összevetése nem teszi lehetővé.

Erőműtől származó radionuklidot – ^{110m}Ag-et, ⁵⁴Mn-et, ⁶⁰Co-at – a húsz év alatt vizsgált mintegy 800 mintából mindössze néhány alkalommal sikerült kimutatni, nagyon kicsiny – legfeljebb néhány Bq/kg – mennyiségben. A mintamérésekből nyert képet megerősítették a helyszínen végzett gamma-spektrometriai vizsgálatok is, melyekben erőműtől származó radionuklidot a kimutatási határ felett (körülbelül 30 Bq/m² a szóba jöhető radionuklidokra) egyetlen esetben sem tapasztaltak.

5.3.2.3. *A dunai eredetű minták aktivitáskoncentrációja*

A melegvíz csatorna torkolatánál, a beömlés környékén és attól D-re, folyás-irányban az iszapban feldúsulhatnak, és kumulálódhatnak az izotópok, és a víznél lényegesen nagyobb

koncentrációk jöhetnek létre, melyeket könnyebb megmérni. Az erőmű évente kétszer mintázza a beömlés környékét, attól D-re körülbelül 500 m-re egy partszakaszt, valamint – az összehasonlítás érdekében – egy É-ra eső szakaszt.

Kezdetől fogva valamennyi iszapmintában mindig ki lehetett mutatni a ^{137}Cs -et, és az esetek nagyobbik részében a ^{90}Sr -et. Az 1986 előtt mért értékek, valamint a radiostroncium későbbi értékei is döntően a globális kihullásból származnak, míg az 1986 utáni radiocézium nagyrészt a csernobili baleset következménye. A mérési eredményekben folyásirány szerinti tendencia nem figyelhető meg. Mivel ez a háttér – bár a radioaktív bomlásnak megfelelően tendenciájában lassan csökken – sokszorosan nagyobb a folyékony kibocsátásból várható, feldúsult koncentrációnál, ezért ezeknél a radionuklidoknál az aktuális mintamérések eredményeinek összevetése az alapszinti, illetve az 1986-os adatokkal nem teszi lehetővé az esetleges erőművi járulék meghatározását.

A melegvízcsatorna torkolatánál és a délebbre eső mintavételi ponton vett iszapban néhány alkalommal 1-10 Bq/kg határok között kimutatható volt a ^{54}Mn , a ^{60}Co és az $^{110\text{m}}\text{Ag}$, amelyek az erőmű folyékony kibocsátásából származtak.

5.3.2.4. A halastavak víz-, iszap és halmintáinak aktivitáskoncentrációja

Az erőmű környezetellenőrzése rendszeresen, negyedéves gyakorisággal mintázza az erőmű melletti és a Pakshoz közel eső halastavakat, amelyekbe részben víz utánpótlással (erőmű melletti tavak), részben a légtéren keresztül kerülhet radioaktív anyag. A mintázás kiterjed a vízre, iszapra és a halra. A mérési eredmények alapján az alábbi általános kép adható az egyes közegekben tapasztalt radioaktív koncentrációkra.

A vízminták összes-béta aktivitáskoncentrációja a természetes felszíni vizek tartományába eső, 0,1-0,5 Bq/dm³ között volt. Ugyanez mondható a trícium aktivitáskoncentrációra is, amely 1-5 Bq/dm³ között változott. A mintákban erőműtől származó, gamma-sugárzó radionuklidot nem lehetett kimutatni.

Az iszap mintákban a természetes eredetű radioaktív izotópokon és egy kevés, csernobili kihullásból származó radiocéziumon kívül más radionuklid gamma-spektrometriával nem volt kimutatható. Hasonlóképp, a konyhakész állapotban elkészített és mért halhúsban, illetve belsőségben 0,5 Bq/kg kimutatási határ felett erőműtől származó gamma-sugárzó radionuklid nem volt.

Az elmondottak illusztrálására az 5.4. táblázatban bemutatjuk a 2002-ben mért iszapminták aktivitáskoncentráció eredményeit.

5.4. táblázat: A Dunából és a halastavakból származó iszapminták radioaktív koncentrációja 2002-ben

Mintavétel	Aktivitáskoncentráció [Bq/kg]*							
Helye	ideje	⁷ Be	⁴⁰ K	Th-sor	U-sor	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
Duna busz p.u.	04. 23.	14	422	33	30	kha	kha	35
	12. 04.	9,3	676	38	43	kha	kha	kha
Duna V2	04. 23.	kha	459	37	32	1,8	kha	55
	12. 04.	kha	574	46	42	6,1	kha	48
Duna V2-től délre	04. 23.	12	373	33	27	kha	0,8	41
	12. 04.	7,6	692	49	43	kha	kha	78
Kondor- tó	12. 04.	kha	150	7,0	6,8	kha	kha	0,7
Horgász-tó	12. 04.	1,6	134	6,3	7,6	kha	kha	0,6
Halnevelő	12. 04.	4,7	113	7,0	7,0	kha	kha	1,2
Vörösmalom	12. 04.	4,0	163	14	12	kha	kha	1,5

*: A Duna iszap aktivitása száraz anyagra, a többi nedves anyagra vonatkozik

Minden minta a kimutathatósági határ alatt maradt a következő izotópoknál: ⁵⁴Mn, ⁵⁸Co, ^{110m}Ag. Ezeket a táblázatban külön nem tüntettük fel.

5.3.2.5. Aktivitáskoncentráció a talajvízben

A talajvíz figyelő kutak vizének radioaktív koncentrációját az üzemi ellenőrzés az első blokk indulásától kezdve vizsgálja. A program fokozatosan terjedt ki egyrészt a blokkok kiépülésével, másrészt az időközben észlelt trícium aktivitás jobb nyomon követhetősége céljából. Ma több mint 40 talajvíz figyelő kút esik rendszeres havi mintázás alá, amelyet szükség szerint még más kutak mintázásával kiegészítenek. Érdemes megemlíteni, hogy 20 kútban automatikus, kvázi folyamatos mintázással napi 1 dm³ víz áramlik át egy kation-anion cserélő oszlopon, s ezáltal a kéthónapos mintavétel után nagy érzékenyséű vizsgálatokra kerülhet sor mind a radioaktív, mind a hagyományos szennyezőket tekintve.

Az atomerőmű telephelyén, elsősorban a főépület és a segédépületek alatti és körüli talajvízben a nyolcvanas évek közepe óta jelent meg a technológiai eredetű trícium. A talajvíz ³H aktivitáskoncentrációja a háttér érték (2-3 Bq/dm³) és 3,7 kBq/dm³ maximális érték között változott. A legnagyobb értéket 1993-ban, az 1. Segédépület környéki kutakban érte el (T18, T24 kút). 1993-tól intenzív nyomjelzéses vizsgálat-sorozat kezdődött a lehetséges technológiai rendellenességek, szervezetlen szivárgási, kikerülési helyek behatárolására, majd fokozatos megszüntetésére (1. segédépület szivárgási helyeinek megszüntetése, főépületi dilatációs hézagok javítása stb.). Az utóbbi években mért legnagyobb aktivitáskoncentráció már nem, vagy alig haladta meg az 1 kBq/dm³ értéket. A talajvíz kutak trícium aktivitáskoncentrációinak összege – mint jellemző indikátora a szennyeződés utánpótlódásának, illetve megszűnésének – időben csökkenő tendenciát mutat. Mindezek alapján ma úgy ítéltethető meg, hogy tríciummal szennyezett technológiai eredetű víz bejutása a talajvízbe megszűnt.

Az a szennyeződés, amely korábban a talajvízbe jutott (forrásként kezdetben egy hibás kibocsátási útvonal választást, később az egyik segédépületi tartály szivárgását feltételezték), a mérések alapján elsősorban az 1. segédépület és az 1-2. blokki főépület alatt, illetve környékén helyezkedik el. A trícium szennyeződés a talajvíz mozgásával és diffúzióval fokozatosan terjedt szét és hígult, s ma mintegy „trícium-felhőt” alkot az üzemi terület alatt. A

fő- és segédépületek képzeletbeli „külső” széleinél a ^3H aktivitáskoncentráció esetenként 100 Bq/dm^3 nagyságrendű is lehet, ennél távolabb, az üzemi terület határainál azonban legfeljebb 10 Bq/dm^3 nagyságrendű, illetve háttér szintű.

A talajvíz tríciummal való terheltsége egy adott ponton a technológiai rendszerekből származó utánpótlódáson kívül elsősorban a talajvíz-járástól és a Duna távolhatásától függ (ez utóbbit a hidegvíz csatorna közvetíti). Magas dunai vízállás esetén a talajvíz, és így a trícium-felhő dél-nyugati irányban, alacsony vízállás esetén észak-keleti irányba mozdul el. Az 5.2. ábra bemutatja a 2003. június havi ún. feltérképet, amely a trícium-felhő kiterjedtségét és gócait jeleníti meg a mért értékekre történő illesztéssel (a nagy kiterjedésű főépületek alatt, ahol mintázni nem lehet, az ábrázolás becslés alapján készült).

Az utóbbi két évben lehetővé vált az automatikus mintavevőket tartalmazó kutaknál az ioncserélő oszlopon megkötött radionuklidok nagy érzékenységű, nuklidspecifikus vizsgálata. Ezek a mérések azt mutatták, hogy a talajvízben mesterséges eredetű gamma-sugárzó radionuklid és ^{90}Sr 1 mBq/dm^3 körüli kimutatási határ mellett, ^{14}C a háttér érték felett, $^{239,240}\text{Pu}$ és ^{238}Pu $0,1 \text{ mBq/dm}^3$ kimutatási határ felett nem észlelhető. A ^{14}C aktivitáskoncentrációja $260\text{--}430 \text{ mg/l}$ hidrokarbonát-tartalom esetén a természetes forrásokból eredően $7\text{--}13 \text{ mBq/l}$ között változik.

5.3.2.6. *A tejminták aktivitáskoncentrációja*

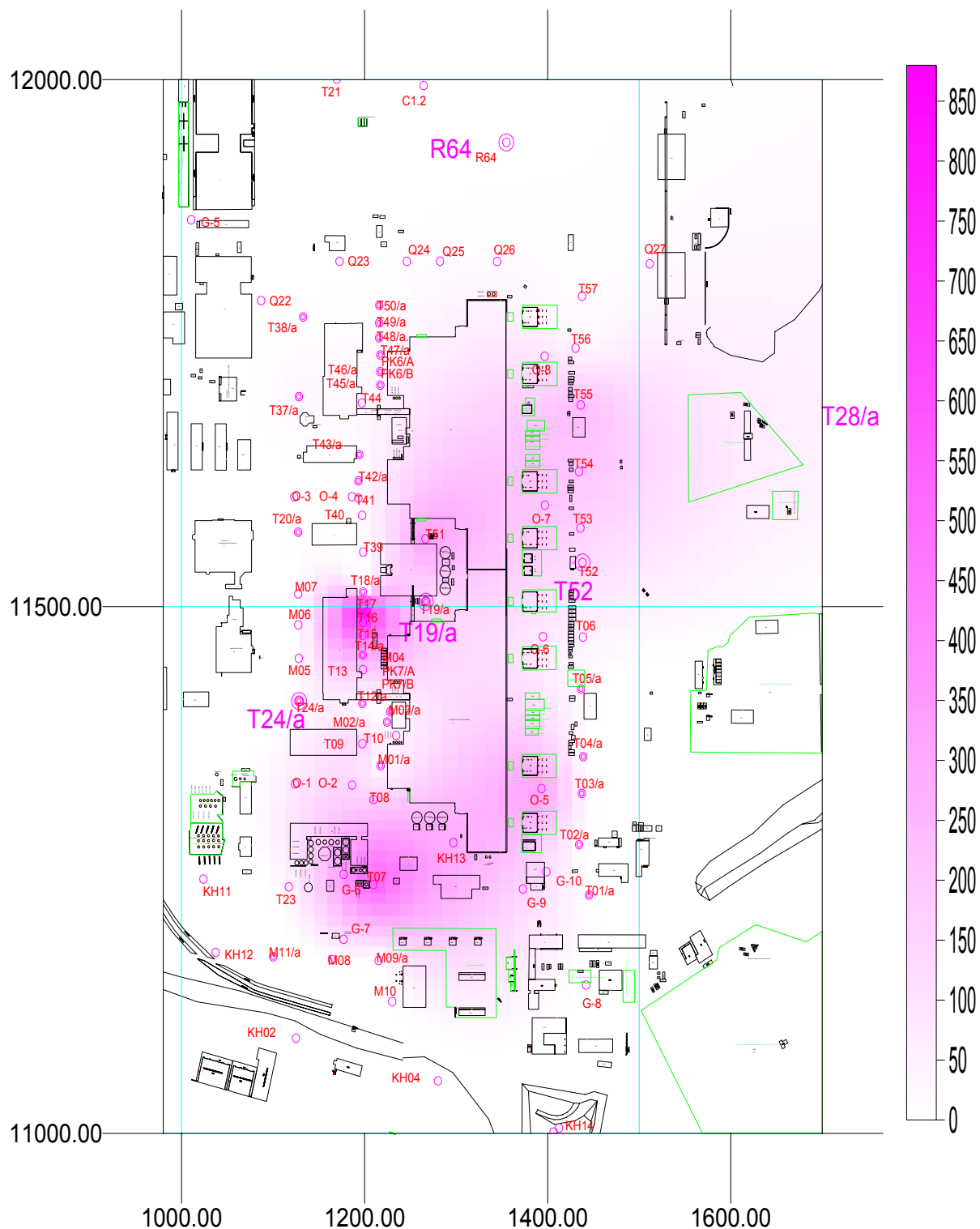
Az erőmű rutinszerű ellenőrzés keretében az élelmiszer alapanyagok és termékek közül a már említett hal-húson kívül csak a tejet vizsgálja. A D-i irányba eső környező tehenészetektől (Dunaszentgyörgy, Gerjen) havonta váltakozva hozzák a tejmintát. Ez ideig $0,5 \text{ Bq/dm}^3$ kimutatási határ mellett erőművi kibocsátásból eredő radionuklidot egyetlen esetben sem észleltek.

Összegezve a Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátása következtében kialakuló környezeti aktivitáskoncentráció értékeit, látható, hogy azok a legtöbb esetben nagyságrendekkel kisebbek voltak a természetes radionuklidok koncentrációinál, illetve a máshonnan származó mesterséges radioaktív izotópok megfelelő mennyiségeinél. Azaz, **az erőmű eddigi normálüzemi működése a környezeti közegek radioaktív koncentrációját érdemlegesen nem növelte meg.**

5.3.2.7. *A környezeti gamma-sugárzás átlagos dózisteljesítménye*

Az atomerőműből a légterbe kibocsátott anyagoktól többféle folyamat révén emelkedhet meg a környezeti sugárzás szintje. Egyrészt a radioaktív nemesgáz-felhő terjedése idején és mentén léphet fel szintemelkedés, másrészt a kiülepedett, kimosódott radionuklidok sugárzása növelheti meg azt. Az utóbbi esetben elsősorban a hosszabb felezési idejű radioaktív izotópoknak van jelentősége.

5.2. ábra: A talajvíz trícium aktivitáskoncentrációjának eloszlása (Bq/dm³) a Paksi Atomerőmű üzemi területe alatt 2003. júniusban



A fenti folyamatoknak megfelelően, az erőmű környezetellenőrzése többféle módszerrel készült fel a környezeti gamma-sugárzás dózisában, illetve dózisteljesítményében esetlegesen fellépő növekmény kimutatására. A pillanatnyi szintemelkedést 1983-1999 között a távmérő állomásokon elhelyezett GM-csőves mérőszonda-pár jelezte, ezeket 2000-től az Országos Mérésügyi Hivatal (OMH) által típusvizsgált és hitelesített BITT RS03 típusú szonda váltotta fel. A tartós szintemelkedés, a változások hosszú távú figyelésére – az előbbin túlmenően – 2000-ig $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ alapanyagú termolumineszcens dózismérőket (TLD-ket, por formában) használtak, melyek mind a 25 mintavevő állomáson ki voltak függesztve. Tekintettel arra, hogy ezeket a TL-dózisméréseket az alapszint felmérési időszaktól kezdődően gyakorlatilag azonos módon és eszközökkel végezték, az általa szolgáltatott adatok igen alkalmasak az összehasonlításra ebben a hosszú időszakban.

2001-től ezt a mérőberendezést felváltotta az ugyancsak típusvizsgált és hitelesített ALNOR gyártmányú TL-dózismérő rendszer. Meg kell jegyezni, hogy a fenti hitelesítéssel rendelkező mérőberendezések a korábbiakkal szemben ún. környezeti dózisegyenértéket mérnek. 2002-vel bezárólag az állomásonkénti éves átlagos dózisteljesítmény értékeket foglalja össze az 5.5. és 5.6. táblázat. Ezekből az adatokból – elsősorban a korábbi rendszerek mérési eredményeit alapul véve – az alábbi következtetések vonhatók le:

- A TL-dózismérések állomásonkénti éves átlagai a szóráson belül rendre megegyeztek az alapszint felmérési időszak (2 év) megfelelő átlagával. Az állomások összességének hosszú idejű átlaga pedig gyakorlatilag azonos volt az alapszinti időszakéval.

Érdemes megemlíteni, hogy a távmérő állomások környezetében az átlagos dózisteljesítmény – két kivételtől eltekintve – szemmel láthatóan kisebb a többi állomáson mért átlagos dózisteljesítménynél. Ennek az az oka, hogy ezeket az állomásokat homoktalaj veszi körbe, melyben a természetes radioaktív izotópok koncentrációja kisebb, mint ami a többi állomást körbevevő más típusú talajokban van. A környezeti gamma-sugárzás állomásonkénti havi átlagos dózisteljesítményének tipikus értékeit mutatja be az 5.3. ábra.

- A folyamatosan végzett, de rövid időtartamú dózisteljesítmény távmérések – kivéve a 2003. április 10-11-i súlyos üzemzavart – egyszer sem utaltak az erőmű kibocsátásának tulajdoníthatóan a környezeti sugárzási szint emelkedésére. Az 5.5. táblázat adatai állomásonként, több éves viszonylatban igen egységes képet mutatnak. A GM-szondával mért adatokhoz a kozmikus járulékot (mintegy 33 nSv/h) hozzáadva, továbbá figyelembe véve dózismérésben bekövetkezett, már említett változást, a kétfajta távmérő rendszer adatai között is jó az állomásonkénti egyezés. Mindegyik mérőrendszer – stabilitásuknak, megbízhatóságuknak, illetve a mérési eredmények kis szórásának köszönhetően – egyaránt alkalmas volt, illetve alkalmas a változások figyelésére.

5.5. táblázat: A környezeti gamma-sugárzás éves átlagos dózisteljesítménye a távmérő állomásokon

Időtartam [év]	Dózisteljesítmény [nGy/h] ill. [nSv/h] ^a								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9 ^a
1984-85	39	41	51	66	41	45	39	*	*
1996	43	41	52	57	44	47	37	62	*
1997	44	41	51	56	43	45	36	61	*
1998	44	41	51	56	44	45	36	59	76
1999	43	40	50	57	39	45	35	58	74
Átlag (1984-1999)	42	41	51	60	42	45	37	60	75
2000^a	75	79	84	99	80	67	75	105	76
2001^a	75	78	80	97	83	66	74	101	76
2002^a	75	79	80	96	76	65	73	101	76
Átlag (2000-2002)	75	79	81	97	80	66	74	102	76

Az 1984-1999. közötti adatok a teresztriális komponens értékei ón-ólom burkolatú GM-szondával mérve.

a A teresztriális+kozmosz komponens együttes értéke környezeti dózisegyenérték teljesítményben [nSv/h], BITT-szondával mérve.

* Mérőállomás még nem volt.

A közvetlen dózismérések eredményei összhangban voltak a radioaktív anyagok légköri kibocsátásából számított várható szintemelkedéssel, valamint a talaj- és a légköri eredetű minták radioaktív koncentrációjának laboratóriumi mérési eredményeivel. A légköri terjedési számítások alapján ugyanis a radioaktív nemesgáz-felhő gamma-sugárzásának dózisteljesítménye ez ideig a földfelszín közelében nagyságrendekkel kisebb volt a természetes háttérsugárzás ingadozásából adódó dózisteljesítmény-változásnál. A mintamérésekből, valamint a helyszíni gamma-spektrometriai mérésekből az aeroszolok kihullásának következményeként becsülhető dózisteljesítmény növekmény pedig legfeljebb néhány tized nSv/h lehetett. Ilyen kicsi járulékok viszont közvetlen dózismérési eljárásokkal nem mutathatók ki.

5.6. táblázat: A környezeti gamma-sugárzás éves átlagos dózisteljesítménye a környezetellenőrző állomásokon TLD-vel mérve

Állomás	Alap- szint	D ó z i s t e l j e s í t m é n y (CaSO ₄ :Dy TLD) [nGy/h]												Átlag	Dózisteljesítmény (ALNOR) [nSv/h]	
	1980- 1982	1983- 1985	1987	1988	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1983- 2000	2001	2002
A1	56	55	57	55	57	54	56	52	55	55	59	54	57	55	62	56
A2	59	56	58	56	56	55	57	54	55	57	53	54	57	56	66	61
A3	62	61	58	58	59	57	57	55	58	58	55	55	59	58	70	69
A4	75	73	67	67	68	65	64	64	65	67	63	63	69	67	78	83
A5	58	58	57	57	57	55	55	54	56	57	53	52	56	56	64	57
A6	58	57	58	57	57	54	55	53	56	56	53	52	56	56	65	61
A7	55	54	56	55	53	53	55	52	54	54	51	52	54	54	61	56
A8	*	65	87	87	82	79	76	76	81	82	75	71	78	80	92	78
A9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	58	54	54	58	56	68	61
C10	72	68	71	69	68	67	65	63	66	67	63	64	68	67	76	72
C11	63	60	60	60	61	58	56	56	59	61	57	56	61	59	68	64
C12	64	61	59	59	64	63	61	60	64	64	62	60	65	62	75	73
C13	69	67	68	68	70	66	62	64	67	68	64	62	69	67	80	77
C14	60	58	59	58	58	57	54	55	57	58	55	54	60	57	68	64
C15	75	71	70	69	69	67	65	64	67	70	70	65	72	68	80	74

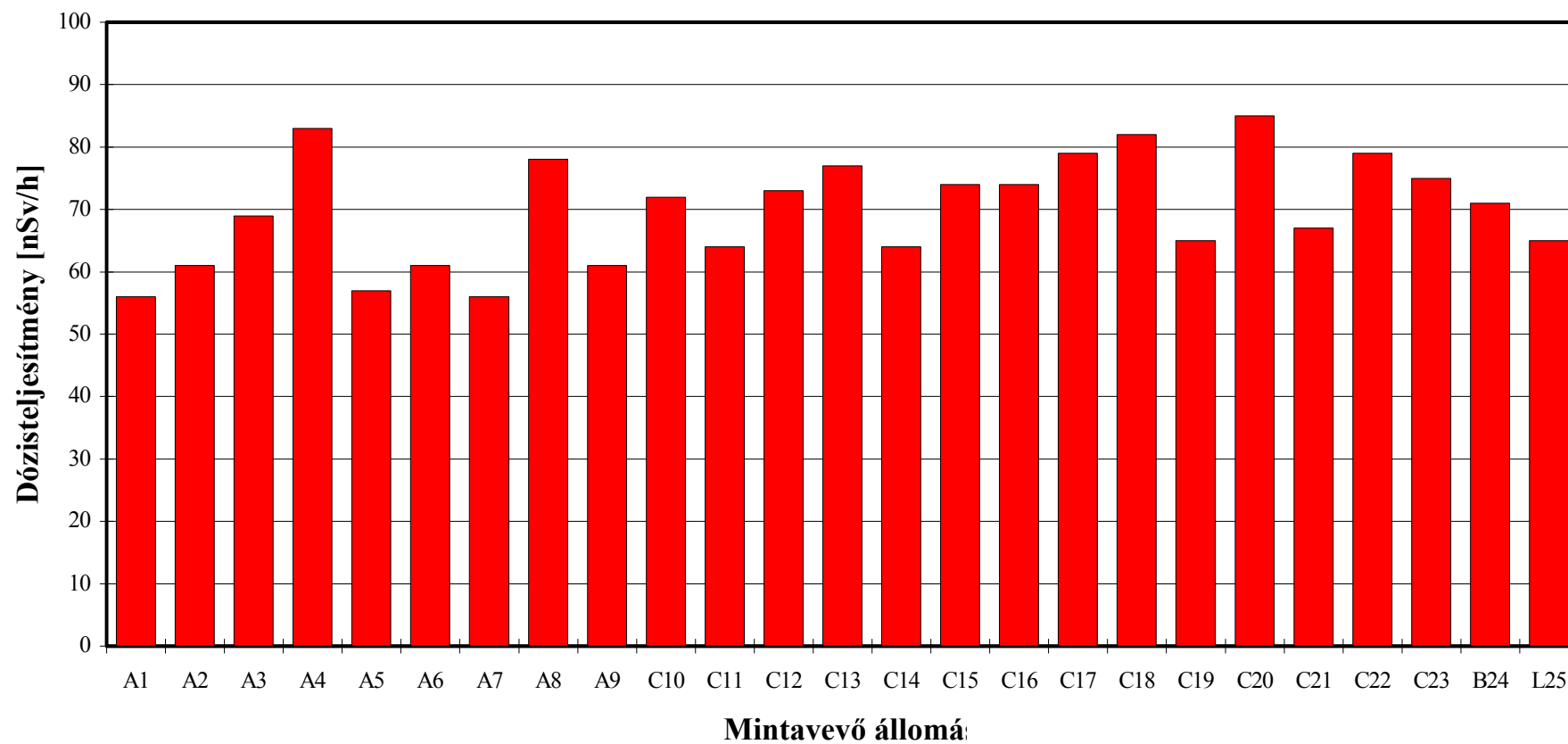
*: mérőállomás még nem volt

5.6.táblázat: A környezeti gamma-sugárzás éves átlagos dózisteljesítménye a környezetellenőrző állomásokon TLD-vel mérve (folytatás)

Állomás	Alap- szint	D ó z i s t e l j e s í t m é n y (CaSO ₄ :Dy TLD)												Átlag	Dózisteljesítmény	
		[nGy/h]													(ALNOR) [nSv/h]	
	1980- 1982	1983- 1985	1987	1988	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1983- 2000	2001	2002
C16	69	67	69	67	66	66	63	62	65	71	64	63	70	66	76	74
C17	74	72	71	74	81	76	70	69	73	77	71	68	73	73	82	79
C18	76	74	70	72	74	69	69	68	69	76	68	68	73	72	82	82
C19	63	61	64	61	62	60	57	58	60	63	57	57	62	61	71	65
C20	84	81	77	78	79	73	74	73	76	82	73	73	76	77	84	85
C21	62	60	57	57	59	56	56	57	59	63	56	55	60	59	70	67
C22	78	75	73	71	74	72	66	71	73	78	69	70	76	73	86	79
C23	74	72	72	73	73	71	66	66	68	74	67	64	71	70	80	75
B24	69	67	66	65	68	63	62	63	64	69	65	64	70	66	77	71
L25	*	*	*	*	64	63	60	62	61	68	60	58	62	62	75	65
A1-L25 átlag	67±8	65±7	64±7	64±7	66±7	63±7	62±7	61±7	64±8	65±8	62±8	60±7	65±7	64±7	74±10	70±5
A1-A7 átlag	60±7	60±6	59±4	58±4	58±3	56±3	57±3	55±4	57±4	58±4	55±4	55±3	58±4	58±3	66±5	65±4

* : mérőállomás még nem volt

5.3. ábra: A környezeti gamma-sugárzás havi átlagos „környezeti dózisegyenérték” teljesítménye 2002-ben a távmérő és mintavevő állomásokon ALNOR TLD-vel mérve



Összegezve a hosszú időszakra és az erőmű kiterjedt körzetére vonatkozó dózismérési vizsgálatokat, megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű eddigi 20 üzemi éve során a környezeti gamma-sugárzás szintje az erőmű működése következtében kimutatható mértékben nem növekedett.

5.3.3. Az atomerőmű hatása a lakosság többlet sugárterhelésére

Amint az előzőekben látni lehetett, a Paksi Atomerőmű eddigi normálüzemi kibocsátásai nagyon kicsi környezetterhelést jelentettek. A környezeti közegek mintáiban csak esetenként, és alig-alig lehetett valamely radionuklid jelenlétét kimutatni. A tápláléklánc elemeire pedig gyakorlatilag nincs értékelhető mérési adat. Összességében a mintamérési eredmények, valamint a járulékos környezeti gamma-sugárzás dózisének mérését célzó vizsgálatok adatai nem szolgáltatnak elegendő információt a lakosság többlet-sugárterhelésének becslésére. Ezért ehelyett a kibocsátási adatokból terjedési modellek segítségével, a különféle besugárzási útvonalakat figyelembe véve, számítás útján határozzák meg a terhelések nagyságrendjét.

Az atomerőműből az atmoszférába jutott radioaktív anyagok környezeti mozgását és a lakossági dózisok meghatározását 1997 óta végzi az erőmű. Az alkalmazott szoftver 10 perces adatokkal dolgozik, ami a meteorológiai méréseket tekintve rendelkezésre áll. A program a légköri kibocsátásból eredő külső dózist, illetve belső dózisként a lekötött effektív dózist szolgáltatja izotóponként a környező települések felnőtt és gyermek lakosságára (a belső dózissal a felnőtteknél 50, a gyermekeknél 70 évet véve figyelembe), valamint a 3 km sugarú körre vonatkozóan.

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

A lakossági sugárterhelési számításokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy azt kezdettől fogva az Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OSSKI) szakemberei végezték és végzik. Mivel 1997 előtti üzemi adatok ebben a tekintetben nem voltak, az 5.7. táblázatban bemutatjuk az OSSKI által számított, az 1989-1997-es évekre vonatkozó sugárterhelés adatokat az akkor érvényes korláttal együtt (a még korábbi időszakra vonatkozó számítások nem voltak teljes körűek, de a kibocsátások összehasonlítása alapján ezen évek járulékos sugárterhelésére is tudunk következtetni). Az 5.8. táblázatban pedig párhuzamosan közöljük az üzem és az OSSKI által 1998 óta számított adatokat. Az eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni, hogy az évek során egyrészt az alkalmazott modell is változott, másrészt bővült a tekintetbe vett radionuklidok köre (például a ^{14}C figyelembe vétele a légköri eredetű belső sugárterhelésben a 90-es évek közepétől). Ezáltal az aktuális kibocsátásokon és terjedési paramétereken kívül ez is befolyásolta a kapott eredményeket. Mivel az utóbbi évek elemzései teljes körűbbek, a főbb következtetéseket célszerű az 5.8. táblázat adatai alapján levonni (az adatok az erőműtől 3 km távolságban a felnőttekre számított átlagos egyéni effektív dózist jelentik, kivéve a 2002. évi adatokat, amelyek a kritikus lakossági csoportra vonatkoznak):

5.7. táblázat: A radioaktív kibocsátásokból becsült átlagos lakossági dóziszárulék az erőmű közelében élőkre 1989-1997 között az OSSKI számításai alapján

Besugárzási útvonalak	Becsült átlagos egyéni effektív dózis az atomerőműtől 3 km-re élő felnőtt lakosságra [μSv/év]									Hatósági korlát ^a [μSv/év]
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Légköri kibocsátások										306
külső sugárterhelés	0,292	0,39	0,08	0,208	0,05 0,036	0,066	0,041	0,072	0,035	
belső sugárterhelés	0,016	0,016	0,028	0,034	0,086	0,036	0,036	0,063	0,021	
Összesen	0,308	0,406	0,108	0,242		0,102	0,077	0,135	0,056	
Folyékony kibocsátások^b										154
külső sugárterhelés	0,0005	0,0005	0,0005	0,0009	0,0008	0,0018	0,0011	0,001	0,001	
belső sugárterhelés	0,0025	0,0025	0,0031	0,0094	0,011	0,016	0,018	0,016	0,017	
Összesen	0,0030	0,0030	0,0036	0,0103	0,0118	0,018	0,019	0,017	0,018	
Mindösszesen	0,311	0,409	0,112	0,252	0,098	0,120	0,096	0,152	0,074	460

a: 1992-ig az 1760 MW_e teljesítménynek megfelelően a korlát 440 μSv/év volt, 1992 óta pedig az 1840 MW_e teljesítménynek megfelelően 460 μSv/év.

b: Gerjen felnőtt lakosságára számított sugárterhelés

5.8. táblázat: A radioaktív kibocsátásokból becsült átlagos lakossági dóziszjárulék az erőmű közelében élőkre 1998-2002 között az üzem, illetve az OSSKI számításai alapján^a

Besugárzási útvonal	Becsült átlagos egyéni effektív dózis az atomerőmű közvetlen környezetében élő lakosságra ^c [μSv/év]									
	1998		1999		2000		2001		2002 ^c	
	PAE	OSSKI	PAE	OSSKI	PAE	OSSKI	PAE	OSSKI	PAE	OSSKI
Légköri kibocsátások										
külső sugárterhelés	0,017	0,018	0,014	0,016	0,013	0,014	0,014	0,013	0,012	0,035
belső sugárterhelés	0,014	0,014	0,017	0,010	0,016	0,011	0,016	0,012	0,020	0,044
Összesen	0,031	0,032	0,031	0,026	0,029	0,025	0,030	0,025	0,032	0,079
Folyékony kibocsátások^b										
külső sugárterhelés	0,002	0,0008	0,001	0,001	0,004	0,002	0,005	0,002	0,003	0,002
belső sugárterhelés	0,038	0,023	0,026	0,024	0,029	0,022	0,028	0,023	0,016	0,024
Összesen	0,040	0,024	0,027	0,025	0,033	0,024	0,033	0,025	0,019	0,026
Mindösszesen^d	0,071	0,056	0,058	0,051	0,062	0,049	0,063	0,050	0,051	0,105

a: 1992-ig az 1760 MW_e teljesítménynek megfelelően a korlát 440 μSv/év, 1992 óta pedig – 1998-ig – az 1840 MW_e teljesítménynek megfelelően 460 μSv/év volt. Az ÁNTSZ OTH 40-6/1998. sz. határozata alapján a kritikus lakossági csoportra – Csámpa gyermek lakosságra – a megállapított dózishatárérték az atomerőműre vonatkozóan 90 μSv/év.

b: Gerjen felnőtt lakosságára számított sugárterhelés (kivéve 2002, amely gyermek lakosságra számított érték)

c: kivéve 2002, amely Csámpa gyermek (léggöri kibocsátásból eredő), illetve Gerjen gyermek (folyékony kibocsátásból eredő) sugárterhelése

d: 1998 előtt a lakossági dóziszjárulék a táblázatban szereplő értékeket két esetben haladta meg, 1990-ben 0,4 μSv/év és 1992-ben 0,25 μSv/év volt

- Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásából származó járulékos sugárterhelés körülbelül fele-fele arányban oszlott meg a két összetevő között. (Hangsúlyozni kell azonban, hogy az utóbbi járuléka Gerjen lakosságára vonatkozik, ennél a másol élő nagyságrendekkel kisebb sugárterhelést kapnak.) Adat-páronként a PAE és az OSSKI eredményei jól egyeznek.
- A légköri eredetű sugárterhelés két fő komponense a radioaktív nemesgázok által létrehozott külső, és a szén-dioxid formájú radiokarbon által a táplálékláncn keresztül kiváltott belső sugárterhelés volt. A folyékony kibocsátásból gyakorlatilag csak a trícium inkorporációja révén fellépő belső sugárterhelés jelentett figyelembe veendő járulékot. Erdemes megjegyezni, hogy a légköri eredetű sugárterhelést előidéző radioaktív izotópok kibocsátása a rájuk vonatkozó korlát legfeljebb néhány százalékat érte el; ugyanakkor a hasonló dózis-hányadot jelentő trícium mennyisége a folyékony kibocsátásban évről-évre a korlát 50-60%-a körül ingadozott.
- Összességében a Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátásaiból származó éves átlagos sugárterhelés-járuléka az erőmű közelében a feltételezett kritikus csoport felnőtt tagjára vonatkozóan 0,05-0,4 μSv effektív dózis volt az elmúlt időszakban. A kritikus lakossági csoportra, Csámpa gyermek lakosságára vonatkozó 2002. évi számítások eredményei is ebbe a tartományba esnek. Az aktuális éves érték több mint három nagyságrenddel kisebb volt az érvényben lévő hatósági korlátnál, és körülbelül négy nagyságrenddel alatta maradt az átlagos természetes eredetű sugárterhelésnek. Az erőmű 30 km-es körzetében élő mintegy 210 ezer emberre az átlagos egyéni sugárterhelés alapján számított kollektív dózis 1 személy•mSv/év körül alakult az eltelt üzemi időszak alatt.

A fent bemutatott adatok alapján a Paksi Atomerőmű eddigi működése során a lakosságot érő többlet-sugárterhelésnek értékelhető egészségkárosító hatása nem lehet.

5.4. Hagyományos környezeti hatások

5.4.1. Az atomerőmű környezetének levegőminősége

Jelen fejezet célja kettős: egyrészt bemutatni a térség jelenlegi levegőminőségi állapotát, másrészt meghatározni ebben az erőmű hatásait. Az immissziós állapot jellemzésénél támaszkodtunk meglévő mérésekre, és jelzésszerű új méréseket végeztünk. Ezekből kiindulva számításokkal pontosítjuk a háttérterhelések mértékét. Figyelemmel kísérjük a nagytérségi háttérterhelést és a levegőminőségben az atomerőmű lokális levegőterhelési hatásait értékeljük.

A települések, lakott területek az erőműtől olyan távol helyezkednek el, hogy ott nem tartottuk szükségesnek immissziómérések elvégzését. Amennyiben esetleg új lakó- vagy üdülőtérületek kerülnek (kerültek) az erőmű közelébe, csak azoknál lenne szükséges immissziómérés elvégzése. (Ilyenről jelenleg nincs tudomásunk.)

5.4.1.1. Légszennyezettség 1987-2002 között

Az Országos Immisszió-mérő Hálózat, az ÁNTSZ Tolna megyei Intézetének kezelésében, 1987-től kezdődően mérte Pakson az ülepedő porterhelést. Gázalakú szennyező anyagokat nem mértek. A mérőhálózat üzemeltetését 2002. januárjában az Alsó-Duna-völgyi

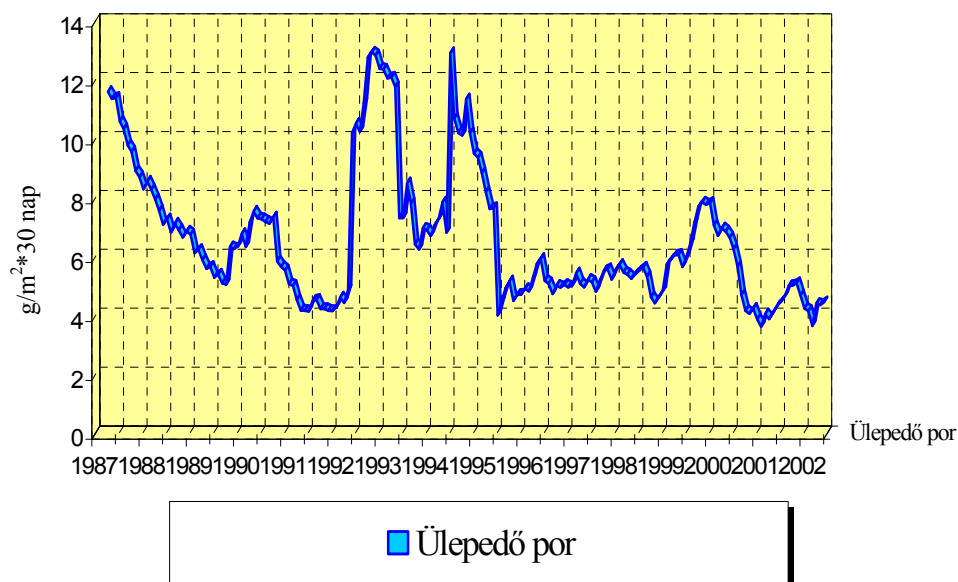
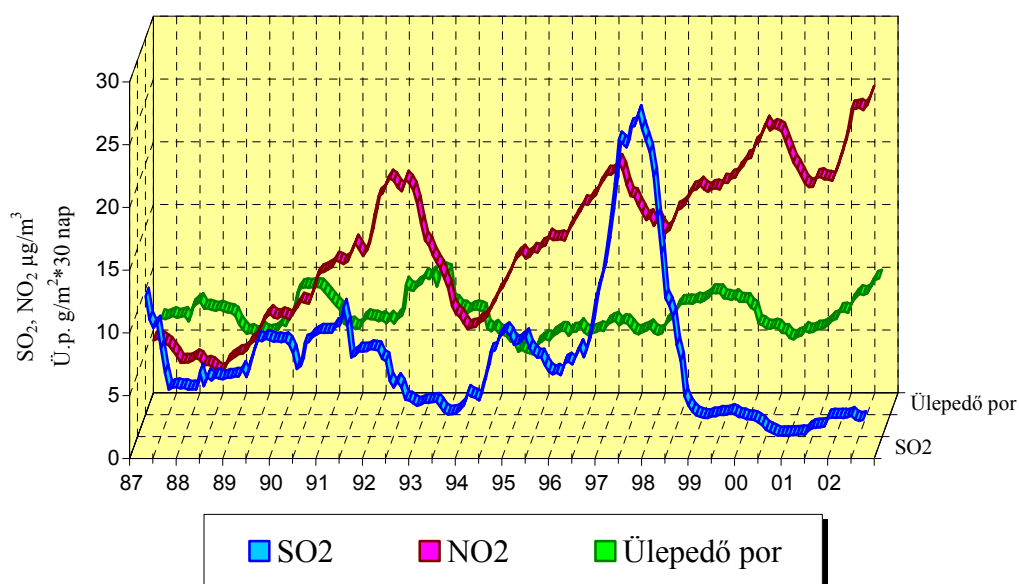
Környezetvédelmi Felügyelőség vette át. A városban 4 mérőhely van, melyek a következő helyen találhatók:

- Deák F. u. 4.
- Tolnai u. 10, Óvoda
- Kishegyi u.20. Óvoda
- Vasút u. 6.

Az ülepedő por városi átlagainak 1987-2002 közötti alakulását az 5.9. táblázat és az 5.4. ábra mutatja be. Mivel a városban gázalakú szennyező anyagokat nem mértek, az 5.10. táblázatban és az 5.5. ábrán bemutatjuk erre az időszakra vonatkozóan Szekszárd adatait, amelyek a nagyságrendet és a tendenciát tükrözik. Eszerint a kén-dioxid szennyezettség 1987-től 1997-ig csekély, 1997-98-ban feltűnő csúcs mérhető, amely azonban jóval határérték alatt marad. 1998. óta az SO₂ értékek minimálisak. A nitrogén-dioxid szintje az 1987-es alacsony értékről hullámzóan emelkedik, az utóbbi években az eddigi legnagyobb, bár még mindig a megengedett szint alatti. Paks város kén-dioxid és nitrogén-dioxid szennyezettsége hasonló tartományban valószínűsíthető. Ugyanakkor az 1997-98-as csúcs itt valószínűleg nem lehetett érzékelhető, hiszen a városban pont ekkor vezették be a gázt, mely általában a szennyezőanyag kibocsátásának csökkenésével jár.

5.9. táblázat: Az Immissziómérő Hálózat Pakson mért porszennyezettség eredményei 1987-2002. között

Időszak	Átlag g/m ² *30 nap	Időszak	Átlag g/m ² *30 nap
87 nem fűtési félév	11,82	95 nem fűtési félév	5,22
87-88 fűtési	7,59	95-96 fűtési	5,37
88 nem fűtési félév	8,47	96 nem fűtési félév	5,44
88-89 fűtési	5,51	96-97 fűtési	4,85
89 nem fűtési félév	6,49	97 nem fűtési félév	5,15
89-90 fűtési	3,69	97-98 fűtési	5,77
90 nem fűtési félév	10,75	98 nem fűtési félév	4,86
90-91 fűtési	4,19	98-99 fűtési	4,22
91 nem fűtési félév	5,17	99 nem fűtési félév	7,39
91-92 fűtési	3,55	99-00 fűtési	7,45
92 nem fűtési félév	5,61	00 nem fűtési félév	6,40
92-93 fűtési	18,83	00-01 fűtési	1,94
93 nem fűtési félév	5,36	01 nem fűtési félév	6,00
93-94 fűtési	7,51	01-02 fűtési	4,18
94 nem fűtési félév	7,41	02 nem fűtési félév	4,91
94-95 fűtési	9,71		

5.4. ábra: A levegő szennyezettség alakulása Pakson**1987. április - 2002. március****5.5. ábra: A levegő szennyezettség alakulása Szekszárdon****1987. április - 2002. szeptember**

5.10. táblázat: Az Immissziómérő Hálózat Szekszárdon mért eredményei 1987-2002. között

Időszak	Kén-dioxid			Nitrogén-dioxid			Ülepedő por		
	Átlag	Hat.ért. túllépés	98% gyak.	Átlag	Hat.ért. túllépés	98% gyak.	Átlag	Hat.ért. túllépés	98% gyak.
	µg/m ³	%	µg/m ³	µg/m ³	%	µg/m ³	g/m ² *30 nap	%	g/m ² *30 nap
87 NF	2,36	0,0	10,00	5,15	0,0	17,00	9,14	9,5	17,11
87-88 F	7,56	0,0	30,60	6,22	0,0	15,00	5,38	0,0	12,53
88 NF	2,39	0,0	9,76	4,97	0,0	20,00	10,44	6,9	39,26
88-89 F	9,54	0,4	49,20	4,54	0,0	19,60	4,73	0,0	11,07
89 NF	2,46	0,0	11,00	8,22	0,0	21,84	6,69	3,6	18,70
89-90 F	15,32	0,4	81,60	10,39	0,0	30,92	5,46	3,6	18,07
90 NF	2,58	0,0	16,74	7,84	0,0	23,54	13,58	20,0	62,14
90-91 F	14,20	0,0	78,28	15,99	0,0	38,00	4,92	3,4	11,84
91 NF	4,02	0,0	12,00	10,84	0,0	22,00	7,99	3,8	15,79
91-92 F	11,31	0,0	52,84	16,96	0,0	37,00	5,89	3,4	15,40
92 NF	4,92	0,0	20,00	21,91	0,0	51,00	7,51	3,6	36,66
92-93 F	5,39	0,0	32,00	16,90	0,0	56,80	12,11	17,2	71,57
93 NF	2,49	0,0	13,96	10,82	0,0	31,58	10,03	6,7	50,42
93-94 F	3,42	0,0	14,96	7,70	0,0	27,94	5,73	0,0	12,27
94 NF	5,35	0,0	33,00	9,29	0,0	31,68	7,16	6,9	24,46
94-95 F	8,90	0,0	84,00	12,80	0,0	33,00	3,31	4,5	16,42
95 NF	6,95	0,0	62,18	14,00	0,0	36,88	5,26	7,7	19,89
95-96 F	8,90	0,0	56,46	16,75	0,0	45,14	7,04	7,1	35,16
96 NF	6,20	0,0	37,90	16,07	0,0	54,34	6,33	5,9	22,61
96-97 F	10,75	0,0	71,02	21,70	0,3	59,48	6,15	7,5	19,72
97 NF	25,72	5,9	150,00	21,34	0,0	59,00	7,32	4,8	16,10
97-98 F	26,17	5,9	152,16	13,16	0,3	60,92	5,42	7,1	17,46
98 NF	10,38	0,6	76,62	18,01	0,6	54,56	8,97	11,9	27,14
98-99 F	3,07	0,0	15,52	19,16	0,4	46,64	8,03	14,3	23,86
99 NF	2,32	0,0	16,28	18,90	0,0	47,00	10,29	11,9	25,23
99-00 F	3,66	0,0	16,00	21,00	0,3	57,72	6,71	7,3	18,59
00 NF	1,49	0,0	5,24	25,02	0,0	62,12	6,05	4,9	17,18
00-01 F	1,42	0,0	4,00	22,60	0,0	48,44	5,15	0,0	13,30
01 NF	1,27	0,0	3,00	16,70	0,0	43,00	7,03	0,0	14,60
01-02 F	2,80	0,0	15,20	23,95	0,0	48,56	7,13	11,9	22,40
02 NF	2,11	0,0	7,96	29,99	3,6	106,86	11,08	7,9	34,94

NF = nem fűtési félév

F = fűtési félév

A paksi porterhelés diagramján láthatjuk, hogy az atomerőmű 4. blokkjának beindulása idején a 16 g/m², 30 nap határértékhez közeli értékről 1992-ig csökken a terhelés. 1993-tól 1994 végéig igen jelentősen nőtt a városban a porszennyezettség, de a határértéket nem érte el. A magas porterhelés pontos oka előttünk nem ismeretes, vélhetően a téglagyár és a természetes eredetű szennyezések szerepet játszottak benne. Ezután napjainkig alacsony szinten mozog az ülepedő por mennyisége Pakson. Szekszárdi összehasonlításban az ülepedő por mennyisége hasonló, másfél évtizedes trendje kissé hullámzó, közepes szintű.

A légszennyezettség eredetére vonatkozó becslések napjainkra jelentősen változtak, és az alábbiak vehetők figyelembe:

- településeken kívül
 - 40 % regionális eredetű (magas forrásokból)
 - 25 % közlekedési
 - 20 % lakossági és közületi fűtési
 - 15 % ipari
- településeken
 - 60 % közlekedési
 - 20 % lakossági és kommunális fűtési
 - 20 % ipari, erőművi.

A „savas esők” fő okozói a kén-vegyületek voltak, napjainkra a savas kihullás jelentősen csökkent a kontinensen, és az országban. Ebben szerepe van a kéntartalmú szénkiváltásának atomenergiára, gáz-, illetve olajtüzelésre. A kén nedves ülepedése az Országos Meteorológiai Szolgálat K-pusztán (az Alföld közepén) mért adatai szerint:

- 1985-ben 1,40 g S m²/év
- 2001-ben 0,55 g S m²/év

5.4.1.2. A légszennyezettség jelenlegi állapota

5.4.1.2.1. Regionális környezet

A környezet savasodását okozó légszennyező anyagokat tekintve, a térség országos összehasonlításban mérsékelten terhelt (OMSZ adatok). A nedves ülepedés mennyisége:

- kén-vegyületek 0,58 g/m²,év
- oxidált nitrogén-vegyületek 0,42 g/m²,év

Az Országos Meteorológiai Szolgálat által üzemeltetett háttér-szennyezettség mérő hálózat adatai, és modell-számítások alapján, a lokális szennyező források által nem befolyásolt levegőminőség (háttér-szennyezettség) a térségben az alábbi:

- nitrogén-dioxid 5,5 µg/m³
- kén-dioxid 5,0 µg/m³
- szén-monoxid 200,0 µg/m³
- ózon 63,8 µg/m³

Ezek a koncentrációk, az ózon kivételével, **alacsonyak**.

A 4/2002.(X.7.) KvVM rendelet kijelöli az országban a **légszennyezettségi zónákat**. Paks és környéke az A-tól F-ig (javuló sorrendben) terjedő skálán az alábbi zónacsoportba tartozik:

- kén-dioxid, nitrogén-dioxid, szén-monoxid és benzol F csoport
- szilárd (PM10) E csoport

A zóna-beosztáshoz koncentráció tartományok tartoznak. E szerint az E és F zónákhoz tartozó koncentrációk az 5.11. táblázatban szerepelnek.

5.11. táblázat: Az E és F zónához tartozó koncentráció tartományok [µg/m³]

	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	CO
E zóna	50-75	26-32	10-14	2500-2500
F zóna	50 alatt	26 alatt	10 alatt	2500 alatt

A zónákon belül a szennyezett települések meghatározása az illetékes környezetvédelmi felügyelőség hatásköre. Az erre vonatkozó munkálatok jelenleg vannak folyamatban a környezetvédelmi felügyelőségeknél.

5.4.1.2.2. Szennyező források

Az országos emisszió nyilvántartásban Paks várost és az atomerőmű környékét magában foglaló 20 x 20 km-es kataszteri egységben, 2000-ben az 5.12. táblázatban bemutatott kibocsátási adatok szerepeltek. Látható, hogy a fő szennyező forrás a közlekedés és a paksi ipar.

5.12. táblázat: A Paksot és az atomerőmű környezetét magában foglaló, 20 x 20 km-es emisszió kataszter adatai, 2000 évben (t/év)

Szennyezőanyag	kén-dioxid	nitrogén-oxidok	szilárd	szén-monoxid
Ágazat				
Lakosság	65	25	52	59
Mezőgazdaság	18	14	11	3
Szolgáltatás	18	9	8	4
Ipar	3	6	-	3
Ipar - Paks	40	7	442	1315
Közlekedés	12	602	88	1239
Összesen	156	663	601	2623

A paksi, lakossági tevékenységből származó kibocsátásokat csökkenti, hogy a 7400 lakásból 2700 az erőműből távhővel (fűtés és melegvíz) van ellátva.

Jelentős az erőműhöz vezető utakon és az erőmű bejáratánál az autóbusz forgalom. A menetrendi adatok alapján reggel 5.20 és este 22.20 között az átlagos forgalom 12 busz/óra.

5.4.1.2.3. Az erőmű saját emissziói

Dízelgenerátorok

A Paksi Atomerőmű Rt telephelyén belül 12 db, szükségáramforrásként üzemelő dízel-generátor található. A dízel-generátorok kipufogóit P3-tól P14-ig sorszámozták. A dízel-generátorok és hozzájuk kapcsolódó pontforrások adatait az 5.13. táblázatban adjuk meg.

5.13. táblázat: Dízelgenerátorok és a hozzájuk kapcsolódó pontforrások adatai

Megnevezés	Típus	Névleges teljesítmény [kW]	Pontforrás jele	Pontforrás magassága [m]	Pontforrás kibocsátó felülete [m]
1. - 2. jelű blokkok					
10QD01 biztonsági dízel-generátor	15 D100	1600	P3	14	0,28
10QD02 biztonsági dízel-generátor	15 D100	1600	P4	14	0,28
10QD03 biztonsági dízel-generátor	15 D100	1600	P5	14	0,28
20QD03 biztonsági dízel-generátor	15 D100	1600	P6	14	0,28
20QD02 biztonsági dízel-generátor	15 D100	1600	P7	14	0,28
20QD01 biztonsági dízel-generátor	15 D100	1600	P8	14	0,28
3. - 4. jelű blokkok					
30QD01 biztonsági dízel-generátor	PIELSTICK	2100	P9	6	0,096
30QD02 biztonsági dízel-generátor	PIELSTICK	2100	P10	6	0,096
30QD03 biztonsági dízel-generátor	PIELSTICK	2100	P11	6	0,096
40QD03 biztonsági dízel-generátor	PIELSTICK	2100	P12	6	0,096
40QD02 biztonsági dízel-generátor	PIELSTICK	2100	P13	6	0,096
40QD01 biztonsági dízel-generátor	PIELSTICK	2100	P14	6	0,096

Az egyes gépek biztonsági próbáira általában 12 hetenként kerül sor, amelynek időtartama kb. 1 óra. 2002-ben a dízel-generátorok összesen 201,8 órát üzemeltek. Gépenként az átlagos üzemidő 16,8 óra/év. A maximális üzemidő 23 óra 49 perc volt, ami a P4 jelű forráshoz tartozó gépnél fordult elő. Ez az idő is jóval kisebb, mint a 14/200.(V.9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelet 6. sz. mellékletében meghatározott 50 óra évente. A 12 gép összesen 65.520 kg gázolajat fogyasztott. A tüzelőanyagként felhasznált gázolaj kéntartalma 0,05 % alatt volt. A generátorokban, 2002-ben termelt energia 2882 GJ volt. A dízel-generátorokhoz tartozó P3 – P14 jelű forrásokra, a jelenlegi szabályozás szerint kibocsátási határértéket megállapítani nem kell. A Környezetvédelmi Felügyelőség határozatában a működés idejét korlátozta (max. 50 óra/év), illetve előírta, hogy az alkalmazott üzemanyag kéntartalma nem haladhatja meg a 0,05 %-ot.

Festés

A telephelyen, a 171 sz. épületben van egy festőműhely, ahol az erőmű működéséhez közvetlenül nem kapcsolódó munkadarabok javítását és festését végzik. A festési műveletet szórópisztollyal, illetve ecseteléssel végzik. A műhelyben egy 6.525.19000 típusú festőfülke található, amelyben a félreszórás következtében elszívott festékszempcek leválasztását szűrőpaplan végzi, 96 %-os hatásfokkal. A 2002-ben felhasznált festékek és egyéb anyagok mennyiségét az 5.14. táblázat mutatja be:

5.14. táblázat: A festőműhelyben felhasznált anyagok mennyisége 2002-ben

Megnevezés	Éves mennyiség [kg]
TRINÁT alapozó	66
TRINÁT zománc	75
Hígító	34
KATEPOX	3
KATEPOX hígító	1
ADHEZOR festék	20
ADHEZOR hígító	5
Cink-kromátos alapozó	40
Összesen	244

2002-ben összesen 122 órát festettek, így egy óra alatt átlagosan kb. 2 kg anyagot használtak fel. A felhasznált anyagok biztonsági adatlapjai szerint, a felhasznált anyagok átlagosan a következő oldószer komponenseket tartalmazták (lásd 5.15. táblázat):

5.15. táblázat: A festőműhelyben felhasznált anyagok oldószertartalma 2002-ben

Légszennyező anyag	Azonosító	Százalékos arány [%]
xilol	152	25
izo-butyl-alkohol	304	2
cink-kromát	-	13
toluol	151	65
etil-acetát	321	12
i-butyl-acetát	326	8
n-butyl-acetát	323	6
lakkbenzin	500	40

A festőfülke és a műhely elszívását egy 19.000 m³/h teljesítményű ventilátor biztosítja. A festőfülke (P15) és a gépház kürtőjének (P16) adatai a következők:

- festőfülke kürtője (P15)
 - magassága: 11 m
 - kibocsátási keresztmetszete: 0,8 m²
- festőműhely gépház kürtője (P16)
 - magassága: 9 m
 - kibocsátási keresztmetszete: 0,6 m²

A P3 – P16 jelű pontforrásokra vonatkozó kibocsátási határértékeket és levegővédelmi követelményeket az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség a 47478-15/2003. számú határozatában írta elő.

A P15 – P16 forrásokra, amelyek a festőműhelyhez tartoznak, a 14/2001.(V.9.) KöM - EüM - FVM együttes rendelet általános kibocsátási határértékeit határozták meg.

Tényleges kibocsátások

A dízel-generátorok P5 és P14 jelű pontforrásainak kibocsátásait 2001. 11. 20-án és 2002. 01. 03-án méréssel ellenőrizték. Ezek alapján, a tényleges kibocsátások forrásonként a következők (lásd 5.16. táblázat):

5.16. táblázat: Kibocsátott szennyezőanyagok mennyisége

Légszennyező anyag	Mért koncentráció (mg/m ³)
P3 – P8 pontforrás	
kén-dioxid	31,31
szén-monoxid	420,94
nitrogén-oxidok	4342,18
korom	179,19
szilárd anyag	1383,52
P9 – P14 pontforrás	
kén-dioxid	41,82
szén-monoxid	233,02
nitrogén-oxidok	2569,03
korom	15,08
szilárd anyag	1,23

A dízel-generátorok közül, a nagyobb teljesítményű PIELSTICK típusú berendezések emisszióira terjedési modellezést végeztünk, a normál üzemkészség ellenőrzést szolgáló beindítást figyelembe véve. A terjedési modellezés alapján megállapítható volt, hogy a vizsgált dízel-generátor, mint légszennyező forrás hatásterülete a nitrogén-oxidoknál **egy, a dízel-generátorok elhelyezési területének középpontja köré írható 495 méter sugarú körön belül van.** (Hagyományos szennyezőanyagok tekintetében ez tekinthető a levegős hatásterületnek.)

A szükségáramforrásokat működtető dízel-aggregátorok pontforrásaira (bár azok működési ideje jóval a jogszabály által határértékhez kötött 50 üzemóra alatt van, átlagosan 16-17 óra/év) – az általános gyakorlattól eltérően – terjedési modellt készítettünk. A terjedési modellt mindkét berendezés forrásaira elvégeztük. A PIELSTICK típusú pontforrások jellemzője – a kisebb teljesítményű, 15 D100 típusú berendezésekével szemben –, hogy azok forrásai alacsonyabbak (6 méter), a távozó kipufogógáz mennyisége és az emisszió kisebb. A terjedési modellezés során a jogszabály által előírt hatásterület vizsgálatánál a PIELSTICK típusú pontforrások esetében 495 méteres hatásterület határt, míg a nagyobb teljesítményű 15 D100 típusú pontforrások esetében 590 méteres hatásterület határt állapítottunk meg.

Az elvégzett utólagos számítások alapján megállapítható volt, hogy bár a kisebb teljesítményű 15 D100 típusú berendezések fajlagos emisszió értéke (mg/m³) nagyobb, a hatásterület nagysága közel azonos a nagyobb teljesítményű PIELSTICK típusú berendezésekével. Ez annak a következménye, hogy a kipufogó gázok a teljesítmény arányában kisebbek (így kisebb lesz a szennyező anyag tömegárama), valamint a kibocsátó kürtő magasabb, tehát a kibocsátott szennyező anyagok nagyobb híguláson mennek át. Azaz a két különböző teljesítményű, és emissziójú berendezés hatásterülete belül marad az erőmű területén, és lakott területet semmiféle módon nem érint.

Hangsúlyozni kell, hogy **az erőmű telekhatárán kívül** a vizsgált dízel-generátor üzemkészséget ellenőrző működtetéséből származó vizsgált kibocsátások hatására, **a kialakuló légszennyező anyag koncentrációk – az alap szennyezettséget is figyelembe véve – jóval kisebbek, mint a vonatkozó légszennyezettségi határértékek** (a telekhatáron, a szén-monoxid esetén a légszennyezettségi határérték megközelítőleg 14 %-a, nitrogén-oxidok esetén pedig 29 %-a). A részletes modellezést a 4. mellékletben mutatjuk be.

A festőműhelyhez tartozó pontforrások kibocsátásait az 5.17. és 5.18. táblázatokban részletezzük.

5.17. táblázat: Festőműhelyhez tartozó P15 – P16 pontforrások szervesanyag kibocsátásai

Szennyezőanyag		Koncentráció (mg/m ³)		Tömegáram (kg/h)
megnevezés	osztály	számított	h.é.	számított
xilol	B	10,52	100	0,200
toluol	B	27,36	100	0,520
izo-butyl-alkohol	C	0,84	150	0,016
etil-acetát	C	5,05	150	0,096
lakkbenzin	B	16,84	100	0,320
izo-butyl-acetát	C	3,36	150	0,064
n-butyl-acetát	C	2,52	150	0,048
Összes B osztályú anyag		54,72	100	1,04
Összes C osztályú anyag		11,77	150	0,224
Összes szerves anyag		71,96	150	1,264

5.18. táblázat: Festőműhelyhez tartozó P15 – P16 pontforrások szilárd emissziójának nagysága

Szennyezőanyag		Koncentráció (mg/m ³)		Tömegáram (kg/h)
megnevezés	osztály	számított	h.é.	számított
P15 pontforrás				
szilárd	O	0,42	150	0,008
cink-kromát	B	< 0,1	1	0,0003
P16 pontforrás				
szilárd*	O	10,52	150	0,2
cink-kromát*	B	0,4	1	0,008

* A számított értékek festékszórás esetére érvényesek. A festőműhely kezelési utasítása szerint festékszórás csak a festőfülkében (P15 pontforrás) történhet. A kenéssel történő festés következtében a P16 pontforráson tényleges szilárd anyag és cink-kromát emisszió nem várható. A tényleges emisszió a 47478-15/2003. sz. ADUKÖFE határozat alapján 2004. évtől méréssel kerül meghatározásra.

A telephelyen további két, helyhez kötött dízelmotorral hajtott tűzivíz szivattyú található. A hozzájuk tartozó pontforrás jele: P17, ill. P18. A források magassága 5,215 m. A vizsgált berendezések: 2 db dízelmotor hajtású tűzivíz szivattyú, teljesítményük 209 kW/db. Kibocsátásaik az 5.19. táblázatban szerepelnek.

A P17, P18 jelű pontforrásokra vonatkozó levegővédelmi előírásokat az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség 42131-2/2001. számú szakhatósági állásfoglalása tartalmazza.

5.19. táblázat: A P17 és P18 forráson át távozó légszennyező anyagok mennyisége

Pontforrás jele	Légszennyező anyag	Mennyiség (kg/h)
P17	kén-dioxid	0,02500
P17	szén-monoxid	0,37620
P17	nitrogén-oxidok	0,75000
P17	szilárd	0,05434
P17	korom	0,03250
P18	kén-dioxid	0,02500
P18	szén-monoxid	0,37620
P18	nitrogén-oxidok	0,75000
P18	szilárd	0,05434
P18	korom	0,03250

A kialakuló légszennyezettség minősítésére az 1.3.3.4. pontban ismertetett négy kategória felállítására került sor. Az erőmű levegőminőségre gyakorolt hatásait vizsgálva az erőmű teljes élettartama alatt (előkészítő fázis, működési fázis, felhagyási fázis) – beleértve az üzemidő hosszabbítást is – a hagyományos légszennyező anyagok közül a festő üzem emissziói közül minden szennyező anyag jóval határérték alatti emissziójú. A dízel-aggregátok esetében a kibocsátások – a telekhatáron kívüli légszennyezettség kialakulását véve figyelembe – **semlegesnek** minősíthető mind a három fázis esetében. Ugyanez mondható el a festőfülke pontforrásainak tekintetében, ugyanis a kibocsátott mennyiségek semmilyen módon nem jutnak ki az erőmű területéről – tekintettel a források kis magasságára, illetve az emissziók kicsiny mennyiségére. Ez utóbbi forrás (festőfülke) esetében a felhagyási fázist nem is kell vizsgálni.

5.4.1.2.4. A közlekedés légszennyező hatása

A közúti közlekedés hatása két forrásból származik: a 6.sz. országos főközlekedési útról, az erőműhöz vezető két út forgalmából. Ez utóbbihoz kapcsolódik a bejárat körüli ki- és bemenő forgalom.

A **6.sz. országos főútvonal** légszennyező hatását a forgalmi adatok alapján végzett modell-számításokból ismerjük. A 6 számú főközlekedési útvonal mellett tervezett M6 autópálya, illetve az M6 – 65 számú gyorsforgalmi út beruházása kapcsán, a VÁTI – mint generáltervező – megbízásából (2000-ben) készült hatástanulmány tartalmazza ezeket a számításokat. A számításokhoz – mint minden közlekedési emisszió meghatározásához – a Közlekedéstudományi Intézet Rt. (KTI) által meghatározott fajlagos emisszió értékeket használták fel. A tervezett autópálya megvalósítása kedvezően fogja befolyásolni a jelenlegi 6. számú útvonal forgalmát. Az erőmű élettartamának meghosszabbítása következtében egyébként semmilyen forgalomművekedéssel nem kell számolni.

E szerint a Paksot érintő szakaszon a forgalom által okozott szennyeződés [120/2001.(VI.30.) Kormány rendelet „a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról szóló 21/2001. (II. 14.) Korm. rendelet módosításáról” figyelembe vételével], az úttengelytől 50 m távolságban, a legkedvezőtlenebb meteorológiai körülmények mellett:

- szén-monoxid $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- nitrogén-dioxid $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Határértéket meghaladó koncentráció a számítások szerint az útpadkánál sem fordul elő.

Az **erőműhöz vezető északi és déli út mentén, valamint az erőmű területén** a ki- és bemenő forgalomnak kitett helyen, méréseket végeztünk. A mérések a fűtési (március) és nem fűtési (május) időszakban, 2x1 hónapos időtartamban történtek. Mértük a nitrogén-dioxid, a szálló por, az ülepedő por és a szén-monoxid szennyezettséget.

A mérőpontokat az alábbi helyeken jelöltük ki:

1. mérőpont: Déli bejáró út mellett
2. mérőpont: Északi bejáró út mellett
3. mérőpont: az erőmű területén, a tűzoltószertárnál

Mérések időtartama: 2003. március 11. - április 08.

2003. április 29. - május 27.

A NO₂, szálló- és ülepedő por méréseket az OKK-Országos Környezetegészségügyi Intézet, a CO méréseket az ENVIPLUS Kft. Mérnöki Iroda végezte. A mérési módszereket és az eredmények részletes ismertetését a mérési jegyzőkönyvek tartalmazzák. (Ülepedő por mérésre csak a 3. sz. mérőhelyen kerülhetett sor, mivel csak ott álltak rendelkezésre a méréshez szükséges feltételek (energiaellátás).

A fűtési időszak eredményei

- A **nitrogén-dioxid** szennyezettség alacsony volt. Mértéke nem tért el lényegesen a mérés négy hetében, 5-17,5 µg/m³ tartományban változott, legmagasabb a harmadik héten volt. A területi eloszlást tekintve a legmagasabb szennyezettséget mindegyik időszakban a 2. mérőponton tapasztaltuk. A négy időszakból háromszor az 1. mérőpont bizonyult a legalacsonyabb szennyezettségű területnek. Az 5.20. táblázat az átlagolt eredményeket tartalmazza. (A táblázat a mérési pontosságnak megfelelő, kerekített értékeket tartalmaznak).
- Az **ülepedő por** szennyezettség a 3. mérőponton bizonyult a legmagasabbnak, de itt is csak a határérték 50%-a, 8 g/m² * 30 nap volt.
- A **szálló por (PM10)** szennyezettség a második és harmadik héten 10%-kal, ill. 42%-kal meghaladta a határértéket. Az első és utolsó vizsgálati héten a határérték alatt maradt a szennyezettség. A koncentrációk 43 és 71 µg/m³ közöttiek. A por döntő mértékben a kötetlen talajról származik.
- A **szén-monoxid** koncentrációk a 2. mérőhelyen voltak a legnagyobbak. Minden mérés jóval határérték alatti, a koncentrációk 750 és 2200 µg/m³ között voltak.

5.20. táblázat: A 2003. márciusában mért szennyezettség

Időszak	1. mérőpont	2. mérőpont	3. mérőpont
Nitrogén-dioxid (µg/m³)			
1. hét	6	12	8
2. hét	8	15	7
3. hét	12	18	16
4. hét	5	8	7
Ülepedő por (g/m², 30 nap)			
teljes hónap	1,0	6,0	8,0
Szállópor PM₁₀ (µg/m³)			
1. hét	na.	na.	48
2. hét	na.	na.	55
3. hét	na.	na.	71
4. hét	na.	na.	43

Időszak	1. mérőpont	2. mérőpont	3. mérőpont
Szén-monoxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
1. hét	1390	1980	1040
2. hét.	1160	1520	1400
3. hét	1610	2200	1680
4. hét	750	870	810

A fűtés nélküli időszak mérési eredményei

- A **nitrogén-dioxid** szennyezettség alacsony volt. Mértéke nem tért el lényegesen a mérés négy hetében, $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tartományban változott, az első és második héten volt magasabb. A területi eloszlást tekintve a legmagasabb szennyezettséget mindegyik időszakban a 2. mérőponton tapasztaltuk. A négy időszakból háromszor az 1. mérőpont bizonyult a legalacsonyabb szennyezettségű területnek. Az 5.21. táblázat az átlagolt eredményeket tartalmazza.
- Az **üledő por** terhelés egyenletes, jóval a határérték alatti, $6\text{--}7 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 30 \text{ nap}$ volt. A 3. mérőhelyen idegen beavatkozás miatt a minta értékelhetetlen volt.
- A **szálló por (PM₁₀)** szennyezettség a második héten kissé meghaladta a határértéket. A koncentrációk 23 és $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ közöttiek. A por döntő mértékben a kötetlen, homokos talajról származik.
- A **szén-monoxid** koncentrációk a 2. mérőhelyen voltak a legnagyobbak. Minden mérés jóval határérték alatti, a koncentrációk 950 és $2420 \mu\text{g}/\text{m}^3$ között voltak.

5.21. táblázat: A 2003. májusában mért szennyezettség

Időszak	1. mérőpont	2. mérőpont	3. mérőpont
Nitrogén-dioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
1. hét	11	15	12
2. hét.	9	20	9
3. hét	5	15	8
4. hét	8	17	9
Üledő por ($\text{g}/\text{m}^2, 30 \text{ nap}$)			
teljes hónap	6	7	*
Szállópor PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
1. hét	na.	na.	31
2. hét.	na.	na.	54
3. hét	na.	na.	23
4. hét	na.	na.	27
Szén-monoxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
1. hét	950	1200	800
2. hét.	1440	2420	1750
3. hét	1200	1800	1540
4. hét	1330	1300	1120

* idegen beavatkozás, nem értékelhető

A közúti forgalomból származó emissziók bemutatása

A 2000. évi forgalmi adatok szerint az atomerőmű körzetében az összes forgalom nagysága a 6. sz. főközlekedési úton: 9963 jármű/nap (KTI forgalomszámlálási adatok alapján). Ebből, az erőműhöz irányuló forgalom nagysága összesen, átlagosan 1000 jármű/nap. A csúcsóra forgalom a napi forgalom 10 %-a. Az ebből származó emisszió nagysága:

- 6. sz. út forgalma alapján: CO 6500 g/km, óra; CH 1600 g/km, óra; NO_x 3000 g/km, óra; SO₂ 40 g/km, óra;
- az atomerőműhöz bevezető út forgalma alapján: CO 650 g/km, óra; CH 160 g/km, óra; NO_x 300 g/km, óra; SO₂ 4 g/km, óra.

A számításokhoz a Közlekedéstudományi Intézet Rt. által kidolgozott fajlagos értékeket használtuk.

5.4.1.2.5. A jelenlegi légszennyezettség értékelése a mérések alapján

A légszennyezettség egészségügyi határértékeit az 5.22. táblázat tartalmazza, kivonatosan.

5.22. táblázat: Légszennyezettség egészségügyi határértékei (µg/m³)

Egyszerűsített kivonat, tűréshatár nélkül, a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 14/2001. (V.9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelet módosításáról szóló 4/2004. (IV.7.) KvVM-ESzCsM-FVM együttes rendelet alapján

Légszennyező anyag	órás (µg/m ³)	24 órás (µg/m ³)	éves (µg/m ³)
Kén-dioxid	250	125	50
Nitrogén-dioxid	100	85	40
Nitrogén-oxidok	200	150	70
Szén-monoxid*	10 000	5 000*	3 000
Szálló por PM ₁₀	-	50	40
Szálló por TSPM	200	100	50
Ólom	-	-	0,3
Benzol ***	-	10	5
Napi 8 órás mozgó átlagkoncentrációk maximuma (µg/m³)			
Ózon	120**		
	30 napos (g/m², 30 nap)	éves (t/km², év)	
Üledő por, nem toxikus	16	120	

* napi 8 órás mozgó átlagkoncentrációk maximuma

** a maximum értékeket a 8 órás mozgó átlagértékekből kell kiválasztani az órás átlagok alapján

*** rákkeltő légszennyező anyag

A Paksi Atomerőmű környezetében végzett méréseket összefoglalóan az alábbiak szerint értékelhetjük. (Lásd 5.23. táblázat és az 5.6. – 5.10. ábrák.)

5.23. táblázat: A légszennyezettség átlagértékei a Paksi Atomerőmű környezetében 2003.

Mérőhely	Időszak	Nitrogén-dioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Szén-monoxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	szálló por ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ülepedő por ($\text{g}/\text{m}^2_{30 \text{ nap}}$)
1. mérőhely	fűtési félév	8	1228	-	0,9
	nem fűtési félév	8	1230	-	6,1
2. mérőhely	fűtési félév	13	1643	-	5,6
	nem fűtési félév	17	1680	-	7,1
3. mérőhely	fűtési félév	9	1233	54	8,0
	nem fűtési félév	9	1303	34	-
Összes mérőhely	fűtési-nem fűtési félév átlaga	10,7	1385	44	5,5

1. mérőhely Déli bejáró út mellett

2. mérőhely Északi bejáró út mellett

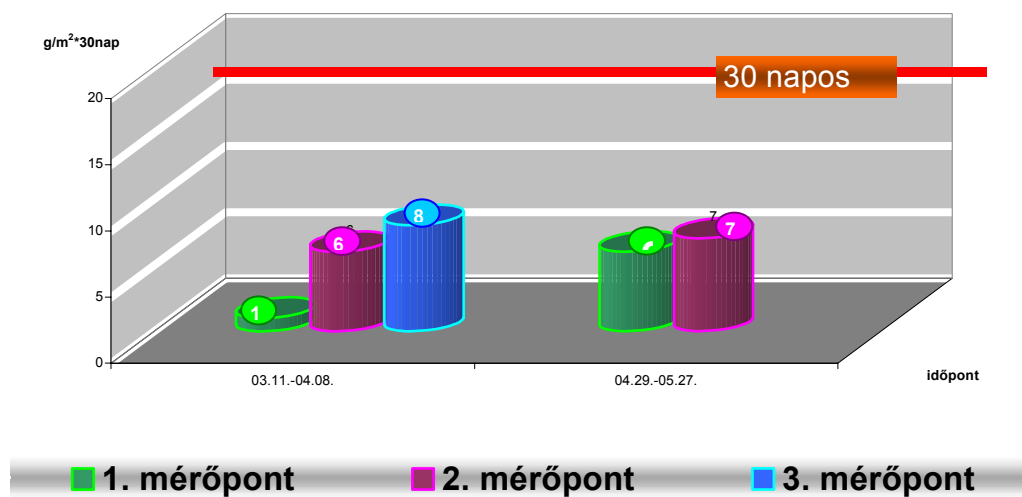
3. mérőhely Tűzoltószertár mögött

A táblázatból az alábbi következtetések vonhatók le:

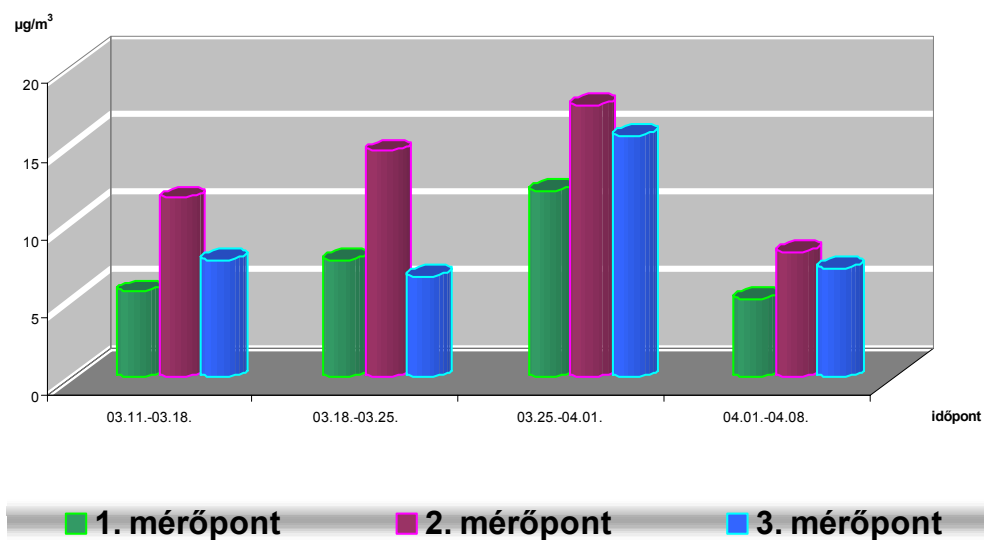
- A két mérési ciklus átlaga minden vizsgált anyagra nézve határérték alatti. Az ülepedő por, a nitrogén-dioxid és a szén-monoxid koncentrációk jóval a megengedett érték alatt voltak. A szálló por terhelés viszont többször meghaladta a megengedett értéket.
- A fűtési és fűtés nélküli időszak eredményei közt nincs szignifikáns különbség, kivétel az ülepedő porterhelés, amelyik a fűtés nélküli időszakban nagyobb.
- A nitrogén-dioxidra és a szén-monoxidra nézve a 2. mérőhely (Északi bejáró) szennyezettebb a másik kettőnél. A mérőpont itt közelebb esett az úthoz.
- **A szálló por bizonyult a kritikus szennyező anyagnak.** A 8 mérésből 3 napon fordult elő határérték feletti koncentráció. A túllépés mértéke 8-42% között volt. A szálló por, becsülhetően döntő részben a kötetlen, homokos talajról kerül a levegőbe.
- A bevezető utakról és az erőmű területéről származó légszennyezettség nem érint lakóterületet. Az üzemben keletkező légszennyeződés hatása gyakorlatilag nem terjed túl az üzem területén, ahol is a munkahelyre érvényes munkavédelmi határértékek érvényesek.

Az atomerőmű környezetében a „hagyományos” (nem sugárzó) légszennyező anyagok koncentrációja nem olyan mértékű, hogy egészségkárosodást, vagy kellemetlen, zavaró hatást okozhatna. Más környezeti, ökológiai kárt a légszennyezettség nem okoz. A védőerdőre nézve a mért légszennyezettség nem ártalmas, annak hatása a levegő minőségére igen előnyös.

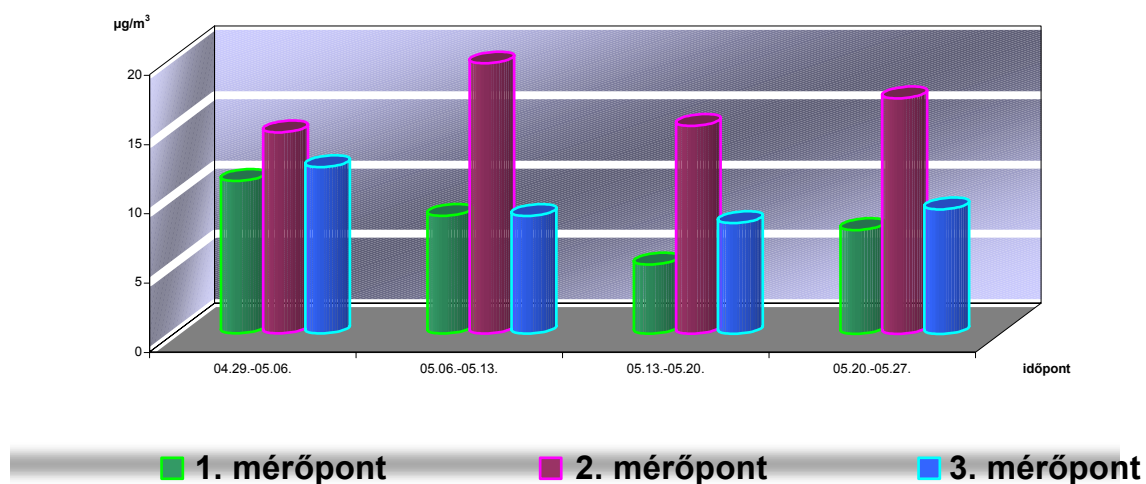
5.6. ábra: Ülepedő por terhelés
Paks, 2003.03.11. - 05.27.



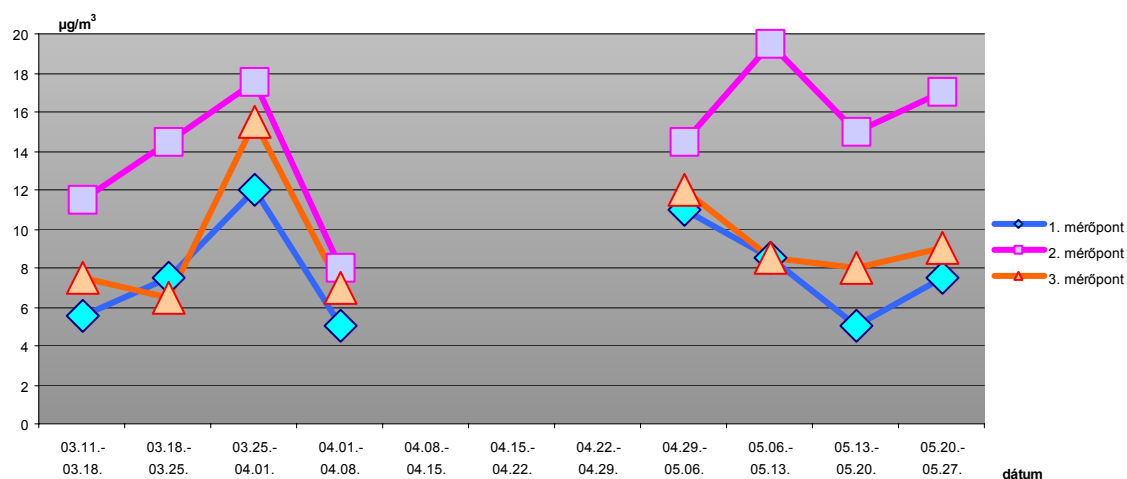
5.7. ábra: Nitrogén-dioxid heti átlagszennyezettség
Paks, 2003.03.11. - 04.08.

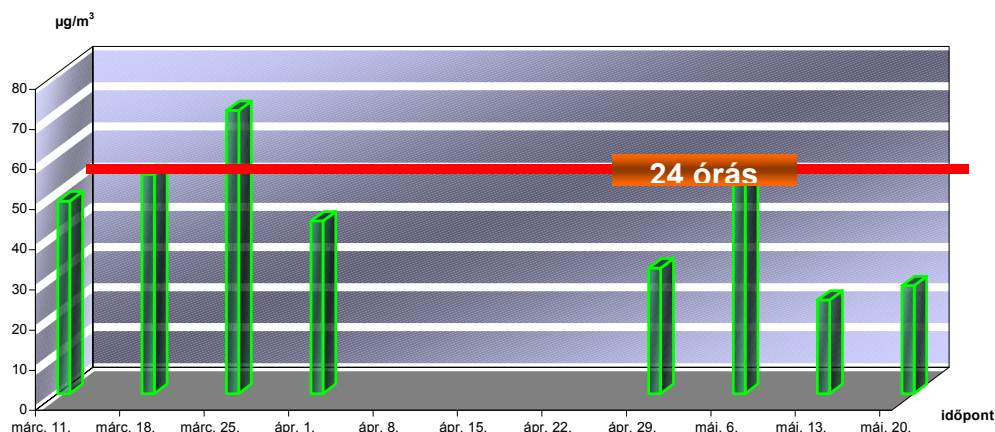


5.8. ábra: Nitrogén-dioxid heti átlagszennyezettség
Paks, 2003.04.29. - 05.27.



5.9. ábra: A Nitrogén-dioxid szennyezettség változása
Paks, 2003.04.29. - 05.27.



5.10. ábra: Szálló por (PM₁₀) szennyezettség**Paks, 2003.03.11. - 05.20.****5.4.1.3. A légszennyezettséget befolyásoló meteorológiai és környezeti tényezők**

Az atomerőmű Paks várostól délkeletre fekszik, így a városból származó közlekedési, ipari, szolgáltatási, lakossági eredetű légszennyeződés az igen gyakori észak-nyugati szélirányok mellett jut az erőmű környezetébe, és viszont: az erőmű felől a ritkább dél-keleti szelek a város felé szállítják a szennyezettséget.

Az ún. „hagyományos” (nem sugárzó) légszennyező anyagok esetében az atomerőmű környezetében a város hatása a domináns. Az erőmű ilyen típusú emissziói minimálisak. A 6. főútvonal felől a nyugatias komponensű szelek szállítják az erőmű felé a közlekedési emissziókat.

A turbulens tulajdonságú északi és nyugati szelek a szennyezettség hígulását elősegítik, míg a lamináris délies szelek, valamint a szélcsendes időszakok a szennyezettség halmozódásának kedveznek.

A szélirányok, az erőmű kezelésében működő meteorológiai mérőrendszer 20 m magasságban mért adatai az 5.24. táblázat szerint alakulnak. A táblázatban a 2002-ben végzett mérések eredményeit havi bontásban mutatjuk be. A március hónapra jellemző szélirányok túlnyomó részben északi komponensűek, a májusi időszakban emellett gyakoriak a déli, dél-keleti szélirányok is. Az év folyamán márciusban és januárban a leggyakoribb a szélcsendes légállapot, ami a szennyezettség halmozódását segíti elő.

A légszennyezettség alakulása szempontjából fontos tényező a terület domborzata és növénytakarója. Az erőmű és a város közötti térség sík, a szennyezettség hígulását a domborzat nem akadályozza. Az atomerőmű létesítése során jelentős kiterjedésű védőerdőt telepítettek, mely napjainkra zárt erdőssé alakult. Ennek tisztító-szűrő hatása döntő módon hozzájárul ahhoz, hogy a közlekedési eredetű szennyeződés a területen minimális. A 6 sz. főútvonal szennyező hatását az erdő gyakorlatilag elszigeteli az erőműtől.

A levegő minősége – az erőmű főbejárata és parkolója környezetének kivételével – érzékszervileg is tiszta benyomást kelt.

5.24. táblázat: A havi szélirány gyakoriságok 2002-ben a PA Rt. mérőtornyának 20 m-es szintjén

szélirány ± 5 [°]	Gyakoriság [%]												
	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.	átlag
10	2,2	2,3	3,1	5,7	3,7	2,8	3,8	3,0	5,5	2,4	1,5	2,3	3,2
20	1,8	1,5	2,6	4,4	2,1	1,5	4,2	3,5	7,6	1,4	1,1	2,0	2,8
30	2,4	1,3	2,8	2,9	2,1	2,3	6,5	6,5	12,0	1,5	1,1	3,1	3,7
40	2,7	2,9	1,9	4,9	2,3	2,2	4,6	6,0	8,1	2,9	1,0	9,0	4,0
50	2,0	3,6	1,7	4,1	1,7	1,5	3,1	3,5	4,8	4,1	1,3	6,6	3,2
60	2,2	3,8	1,9	4,1	1,2	2,6	2,2	3,3	3,3	4,3	1,9	8,0	3,2
70	2,9	3,6	1,3	3,9	1,4	2,3	2,1	2,7	2,1	1,7	2,4	6,7	2,8
80	1,2	2,3	0,8	3,3	1,7	1,9	1,6	1,7	1,4	0,8	2,8	6,2	2,1
90	0,4	0,5	0,5	1,3	1,0	1,6	0,7	1,6	0,6	0,4	1,6	1,5	1,0
100	0,4	0,3	0,6	0,9	0,9	0,9	0,4	1,5	0,5	0,6	1,4	1,7	0,8
110	0,4	0,3	0,4	1,1	1,1	2,0	0,9	2,3	0,6	1,3	2,7	5,5	1,6
120	0,4	0,4	0,5	1,1	1,0	1,1	0,7	1,5	0,3	0,5	1,8	1,6	0,9
130	0,2	0,7	1,5	4,4	3,8	1,3	0,9	1,8	0,3	0,8	3,7	3,0	1,9
140	0,2	1,1	2,7	3,4	5,2	1,9	1,0	3,8	0,7	1,6	7,0	6,6	2,9
150	0,2	1,6	5,4	2,2	6,8	1,1	1,5	2,6	0,6	2,2	5,3	5,8	3,0
160	0,8	2,4	4,5	1,3	6,6	2,0	2,4	1,7	0,5	3,2	5,8	3,0	2,9
170	1,5	2,5	4,0	1,9	4,7	1,9	2,7	1,7	0,5	5,1	9,3	1,7	3,1
180	4,5	4,3	4,0	2,3	5,0	3,0	3,2	1,9	0,4	5,2	8,8	2,3	3,7
190	6,5	5,2	3,7	1,8	4,4	2,7	3,8	2,3	0,4	7,0	6,7	2,2	3,9
200	4,4	4,4	2,3	0,9	2,9	2,7	3,1	1,8	0,4	5,5	3,6	1,1	2,7
210	3,1	3,4	2,1	0,7	2,5	2,7	2,0	1,5	0,8	2,5	2,2	0,7	2,0
220	3,6	4,9	1,7	0,6	1,3	4,0	2,0	1,2	1,3	2,5	2,0	0,6	2,1
230	4,3	4,7	1,9	0,9	1,1	3,0	1,6	1,6	1,2	2,2	2,8	0,4	2,1
240	4,6	5,0	2,1	1,6	1,1	1,9	0,9	1,3	1,6	2,4	1,8	1,2	2,1
250	4,7	3,6	1,7	1,5	0,7	1,5	1,0	1,5	2,4	2,0	1,7	0,9	1,9
260	5,6	3,0	1,5	1,2	0,7	1,4	1,0	1,6	1,6	1,9	1,4	0,7	1,8
270	6,1	3,1	1,8	1,3	0,6	1,0	0,9	1,6	1,8	1,5	1,4	0,3	1,8
280	4,8	2,2	1,6	1,1	1,3	1,2	1,4	1,6	1,6	1,4	1,1	0,4	1,6
290	3,5	2,1	1,8	1,5	0,9	1,5	2,1	1,7	1,9	1,0	1,3	0,5	1,6
300	2,5	2,4	1,7	1,6	0,9	1,6	2,8	2,4	2,4	1,6	1,3	0,9	1,8
310	2,4	2,8	2,2	2,7	1,3	2,4	2,4	2,3	3,2	2,5	1,5	1,2	2,2
320	2,6	2,1	3,4	3,5	1,8	3,4	3,4	3,0	4,5	4,6	1,6	1,3	2,9
330	2,4	3,1	3,4	4,6	3,6	5,7	4,5	4,1	5,3	5,8	2,5	2,2	3,9
340	4,0	3,8	5,5	5,1	6,5	12,0	8,4	8,0	6,7	6,2	2,3	2,2	5,9
350	4,0	5,0	12,0	8,1	8,8	9,5	8,6	7,4	6,8	6,2	2,1	3,7	6,8
360	2,4	3,2	7,6	7,7	6,3	6,2	6,3	3,5	5,8	2,8	2,5	2,6	4,7
szélcsend	2,3	0,3	2,3	0,6	0,9	2,2	1,6	0,7	0,9	0,5	0,0	0,4	1,1

5.4.2. Az erőmű léte és működése miatt kialakuló mezoklimatikus változások

A Paksi Atomerőmű és környezete lényeges meteorológiai paramétereit a 4.3.2. fejezetben foglaltuk össze. Ebben a részben mind a létesítés előtti állapotra, mind a működés közbeni állapotra kitértünk.

A működő erőmű levegőkörnyezetre gyakorolt mezoklimatikus hatása két hatótényező által meghatározott. Az egyik az erőmű ún. hőszennyezése (a hűtőrendszeren keresztül jelentkező hőkibocsátás, a vízűtés miatt jelentkező vízgőz, a Duna magasabb hője miatti hőterhelés). A másik maga a telephely léte, pontosabban a beépített területek miatt jelentkező ún. urbánus (városi) hatások. Az első összetevő minden hőerőműnél jellemző, a második pedig bármely kiterjedt beépítési területtel járó létesítmény sajátossága.

5.4.2.1. A hőterhelés elvi hatásai

A Paksi Atomerőmű hűtőrendszerén keresztül végbemenő hő- és vízgőzkibocsátás egyes éghajlati elemekben lokális változásokat okoz. A hűtési folyamattól függhet a köd- és felhőképződés, ezeken keresztül a csapadék és zivatar tevékenység. A hatások területi kiterjedését a forrás jellege és a meteorológiai paraméterek együttesen határozzák meg. Eddigi ismereteink szerint – bár a mezoklimatikus hatások célzott vizsgálata csak a telephely jellemzési program kereteiben indult meg – ezek a hatások csak lokálisan az atomerőmű közvetlen környezetét, illetve a Duna hőszennyezése miatt a szűkebb folyó-völgyet érintik. **Az atomerőmű létesítése óta folyamatosan végzett meteorológiai mérési eredmények ugyanis a mért paraméterekben jellegzetes változásokat nem mutattak ki.**

A mezoklimatikus változások következők lehetnek: A Paksi Atomerőmű 4 blokkját frissvízhűtéses rendszerrel alakították ki. A vízfogyasztás átlagosan 100-110 m³/s, a maximálisan engedélyezett vízfogyasztás 220 m³/s (a hidegvízcsatornából kivehető víz maximális mennyisége). A frissvíz-hűtéses hűtőrendszerek esetében a párákód megjelenési gyakorisága a folyó hővel terhelt szakaszának környezetében emelkedhet. A telephely jellemzési program keretében végzett hőkamerás légifelvételek cáfolták korábbi becsléseinket, mely szerint szélsőséges esetben 10-80 km után csökken a Duna ún. "túlhőmérséklete" 1°C alá. Eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a 4 blokk együttes működése esetén is a Sió torkolatáig ez a csökkenés lejátszódik. E miatt rosszabb látási viszonyok ebben a mintegy 30 km-es körzetben az átlagosnál gyakrabban fordulhatnak elő a Duna közvetlen körzetében.

A hőszennyezés feláramlást is eredményez. Figyelembe véve a nedvességviszonyokat, ez oka lehet cumulus (gomoly v. "szép idő") felhőképződésnek, esetleg zivatarok kialakulásának. A felhő- és ködképződés lehetséges növekedésével párhuzamosan természetesen csökkenhet a napsütéses órák száma a térségben. A frissvíz-hűtéses rendszer esetében kicsi a konvektív-aktivitás, mivel a hőszennyezés nagy felületen oszlik meg, és ekkor inkább csak a köd-gyakoriság növekedése várható. A fentiek mellett a magas párákicsapódás miatt a téli félévben a környéken növekedhet a talajszintű jegesedés is.

5.4.2.2. A hőszennyezés miatt várható mezoklimatikus változások mérési és értékelési programja

A telephely jellemzési program keretében az Országos Meteorológiai Szolgálat mérési és adatértékelési tevékenységet végez a Paksi Atomerőmű által, a Dunát terhelő hőszennyezés

feltárása érdekében. A vizsgálathoz 4 db automata meteorológiai mérőállomást telepítettek az atomerőmű körzetében, 2-2 db a Duna mindkét partján.

Az említett mérőállomások a következő helyeken találhatók:

- Az erőműből kijövő melegvíz csatorna és a Duna találkozási pontjánál (a mérőállomás megnevezése: **Melegvíz**);
- A Melegvíz mérőhely felett a Duna jobb partján az atomerőműhöz tartozó evezős sporttelepen (a mérőállomás megnevezése: **Sporttelep**);
- A Melegvíz mérőhellyel szemben a Duna bal partján, Dunaszentbenedeken, közvetlenül a Duna partján (a mérőhely megnevezése: **D-szentbenedek**);
- A Duna bal partján, Uszód község külterületén az ún. „Barákai-vízmű” mellett (a mérőhely megnevezése: **Uszód**).

Az említett mérőhelyek mindegyike azonos mérési programmal működik és ugyancsak azonosak a mérési programhoz használt mérőeszközök is. A mért meteorológiai paraméterek a következők:

- Léghőmérséklet 2 m-es magasságban (HMP35 kombinált léghőmérséklet, légnedvesség érzékelő, távadó);
- Légnedvesség 2 m-es magasságban (HMP35 kombinált léghőmérséklet, légnedvesség érzékelő, távadó);
- Szélsebesség 10 m-es magasságban (WAA151 szélsebesség távadó);
- Szélirány 10 m-es magasságban (WAV151 szélirány távadó).

A mérőállomások 2002. június 1-től működnek, tehát jelenleg mégcsak 1 éves mérési periódus eredményei állnak rendelkezésre, melyek még nem elegendők a hatások értékelésére.

2003.07.01.-től a Sporttelep mérőállomás mérési programja egy globálsugárzás mérővel egészült ki, amely igen hasznos paraméter az időjárási helyzetek kategorizálásánál. Ezen túl, ugyancsak 2003.07.01.-től, egy új mérőállomás lett telepítve a Duna jobb partjára, kb. 200 m-rel lejjebb a Melegvíz mérőállomástól. (A mérőállomás megnevezése: **Melegvíz 2.**) Az új mérőállomáson, a többi mérőhellyel ellentétben, csak léghőmérséklet és légnedvesség mérések folynak.

5.4.2.2.1. Mérési körülmények

Melegvíz

A mérőállomás a Duna és az atomerőmű melegvízes csatornájának találkozási pontjánál található. A mérőhely 180 és 360 fok között, – tehát nyugati irányban – nagyjából nyitott; összefüggő, jelentősebb méretű természetes, vagy mesterséges akadály a méréseket nem befolyásolja. Ellenkező a helyzet a keleti irányban, ahol a Duna ártéri erdejének összefüggő lombkoronája található. A mérőhelyen a szenzorok egy 10 m-es mérőoszlopon helyezkednek el.

Sporttelep

A mérőállomás az atomerőmű kezelésében lévő evezős sporttelep területén került telepítésre. A mérőhely elhelyezkedése (a Duna közelségétől eltekintve) teljesen megfelel a klímaállomásokkal szemben támasztott elvárásoknak, ezért ez a mérőállomás egyfajta referencia helyként kezelhető, mivel a mérőállomás mentesnek tekinthető a Dunába ömlő

melegvíz hatásaitól. A mérőhelyen a szenzorok úgy, mint a többi esetben is, 10 m-es mérőoszlopon helyezkednek el.

D-szentbenedek

A mérőállomás a Duna bal partján, nagyjából a Melegvíz mérőállomással szemben, közvetlenül a folyóparton helyezkedik el. A mérőhely 180 és 360 fok között a Duna felé nyitott, míg az ellenkező oldalon keleti irányban kb. 15-20 méteres magasságú ártéri erdő összefüggő lombkoronája korlátozza a méréseket. A szenzorok, ezen a mérőállomáson is 10 m-es mérőoszlopon kerültek elhelyezésre.

Uszód

A mérőállomás Uszód községtől déli irányban a Duna bal parti töltésén, az ún. „Baróka vízmű-telep” mellett található. A mérőeszközök elhelyezése a töltésen lévő, hajózási tábla elhelyezésére szolgáló betonoszlopon történt. A mérőhely gyakorlatilag minden irányba teljesen nyitott, s a töltés jellegéből adódóan a mérőhely a környezetéből kiemelkedik.

5.4.2.2.2. A tervezett program célja

A mérési és adatkiértékelési tevékenység célkitűzése, hogy egy mesterséges hőforrásnak a környezeti klíma alapvető meteorológiai paramétereire gyakorolt hatását megbecsülje. A feladatot nehezíti, hogy a természetes légköri folyamatok által képviselt energia mértékéhez képest, valószínűleg jóval kisebb energiát képviselő mesterséges hőforrás hatását kell tanulmányozni.

Nem kell különösebb szakmai jártasság ahhoz, hogy belássuk, a napsugárzás, a levegő vízszintes, vagy függőleges irányba történő mozgásakor szállított energia, esetenként teljesen elnyomhatja a vizsgálni kívánt hatást. Csak példaként említjük, hogy nyári, déli napsütés esetén a felszín albedójában jelentkező 10 %-os eltérés 1 m² területen kb. 0,1 W teljesítménykülönbséget képvisel.

A mérési adatsorokban a feltárandó hatást alapvetően a mérőállomások léghőmérséklet és légnedvesség adataiban keressük, míg a szélsébség és szélirány adatok a különböző helyzetek kategorizálására szolgálnak.

A mérőállomások által mért adatok megbízhatóságát egyrészt a rendszeres (általában 3 hetenként) állomásellenőrzések, másrészt az érzékelők évenkénti kalibrálása biztosítja. Az érzékelők előbb említett éves gyakoriságú kalibrálása megegyezik az OMSZ automata mérőhálózatában alkalmazott mérőszenzorok kalibrálási gyakoriságával.

5.4.2.2.3. Az első év megfigyeléseinek rövid összefoglalása

Az első egyéves mérési időszak mérési adatait vizsgálva az alábbi megállapításokat tehetjük:

- Az adatsorokból egyértelműen kitűnik, hogy egymással csak az azonos parton lévő mérőállomások adatai hasonlíthatók össze. A Duna hatása, főleg a hőmérsékleti adatsorokban, számottevő különbségeket okoz attól függően, hogy a mérőállomásokon a szél Duna felől, vagy azzal ellenkező irányból fúj. A jobb parton a Melegvíz mérőállomás adatait kell összehasonlítani a melegvíz hatásától mentesnek tekinthető Sporttelep adatsoraival. A bal parton a melegvíz hatását az

- uszódi adatsorokban kereshetjük a hatástól mentesnek tekinthető Dunaszentbenedeki mérőállomás adataihoz képest.
- **A jobb parton a Melegvíz mérőállomás hőmérsékleti adatsorában egyértelmű pozitív eltérés mutatható ki a Sporttelep mérőállomás adataihoz viszonyítva.**
 - Az említett **különbség erősebb alacsonyabb léghőmérsékletek esetén, ami nyugatias szeleknél még kifejezettebb.**
 - A Melegvíz és a Sporttelep léghőmérsékleti adatsorában jelentkező eltérések bizonyos időjárási helyzetekben (2, 4, 10, 12 kategóriák) ugyancsak hangsúlyosabban jelentkeznek.
 - A jobb parton a Dunába ömlő melegvíznek az alsóbb partszakaszok hőmérsékleti viszonyaira gyakorolt hatása az első éves mérési adatsorokból nem becsülhető meg, mivel a melegvíz beömlése alatti folyószakaszon nincs mérőállomás. Az ötödik mérőállomás telepítése és üzembe helyezése, 2003.07.01.-től ezen a helyzeten várhatóan lényegesen javítani fog.
 - A jobb parton lévő állomások légnedvességi adatsoraiban nem mutatkozik értékelhető különbség (a maximum $\pm 3\%$ -os eltérés a mérések megbízhatóságának szintjén van).
 - A bal parti mérőállomásokon azon esetekben, amikor a szél nem a Duna felől fúj, kb. $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ napi átlaghőmérséklet értékig nem mutatható ki hőmérsékleti különbség. Magasabb hőmérsékletek esetén, az uszódi adatsorok $0.5\text{--}0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ eltérést mutatnak. Ennek oka valószínűleg a mérőhelyek környezeti feltételeiben tapasztalható eltérés.
 - A bal parti mérőállomások adatsoraiban jelentkező különbségek várhatóan a téli időszakban, nyugatias, tehát a Duna felől fújó szél esetén mutatható ki a legnagyobb valószínűséggel. $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ napi átlaghőmérséklet értékig $0.1\text{--}0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ eltérések mutatkoznak. Annak ellenére, hogy az eltérések előjel szempontjából egyértelműnek tűnnek, az eltérések nagysága miatt szakmailag kérdéses, hogy valóban a melegvíz hatása látható-e. A nyári időszakban jelentkező jelentősebb eltérések ezekben az esetekben is a mérőállomások környezetében jelentkező különbségek magyarázhatják.

5.4.2.3. *Urbánhatás változása*

A Paksi erőmű és a hozzá kapcsolódó létesítmények elkészültük idején jelentősen módosították a felszín jellegét. A korábbi mezőgazdasági kultúrákat, a biológiailag aktív felületeket beépítették, ez jelentősen befolyásolta pl. a terület albedóját, a párolgási viszonyokat, a biológiai aktivitást.

A "városi*" (itt beépített terület) és a természetes felszín energiaháztartásának eltérése következményeként ilyen területeken az átlaghőmérséklet magasabb, mint a szomszédos területeken. A telephely és környékének "élete" (a gépkocsi mozgás, a légszennyezés, a hőkibocsátás, stb.), a létesítmény működése további befolyásoló tényezőként jelentkeztek. Az ilyen területeken a hőtöbblet erősítheti a záporok kialakulási feltételeit. A felszíni tagoltság és a környéktől eltérő hőháztartás a helyi légáramlási viszonyok, légmozgás módosulását is eredményezheti, melyek következményeként a párolgási, légnedvességi viszonyok is megváltozhatnak kistérségi viszonylatban.

* Azért nevezik e jelenséget urbánus (városi) hatásnak, mert legjobban a nagyvárosokban mutatható ki.

Természetesen létezik negatív, a városi hatást csökkentő visszacsatolási mechanizmus is. Ilyen pl. a felhőzet növekedése és/vagy a nagyobb szélsébség, mely csökkenti a kontrasztot a város és környéke között. Ugyanakkor ennek ellentmondó folyamatot jelent pl. az erőmű környezetében telepített véderdő és a nagyobb biológiai aktivitású zöldfelület. A kiépítést mezoklimatikus mérések nem előzték meg, így a beépítés, burkolás, illetve az ezzel ellentétes folyamatok következtében beálló változásokat számszerűsíteni nem lehet.

5.4.3. Az erőmű környezetében található felszíni vizek minősége, az ezeket érő hatások és az ezekből kiinduló hatásfolyamatok eredményei

Az előzetes környezeti tanulmányban a felszíni vizekkel kapcsolatosan a következő hatótényezők és hatásfolyamatok áttekintése szükséges:

- Vízkivétel a felszíni és felszín alatti vizekből;
- Használtvizek kibocsátása: a Duna mederváltozása és ennek következményei;
- Használtvizek kibocsátása: a melegvíz hatása a Duna vízminőségére;
- Használtvizek kibocsátása: a melegvizek hatása a Duna élővilágára;
- Használtvizek kibocsátása: a hőterhelés mikroklima befolyásoló szerepe (5.4.2. fejezetben megtörtént);
- Használtvizek kibocsátása: szennyvizek (ipari hulladék vizek, kommunális szennyvíz) hatásai (erre az 5.4.6. fejezetben térünk vissza).

E fejezetben az erőmű létesítése előtti állapothoz képest beálló változásokat igyekszünk megbecsülni.

5.4.3.1. Mennyiségi kérdések

5.4.3.1.1. Vízkivétel

Az atomerőmű vízkivétele részben felszíni, részben felszín alatti vizekből történik. Jelen fejezetben mindkettőre kitérünk.

Felszíni vízből történő vízkivétel

Felszíni vízből, azaz a Dunából a vízkivétel meghatározó eleme a hűtővízrendszerek táplálása. Az erőmű hűtővízigényét három alapvető technológiai rendszerhez kell biztosítani:

- a kondenzátorok hűtővízellátása,
- a reaktor üzemhez kapcsolódó biztonsági hűtővízellátás,
- az erőmű egyéb rendszereihez csatlakozó technológiai vízellátás.

A három rendszer közül a kondenzátorok hűtővízellátás vízigénye a meghatározó, mivel a biztonsági és az egyéb technológia hűtővízellátás nem éri el a kondenzátor hűtővízigény 5 %-át sem. A Paksi Atomerőmű a turbinakondenzátorok hűtésére 100-110 m³/s vizet emel ki a Dunából. A beépített szivattyúk 144 m³/s vízkitermelésre képesek. A 100-110 m³/s vízkivétel a legkisebb vízhozam kb. 1/8-a, s az átlagos vízhozamnak közel 5 %-a.

A hűtővíz rendszerek vízfogyasztására lekötött érték 3,1 milliárd m³/év (hatósági korlát). Az elmúlt évek tényleges vízfelhasználása azonban ez alatt maradt. (Lásd a következő, 5.25. táblázatot.)

5.25. táblázat: A Paksi Atomerőmű vízfelhasználásának adatai

Év	Hűtővíz felhasználás milliárd m³/év	Ebből frissvíz milliárd m³/év	Visszakeverés milliárd m³/év
1997	2,738	2,484	0,254
1998	2,780	2,525	0,255
1999	2,863	2,480	0,383
2000	2,898	2,610	0,288
2001	2,975	2,742	0,233
2002	3,019	2,709	0,310
Átlag	2,879	2,592	0,287

Az elmúlt évek legnagyobb mértékű hűtővíz felhasználása tehát 2,975 milliárd m³/év volt, amely 2,742 milliárd m³/év frissvíz kivételt jelentett az összes hűtővíz rendszerre megengedett 3,1 milliárd m³/évhez képest. Ez a hatósági korlátnak még a 90%-át sem éri el.

A hűtővízrendszer vízbevezetési oldalon (hidegvíz-csatorna) és vízelvezetési oldalon (melegvíz-csatorna) 100%-os kapacitástartalékkal rendelkezik azon oknál fogva, hogy a korábbi koncepció értelmében a rendszer az erőmű jelenlegi teljesítményének kétszereséhez épült ki. A jelenleg létező hidegvíz és melegvíz csatorna 220 m³/s méretezési értéke alapján a vízellátás szempontjából a jelenlegi helyzet módosulására nem kell számítani.

Felszín alatti vízből történő vízkivétel

A Paksi Atomerőmű vízellátása érdekében 9 db mélyfúrású kutat fúrtak, ezek a következők:

- Csámpa I. telepen: 1. 2. 3. és 7. jelű,
- Csámpa II. telepen: 1. 2. 6. jelű,
- 8. és 9. jelű kutak.

Jelenleg ezek közül az I/3., I/7., a II/2. és II/6., valamint a 8. és 9. számú kutak üzemelnek. Az I/1. jelű kút megfigyelő kútként szerepel, az I/2. jelű kutat a 21 269/19 82. sz. határozat szerint eltömedékelték. A II/1. jelű kút gázos volt, ezért eltömedékelték.

A csámpai vízműkutakból felhasználható engedélyezett vízmennyiség 350 000 m³/év. A tényleges éves fogyasztás azonban csak kb. 260 000 m³/év. A kutak termelőkapacitása az engedélyezetténél jóval nagyobb, tehát a rendszer itt is jelentős tartalékkal rendelkezik. (A vízkivételek „output” oldalát a hulladékokkal foglalkozó 5.4.6.2. pont részletezi.)

5.4.3.1.2. Az erőmű vízkivétele miatti mederváltozások

Az erőmű által felhasznált hűtővíz a Duna kisvízi vízhozamához képest jelentősnek mondható. Ez kétféle megközelítésből is problémát jelenthet: egyrészt a dunai mederváltozások, mederemelkedés, medersüllyedés nagy hatással lehetnek a kivehető vízmennyiségre, másrészt a vízkivétel környezetében végbemenő mederváltozások hidraulikai hatása is jelentős lehet [1], [2].

A Paksi Atomerőmű környezetének vizsgálata ezért – a 4.3.3. fejezetben bemutatott – 1967. évi állapotfelvétele során megkezdődött. Az atomerőmű üzembe helyezése után 1983-ban az 1967. állapotfelvétel keretszelvényeiben megismételték a méréseket. A két vizsgálatosorozat eredményeit összevetve feltárták az üzemeltetés során kialakult tényleges változásokat.

1983. novemberében, az első két blokk megépülte után, a Dunán kialakuló extrém kisvízi állapot rávilágított a hűtővízellátás kritikus voltára. A rendkívüli kisvízi állapot kialakulása bonyolult, több egymással összekapcsolódó folyamat hatásának vizsgálatát követelte meg.

Az 1983. novemberében kialakult kisvízi állapot okainak elemzésére számos kutatási munkát indítottak, melyek közül talán a legfontosabb a VITUKI Vízhajó Intézete által 1984 óta végzett és napjainkban is folytatott rendszeres mederfelmérés, vízállás és vízhozam mérés és az ehhez kapcsolódó ellenőrző számítások, elemzések. Az 1984. óta eltelt első 11 év kutatásairól, eredményeiről ad átfogó képet Laczay tanulmánya (1996) [2].

A Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési programja és a teljesítménynövelés vízjogi engedélyeztetésével kapcsolatosan, az elmúlt 5 évben a VITUKI Hidraulikai Intézete helyszíni, laboratóriumi és elméleti vizsgálatokat folytatott a Duna paksi környezetében. A következőkben ezen kutatásokra támaszkodva foglaljuk össze az erőmű tevékenysége miatt a Duna medrében beálló változásokat [7].

Folyószabályozás a paksi Duna-szakaszon

A Paksi Atomerőmű két nagysugarú folyókanyarulat között épült a jobb parton [3]. A Paksi Atomerőmű környezetét, a hidegvíz csatornával és melegvíz visszavezető művel, mutatja be az 1536-1522 fkm közötti Duna szakasz áttekintő térképe (5.11. ábra).

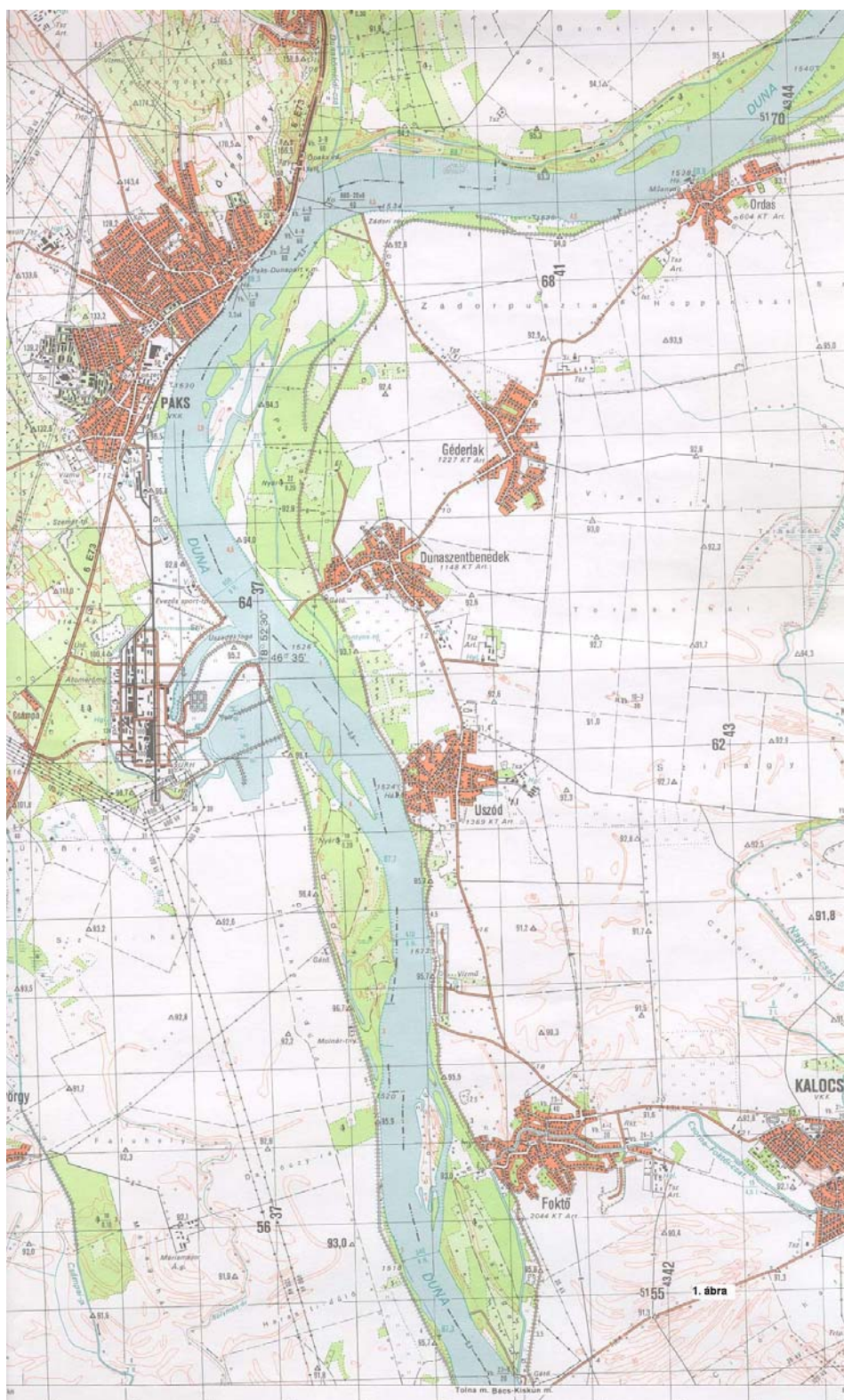
A felső jobbkanyar miatt a sodorvonal a vízkivételi mű felett rászorul a jobbpartra és a melegvíz visszavezetés után a felső Uszodi szigeti sarkantyú (1525+800 fkm) és az 55 vízrajzi nyilvántartási szelvényben lévő keresztgát hatására tolódik a mederközép irányába. A vízkivételi mű feletti Paksi sziget és a melegvíz csatorna alatti felső Uszodi sziget lezárása még az atomerőmű építése előtt megtörtént. A sodorvonal az alsó Uszodi szigetnél már szorosan a balparthoz simul, melyet elősegít a 1524+500 fkm-ben lévő, 1998-ban épített, az Uszodi szigettől induló sarkantyú.

A folyószabályozási művek által előidézett mederváltozások még nem fejeződtek be. A vízkivételi mű felett tart a balparti homokos mederrész növekedése a jobbpart felé. Ennek megakadályozására az 1529+500-1527+500 fkm szakaszon a meglévő sarkantyúsor 5 db sarkantyúval történő meghosszabbítását tervezik [5], [6].

A Paksi Atomerőmű hűtővíz ellátására gyakorolt hatása miatt meghatározó a finom homokból és kavicsból lévő barákai gázló (1522-1521 fkm). A szükséges kialakítást, a folyószabályozási művek beépítési helyét, hosszát, magasságát modellkísérlet alapján határozták meg. A jobbparti terelőmű, sarkantyúk építését 1996-97-ben kezdték el és 1998-ban fejezték be.

A holland-magyar környezeti és hajózási tanulmány legfontosabb következtetései

A medermorfológia taglalásánál a tanulmány megállapítja, hogy a folyó a szabályozások előtt, valószínűleg a túlszélesedés miatt, szigeteket képzett, ágakra szakadozott. A középvízi szabályozás stabilizálta a főmedret [38]. További, a stabilizálódás irányába mutató változásokat jelentett, hogy átvágásokkal csaknem 100 km-rel rövidült meg a Magyarországi folyószakasz. Mind a szűkítés okozta sebességnövekedés, mind a rövidülés miatti esésnövekedés a folyó hordalékszállító képességének növekedésével jár, így mindkét típusú beavatkozás eredményeként medermélyülési folyamat indult el.

5.11. ábra: A Duna 1536-1522 fkm közötti szakaszának áttekintő térképe

A tanulmány a hordalék mozgását és a várható mederváltozást, a Duna Budapest-Mohács közötti szakaszán, numerikus modell alapján vizsgálta és értékelte. Egységnyi széles sávra számították a teljes hordalékszállítást, beleértve a lebegtetett és görgetett anyagot. A számítás eredményeként kimutatták, hogy a hordalékszállítás 400 m mederszélességre:

- Dunaföldvárnál 0,5 mm közepes hordalék szemátmérővel 0,5-ös aktív mederszélességgel (a hordalék félszélességben mozog) az együttes hordalékszállítás 400.000 m^3
- Paksnál 0,36 mm közepes hordalék szemátmérővel és 0.8-as jellemzővel 400.000 m^3
- Fajsznál 0,3 mm közepes hordalék szemátmérővel, és 0.9-es jellemzővel 500.000 m^3
- Bajánál és Mohácsnál 0,22 mm közepes hordalék szemátmérővel és 1-es jellemzővel, $1.000.000 \text{ m}^3$

A számítás szerint a hordalékszállítás Paksig azonos, alatta növekszik, ami a Paks alatti szakaszon a meder folyamatos erózióját jelenti.

A Duna szakasz hidraulikai-morfológia egydimenziós modellje segítségével becslést adtak a várható mederalakulásra. A 20 éves előrejelzésben (2015.) a felső szakaszokon végzett ipari kotrások hatása elhúzódva jelenik meg. Kezdetben a közvetlen Paks feletti szakasz kimélyülődésével és a fölötté kimosott anyag Paks alatti lerakódása miatt medertöltődéssel számolhatunk. A későbbiekben a Paks alatti szakasz is kimosódik és a számítások 2015-re Paksnál mintegy 40-50 cm vízszintsüllyedést jeleznek. Az ipari kotrásokkal végzett számítások legfontosabb következtetése az, hogy Adony-Dunaújváros térségében kikotort „gödör” 1.5 km/év sebességgel lefelé halad és kedvezőtlen hatása a következő évtizedben elérheti a paksi vízkivétel térségét is.

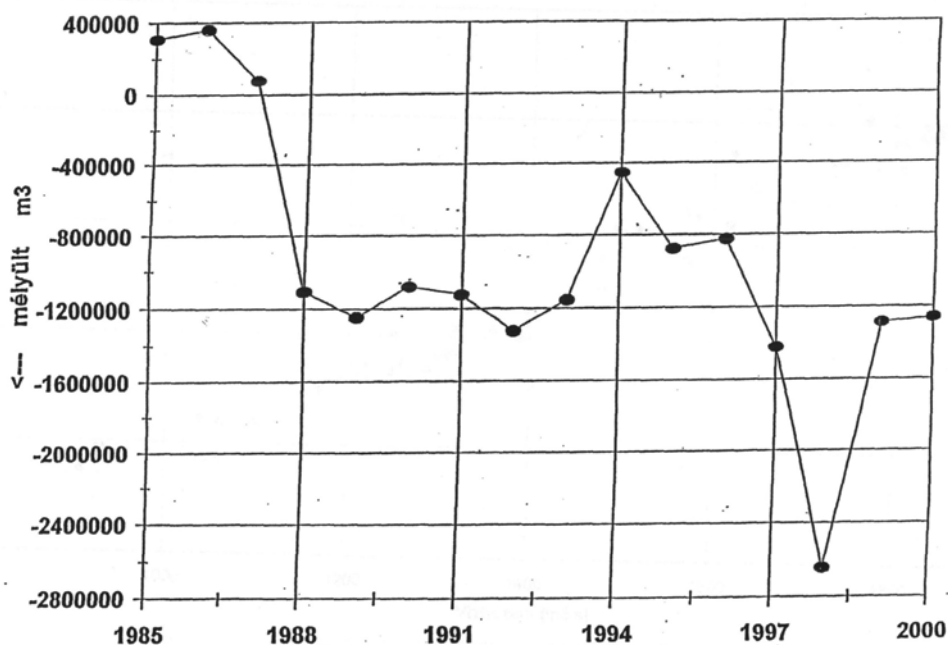
A tanulmány kitér a műtárgy alatti szakasz kiemelt fontosságára. A vízkivételi mű alatti szakaszon a meder rögzítését (kis fenékküszöb, kőmatracos fenékvédelem, stb.) javasolja, melyre a folyamatos megfigyelés függvényében előbb-utóbb sor kerülhet.

Mederváltozások ellenőrző vizsgálata

A VITUKI Hidrológiai Intézete 1984 óta végez rendszeres méréseket, ellenőrzi a meder alakulását, tanulmányozza a kotrások hatását, vízállás-vízhozam mérésekkel vizsgálja a paksi kisvízi felszíngörbe alakulását. A Duna Paks-Fajsz szakaszának (1532-1505 fkm) rendszeres mederfelmérése alapján, az MVSZ 84 szintjén síkot képezve, a sík alatti medret medertérfogattá alakítják, és különbséget képezve összehasonlítják az előző év hasonló adatával. Ez az éves összegzett medertérfogat változás, és a jellemző szelvényadatok (átlagos víztükörszélesség és átlagos szelvényterület) jól jellemzik az adott 27 km hosszúságú Duna szakasz töltődési-kimélyülési tendenciáit.

Az 1985-2000 év alatti összegzett évi medertérfogat változást tünteti fel az 5.12. ábra (VITUKI, Hidrológiai Intézet). Az ábra szerint az első 3 évben még kismértékű töltődés figyelhető meg.

5.12. ábra: Az 1985-2000 év alatti összegzett évi medertérfogat változás 1532-1512 fkm (MVSz '84 alatt)



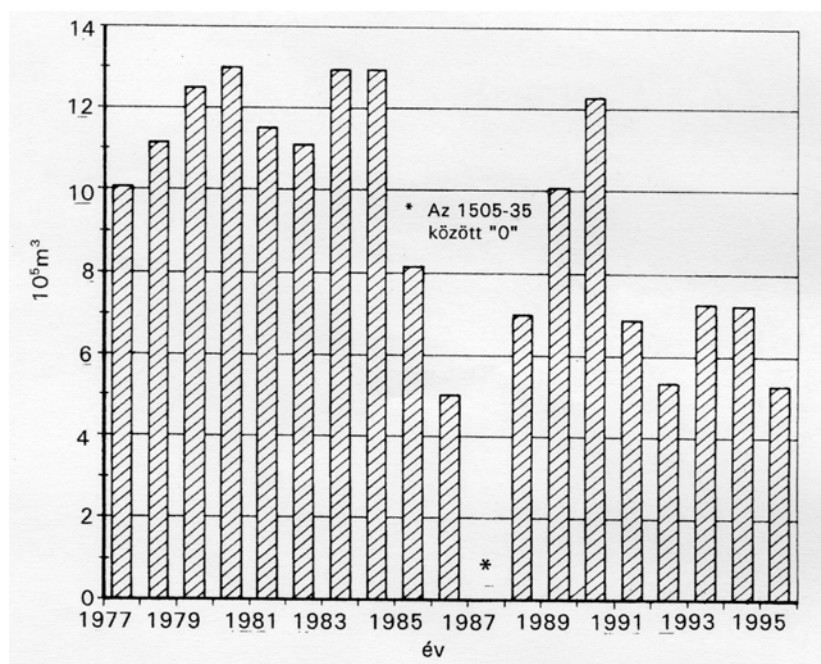
Forrás: VITUKI, Hidrológiai Intézet

Kiugró medermélyülés Paks térségében 1988-ban kikotort 700.000 m³ mederanyag hatására jelentkezett. Az ezután következő 1988-1996-ig terjedő időszakban a kismértékű ingadozástól eltekintve töltődés, azóta medersüllyedés a jellemző. A kiugró 1998 évi medersüllyedésre nemigen van magyarázat (1997-99 között gyakorlatilag nincs változás). A teljes időszakra vonatkoztatva enyhe medersüllyedés, 1989-től gyakorlatilag közel állandó medertérfogat mellett, a változó hordalékjárásnak betudható, kismértékű ingadozás állapítható meg.

A medermérések mellett a paksi szelvényben folyamatosan végeznek 2000 m³/s vízhozam alatti tartományban, egyidejű vízállás-vízhozam rögzítéseket. A 1986-2000 közötti, összegyűjtött vízhozam méréseket mutatja be az 5.14. ábra. Egyes kiugró pontokra magyarázat lehet, hogy az adott mérést apadó vagy áradó vízjárása mellett végezték. A 2000 évben végzett méréseket a 86/87-es mérésekhez viszonyítjuk akkor 20-30 cm vízszintsüllyedés valószínűsíthető.

A kotrások hatása

Az 1970-es évek végén, 1980-as évek elején a Duna Budapest alatti szakaszán az éves kotrások mennyisége elérte, sőt meghaladta az 1 millió m³-t. (Lásd 5.13. ábra.)

5.13. ábra: A Dunai kotrások (1560-1505 fkm)

Az ipari kotrásokra igen nagy volt az építőipari igény, és azok összhangban voltak árvíz-levezetési célokkal, de a kisvizek süllyedését előidéző hatásuk a Paksi Atomerőmű üreme szempontjából igen kedvezőtlenül hatottak. 1983. novemberében, a rendkívüli kisvíz nyomán kialakult helyzet következményeként a VITUKI javaslatára az ipari kotrásokat a vízügyi hatóság a kisvízi mederben az 1536-1522 fkm között már 1984. júniusi hatállyal megtiltotta, majd a kotrási tilalmat kiterjesztette 1985. júniusában az 1522-1505 fkm szakaszra is [4].

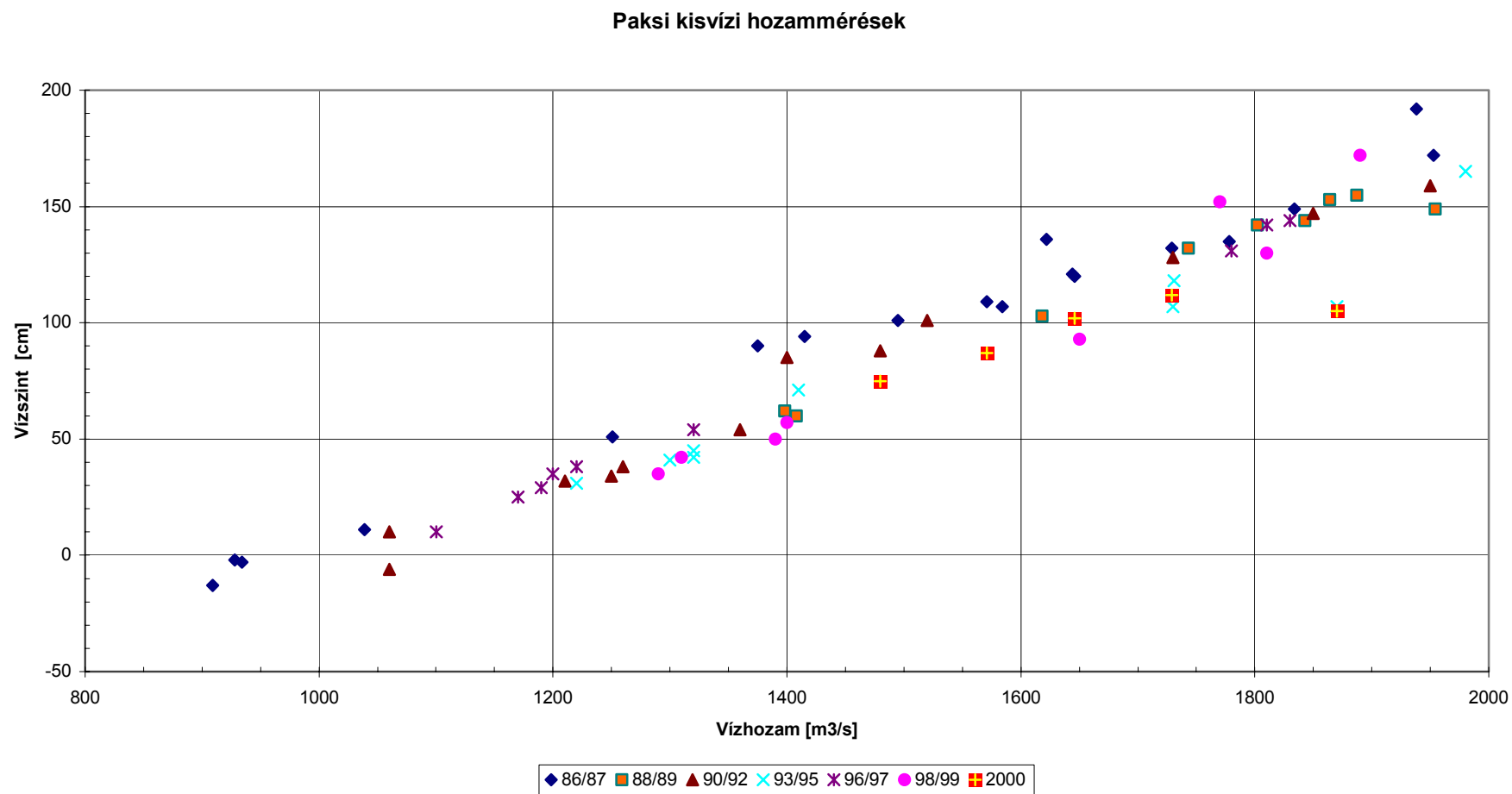
A kotrások a Paks feletti Duna szakaszon folytatódtak, bár csökkenő mértékben. Az 1995-ig engedélyezett kotrás mennyiségét mutatjuk be a fenti ábrán (Laczay nyomán). Mint látható a tiltás hatására ipari kotrás mennyisége folyamatosan csökkent, 1995.-ben 500.000 m³-t tett ki. A kitermelt mennyiség csökkenése tovább folytatódott 1997-2000 között alig haladta meg a 150.000 m³-t. Még 1995-ben is a kotrás jelentős része a kisvízi mederből származott (több mint 70 %), az utóbbi időszakban az ipari kotrásokat csak a gátmezők térségében engedélyezik.

Vízszintváltozás a paksi térségben

A Paksi Atomerőmű hűtővízkivételének szempontjából a paksi kisvizek alakulása nagyon fontos kérdés. Az elmúlt 20 évben a teljes magyarországi Duna szakaszon háromszor végeztek kisvízi vízszintrögzítést. Ezek eredményeit a 4.3.3.-as fejezetben ismertettük.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a hidegvíz csatorna feletti szakaszon 1984-hez viszonyítva a vízszintek mintegy 10-15 cm-es süllyedése figyelhető meg. A hidegvíz csatornától a barákai gázlóig (1527-1521 fkm) tartó szakaszon kezdetben a vízszint csökken, majd növekszik. A barákai gázló alatti szakaszon a vízszint csökkenése már számottevő, az 1505 fkm-ben meghaladja a 40 cm-t. A csökkenés folyamata még nem állt meg, de időben a csökkenés mértéke lassul. A hidegvíz csatorna közvetlen térségében, az 1984-1997. időszakban a vízszintváltozás összességében nem haladja meg a 10 cm-t.

5.14. ábra: A 1986-2000 közötti, összegyűjtött vízhozam mérések



Helyszíni mérések Paks környezetében: sebesség és áramlás viszonyok

Paks térségében a helyszíni méréseket, az állapotrögzítő és alapadatokat szolgáltató helyszíni vizsgálatokat még a tervezés fázisában megkezdtek.

Az 1967. évben végzett mederfelvétel alapján készült rétegvonalas helyszínrajz szerint (5.15. ábra) a tervezett paksi műtárgyak környezetében a sodorvonal teljesen rászorul a jobbpartra és a felső uszodi zátonynál lévő sarkantyú vonalában a meder közepé felé tolódik. A tervezett vízkivételi művel szemben a balparton a meder közepéig nyúló feltöltődés jól kirajzolódik, de a felvételi vízszintnél még jelentős a vízmélység. A legnagyobb kimélyülés a jobbparton a két műtárgy közötti területen található.

Az 1983. évi felmérés már jelentős változásokat mutat 1967-hez képest (5.16. ábra). A medermérés során a felvételi vízszint 88.95 mBf, 0.5 m-rel magasabb a 1967. évinél. A hidegvíz csatorna vonalában a sodorvonal változatlanul szorosan a jobbpart mentén húzódik, de a legnagyobb kimélyülés vonala feljebb tolódott, és a kimélyülés csökkent. A balparton az 55. vízrajzi nyilvántartási szelvény vonaláig a feltöltődés következtében sziget alakult ki. A melegvíz visszavezetés hatására az 1525+500 fkm-ben lévő sarkantyúig a meder jelentősen kimélyült, alatta az 1525 fkm vonalában a feltöltődés fokozódott.

Az 1997-es felmérés alapján készült helyszínrajzon (5.17. ábra) további változások figyelhetők meg. A hidegvíz csatorna feletti 1527 fkm szelvényben jobbparti kimélyülés és a szelvény átlagos mélysége növekedett. A balparti sziget határa feljebb, a hidegvíz csatorna vonaláig tolódott. A melegvíz csatorna kitorkolásának hatása a meder mélyülésénél is karakterisztikusabban kimutatható. Az 55. vízrajzi nyilvántartási szelvényben lévő keresztgát alatt jelentős kimosódás alakult ki. A balparton a sziget folytatásában a meder emelkedése figyelhető meg. Nem zárult le az alsó Uszodi sziget előtti jobbparti rész feltöltődése.

A mederváltozások szükségszerűen együtt járnak az áramlási viszonyok változásával. A következőkben az adott Duna szakaszon az áramlási viszonyokban végbement változásokat hasonlítjuk össze. Az 1967. évi áramlási iránymérés (5.18. ábra), amely az építés előtti állapotban, 2400 m³/s vízhozamnál készült és a felszíni sebesség eloszlását és irányát mutatja.

A sodor egészen a tervezett melegvíz csatorna műtárgyáig erősen a jobbpartra szorul és a felszíni sebesség iránya a teljes 1527 fkm szelvényben is még kanyar jelleget mutat. A szelvényben a sebességprofil erősen aszimmetrikus, 1.7 m/s-os sebességcsúccsal. A két mű közötti mérésnél a irányok kiegyenlítettebbé válnak, a jobbparti sebességcsúcs az 55. vízrajzi nyilvántartási szelvény vonaláig megmarad.

Az 1983. évi sebességmérést (5.19. ábra) a korábbinál valamivel nagyobb, 2900 m³/s-os vízhozamnál végezték, így a víz átbukik az 55. vízrajzi nyilvántartási szelvény szelvényben lévő keresztgáton, a kivett hűtővíz mennyisége névlegesen 55 m³/s. Az ábra a függély középsebességek nagyságát és irányát mutatja. A sodorvonal helyzete kismértékben változott, csak közvetlenül a vízkivételi műnél simul a jobbpartra és a visszavezetett melegvíz csóvája a sebességprofilon jól követhető.

Az 55. VO. alatt a feltöltődés még nem jelentős, a sodor az 1525 fkm-ben is még a meder jobb felén húzódik. A sebesség eloszlása aszimmetrikus, az áramlás végig a jobbparton húzódik. A sebességirányok szelvényen belüli ingadozása az első szelvény kivételével jelentős, nehezen indokolható és többnyire a sebességvektorok iránya is nehezen értelmezhető.

A 2003. évi sebességmérés a korábbiakhoz képest jelentős változásokat mutat (5.20. ábra). A méréseket mindkét korábbi mérésnél alacsonyabb, $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ -os vízhozamnál végezték, a kivett hűtővíz mennyisége névlegesen $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Az ábrán a középsebesség eloszlását láthatjuk. A sodorvonal az 1527 fkm vonala alatt kissé eltávolodik a jobbparttól. A főáramlásra szögben érkező melegvíz csóva és az 55. vízrajzi nyilvántartási szelvényben lévő keresztgát együttes irányterelő hatására a sodorvonal az 1525 fkm-ben már a meder bal ténfelén húzódik. A szelvény felett a sebességeloszlások a korábbiaknál kevésbé aszimmetrikusak, ami arra utal, hogy a meder is kiegyenlítettebbé vált. Az 1525+800 fkm szelvényben megjelenő második sebességcsúcs a balparttól mintegy 150 m-re épülő zátony hatását mutatja. A szelvényen belüli sebességirányok változása is kisebb mértékű a korábbiaknál.

Az 1999-2003 közötti időszakban $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ és $2850 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozam tartományban történtek áramlási vizsgálatok. A vízhozam tartomány ugyan elég szűk, de a kivett hűtővíz és a Duna vízhozamának aránya kicsi, így ebben a tartományban jelentős hatása van a vízkivételnek és visszavezetésnek a dunai áramlási viszonyokra, az erőmű környezetében a meder alakulására. A középvízi és kisvízi tartományban végzett mérések alapján az alábbi megállapítások tehetők:

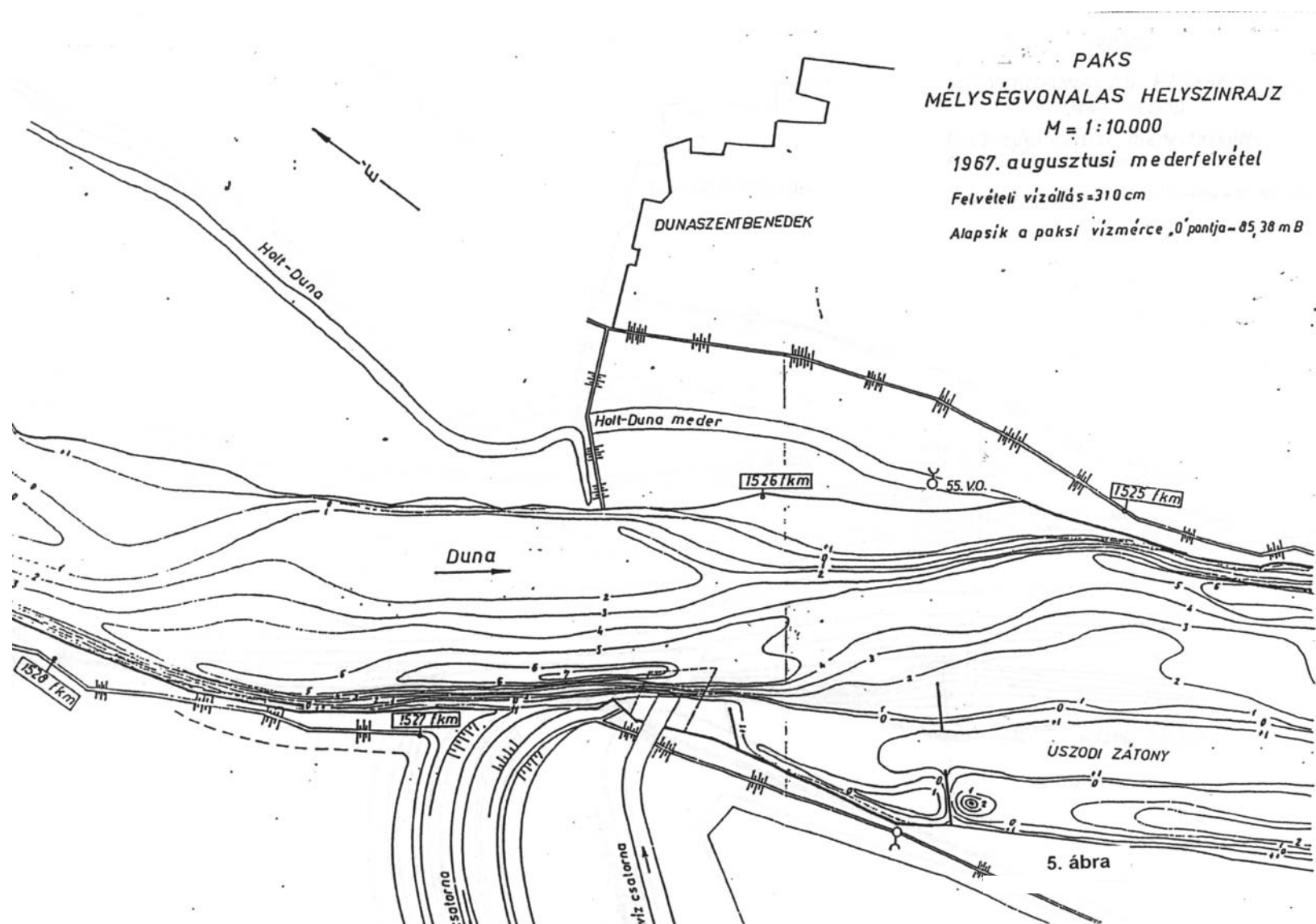
- Az 1527+000 fkm szelvényben a sebességviszonyok közel állandóak, (nagyság, irány). Annak ellenére, hogy a vízhozam több mint kétszeresére növekszik, csak a vízmélység változik, a függély középsebességek növekedése minimális.
- Az 1525+800 fkm szelvényben kisvízes vízhozam tartományban a sarkantyú és a betorkoló melegvíz együttes hatása markáns sebességnövekedést okoz, jelentős irányváltozással. Az irányváltozás értéke eléri $20\text{-}25^\circ\text{C}$ -ot. Középvízi tartományban a sarkantyú hatása elhanyagolható
- Az 1525+500 fkm szelvényben lévő keresztgát és melegvízsugár turbulencia növelő, áramlásterelő hatása az adott szakaszon a legjelentősebb. A sebességek csúcsértéke $20\text{-}25\%$ -kal haladja meg a hidegvíz csatorna feletti szelvény sebességmaximumát. Az irányváltozás itt is elérheti a $20\text{-}25^\circ\text{C}$ -ot és a melegvíz csóva és keresztgát együttesen a sodorvonalat a meder közepe felé tereli. A nagy sebesség és turbulencia a szelvényben és alatta jelentős kimélyülést eredményez.
- Az 1525+000 fkm szelvényben a melegvízcsóva áramlásra gyakorolt hatása már nem mutatható ki.

Az 1999-2003 közötti végzett sebesség és áramlásirány mérés kibővült vízhőmérséklet méréssel. A hőmérsékletmérés során a hőcsóva elkeveredését és terjedését vizsgáltuk. A hőcsóva elkeveredése az áramlási és hőmérsékleti viszonyoktól függő összetett folyamat. Számos paraméter befolyásolja, többek között a bevezetett víz és a Duna hozamaránya, a víz és a levegő hőmérséklete és a bevezetés áramlási körülményei.

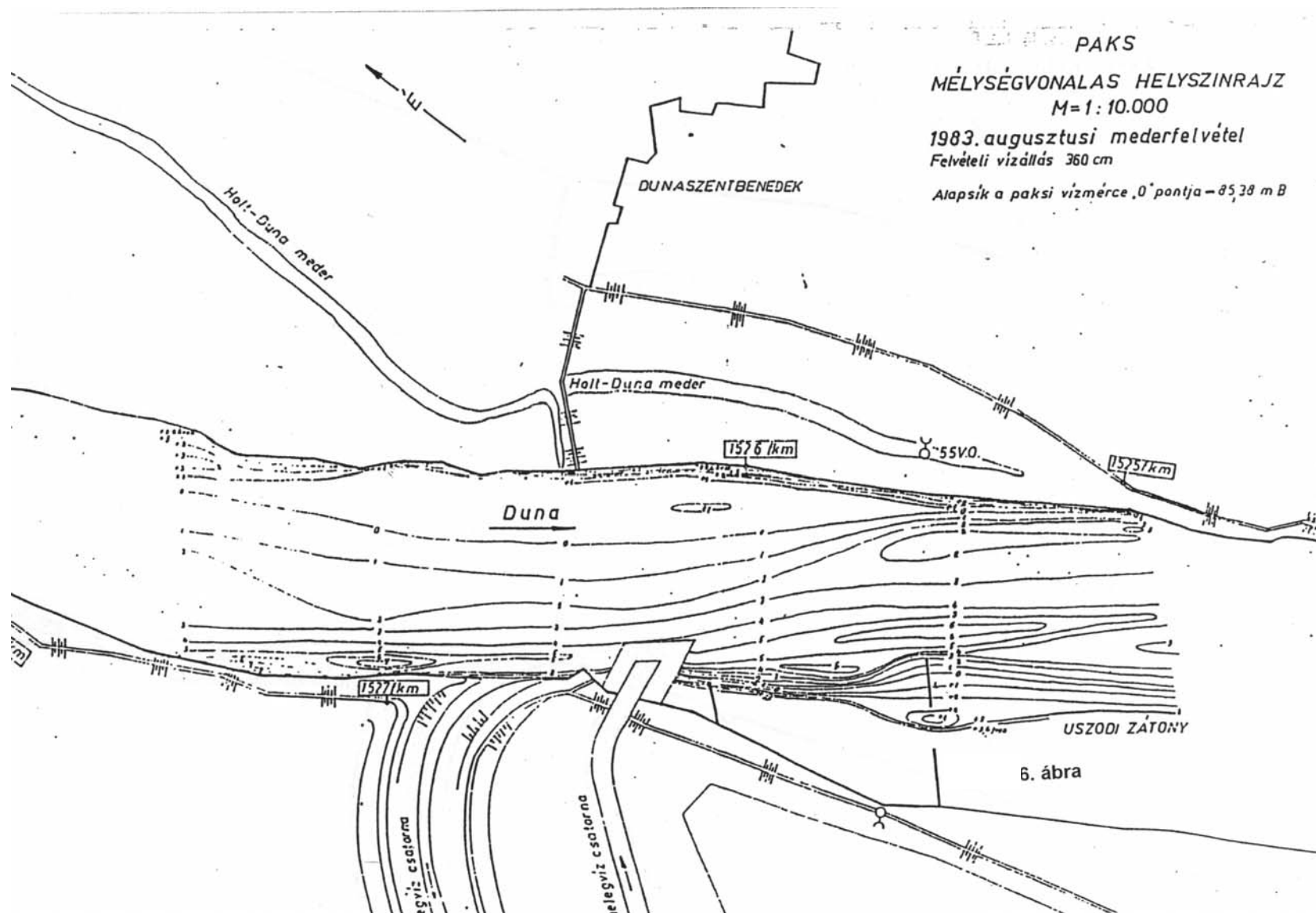
A mérések alapján az alábbi, a melegvíz elkeveredésére vonatkozó megállapítások tehetünk:

- A hőcsóva a torkolati műtárgy közvetlen környezetében jelentős mértékben felhígul.
- A hőcsóva gyors elkeveredésében a betorkolást követő sarkantyúnál és keresztgátnál fellépő jelentős sebességnövekedés, irányváltozás és az ehhez kapcsolódó turbulens jelenségek játszanak alapvető szerepet.
- A hőcsóva aktív elkeveredése a betorkolást követő 1 km belül döntő mértékben lezajlik.
- A melegvíz csóva terjedésének alsó határa jelentősen függ a Duna-víz hőmérsékletétől, a teljes elkeveredési hossz a Duna-víz átlaghőmérsékletének növekedésével csökken.

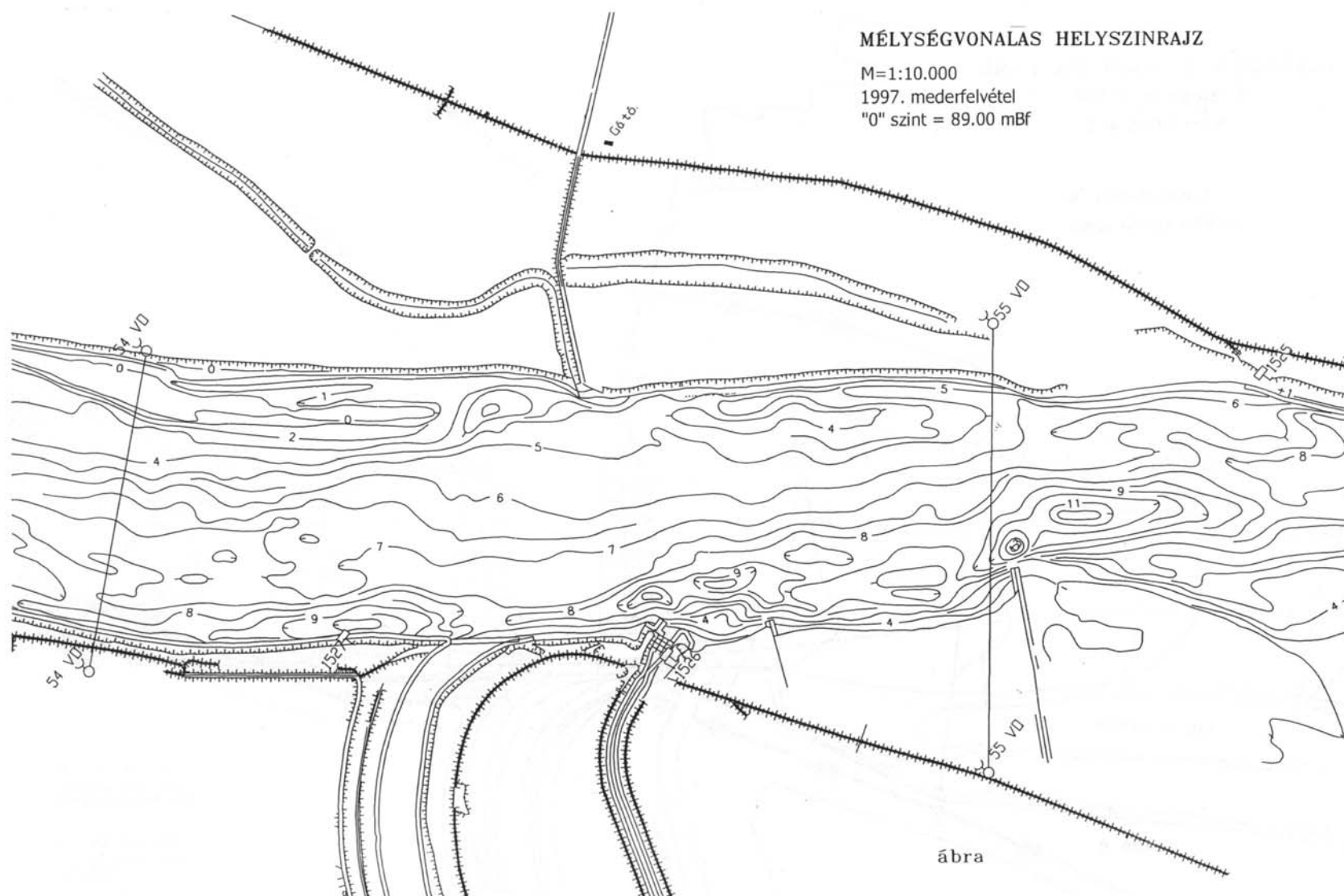
5.15. ábra: Az 1967. évben végzett mederfelvétel alapján készült rétegvonalas helyszínrajz



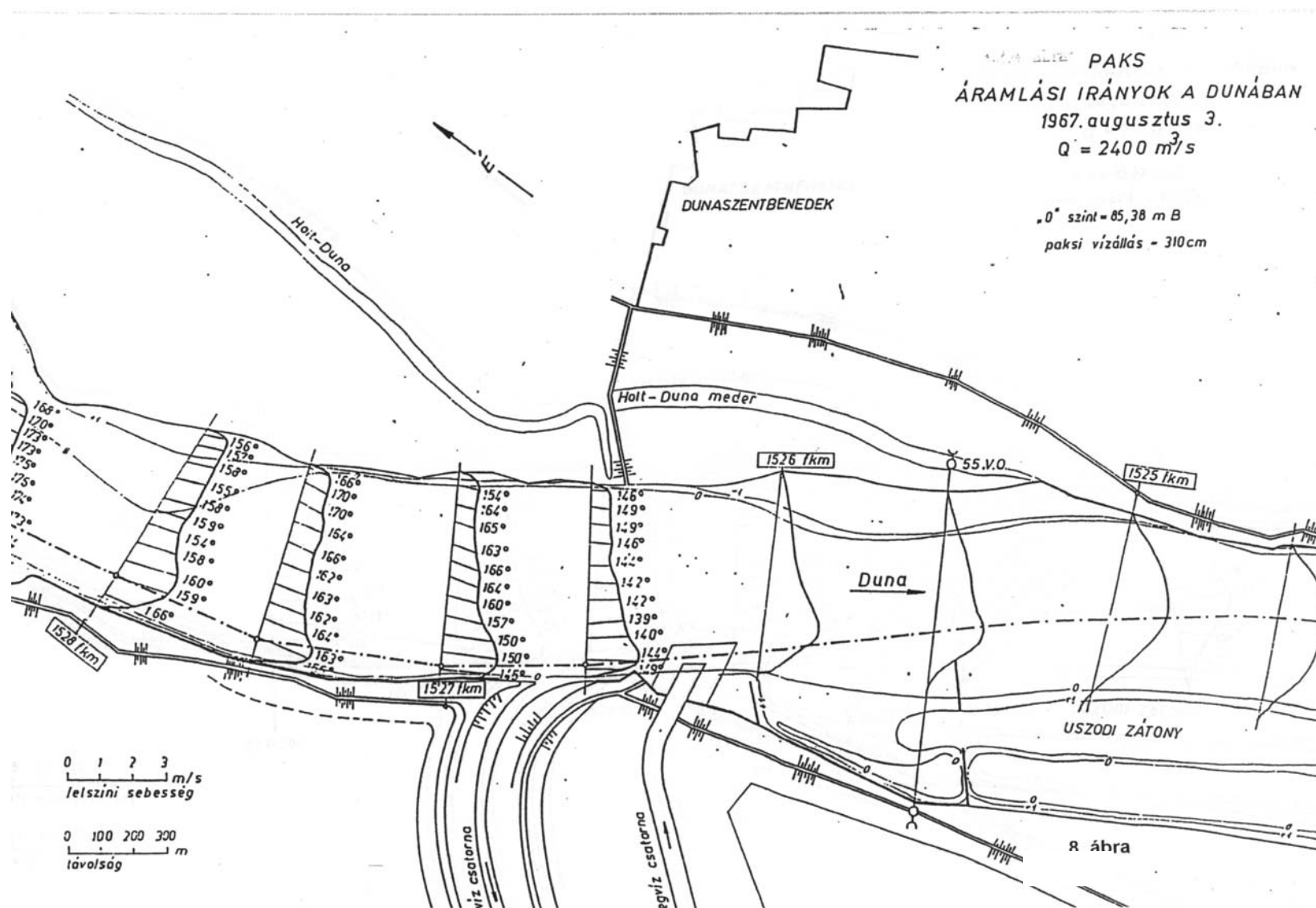
5.16. ábra: Az 1983. évi felmérés eredményei



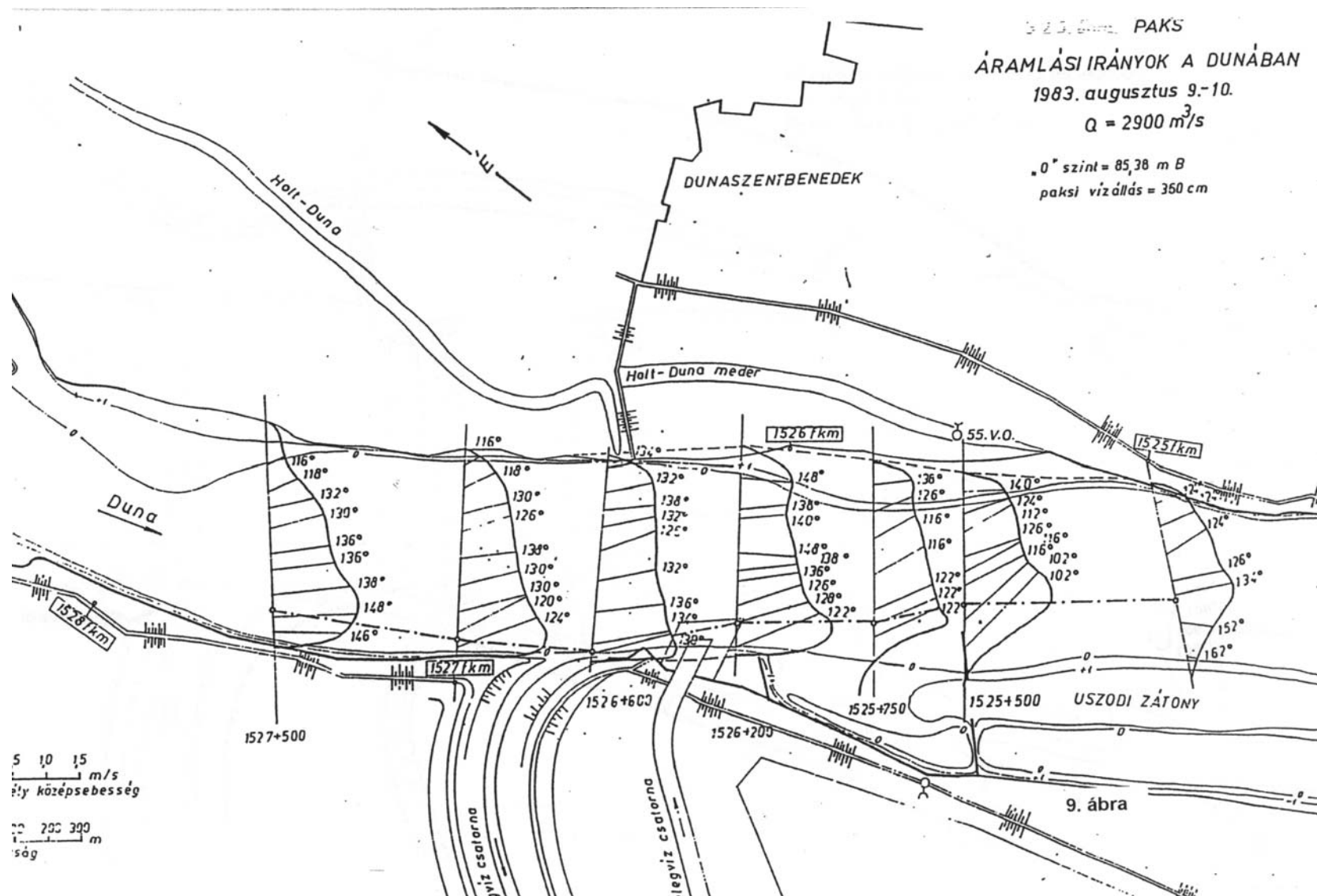
5.17. ábra: Az 1997. évi felmérés eredményei



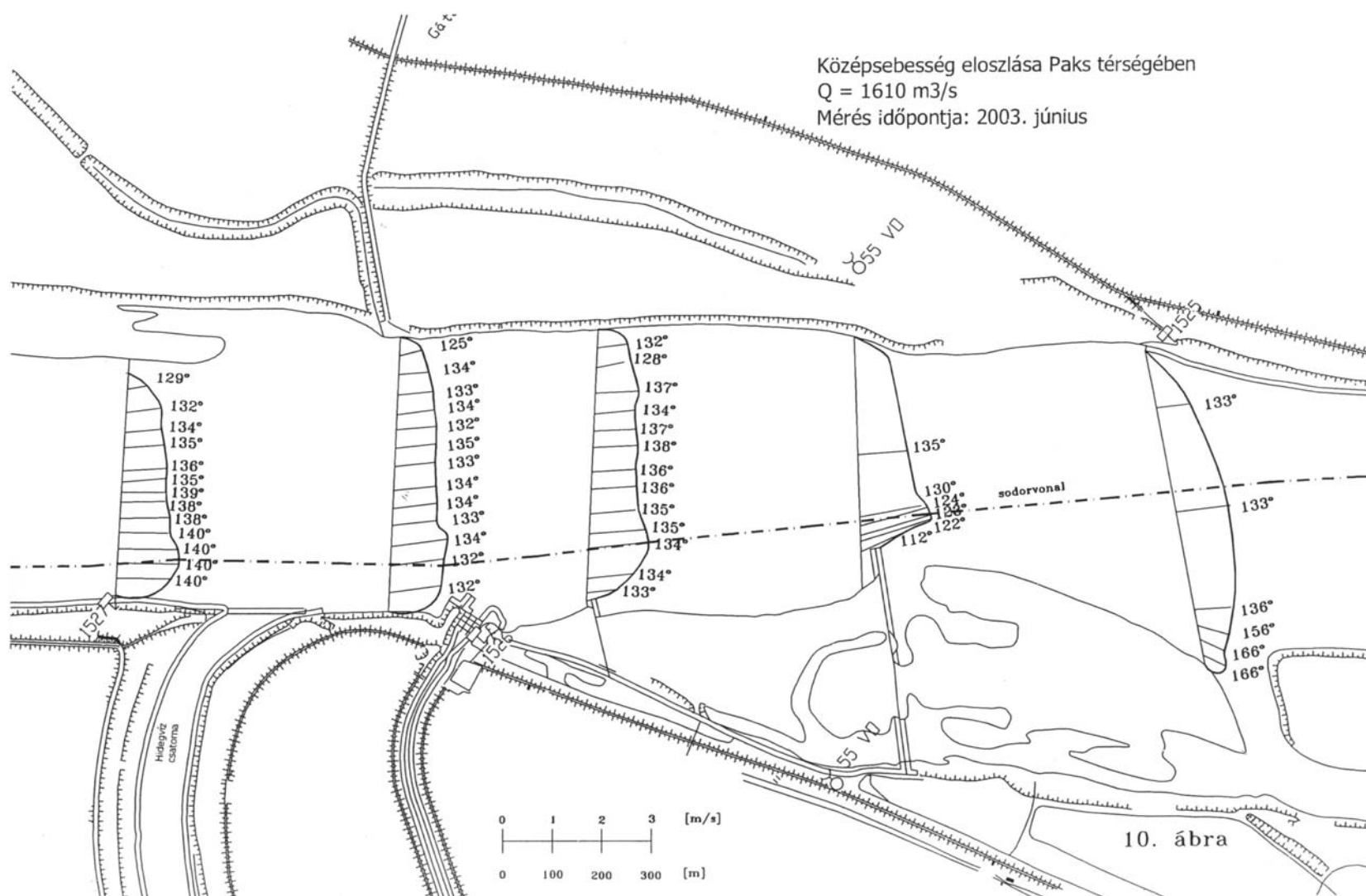
5.18. ábra: Az 1967. évi áramlási iránymérés eredményei



5.19. ábra: Az 1983. évi sebességmérés eredményei



5.20. ábra: Az 2003. évi sebességmérés eredményei



A medermélyülés vonatkozásában, mely a vízkivételt alapvetően befolyásolja a helyszíni vizsgálatok alapján vonatkozásában a következő megállapítások tehetők:

- *A lebegtetett hordalék szemcseösszetétele nem változik lényegesen a vízhozammal, egyes minták durvább szemösszetétele inkább helyi eséstörések, illetve turbulencia-növekmények hatásának tulajdonítható.*
- *A lebegtetett hordalék töménysége a külső, helyi hatásokat leszámítva a vízhozammal arányosan növekszik, azonban a lebegtetett hordalékhozam növekedési üteme ennél nagyobb.* Például kétszer nagyobb vízhozamhoz háromszor akkora hordalékhozam tartozott.
- *A mederanyag szemösszetételi változásai nemcsak a vízhozam növekedésével, illetve csökkenésével függenek össze, hanem jól mutatják a többnyire nyugalomban lévő durva kavics felett mozgó finom kavics és homok kimosódását és lerakódását is.*
- *A mérési vízhozam tartomány szűk volta, valamint az első és a második mérés-sorozat nagy időbeli távolsága ellenére is bebizonyosodott, hogy még a közepes árhullámok is számottevő mértékben alakítják a medret, amennyiben az zömmel finom kavics és homok anyagú. Az eredmény főleg a kanyarulatok homorú partja melletti „üst” kimélyítésében és a kimosott anyagnak a gázlótetőkön való lerakásában nyilvánul meg.*
- *A tartós kisvizek mederalakító munkája sem hanyagolható el, mivel a nagyvizek mederalakító hatását igyekszik kiegyenlíteni: tölti a kimosott mélyedéseket és koptatja a lerakódások miatt megmagasodott gázlókat. Ennek során finomítja a kimosott meder-részek mederanyagát és durvítja a korábbi lerakódásokkal finomodott mederanyagot.*
- *A mederpáncélozódás fékezi a medereróziót, így a gázlótetők kopását is. A vízkivétel stabilitása szempontjából különösen fontos küszöbök magasságának fenntartását ez a folyamat segítheti még homokmeder esetén is, mivel kisvizek idején durvább szemszerkezetűvé teszi a mederanyagot annak koronáján.*
- *Az atomerőmű üzemvíz-ellátása szempontjából tudomásul kell venni a folyómeder ciklikus emelkedését és süllyedését, a gázlók épülését és kopását, amely mindaddig tart, amíg megfelelő mennyiségű hordalék-utánpótlás érkezik a vízfolyás szerint felülről. Ezt a természetes mederdinamikai folyamatot, amely kedvező esetben egy elfogadható egyensúlyi helyzet körül ingadozik, csak egy-egy rendkívüli vízjárási helyzet, vagy nagyarányú mederkostrási beavatkozás fenyegetheti.*

A helyszíni medermérések és áramlási vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a Duna 1527-1525 fkm szakaszán, a Paksi Atomerőmű közvetlen környezetében a mederben és áramlási viszonyokban a folyószabályozási művek hatására végbement változások még nem fejeződtek be. Mivel ezek a folyamatok nagy hatással lehetnek az erőmű hűtővíz kivételére, a folyószakasz hidraulikai és morfológiai változásainak nyomon követése továbbra is fontos feladatot jelent.

5.4.3.2. Hagyományos vízminőségi jellemzők – a vízszennyezés hatásai

5.4.3.2.1. A Duna vízminősége törzshálózati mérések eredményei alapján

A Duna Dunaföldvár-Hercegszántó közötti szakaszának vízminőségi értékelése a törzshálózati szelvényekben 1979-2000. között végzett vizsgálatok eredményei alapján történt meg. A törzshálózati helyeken 1979-2000. között végzett, és a 4. fejezetben bemutatott vízkémiai

vizsgálatok értékelése szerint a rész időszakok átlagainak összehasonlítása alapján a következő főbb megállapítások tehetők:

- A legtöbb mintavételi helyen és vízminőségi jellemzőnél az idő függvényében kedvezően alakultak a vízminőségi viszonyok.
- **A Paksi Atomerőmű alatti mintavételi helyeken** (Fajsz, Baja, Mohács, Hercegszántó) **általában nem volt rosszabb a víz minősége**, mint a felette lévőnél (Dunaföldvár). Ebből a szempontból a Dunaföldvár-i (közép) és a Fajsz-i szelvény átlagadatainak az egybevetése tekinthető igazán mértékadónak.
- **A Paksi Atomerőmű üzembe lépése előtti (1979-1982) és utáni (1983-1990) rész-időszakokat** összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az időszakok átlagértékei **az előző bekezdésben említett szelvényeknél romlást mutattak**. A romlás a következő vízminőségi jellemzők esetében mutatható ki: nitrát-N, ortofoszfát-P, kőolaj és termékei, pH, vezetőképesség, ásványi nitrogén, levegő hőmérséklet, víz hőmérséklet, metilorange lúgosság, az összes anion és kation (a kálium és a hidrokarbonát kivételével), valamint a belőlük számított komponensek (nátrium százalék, magnézium százalék, összes keménység, karbonát keménység). A fentiekben ismertetett vízminőség romlás sokkal kevesebb komponens esetén mutatható ki abban az esetben, ha a Paksi Atomerőmű üzembe lépése előtti (1979-1982) időszak átlagait az 1991-2000. közötti időszakéval hasonlítjuk össze. Ez esetben a romlást jelző vízminőségi jellemzők a következők: nitrát-N, pH, vezetőképesség (csak a Dunaföldvár-i szelvényben), levegő hőmérséklet (csak a Dunaföldvár-i szelvényben), víz hőmérséklet, magnézium és magnézium százalék.
- Az előző bekezdésben leírtakkal kapcsolatban el kell mondanunk, hogy **a romlás a Dunaföldvár-i (Paks fölötti!) mintavételi helyre is jellemző** volt a szóban forgó időszakokra vonatkozóan.
- A víz hőmérsékletben észlelt időbeli és térbeli növekedés elbírálásánál figyelembe kell venni azt a tényt, hogy ezzel párhuzamosan a mintavétel időpontjában mért levegő hőmérsékletek esetében is hasonló (sőt a vízben észlelnél nagyobb mérvű) növekedés volt kimutatható Dunaföldvár és az alatta lévő szelvények között.

A 90%-os tartósságon alapuló vízminőségi osztályba sorolás néhány kiemelt fontosságú megállapítása a következő:

- **Dunaföldvár és Fajsz között vízminőségi osztályváltozás csak igen korlátozott számú esetben**, a következőkben felsorolt vízminőségi jellemzőknél **történt**. Javulás: kőolaj és termékei (V.→IV.), fenolok (III.→II.), kadmium (II.→I.) és vas (II.→I.). **Romlás: BOI₅ (II.→III.), ortofoszfát-P (III.→IV.)**. Megjegyezzük, hogy a BOI₅ esetében a 90%-os tartósságú érték az osztályhatárt annak 1%-ával, míg az ortofoszfát-P esetében annak 2,5%-ával lépte túl. Fenti vízminőség osztályváltozások – az ortofoszfát-P kivételével – minden egyes esetben az 1991-2000. rész-időszakban fordultak elő.
- A Paksi Atomerőmű üzembe lépése előtti (1979-1982), és utáni (1983-1990) időszakokat összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy **vízminőségi osztályváltozás – az értékelt hét mintavételi helyen – kizárólag a pH esetében fordult elő (II.→III.)**. Ez a jelenség azonban **a Dunaföldvár-i (Paks fölötti) mintavételi helyre is jellemző volt** a szóban forgó rész-időszakokra vonatkozóan. Ugyanez a megállapítás tehető abban az esetben is, ha a Paksi Atomerőmű üzembe lépése előtti (1979-1982) vízminőségi osztályokat az 1991-2000. közötti rész-időszakéval hasonlítjuk össze.
- **A kedvezőtlen osztályba sorolás miatt három vízminőségi jellemzőt kell kiemelnünk: klorofill-a** (minden mért időszakban és minden szelvényben

IV. osztályú), **coliform-szám** (minden mért időszakban és minden szelvényben IV. osztályú), valamint **kőolaj és termékei** (mindig és minden szelvényben IV., vagy V. osztályú).

Miután az erőmű fölötti és alatti szelvényben a mérési eredmények szignifikánsan nem térnek el, megállapítható, hogy az erőmű a Duna vízminőségének alakulásában számottevő szerepet nem játszik.

5.4.3.2.2. Az atomerőmű üzembeállítását követő vízminőségi értékelés

A törzshálózati mérések mellett a Budapesti Műszaki Egyetem Vízellátás-Csatornázás Tanszéke az atomerőmű megbízásából az erőmű beindítása után vizsgálta a hideg- és a melegvízcsatorna előtti Duna szelvény, valamint a hidegvíz csatorna vízminőségét.

Az 1992-1996. között végzett vizsgálataik eredményei szerint az ásványi anyag mutatók éves átlag értékei nagy hasonlóságot mutatnak, a víz sótartalma csak igen kismértékben változott. A pH értékei 7,9-8,85 közöttiek, a szárazabb években kissé magasabbak, ami a fokozottabb algatevékenység eredménye.

Az oxigénforgalom mutatói közül az oldott oxigéntartalom a vizsgált időszakban egész évben közel telített, illetve túltelített értéket mutat, ami első osztályú vízminőségnek felel meg. A legnagyobb értékeket augusztusban és kora ősszel mérték. A kromátos és a permanganátos oxigénfogyasztás alacsony értékei a víz kis szerves anyag tartalmára utalnak. Az UV elnyelés és a TOC mérések eredményei alapján is hasonló megállapítások tehetők.

A folyó vizének növényi tápanyagtartalma (nitrogén és foszforformák) is alacsonynak mondható, stagnáló tendenciát mutat. Az a-klorofill tartalom és az össz-algaszám az évszakoknak és a vízállásnak megfelelően változik. Előbbi mennyisége 20-183 mg/m³, utóbbié pedig 9,8-42 millió egyed/l között változott. Az 1992-ben és 1994-ben mért legnagyobb értékek már eupolitróf-politróf vízminőséget jeleznek.

5.4.3.2.3. Az 1999-2002. között végzett vízkémiai és radiokémiai vizsgálatok eredményei

Az 1999. novemberi, a 2001. augusztusi és októberi és a 2002. júniusi vízkémiai vizsgálatok teljesen eltérő hidrometeorológiai viszonyok (vízhozam, víz hőmérséklet) között történtek. Ez a körülmény – összhangban a törzshálózati vizsgálatok értékelésével kapcsolatos értekezésben leírtakkal – azt eredményezte, hogy a vizsgálatok eredményei a legtöbb mért jellemző vonatkozásában szignifikánsan eltérnek egymástól. Az eltérés még a vízminőségi osztályba sorolásnál is több komponens esetében általánosnak tekinthető.

Az eredményekből az látható, hogy az 1999. novemberi vízkémiai állapotfelvétel eredményei alapján a Paks-Mohács Duna-szakasz vize az oxigénforgalmi mutatók alapján I. vagy II., a Foktő-Gerjen közötti szakaszon, valamint a Fajsz-Dombori balparti szelvényben III. osztályú volt. A növényi tápanyag tartalom mutatói közül az összes-P koncentráció alapján a Foktő-Gerjen balparti szelvény a IV. a többi mintavételi szelvény pedig a III. osztályba tartoztak. A klorofill-a tartalom alapján is III. osztályú volt a folyó vize. Az egyéb mutatók alapján a vizsgált szelvények I-II. osztályúak voltak. Az eredmények szerint az atomerőmű melegvizének hatása a hossz-szelvény mentén csak a víz hőmérséklet és kismértékben az oldott oxigén koncentráció (minimum) és az oxigéntelítettség (maximum) változásaiban nyilvánult meg.

A 2001. és a 2002. évi vizsgálatok eredményei szerint és az augusztus végi mérés esetében az oxigéntelítettség, a BOI₅ és TOC (I-III. osztály), a klorofill-a (IV. osztály) és a pH (II-IV. osztály) lényegesen kedvezőtlenebb – többnyire egy vízminőségi osztály kategóriát meghaladó – eredményt adott mint az október eleji mérés alkalmával. A nitrát-N esetében ezzel szemben éppen fordított volt a helyzet. Hangsúlyozzuk, hogy a fentiekhez hasonló mérvű eltérés még további vízminőségi jellemzők esetén is kimutatható volt, de azoknál (általában) nem eredményezett vízminőségi osztályváltozást. A 2002. évi júniusi vizsgálatok eredményei ezzel szemben nem mutattak hasonló szignifikánsan eltérő eredményeket.

Ez a néhány vizsgálat is azt mutatja, hogy a Duna vízminősége az előzőekben értékelt 22 év eredményeit figyelembe véve az utóbbi két évben sem romlott.

1989-ben, 2001-ben és 2002-ben az ún. rutin vízkémiai vizsgálatok mellett egyéb olyan mutatók vizsgálatát is elvégeztük, amelyekkel az atomerőmű felmelegedett hűtővizének egyéb esetleges hatásai is kimutathatók.

A **szerves mikroszennyezők** vizsgálati eredményei szerint a vízminták TPH analízise a Duna víz megfelelő tisztaságát mutatja. A kissé kiemelkedő értékek, valamilyen friss véletlenszerű szennyeződésre (pl. kocsis mosás) utalnak. Az üledékminták TPH szennyeződése, egy kivétellel (Paks melegvíz csatorna torkolata jobb part) szintén elfogadható határon belül van. Az itt vett minta szintén egyszeri szennyeződésre utal. A szennyeződés forrásának kiderítése folyamatban van.

A Duna vízében a **poliaromás szénhidrogének** (PAH) és a **poliklórozott bifenilek** (PCB) mennyisége az átlagos Duna-szennyeződésnek megfelelő szintet mutatták. Gázolaj szennyeződés maradványok (naftalin, acenafén, antracén, fenantrén), valamint égéstermékek nyomai (fluorantén, pirén, benzantracén, krizén) mutathatók ki, bár ezek kis koncentrációban vannak jelen. A mért értékek lebegő anyag függőek, hiszen a lipofil-vegyületek ezekhez kötődnek. A fluorantén, pirén, benzo/b- ill. k./ fluorantén gyakran a legnagyobb koncentrációban levő PAH eredmény, ami jellemzően fűtésből és a közlekedésből származik. Az **üledékben** a szennyezés mértéke szintén az átlagos Duna-szennyezés szintjének felel meg, bár valamivel nagyobbak az értékek az átlagnál. Alkalmi olaj és háztartási szennyvízre jellemző komponensek voltak azonosíthatók a melegvíz csatorna torkolata térségében. Ezekből a mintákból pásztázó felvételt is készítettünk, amivel egy metabolizált könnyű olaj frakciót (gázolaj, kerozin), kevés magasabb szénatom számú normál szénhidrogént, és fekális szteroidokat találtunk.

A **radiológiai** mérési eredményekből megállapítható, hogy a vizsgált időpontokban a Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátása lényegében nem befolyásolta a Duna vízének radioaktivitását. Csak egy-két mintában lehetett nagy valószínűséggel az erőműből származó ⁶⁰Co, ¹³⁴Cs és ¹³⁷Cs izotópot kimutatni, de ez az utóbbi két izotóp a Paks fölötti szakasz mintáiban is előfordult. 2001-ben, ellentétben az 1999. novemberi hasonló mintázáshoz, nem sikerült trícium aktivitás növekedést kimutatni az erőmű alatt pár kilométerrel, ahol akkor nem volt teljes elkeveredés a keresztaszvénnyel. A több éves kibocsátást jellemző üledék és kagyló mintákban, egy-két alig kimutatható kivételtől eltekintve, nem tapasztaltunk a Paks alatti szakaszon aktivitás növekedést. A mérhető radioizotópok a Duna felsőbb szakaszán is hasonló, vagy esetleg még nagyobb koncentrációban fordulnak elő.

A telephely-jellemzési program során két év alatt 8 alkalommal vizsgált kagylóminták, egy kivétellel nem tartalmaztak kimutatható mennyiségben mesterséges eredetű radioizotópot,

ami annyit jelent, hogy ezek a példányok nem építettek be szervezetükbe semmilyen radioaktív anyagot. A mintavételi helyek és mérési eredmények ismertetése a vonatkozó részjelentésekben [40, 41] szerepel. A melegvíz-csatornában illetve a csatorna torkolatánál gyűjtött példány sem halmozott fel szervezetében mérhető aktivitást, annak ellenére, hogy az atomerőmű folyékony kibocsátásának útja ez a csatorna. Ami elsőre meglepő volt, hogy a Gerjennél jobb oldalon augusztusban gyűjtött kagylókban, ha igen kis mennyiségben is de ^{137}Cs -t tudtunk kimutatni. Valószínűleg ezekben a kagylókban több iszap maradt mint a többiben, és az látható, hogy az iszap mintákban mindig van néhányszor tíz Bq/kg radiocézium, így ha csak pár gramm iszap került a kagyló húsba, de már mérhető abban a cézium.

5.4.3.3. A Duna vízhőmérséklete – a hőterhelés hatásai

5.4.3.3.1. Az atomerőmű üzembeállítását követő vízhőmérsékletek értékelése

Az atomerőmű üzembeállása óta folyamatosan foglalkoznak a Dunába visszavezetett hűtővíz környezeti hatásaival, az okozott hőterhelés kérdéseivel és az esetleges káros vízminőség változást jelentő hőszennyezéssel. Megállapításaik a következőkben foglalhatók össze:

- A Dunának a hőterhelés szempontjából mértékadó nyári maximális vízhőmérséklete általában $21\text{--}24\text{ }^{\circ}\text{C}$, kivételesen eléri a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölötti értéket is. A vízhőmérséklet idősorok jellegzetesek, a maximumok jól meghatározott időszak a július elejétől augusztus közepéig tartó időszakra esik. (A paksi Dunavíz hőmérsékletek alakulását 1990-2000 között az 5.21. ábra mutatja.)
- A dunai vízhozam (térfogatáram) éves menete kevésbé szabályos, de egyértelmű, hogy a folyó relatív hőterhelési maximumát jelentő alacsony vízállások legnagyobb valószínűséggel az őszi-téli időszakokban fordulnak elő;
- Dunai jellegzetesség, ami a hőterhelés veszélyét csökkenti az, hogy a magas vízhőmérsékletek kizárólag július-augusztusban, az $1000\text{ m}^3/\text{s}$ -ot megközelítő kisvizek pedig csak szeptembertől fordulnak elő. A részletesen vizsgált 42 év alatt (1946-1987) pl. $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölötti hőmérséklettel egyidőben $1200\text{ m}^3/\text{s}$ alatti vízhozam mindössze 4 esetben, $1000\text{ m}^3/\text{s}$ alatti vízhozam pedig egyáltalán nem fordult elő.

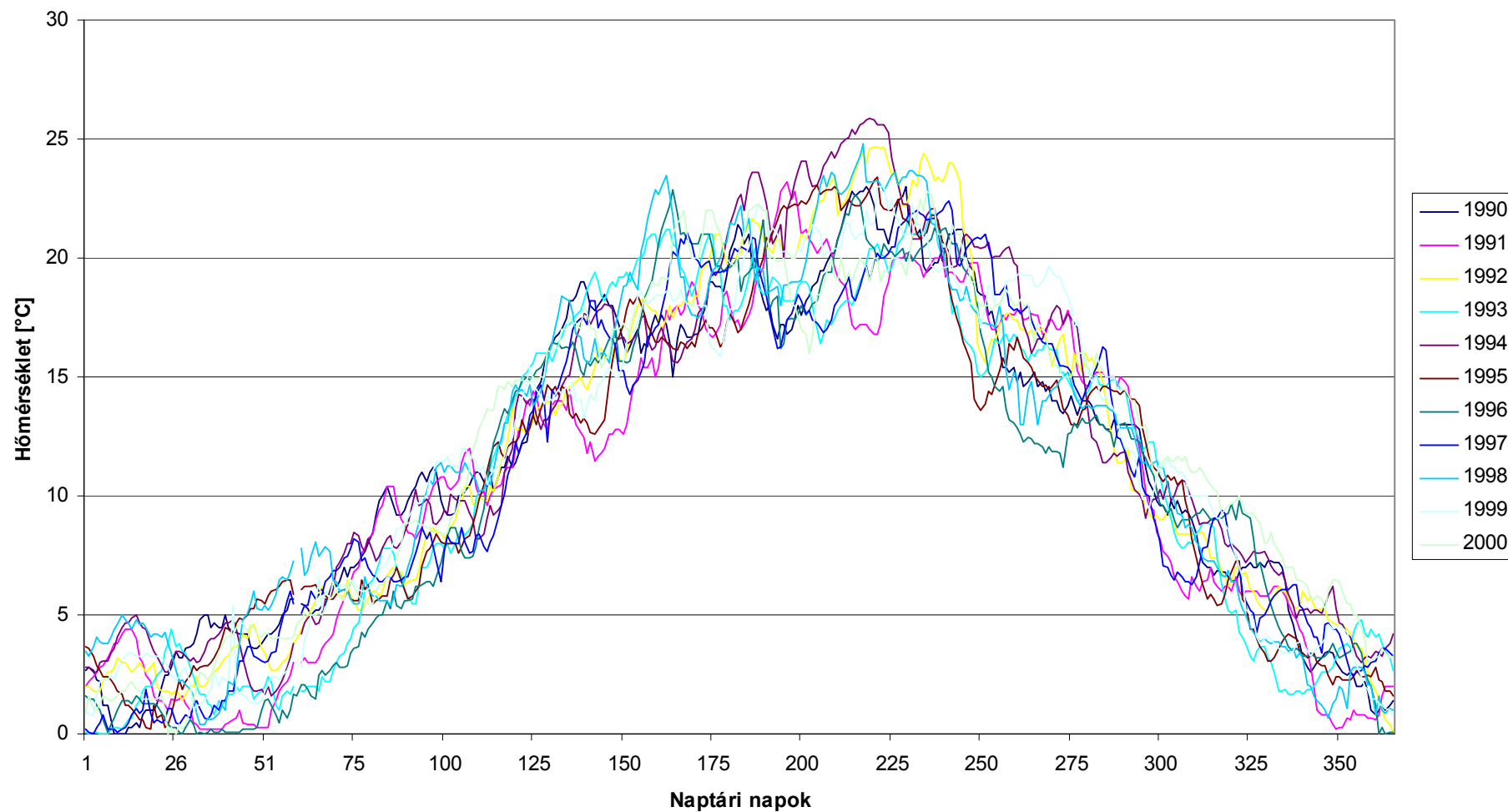
Ezt a statisztikailag alátámasztott, valószínűsíthető helyzetet az 1992-1996 közötti évek rendkívül száraz és meleg nyári időjárása módosítani látszott. Az 1992. évi tartós kánikula olyan alacsony dunai vízállással párosult, amely az erőmű és a Duna kapcsolatában, a dunai hőterhelés vonatkozásában extrém helyzetet teremtett. A Duna hőmérséklete 1992. július 1-től folyamatosan meghaladta a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, sőt július végétől a $22\text{--}23\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, majd augusztus 4-től a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is, így a Dunába visszavezetett melegvíz hőmérséklete a melegvízcsatornában tartósan $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül volt. Ugyanakkor az atomerőmű előtti vízszint fokozatosan apadt, sőt augusztus közepétől 86 mBf. érték alá csökkent.

A fenti kritikus hidrológiai-vízminőségi helyzetben az atomerőmű a vízminőségvédelem érdekében többlet hidegvíz hozzákeveréssel csökkentette a visszavezetett hűtővíz hőmérsékletét, így biztosította a hőmérséklet korlátok betartását.

1994-ben hasonlóan szélsőséges volt az időjárás, augusztus 6-án pl. $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ vízhőmérsékletet mértek a Dunában, a vízszint pedig $85,74\text{ mBf.}$ volt. Az erőmű erre felkészült és megfelelő hűtővíz mennyiség szivattyúzásával még ilyen körülmények között is biztosította a hőmérsékleti korlát betartását. Ehhez a karbantartások ütemezése is hozzájárul, mivel a nyár a főjavítások időszaka.

Az 1993., 1995. és 1996. évek nyarai mentesek voltak a szélsőségektől, aminek eredményeként nem folytatódtak az általános felmelegedésre utaló trendek.

5.21. ábra: A paksi Dunavíz hőmérsékletek 1990-2000 között



5.4.3.3.2. Az 1999-2002. között végzett helyszíni víz hőmérséklet mérések eredményei

A fenti időszakban a telephely-jellemzési program keretében a vízkémiai, hidrobiológiai és az áramlási sebesség mérések során a víz hőmérséklet méréseket is végeztek.

A mérések alapján kijelenthető, hogy magas dunavíz hőmérsékletnél az erőmű melegvízcsatornájának beömlési pontjától mért 500 m-re lévő mérési pontig a vízcsővában mérhető hőmérséklet 6-6,5 °C-ot csökken. Alacsonyabb dunavíz hőmérsékletek esetén ezek az értékek 3,4-5,1 °C között változtak. A helyszíni mérések eredményei is igazolták, hogy az előírt hatósági korlátok betarthatók. (A teljesítménynövelés vízjogi engedélyezéséhez készült vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ebben a teljesítménynövelés sem fog számottevő változást okozni).

A Paksi Atomerőmű Rt. rendelkezésünkre bocsátotta az általuk 2002. január-szeptember hónapokban óránként a melegvíz csatorna fölött a Dunában és a melegvíz csatornában mért víz hőmérséklet mérések eredményeit, továbbá az azokból számított ΔT értékeit. Méréseik célja annak a megállapítása volt, hogy a visszavezetett hűtővíz és a befogadó (Duna) közötti hőmérséklet különbség az előírt 11 °C-nál, ill. +4 °C alatti Duna víz hőmérséklet esetén 14 °C-nál nem lehet nagyobb-e.

Példaként a 2002 évi mérések eredményeiből az állapítható meg, hogy február 1-én 18 órán keresztül 4,1-4,3 °C Duna víz hőmérséklet mellett a melegvízcsatorna és Duna hőmérséklet különbsége – ΔT értéke – 11,6-12,5 °C között változott, ami meghaladta a határértéket.

2002. nyarán magas léghőmérsékletek között a melegvízcsatorna a víz hőmérséklete 30,1-33,0 °C között változott (júniusban 7, júliusban 28, augusztusban pedig 9, azaz összesen 37 nap napon át). Ugyanekkor a ΔT értéke 6,2-8,3 °C között változott, ami messze nem érte el az előírt max. 11 °C-ot. Az előírt max. 30 °C a hatóságilag kijelölt ellenőrző pontig, azaz a melegvízcsatorna torkolata alatti 500 m-es szelvényben ezekben az esetekben is tartható volt a viszonylag kis bevezetett mennyiség és az elkeveredés hatására.

Az őszi és a téli időszakban 30 °C-ot meghaladó víz hőmérséklet a hőcsővában, illetve Dunában nem várható, mivel a ΔT értéket a meleg víz visszakeverés mértékével szabályozza az erőmű.

Ez azt mutatja, hogy - ha a Duna vizének természetes hőmérséklete meghaladja a 23 °C-ot - az atomerőmű felmelegedett hűtővizének hatására a melegvízcsatornában a víz hőmérséklete meghaladhatja a hidrobiológiai szempontok alapján kritikusnak ítélt 30 °C hőmérsékletet. Mivel azonban mennyisége nem számottevő a Duna vízhozamához képest, így a torkolata alatt 500 m-re levő nagy sarkantyúnál az elkeveredés miatt a melegvíz csőva hőmérséklete általában már 3-6 °C-al csökken. Amennyiben a hőmérséklet korlátok betartása érdekében intézkedések szükségesek, azt az erőmű műszaki beavatkozásokkal (többlet hűtővíz visszakeverés, blokk leterhelés, leállítás) minden körülmények között biztosítani tudja.

5.4.3.3.3. Az atomerőmű hűtővizének Dunában történő elkeveredése

A Paksi Atomerőmű hűtővizének Dunában történő elkeveredés-vizsgálata már az erőmű üzemelésének megkezdése előtt napirendre került. A vizsgálatok kezdetben egymástól jelentősen különböző technikákkal folytak. A kezdeti mérések alapján sikerült kialakítani azt a felvételezési technológiát, amely gyakorlatilag a mai napig használatban van. A felvételek

feldolgozása a számítástechnika és térinformatika fejlődése következtében azonban lényegesen megváltozott az elmúlt két évtizedben [31].

A 6. mellékletben teljes terjedelmében bemutatott tanulmány az archív anyagok és a legutóbbi mérések alapján összefoglalja az elmúlt két évtizedben, 1981. és 2003. között az erőmű hűtővízcsóvájának távérzékelési módszerekkel végzett vizsgálatait, azok eredményeit. A vizsgálatok legfontosabb megállapításai összefoglalóan a következők:

Elvégzett légifelvételések időpontjai:

- 1981. (Még az erőmű 1-es blokkjának üzembe helyezése előtt történt egy légi felmérés a Paks környéki Duna-szakaszon, a Villamosenergiapari Kutatóintézet szervezésében, egy több tiszai és dunai erőműre kiterjedő vizsgálat keretében.)
- Vízügyi Filmstúdió 1983-1985 között végzett felvételezései: 1983. január 26. (normál pankromatikus, nem termofelvétel), 1983. október 3., 1984. október 24., 1985. január 26.
- VITUKI Argos Stúdió 2002-2003-ban végzett felvételezései (2002. augusztus 27., 2003. február 12.)

Az 1983. és 2003. közötti húsz éves időszakban tehát összesen 5 termovíziós mérésre került sor a Paksi Atomerőmű hűtővizének a Dunában történő elkeveredés-vizsgálatára. A vizsgálatok célja a Dunát érő hőterhelés jellemzőinek, azaz a melegvíz-csóva alakjának, kiterjedésének, felszíni hőmérséklet eloszlásának meghatározása volt.

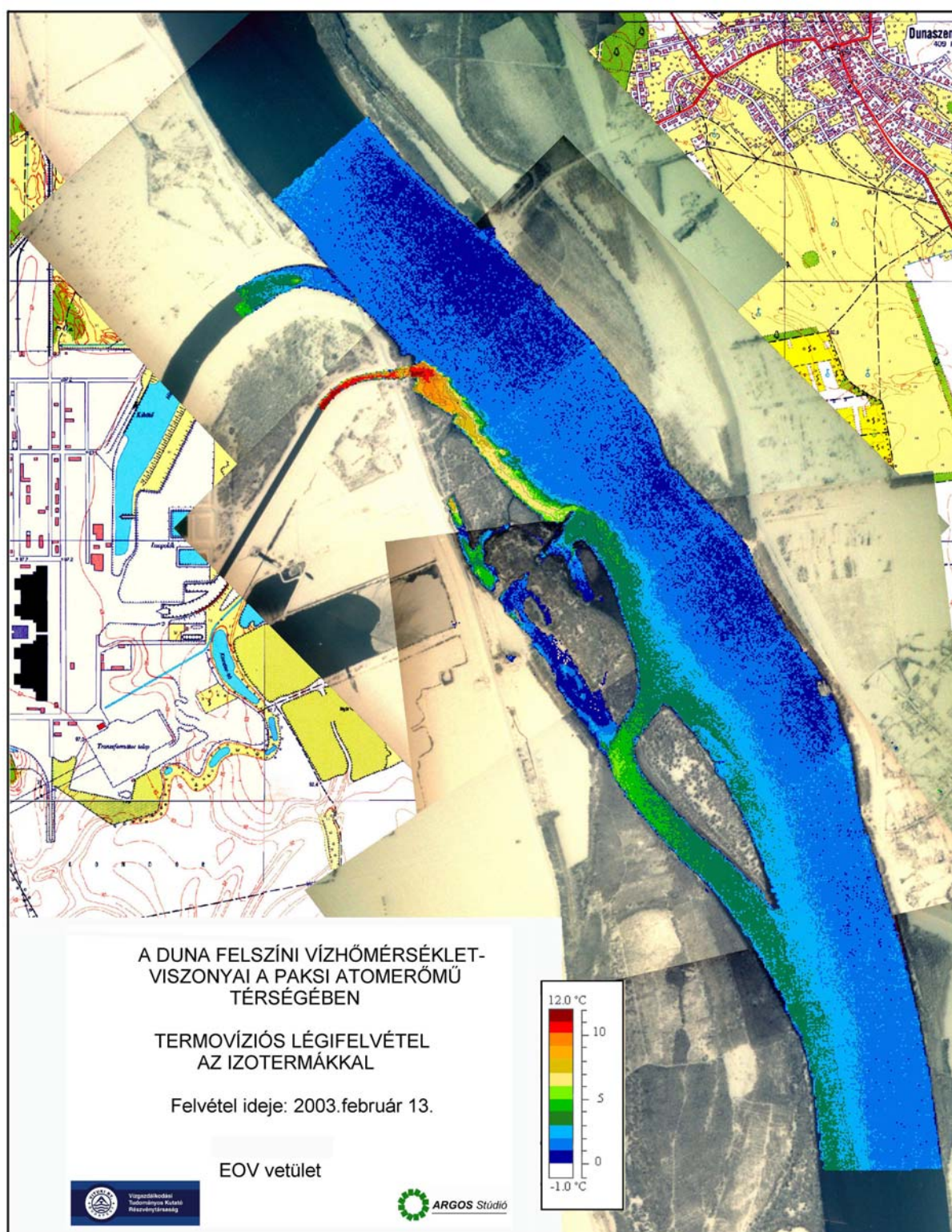
Az eddig elkészített hőtérképek jó közelítéssel a középvízi vízállás tartományban kialakuló áramlási képet mutatják be. Kivételt képez ez alól a 2002. évi felvétel, mely a közepes nagyvízi hozamhoz közelítő vízhozamnál történt.

A hasonló vízállás és vízhozam viszonyok alapján a közepes kisvízi állapot jellemzésére kiválasztható az 1983. és 1984. évi felvételezés. A két hőkép alapján megállapítható, hogy a hőcsóvák jellemzői jó egyezést mutatnak.

A középvízi tartomány jellemzésére az 1985. január 26-i és a 2003. február 13-i hőfelvételek alkalmasak. (Utóbbit képet lásd az 5.22. ábrán.) A hőtérképek egybevetésével megfigyelhető, hogy a hőcsóvák alakja és elkeveredési viszonyai nagymértékben hasonlóak.

Összefoglalva az eddigi termovíziós vizsgálatok eredményeit a következő főbb megállapítások tehetők:

- Függetlenül a felvételezés időpontjától (nyári, őszi, téli) és a Duna, illetve a visszavezetett hűtővíz vízhozamától (1, 2, 3 vagy 4 blokk működik) a beömlés alatti néhány (1-2) km-es szakaszon a hőcsóva viszonylag homogén, a beömlési turbulencián kívül elkeveredés alig történik. Kivételt képez 1985. 01. 26-i felvétel, amely tanúsága szerint a nagy sarkantyú vonalában – a beömléstől számított mintegy 500 méterre – az elkeveredést jórészt megtörtént.
- A hőcsóva mindig a jobb parthoz simulva vonul le és behatol a zátonyok közötti vízterületekre is.
- A hőcsóva elkeveredése túlnyomó részben, mintegy 95 %-osan a beömléstől számított 4-5 km között megtörténik.
- A hőcsóva a 2002. évi nyári és a 2003. évi téli felvételezés alapján is nagyjából a Gerjen-Bátya vonalig nyomozható, ami kereken 10 fkm-nek felel meg, a beömléstől számítva.

5.22. ábra: A Duna felszíni hőképe a 2003. február 13.-i légifelvétel alapján

Fontos megjegyezni, hogy a termovíziós vizsgálatok csak az adott víztest (Duna) felszíni hőmérséklet-különbségeit képesek detektálni. A felszín alatt a mélységben történő elkeveredés, illetve hőmérséklet különbségek vizsgálatára, kimutatására nem alkalmas. A mélységbeli (függély menti) hőmérséklet eloszlások változásait e kutatási program keretében a VITUKI Hidraulikai Intézete vizsgálta az érintett Duna szakaszon 8 db szelvényben a folyó 1527 fkm (hidegvíz csatorna torkolata felett) és az 1499 fkm (új szekszárdi híd) között.

E vizsgálatok szerint pl. 2003. 03. 12-én az új szekszárdi híd szelvényében végzett függély menti hőmérséklet eloszlási vizsgálat a bal parton 8,2 méter mélyséig 9 mélység között mért eredményei 5,3 – 5,5 °C között mozogtak, míg a jobb parton a mért mélységintervallumokban stabil 6,6 °C hőmérsékletet mértek. Ez azt jelenti, hogy a melegvíz csóva feltételezett nyomvonalában a Duna teljes mélységi szelvényében 1,1 – 1,3 °C-al melegebb mint a bal parti víztest. Vagyis a melegvíz csóva hatása 27 fkm-el a beömlés alatt még mérhető, ha minimális mértékben is. Ez azonban a végső hatásviselőkre (pl. vízi élővilág egyes fajai) már nem releváns különbség. A Sió betorkolása alatt azonban (ennek hőmérsékleti és áramlási/keveredési hatásait is figyelembe véve) már a kimutathatósági határ alá esik a Paksi Atomerőmű hőmérséklet befolyásoló hatása.

5.4.3.3.4. A Paksi Atomerőmű melegvizének hatása a Duna élővilágára laboratóriumi vizsgálatok alapján

A frissvízhűtésű erőművek, így a Paksi Atomerőmű is jelentős mennyiségű hűtővizet emelnek ki, majd rövid idő elteltével néhány °C-kal felmelegítve engedik vissza a befogadóba. A Paksi Atomerőmű esetében a jelenlegi kiépítettség állapotában a Dunából 100-110 m³/s mennyiségű dunavizet emelnek ki hűtési célokra. A hidegvíz csatornából kiemelt szűrt dunavíz a technológiai folyamaton áthaladva a mindenkori dunavíz hőmérsékleténél 7-9 °C-kal (téli hónapokban 11,0-12,0 °C-kal) felmelegítve kerül vissza a Dunába.

A biológiai következményeket illetően ennek kétféle hatását kell megkülönböztetni:

- a **hirtelen fellépő hőmérsékleti stresszt**, amely az erőmű hűtőrendszerén közvetlenül áthaladó, főleg planktonikus szervezeteket (baktériumok, algák, kerekeshégek, plankton rákok, halivadékok) éri, és
- a **hőcsóvában fellépő hőhatást**, amely egyrészt az üledék- és a bevonatlakó makroszkópikus gerinctelen állatokat (férgek, csigák, kagylók, vízi rovarlárvák), másrészt pedig a melegvízhez hozzákeveredő, passzívan sodródó (plankton), illetve aktívan úszó (halak) élőlényeket befolyásolja.

A Paksi Atomerőmű blokkjainak üzembe helyezése előtt kiterjedt kutatások folytak abból a célból, hogy feltárják a várható hőterhelés hidrobiológiai hatásait és megállapítsák azokat a megengedhető hőmérsékleti határértékeket, amelyeknél még nem következik be az élővilág jelentős károsodása. Laboratóriumi kísérletekben vizsgálták a bakterio- és a fito- és zooplankton fiziológiai állapotának változásait és pusztulásának mértékét a növekvő hőmérséklet hatására. Meghatározták továbbá a Dunában élő gyakoribb makroszkópikus gerinctelen állat, valamint több dunai halfaj hőmérsékleti tűrőképességét. A különböző teljesítményfokozatú erőművi üzemelés időszakában helyszíni kísérleteket is folytattak, amelyek alapján elkészítették javaslatukat a hőmérsékleti határértékekre.

A bakterioplankton hőtűrőképessége

A hőterhelés vizsgálata során elvégzett kísérleti eredmények szerint a Duna bakterioplanktonjának a szerkezete 40 °C felett károsodik jelentősebb mértékben, a hidegebb

időszakban azonban sokkal érzékenyebb a hőterhelésre. Számolni kell azzal is, hogy az erőművön történő áthaladás során fellépő mechanikai (diszpergáló) hatás alacsonyabb hőmérsékleti értékeknél is megváltoztathatja a bakterioplankton fajösszetételét, illetve annak eloszlását. A hőmérséklet emelkedésre a hidegkedvelő (pszichrofil) baktériumok a legérzékenyebbek, számuk 40°C felett erősen csökken. A közepes hőmérsékleti tartományt kedvelő (mezofil) baktériumok hőtűrő képességének felső határa ezzel szemben 50°C . Vizeink elszennyeződésével ennek a baktérium csoportnak nő a legnagyobb mértékben az egyedszáma. A nagy hőtűrő képességű, ún. termotoleráns baktériumok csak 60°C fölött pusztulnak el. A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy az előbbieken leírt $40\text{--}60^{\circ}\text{C}$ -nál lényegesen alacsonyabb hőmérséklet is alapvető közösség szerkezet változást okoz a bakterioplanktonban.

Általában igaz, hogy a baktériumok hőtűrőképessége nagyobb, mint a többi élőlénycsoporté, így a bakteriális közösségre megadott hőmérsékleti határokat nem lehet általánosítani, hiszen a többi élőlénycsoport (pl. fito- és zooplankton, puhatestűek, rovarlárvák, halak) hőtűrése ennél lényegesen alacsonyabb.

Az eredmények statisztikai értékelése szerint megállapítható, hogy a bakterioplankton szerkezeti változását kiváltó kritikus hőmérséklet nyáron 40°C , télen $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ között változik, ősszel és tavasszal pedig az átmeneti értékek között található.

A hőmérséklet hatása a fitoplanktonra

A mérések eredményeiből az a következtetés vonható le, hogy az erőmű hűtőrendszerén történő áthaladás, amelynek időtartama mindössze percekben mérhető, körülbelül 10-20%-al képes csökkenteni az algák fotoszintetikus oxigén termelését, amely a mechanikai és a hőhatás együttes következménye. A kísérleti eredmények arra is rámutattak, hogy a növekvő tartózkodási idő minden valószínűség szerint nem lineáris módon károsítja az erőművi hűtőrendszeren áthaladt algák fotoszintetikus oxigén termelő képességét.

A paksi Duna szakaszon folytatott hidrobiológiai termotolerancia vizsgálatok alapján az is megállapítható, hogy:

- tavasszal amikor a víz hőmérséklete $11\text{--}13^{\circ}\text{C}$ között változik, $9\text{--}10^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet növekmény serkenti az algák fotoszintézisét. Ennél magasabb hőmérséklet növekmény hatására azonban az oxigén termelés hirtelen csökkenni kezd;
- a nyári időszakban $18\text{--}22^{\circ}\text{C}$ eredeti vízhőmérsékleten, a $26\text{--}28^{\circ}\text{C}$ -ra növekedett vízhőmérsékleten az is előfordulhat lokálisan, hogy a fotoszintézis termelte oxigén mennyiség már nem képes fedezni a légzés által elfogyasztott oxigén mennyiségét;
- az őszi vizsgálatok eredményei szerint a Duna $12\text{--}16^{\circ}\text{C}$ vízében a 30°C -nál magasabb hőmérsékletű bevezett vizet már jelentősen gátolta a fitoplankton fotoszintetikus oxigén termelését;
- télen $2\text{--}4,5^{\circ}\text{C}$ között már mintegy 10°C hőfok emelkedés is jelentősen csökkentette a fotoszintetikus oxigén termelést.

A rövid időtartamú (akut) hőterhelési kísérletek nem adhatnak választ arra a kérdésre, hogy a maximális fotoszintetikus oxigén termelés természetes körülmények között meddig tartható fenn és arra sem, hogy ez az erőteljesebb oxigén termelés miatt kedvezőbbnek tekintett állapot hosszabb idő alatt milyen átalakulást eredményez a folyó fitoplanktonjának és egyéb élőlény csoportjainak a szerkezetében. Ezért a megengedhető legmagasabb hőmérsékletnek a maximális oxigéntermeléshez tartozó hőfok tekinthető és nem az ennél nagyobb érték, amely

a fotoszintézist már gátolja. Az erőművi hűtőrendszeren áthaladt planktonikus algák fotoszintetikus oxigén termelő képességének átlagosan 20% -os csökkenése – figyelembe véve a jelenlegi vízkivétel és a folyó vízhozamának arányát, továbbá az elkeveredési viszonyokat – a Duna vize egészének oxigén forgalmát nem befolyásolja jelentős mértékben.

A később végzett helyszíni vizsgálatok eredményei pedig azt mutatják, hogy az erőmű melegvíz bevezetésének hatása nem okoz jelentős és az alvízi folyószakaszon messzire terjedő kimutatható változást a fitoplankton társulások mennyiségi (biomassza) és minőségi (fajösszetétel) mutatóiban.

A zooplankton hőtűrő képessége

A zooplankton vizsgálata során a sokszerű hőhatás eredményét vizsgálták. A gyakoribb planktonikus kerekesszerveket, ágascápú és evezőlábú rákfajokat hőmérsékleti szoktatás nélkül gyors hőmérséklet emelkedésnek vetették alá és feljegyezték a pusztulás kezdetét, a közepes pusztulás, illetve a teljes pusztuláshoz (100%-os mortalitás) tartozó hőmérsékletet. A kísérletek során a mindenkori dunavíz hőmérsékletét 5, 10, 15 és 20 °C-al emelték és az élőlényeket 5 napon keresztül ezeken a hőmérsékleti értékeken tartották.

Az 1-5 °C körüli hőmérsékletű dunavízben élő fajok 15-17 °C hőmérsékletemelést is elviseltek károsodás nélkül. Nagyobb mértékű pusztulásuk csak 23-25 °C hőmérsékleten kezdődött, ahol 48-72 óra elteltével több mint 50%-uk elpusztult. Teljes pusztulásuk 29 °C 24 óra alatt következett be.

A 6-15 °C hőmérsékletű dunavízben élő fajok 10-12 °C hőmérséklet emelést károsodás nélkül elviseltek. A kerekesszervek 25-27 °C-on kezdtek pusztulni. Teljes pusztulásuk 29-30 °C-on következett be. 23 °C-on 48 óra alatt elpusztultak az ágascápú rákok, 25 °C-on pedig az evezőlábú rákok. Egyes fajok ugyanakkor 25-27 °C hőmérsékleten intenzíven szaporodtak, pusztulásuk 28 °C-on kezdődött és 72 óra után 65%-ot tett ki. 30 °C-on azonban 96 óra alatt már minden egyed elpusztult.

Nyáron és ősszel 16-22 °C hőmérsékleti tartományban az egyedek károsodása csak 27-29 °C-on kezdődött. A 30 °C fölötti vízhőmérséklet azonban már 24 óra múlva nagymértékű pusztulásukat okozta, de csak 34 °C-on következett be az összes állapotcsoport minden egyedének pusztulása.

Összefoglalóan az állapítható meg, hogy a zooplankton fajok 50%-a télen 15 °C, tavasszal 25 °C, nyáron és ősszel pedig 30 °C hőmérsékleten pusztult el. Ezek a toxikológiai határértékekhez hasonlóan a legérzékenyebb fajokra vonatkoznak. Az atomerőműből kifolyó melegvízben végzett vizsgálatok eredményei szerint a zooplankton elsősorban a mechanikai hatások miatt károsodik, nem pedig a gyors hőmérséklet emelkedés miatt.

A makrozoobenton hőtűrőképessége

Négy mintavételi helyen, a természetes hőmérséklettel jellemezhető hidegvízcsatorna torkolatánál, a melegvízcsatorna közvetlen környékénél, valamint a torkolati műtárgy alatt található kis és nagy sarkantyúknál 1-4 blokkos üzemmód mellett vizsgálták a makrozoobenton állományok faji összetételét és annak változásait.

Az eltérő vízhőmérsékleti viszonyok között végzett vizsgálatok eredményei szerint az üledék- és bevonatlakó élőlények bioindikációs vizsgálatokra különösen alkalmasak, mert számos faj életciklusa több évig is eltart, ezért a megváltozott környezeti feltételek hatására jóval

lassabban válaszolnak társulásaik fajösszetételének átrendeződésével, mint a vízzel utazó planktonikus élőlény együttesek. Mivel ebbe az állatcsoportba általában helytűlő fajok tartoznak, akár társulásszerkezeti (fajösszetétel), akár pedig tömegességi mutatóik (egyedszám, abundancia, dominancia stb.) alkalmasak a vízminőség hosszabb időléptékű változásainak, illetve egy átlagos vízminőségi állapotnak az indikálására.

A makrozoobenton eredmények analízise alapján megállapították, hogy a melegvíz bevezetés hatására állandósul egy olyan fajspektrum, amelyben a melegvízkezelő fajok dominanciája jellemző. Az atomerőmű környékén található dunai fauna elemei a melegvíz bevezetése alatt 500 m-re található nagysarkantyú környezetében újra benépesítik az üledéket és a szilárd alzatok felszínét. Néhány °C-os, a folyó rövid szakaszára terjedő hőmérséklet emelkedés hatása a makroszkópos gerinctelen fauna faji összetételében nem okoz lényegesebb, károsnak minősíthető hatást.

A helyszíni vizsgálatok igazolták, hogy a jelenlegi üzemmód mellett kibocsátott hűtővíz csak korlátozott szakaszon változtatja meg a vízi makroszkópos gerinctelen társulások összetételét.

A gyakoribb dunai halfajok hőtűrő képessége

A Dunát érő hőterhelés biológiai hatásának becslésére 12 őshonos hazai halfaj évszakos preferencia-hőmérsékletét horizontális hőmérséklet-grádiens létrehozásával állapították meg. A módszer lényege, hogy egy longitudinális medencében hőmérséklet gradienst állítanak elő oly módon, hogy annak egyik végét melegítik, a másikat pedig hűtik. Abban a halak maguk választják meg tartózkodási helyüket, amely megfelel egy-egy hőmérsékleti zónának. Így az általuk igényelt (preferált) hőmérséklet tartomány meghatározható.

A kísérletek eredményei szerint a választott hőmérséklet tartomány a pontyféléknél kevésbé függött az évszaktól, mint a sügérféléknél. Ez utóbbiak a téli kísérletek során mindig alacsonyabb hőmérsékleti tartományban gyülekeztek, szemben a pontyfélékkel. Ez utóbbiak preferencia hőmérséklete a hideg akklimatizáció ellenére a kísérleti idő növelésével fokozatosan emelkedett.

Egy másik, a kritikus hőmérsékleti maximum módszerével a végső, halált okozó (letális) hőmérsékletet határozható meg. A 12 vizsgált halfaj letális hőmérséklete - a csapósünger (*Perca fluviatilis*) és a vágó durbincs (*Acerina cernua*) kivételével - 31 °C felettinek bizonyult. A legellenállóbb halfajok a tőponty (*Cyprinus carpio*), 35,6 °C, a szivárványos ökle (*Rhodeus sericeus amarus*), 35,4 °C és a naphal (*Lepomis gibbosus*) 35,3 °C voltak.

A harmadik kísérletsorozattal három halfaj un. közepes túlélési idejét vizsgálták a letális hőmérséklethez közeli tartományban. A túlélési idő a szoktatási hőmérséklet növelésével egy ideig nőtt. Az optimális akklimatizációs hőmérséklet az előzetes kísérletek szerint 24-25 °C-nak bizonyult. A ponty (*Cyprinus carpio*) ekkor csak 31 °C fölött kezdett pusztulni, míg a bodorka (*Rutilus rutilus*) és a csuka (*Esox lucius*) sorrendben 30 °C, illetve 27 °C fölött.

A hőmérsékleti határértékek megállapítása

Az Európai Gazdasági Közösség Energia Bizottságának 1981-ben kiadott jelentésében huszonkét ország hőmérsékleti határértékeire vonatkozó előírásai találhatók. Ezek összesen háromféle határértéket, a T_{max} a ΔT és a ΔT_{max} értékeit rögzítik. A T_{max} az esetek nagy részében 30 °C. A ΔT értékét csak Romániában (6-8 °C) és Németországban (10 °C) írják elő. Minden ország javaslatot tesz azonban a ΔT_{max} értékére a teljes elkeveredés után, ami 3-5 °C. Ez utóbbi paraméter hívja fel leginkább a figyelmet a Duna speciális jellegére, hiszen a Paks

alatti folyószakaszon a hőcsóva teljes elkeveredése csak nagyon hosszú távolság után következik be.

A VITUKI munkatársai az általuk végzett laboratóriumi és helyszíni vizsgálatok eredményei alapján adták meg a Dunába bocsátható hűtővíz hőmérsékleti határértékére ($T_{\max}$) vonatkozó javaslatukat, amelyet $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ban állapították meg. Ez a határérték a gyakori dunai élőlények (algák, zooplankton, makroszkópos gerinctelen állatok, halak) esetében mértékadónak tekinthető, több éves vizsgálat sorozatuk eredményei alapján indokolt és a nemzetközi normatívákkal is megegyezik.

A hűtővíz hőmérsékletnövekményének (ΔT) korlátjaként $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os Duna-víz hőmérséklet alatt (recirkulációs téli üzemmód) pedig $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot javasoltak megengedhetőnek abban az esetben, ha azt a melegvízcsatorna bukójánál mérik. Amennyiben az atomerőműből kifolyó hűtővíz hőmérsékletét a melegvízcsatorna bukójánál mérnék, akkor a $T_{\max}$ határértéket a nyári magas hőmérsékletű időszakok idején több napon át nem lehetne betartani. Tekintettel a melegvíz elkeveredésére vonatkozó nemzetközi előírásokra az ellenőrzési pont helyét a melegvízcsatorna bukója alatt 500 m-re levő nagy kőszórásnál jelölték ki. A hőmérsékleti határértékek így az atomerőmű négy blokkos üzemmódja esetén is betarthatók.

A VITUKI laboratóriumi kísérletei és a nemzetközi előírások figyelembe vételével a hatósági előírás szerint: **a visszavezethető hűtővíz és a befogadó Duna közötti hőmérsékletkülönbség $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, illetve $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os dunavíz hőmérséklet alatt $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nem lehet nagyobb. Kisvízi vízállás esetére külön intézkedési terv készült. A bevezetés alatt 500 m-re levő szelvény bármely pontján a Duna-víz hőmérséklete nem haladhatja meg a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot.**

Az előírások megfeleléségét a következőkben bemutatott helyszíni vizsgálatok is alátámasztották.

5.4.3.3.5. A Paksi Atomerőmű melegvizének hatása a Duna élővilágára helyszíni vizsgálatok eredményei alapján

Helyszíni vizsgálatokra a telephely-jellemzési program keretében került sor. A legfontosabb eredmények a következők voltak.

A bakteriológiai és hidrobiológiai vizsgálatok eredményei

Az 1999-ben végzett **bakteriológiai vizsgálatok** eredményei (autochton és allochton mikroflóra) azt mutatták, hogy az atomerőmű felmelegedett hűtővize nem befolyásolja a Duna vizének természetes tisztító képességét (öntisztulást), sőt eltérő mértékben, de serkenti az egyes mikroba csoportok szaporodását. A 2001-ben végzett mérések eredményei ezzel szemben az egyes szelvényekben nagyobb eltéréseket mutattak. A bakterioplankton szerkezete a Paksi Atomerőmű térségében a szennyvíz-indikátorok vonatkozásában (allochton mikroflóra) alig változott, de a mennyiségi viszonyok szerint kedvezőtlenebb képet mutatott a két évvel korábbi adatokkal összehasonlítva. Feltűnő a termofil telepszámok egy nagyságrenddel nagyobb átlagértéke (ebbe belejátszhat az a körülmény is, hogy a Coliform-számok átlagértékei is magasabbak az 1999. évi értékeknél). Az anyagforgalomban résztvevő mikroba csoportok (autochton mikroflóra) is erőteljesebb heterogenitást mutattak, nevezetesen a nitrifikáció igen alacsony szintje mellett jelentős denitrifikációs aktivitás, továbbá az ammonifikáció egy-két nagyságrenddel való magasabb értékei voltak megfigyelhetők. A foszfor-forgalomban szereplő típusok most is igen szerény szintet képviselnek.

Az eredmények összegzéseként az állapítható meg, hogy a hőterhelés esetleges kedvezőtlen hatásait a bakteriológiai vizsgálatok nem jelzik.

Fitoplankton

Az 1999. novemberi mérés eredményei szerint a **fitoplankton** biomasszája és összetétele, valamint az a-klorofill koncentráció változásában határozott hossz-szelvény szerinti tendencia nem volt felismerhető. A biomassza legnagyobb arányú összetevői a kovamoszatok voltak, amelyek arány 62,0 (Uszód sodor) és 85,2% (Uszód jobb part) között változott.

A 2001-ben végzett augusztusi és októberi mérések szerint a fitoplankton biomassza az évszakos változásoknak megfelelően október közepére az augusztus végén mért érték 16 %-ára csökkent. A paksi szelvény fitoplanktonjának biomasszáját 100 %-nak tekintve és a két időpont eredményeit átlagolva a hossz-szelvény menti változások azt mutatták, hogy a fitoplankton biomassza legnagyobb az Uszód-Dombori folyószakaszon és mindkét időpontban megfigyelhető annak a bajai szelvényben való átmeneti visszaesése.

A melegvíz-csatorna befolyásának környezetében a fitoplankton biomassza mindkét időpontban nagyobb (augusztusban: 158 %, októberben: 108 %) volt, mint fölötté a paksi kompnál, a sodorvonalban mért érték.

Az algák mikroszkópos kvalitatív és kvantitatív vizsgálatával nem lehetett a hőterhelés hatását egyértelműen kimutatni annak ellenére sem, hogy megfigyelhető volt az, hogy a melegvíz csatorna térségéből származó mintákban minden esetben több volt az összetört és üres kovaalga héj, mint a többi helyről vett mintákban. Ez az algák mennyiségének csökkenésében nem fejeződik ki egyértelműen, de felhívja a figyelmet azoknak az erőműben történő károsodására.

A dunai fitoplankton közösségek állománysűrűsége és összetétele nem különbözik lényegesen a hideg, illetve a melegvízi környezetben, ezért a hőterhelés nem gyakorol kimutatható hatást a fitoplankton fajösszetételére. A sejtek felépítésének vizsgálatára szolgáló megfigyelések viszont azt mutatták, hogy bizonyos finomabb mikroszkópos szerkezetű sejtkolóniás algafajok potenciálisan károsodhatnak a hűtőrendszeren való áthaladás során. Elsősorban a telepes kovaalga fajok átlagos mérete csökken a kolónia szétesés következtében, amely hatás még a bevezetés pontjától néhány száz méter távolságban is kimutatható.

Zooplankton

A **kerekesférgek és planktonrákok** (zooplankton) minőségi és a mennyiségi vizsgálatok eredményeinek összegzéseként megállapítható, hogy a leggazdagabb faji összetételű állományok most is a Paks fölötti szelvényben, a melegvíz csatorna torkolata alatt Uszód jobb parton, továbbá Dombori és Baja térségében élnek. A fajszám a hossz-szelvény mentén lefelé haladva fokozatosan növekszik, ami megegyezik a Duna hossz-szelvénye mentén végzett más vizsgálatokéival. Azt is megfigyelték, hogy az állatok egyedszáma a melegvíz csatorna torkolata fölött levő szelvényben is és alatta a hossz-szelvény mentén is egészen Dombori-Fajsz térségéig a jobb parti szelvényekben lényegesen kisebb volt, mint a szelvények közepén és a bal parton. A fajszám esetében ugyanakkor hasonló jelenség nem volt megfigyelhető.

Az atomerőmű hűtőrendszerén átfolyt felmelegedett Duna vízben 1999-ben 30-40%-os pusztulást tapasztaltak, ezzel szemben 2001-ben és 2002-ben is csak kis mértékben, vagy egyáltalán nem csökkent a faj- és egyedszám. 2001. augusztus 29-én is és 2002. június 18-án

is meghaladta a melegvíz csatorna torkolata térségében a víz hőmérséklete a kritikusnak tartott 30 °C-ot. Ennek ellenére csak az utóbbi mintavételkor tapasztalták azt, hogy számottevően csökkent az állatok egyedszáma.

Egyes nagytestű, sok függelékkel bíró rákfajok azonban jobban károsodnak, mint a kistestű, gömbölyű formájúak. A sérült, illetve az elpusztult egyedek száma a hűtővíz hőmérsékletének emelkedésével együtt növekedett, legjobban nyáron és kisebb mértékben az őszi időszakban. Az 1999-2002 között végzett vizsgálatok során a pusztulás mértéke az évszakoktól függően 10 - 58 % között változott a hűtőrendszeren történő áthaladás után.

Az eredmények összegzése alapján elmondható, hogy az atomerőmű felmelegedett hűtővize alapvetően nem károsítja a dunai zooplankton állományok faji összetételét és biomasszáját.

Makroszkópikus gerinctelenek

A makroszkópikus gerinctelen fauna felmérések eredményei egyaránt azt mutatták, hogy a Paksi Atomerőmű által kibocsátott melegvíz hatása a vízi makroszkópikus gerinctelen együttes megváltozása szempontjából a kibocsátás helyétől alvízi irányba, a folyam jobb parti régiójában a melegvíz beömlése alatt levő nagy sarkantyúnál kijelölt mintavételi szelvényig jelentős mértékű.

A melegvíz kedvelő fajok dominanciája jellemző, de ez eltér azoknak a társulásoknak a fajösszetételétől, amelyek nem állnak melegvízi hatás alatt. Az atomerőmű térségében a melegvíz csatorna fölött található dunai fauna elemei a melegvíz bevezetése alatt 500 m-re található nagysarkantyú környezetében már újra benépesítik az üledéket és a szilárd alzatok felszínét. A folyó hossz-szelvénye mentén a víz hőmérséklet csökkenésének eredményeként tehát elkezdődik az eredeti fauna regenerálódása és hosszabb-rövidebb szakaszon visszaáll a jellegzetes hidegvízi fauna.

A vizekben élő makroszkópikus gerinctelen élőlény-együttes lassabban és nehezebben követhető módon válaszol a környezeti tényezők megváltozására, mint a vízben lebegő planktonikus élőlény-együttes.

A hőmérséklet megváltozására az együttes sokféleképpen reagálhat:

- elvándorolhatnak egyes fajok
- új fajok telepedhetnek meg
- a populációk kifejlődésének az intenzitása megváltozik
- az együttes aspektusa megváltozik.

A környezeti tényezők jelentős mértékű megváltozása a természetes körülményekhez alkalmazkodott, "stabil" összetételű együttesben kialakult egyensúlyi állapotok felbomlásához vezethet.

A változás az együttes faj-és egyedszám növekedésében nyilvánul meg. A legjelentősebb különbséget a megnövekedett hőmérsékletű szakaszon élő taxonok egyedszámának a többszörösére növekedésében találták. Ezek közül ki kell emelni két Ázsiából betelepült kagylófajt, amelyek más felszíni vizünkben is egyre gyakoribb előfordulásúak.

Általánosan érvényes a makrozoobenton együttesre az a megállapítás, hogy a melegvíz hatására kialakuló kedvezőbb táplálkozási feltételek a populációk méretének jelentős

növekedését okozzák. Ökológiai szempontból a legnagyobb veszélyt az jelentheti, ha a melegvízi körülmények között az újonnan betelepült vagy behurcolt fajok rohamosan szaporodni kezdenek és gyors terjedésükkel, a hasonló ökológiai igényű őshonos fajokat kiszorítják.

2002. júniusában tapasztalták először azt, hogy a melegvíz csatorna torkolati szelvénye alatt a kis sarkantyú térségéig sok elpusztult csiga és kagyló héja található, az iszap is jellegzetesen bűdös szagú. Ennek valószínű oka a 30 °C-ra felmelegedett hűtővíz lehet. A szeptemberi mintavételkor ez az állapot már nem fordult elő. A jelenség felhívja a figyelmet arra, hogy a 30 °C körüli, vagy azt meghaladó vízhőmérséklet a folyó rövid szakaszán a makroszkópos gerinctelen fauna faji összetételében kismértékű változást okozhat.

Az eredmények összefoglaló értékeléseként megállapítható, hogy **az atomerőmű kibocsátott hűtővize csak korlátozott szakaszon változtatja meg a vízi makroszkópikus gerinctelen társulások összetételét**, a csóvaszerűen levonuló felmelegedett hűtővíz csupán lokális hatást fejt ki a helytűlő vízi élőlény-együttes tagjaira. **A változás az élőlény-együttes faj-és egyedszám növekedésében nyilvánul meg.** A melegvíz-csatorna torkolata alatt tapasztalható állomány-növekedés azoknak a szervezeteknek az esetében követhető nyomon, amelyek kifejezetten szervesanyagban gazdag, bőven termő, eutróf környezetet igényelnek. Közöttük a legelő, a szűrő, az ektoparazita és a ragadozó fajok egyaránt megtalálhatók. **A torkolati műtárgytól lefelé néhány folyam km-rel lejjebb az élőlény-együttes összetétele már nem különbözik jelentős mértékben az atomerőmű feletti szelvény együttesétől és az alvízi irányban kimutatható együttesétől sem.**

A 30 °C-os vagy annál nagyobb vízhőmérséklet a melegvíz torkolata alatti szelvényben azonban káros hatású is lehet, ami azonban a gyors elkeveredés miatt csak lokális jellegű, de felhívja a figyelmet a hőmérsékleti határérték betartásának szükségességére.

Halfauna

A **halfaunisztikai felmérések** során a Dunában az atomerőmű környezetben folytatott próbahalászatok alkalmával összesen 29 halfajt mutattak ki. Az erőművi felmelegedett hűtővíz torkolati műtárgyának környezetében tapasztalható a leggazdagabb halállomány, ahol 14 faj előfordulását jegyezték fel, melyek közül 6 csak innen került elő: fehér busa, ponty, kecsege, fogassüllő, kőszüllő, leső harcsa. Legnagyobb mennyiségben a keszegfélék (főként karikakeszeg, dévér, bodorka) szerepeltek a fogásban (kb. 60%). A torkolati műtárgy rendkívül erős áramlású vizében a többnyaras, kifejlett példányok domináltak. A vizsgált területen domináns fajok a balin, küsz és a békaféjű géb voltak.

A torkolati műtárgy alatti nagy sarkantyú környezetében 8 fajt fogtak, melyek között a fiatalabb korcsoport dominált. Mindegyik halfaj előfordult a melegvíz csatorna torkolati műtárgya közelében is. A többé-kevésbé elkeveredett vizű harmadik helyszínen kimutatott 10 fajból három csak itt fordult elő: fejes domolykó, magyar bucó, selymes durbincs.

Elsősorban a köves aljzatú mintapontokra jellemző a domolykó, menyhal, míg a homokos-iszapos aljzatú mintapontokon fordult elő nagyobb egyedszámban a balkáni csík és a folyami géb.

A mintaszakaszokat összehasonlítva megállapítható, hogy az élő Duna felvízi szakasza, valamint a hidegvizes csatorna mind faj-, mind az egységnyi területre jutó fogott egyedszám tekintetében hasonlóságot mutat, míg az alvízi szakasz e tekintetben mindkettőtől eltér, ahol

mind a fajszám, mind az átlagos fogott egyedszám a legnagyobb. Az alvízi szakaszon az adventív fajok aránya nagy, ami az élőhelyek zavartságát jelzi. A próbahalászatok eredményei (óvatos becslés) azt mutatják, hogy a vizsgált szakaszon bőséges a halállomány, amely a területen dolgozó halászok elmondása alapján az utóbbi években fokozatosan csökken.

A Paksi Atomerőműből kifolyó melegvíz által befolyásolt szakaszon különösen a hőcsóva kezdeti, legnagyobb hőmérsékletű szakaszán az egyedsűrűség meghaladja az átlagos értékeket (különösen a téli hónapokban). A bőségesen rendelkezésre álló táplálék a keszeg-félék populációinak nagy egyedszámú jelenlétét eredményezi, ami ide vonzza a ragadozókat is. Néhány halfaj időszakosan jelenik meg a szakaszon (menyhal, kecsege) elsősorban a szaporodási és vermelési időszakban.

Az erőmű területén belül a hidegvíz-csatornából 18 faj jelenlétét sikerült kimutatni. Ezek közül öt fokozottan védett, vagy védett (dunai ingola, szivárványos ökle, széles durbincs, selymes durbincs, tarka géb) faj található. A csatornán a fajok dominancia viszonyai hasonlóak az élő Dunán tapasztaltakhoz.

Az eredmények szerint **a halállomány jelentős része felkeresi a melegvíz beömlések környékét, azaz a hőmérséklet-emelkedés nem okoz fajszám-csökkenést.** Bár a halak a számukra kedvezőtlen területekről aktív úszással el tudnának menekülni, **a felnőtt példányok mégis a torkolati műtárgy környezetében gyülekeztek különösen a téli és kora tavaszi időszakokban. A vizsgálatok nem bizonyították a melegvíz bevezetés káros hatását az ichtiofaunára nézve. Feltétlenül el kell kerülni azonban a tartós hődugó létrejöttét,** amely a folyót a vándorló halak szempontjából két különálló szakaszra osztaná. Ez azonban tekintettel a vízkivétel és a vízhozam arányaira, valamint az elkeveredési viszonyokra nem jelent reális veszélyt a Paksi Atomerőmű jelenlegi működésénél.

5.4.3.3.6. 30 °C fölötti hőmérsékletű hűtővíz esetleges bevezetésének hatásai a Duna vízminőségére és élővilágára

A felsorolt tények szükségessé teszik, hogy megvizsgáljuk a 30 °C fölötti hőmérsékletű hűtővíznek a Duna vízminőségére, élővilágára gyakorolt hatását és a befogadó terhelhetőségének kritériumait, illetve a várható limitáló tényezőket. Ezt a kritikus környezeti események elemzésével lehet elvégezni. Ennek során olyan környezeti tényezőket kell figyelembe venni, amelyek bekövetkezése esetén az atmerőmű melegvizének hatása számottevő és káros változást okoz, vagy okozhat a Duna élőlénytársulásainak a mennyiségi és a minőségi mutatóiban.

A legkedvezőtlenebb esetnek olyan hidrológiai és hidrometeorológiai események együttes bekövetkezése nevezhető, amelyek hasonlóan az elmúlt aszályos évtizedhez, tartósan kisvízi állapotok kialakulásához vezetnek, párosulva meleg vízhőmérsékletekkel. Ilyen esetekben lokális vízvirágzáshoz vezető jelenségek következhetnek be a fitoplankton társulásokban. A vízvirágzás a vízben oldott, és biológiailag hozzáférhető növényi tápanyag (nitrogén és foszfor) túlkínálat és a hőmérsékleti növekmény hatására általában kisvízes időszakokban következik be. Elsődleges következménye a rendkívül magas algaszámok megjelenése, melynek hatására a víz oldott oxigén tartalma erős napszakos ingadozást mutat. Az ingadozás oka, hogy míg nappal az algák oxigént termelnek (gyakran többszörös túltelítettséget eredményezve) addig az éjszakai órákban a lélegeznek és a napközben termelt oxigént a hajnali órákra már teljesen elfogyasztják (nulla körüli oldott oxigén koncentrációk, anaerob viszonyok kialakulása). A vízvirágzás által kiváltott éjszakai-hajnali anaerobiának közvetlen

és jól ismert következménye halpusztulás lehet, a halak megfulladnak az oxigénhiány következtében. Az algák fiziológiai károsodása is bekövetkezhet, ami a fotoszintetikus aktivitásuk változásával jellemezhető és a növekvő hőmérséklettel rohamosan csökken.

Ennek az előfordulási valószínűsége azonban meglehetősen kicsi, mivel **a Dunában mért oldott oxigéntartalom rendkívül ritkán mutat alacsony, pl. 60% alatti oldott oxigén telítettséget, a folyó vize az év nagy részében oxigénben túltelített.** A Paksi Atomerőmű környezetében a szinttartó bukó és az energiatörő műtárgy is növeli a víz oxigéntelítettségét.

Az oldott oxigéntartalom szélsőséges ingadozásával kapcsolatban fel kell hívni a figyelmet arra a tényre is, hogy ez szoros összefüggésben áll a pH, illetve redoxpotenciál viszonyokkal a folyóban, annak üledékfázisában zajló biodegradációs folyamatok csatolásán keresztül. A pH-redoxpotenciál viszony ugyanis két, a vízhasználatot erősen befolyásoló tényezőt szabályoz: a fenéköledékben előforduló fémek, és nehézfémek oldékonyságát (azaz a víztestben és az üledékben kötött formák mennyiségi arányait), továbbá a nitrogén biogeokémiai ciklusát, ezen belül pedig az ammónia és a nitrát biokémiai átalakulásait.

Az édesvízi nitrogén ciklust az oldott oxigénviszonyok annyiban befolyásolják, hogy a periodikus vagy helyenként állandósuló anaerobia (alacsony oldott oxigén tartalom) hatására a nitrogén tartalmú vegyületek redukált formái szaporodnak fel (pl. az ammónia). A nyers szennyvizek nitrogén tartalmú vegyületeinek lebomlása az ún. ammonifikáció folyamán keresztül zajlik. A fehérjékből és más nitrogén tartalmú szerves vegyületekből ammónia keletkezik, amely azonban nem tud -oxigén hiányában- tovább oxidálódni nitritté és nitráttá, így a vízfázisban felhalmozódik. A szabad, gáz alakú, vízben oldott ammónia mérgező, LC₅₀ (letális koncentráció 50%-a) értéke a legtöbb hazai halfajra rendkívül alacsony, a 0,5-1,5 mg/l tartományban mozog. Ebben a tekintetben a legkisebb értéket (azaz a legnagyobb érzékenységet) a kecsge mutatta, amely a Dunában is újabban örömdetes szaporodó értékes, védelemre szoruló halfaj. Az ammónia és az erőművi melegvíz kibocsátás egymásra hatásának elemzése azt mutatja, hogy ebben az esetben a pH hatása -szerencsére- ellene hat az ammónia mérgező hatásának. Tehát igaz ugyan, hogy a szervesanyag oxidációs és az ezzel párhuzamos ammonifikációs utjai felgyorsulnak a folyóban a melegvíz bevezetés hatására, de mindkét biokémiai folyamat csökkenti a pH-t. Minél alacsonyabb a pH, annál kevesebb a gáz alakú, oldott ammónia a vízben, és az ammónia/ammonium egyensúly a protonált (NH₄⁺) forma felé tolódik el, amely nem mérgező. Így tehát a folyó BOI tartalmának oxidációja és a melegvíz hatása ellentétes hatást eredményez a nehézfémek, illetve az ammónia problémát illetően. Az ammónia esetében a melegvíz bevezetés a problémán nem változtat, vagy egyenesen javítja azt, míg a nehézfémekkel kapcsolatos vízminőségi helyzetet változatlan szervesanyag terhelés mellett is feltétlenül rontja azon a folyószakaszon, ahol a felmelegedés miatt a folyó BOI tartalmának oxidációja felgyorsul.

30 °C-nál magasabb vízhőmérsékleten a planktonikus állatok pusztulása is egyértelműen kimutatható.

Az is ismert, hogy a vízben oldható oxigén mennyisége pusztán a hőmérséklet növekedése miatt is csökken. Ehhez hozzá kell adni a planktonikus élőlények elpusztult tömegéből származó szervesanyag lebomlásából származó oxigénelvonást, továbbá azon tényből eredő oxigénscsökkenést is, mely szerint a biológiai folyamatok sebessége (esetünkben a szervesanyag bomlása) 10 °C hőmérsékletemelkedés esetén mintegy 2-3-szorosára növekszik. Mindezek eredményeként a 30 °C körüli hőmérsékletű hőcsővában az oxigénforgalom mutatóinak (oldott oxigén, BOI, KOI) a romlása fog bekövetkezni.

A makroszkópos gerinctelen állatok közül a 27 °C hőmérsékletű, illetve az annál magasabb hőmérsékletű Duna szakaszon fajszegényedés volt megfigyelhető. A jelenlegi viszonyok között a melegvíz bevezetés alatt 500 m-re levő nagy sarkantyúnál már bekövetkezik a faj- és állomány-összetétel regenerálódása.

5.4.4. Geológiai és hidrogeológiai képződmények (föld, talaj, talajvíz) terhelése, igénybevétele

Jelen fejezetben a Paksi Atomerőmű működésének következményeit vizsgáltuk a földtani, vízföldtani képződményekre. Feltártuk az erőműhöz kapcsolódó eddig észlelt szennyezőforrásokat, és ismertetjük a korábban elvégzett mérések eredményeit. Természetesen azt is bemutatjuk, hogy a szennyezések megelőzése, kiküszöbölése érdekében az erőmű milyen intézkedéseket tett és tesz, és ennek eredményeként jelen pillanatban, hogyan jellemezhető az erőmű térségének talaj-, talajvíz állapota.

5.4.4.1. Talaj, talajvíz szennyezettség

Az atomerőmű területén található talaj és talajvíz állapota egyrészt az építést megelőző, nagyszámú talajmechanikai feltárás során vett mintákból, másrészt a kifejezetten a talajvíz megfigyelésére létesített figyelőkutak vizsgálataiból ismertek. Ilyen típusú vizsgálatokat nemcsak a létesítés előtt végeztek, később, a tervezett bővítési munkálatokat megelőzően ugyancsak számos geotechnikai feltárásból származó vízminta minőségvizsgálata készült el. A vizsgálat eredményeit, a talaj- és rétegvizek legfontosabb minőségi paramétereit a 4.3.4.2. pontban bemutatottuk.

5.4.4.1.1. Az erőmű működése közben végzett talaj- és talajvíz vizsgálatok és eredményeik

1996. előtti talaj és talajvíz vizsgálatok eredményei

Az erőmű területén létesített talajvíz monitoring rendszer alapvetően a radioaktív szennyezések vizsgálatára készült, a rendszeres mintavételek ezt a célt szolgálták. Ezért az erőmű működésének megkezdésétől 1995-ig – a hagyományos, nem radioaktív szennyezőkre vonatkozóan – csak néhány területen történt talaj, talajvíz vizsgálat. 1992-től kezdődően:

- a zagytér (pH, oldott anyag, keménység, olaj), ill.
- az Üzemi Veszélyes és Ipari Hulladék Gyűjtő környezetében (pH, oldott anyag, olaj, fémek)

2-2 kútból végeztek eseti vizsgálatokat. A mérések azonban – a mérésekhez használt módszerek magas kimutatási határa, ill. az olajtartalom esetében nem eléggé specifikus volta miatt – csak tájékoztató jellegűnek tekinthető [16].

1995-ig két esetben tártak fel talajszennyezést:

- Az erőmű beruházási ideje alatt a festékes és oldószeres göngyöleget az építkezést végző cégek egy salakkal felszórt, körülkerített területen gyűjtötték. Az 1990. április 10-i környezetvédelmi ellenőrzésen a környezetvédelmi hatóság felszólította az erőművet a festékhulladék tároló felszámolására, a területen lévő hulladékok (mintegy 150 t festékes hulladék) ártalmatlanítására, valamint a terület szennyezéstől való mentesítésére.
- A mentesítés megtörtént, a hulladékot 1999. május 10-ig – az időközben elkészült Üzemi Veszélyes és Ipari Hulladék Gyűjtőbe tárolták be, majd később ártalmatlanították. A szennyezett talajt 20-40 cm mélységben eltávolították, a

szennyezett talajból származó 790 t festékes föld az Aszódi hulladéklerakóban került elhelyezésre. A szennyezett talaj eltávolítása után végzett talaj vizsgálatok a szennyezettség megszűntét bizonyították [17].

- Az 1990-ben a két új 10 000 m³-es meszes zagykazetta létesítése során, melyeket az erőmű építése során használt 5000 m³-es zagymedence helyére építettek, a felszámolni kívánt földmedence olaj szennyezettségére derült fény. Az olajjal szennyezett kb. 200 m³ talaj – hatósági engedéllyel történő kitermelése után – az olajos tároló medencébe került elhelyezésre [18].

Környezetvédelmi felülvizsgálatok eredményei napjainkig

Környezeti állapot és kárfelmérés (1996.)

Az MVM Rt. megbízása alapján a Golder Associates Magyarország Kft. által képviselt konzorcium 1996 júniusa-szeptembere között elvégezte a PA Rt. környezeti állapotának feltárását és kárfelmérését [19]. (Ennek keretében a meglévő kutakból került sor vízmintavételre, emellett 11 db talajfeltáró fúrás történt a potenciális szennyezőforrások környezetében.)

Az állapotfelmérési dokumentáció néhány esetben környezetszennyezés lehetőségét tárta fel és ezeken a területeken további vizsgálatokat javasolt. A feltárt szennyezések a következők voltak:

- Az Üzemi Veszélyes és Ipari Hulladék Gyűjtő ellenőrző kútjaiban a réz és cink koncentráció meghaladta az MSZ 450/1-1989 ivóvízszabvány tűrhető határértékét
- A zagyter mellett Z-2 sz. megfigyelőkútban jelentős mértékű réz, cink, nikkel és ólom szennyeződés tapasztalható.

Részleges környezetvédelmi felülvizsgálat (1997-99.)

A PA Rt. kiegészítő vizsgálatok után a felülvizsgálati jelentést benyújtotta a környezetvédelmi hatóságnak, aki a felülvizsgálati dokumentáció és más adatok alapján 1997-ben részleges környezetvédelmi felülvizsgálatot [20] rendelt el az alábbi területeken:

- Üzemi Veszélyes és Ipari Hulladék Gyűjtő;
- zagymedencék környezete;
- M-8, M-9, M-10 és M-11 megfigyelőkutak környezete;
- az Rt. területén az ún. „talajvíz trícium szennyeződés” vizsgálata.

Részleges környezetvédelmi felülvizsgálat 1997-99 között elkészült [21]. Eredményeit a környezetvédelmi felügyelőség elfogadta, és környezetvédelmi előírások kiadása mellett 1999-ben működési engedélyeket adott ki a vizsgált területekre. A részleges környezetvédelmi felülvizsgálatok fontosabb megállapításait és a kapcsolódó környezetvédelmi előírásokat az alábbiak szerint foglalhatjuk össze:

- A **Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolójának szennyvízelvezető csatornája** környezetében, az M-9 kútban mérhető magas ammónium szennyeződés (5,5 mg/l) oka a csatorna – időközben kijavított aknáinak – inheretikusága. Ezért az ammónium szennyeződés megszűnését utóellenőrzéssel kell igazolni.
- A **pótvízleőkészítő** környezetében a talajvíz magas nitrát koncentrációjának (60-80 mg/l) okát fel kell tárni, és meg kell szüntetni, utóellenőrzést kell végezni.
- Az **Átmeneti Veszélyes Hulladéktárolóból** származó szennyezést a felülvizsgálat nem talált. A tárolót ellenőrző kutakban határérték túllépést csak a K 01 sz. kútnál ([Zn] = 1,430 mg/l) tapasztaltak. Bizonyítást nyert, hogy a magasabb réz és cink koncentráció a kutak kialakításából adódik. A kutak horganyzott huzallal rögzített

- részáló szűrőzéssel készültek. Ezért a kutakat fel kell számolni, és új kutakat kell létesíteni.
- Az **ipari zagyter** környezetében a hagyományos komponensek tekintetében (réz, nikkel, vas, mangán, ólom, cink, klorid, kémiai oxigénigény) vett talajvíz mintákban határérték feletti koncentrációkat találtak. A szennyezés forrása a vegyszeres hulladékvíz medence. A szennyeződés a medence szűk környezetére terjed ki, így a várható környezetterhelés elhanyagolható. Előírásra került vegyszeres medence burkolati hibáinak kijavítása, a monitoring rendszer bővítése, a szennyezés utóellenőrzése, a vegyszeres medence burkolatának évenkénti ellenőrzése, a töltő és ürítő vezetékek nyomáspróbája.
 - A PA Rt területén létesített talajvíz megfigyelő kutak üzemi ellenőrzése során először 1983-ban észlelték a talajvíz trícium koncentrációjának növekedését (kb. 50 Bq/l) a fekális csatorna környezetében. Néhány év múlva az erőmű egyéb építményei – fő és segéd épületek – környezetében is egyes talajvízfigyelő kutakban megnőtt a trícium koncentráció, 1989-1993. között jelentős mértékben max. 2-3 kBq/l-ig. A szennyeződés mindmáig az atomerőmű területén belül maradt. A szennyezés forrásainak a technológiai rendszeri és épületszerkezeti hibákból adódó szivárgások bizonyultak. Az 1998-ig elvégzett javítások eredményeképpen 1994-től általában jelentős trícium csökkenés figyelhető meg a talajvíz kutakban, az 1998. évi maximális érték < 1 kBq/l (jellemzően kb. 0,5 kBq/l) volt. A talajvíz trícium szennyezéséből adódó lakossági járulékos dózis elhanyagolható, 0,01 nSv nagyságrendű (hidegvizes csatorna – Duna útvonalra számolva) [22]. A tríciummal szennyezett technológiai eredetű víz bejutása a talajvízbe napjainkra megszűnt.

A szivárgásokból a tríciumon kívül más izotópok környezeti megjelenése eseti. A C-14 eseti háttéringadozása általánosnak mondható, ez azonban még a tríciuménál is jelentősen kisebb környezeti terhelést jelent. A trícium kikerülése és kimutatása egyértelmű, az összes többi radionuklid esetében a kutak vizében való egyértelmű megjelenés nagyon jó kimutatási határ mellett sem volt igazolható (gamma-sugárzóknál kb. 5 mBq/l, ^{90}Sr -nál kb. 1 mBq/l, alfa-sugárzóknál kb. 0,1 mBq/l kimutatási határ az ilyen irányú vizsgálatok során).

A szivárgások teljes megszüntetése esetén a trícium az erőmű alatti vízvezető rétegekből 3-10 év alatt távozna. A még fennálló épületszerkezeti, technológiai szivárgási helyek feltárássra automatikus mintavételű környezeti feltáró monitoring rendszert kell kiépíteni. A monitoring eredmények alapján pontosítani kell a meglévő szennyeződésterjedési modellt. Azonosítani kell, és meg kell szüntetni a már ismert és a később feltárássra kerülő szennyezés forrásokat. Figyelembe véve a felülvizsgálat eredményeit ki kell dolgozni a környezetveszélyeztetéseket megelőző monitoring rendszert. A fekális csatornával kapcsolatos környezeti utóellenőrzéseket folyamatosan végezni kell és igazolni kell a környezetveszélyeztetés megszűnését.

A – részleges környezetvédelmi felülvizsgálat eredményeit figyelembe véve kiadott – **működési engedélyekben foglalt előírások teljesítésére a PA Rt. intézkedési terveket fogadott el és hajtott végre.**

A transzformátorok környezetében végrehajtott részleges környezetvédelmi felülvizsgálat (1998.)

1998-ban a PA Rt. a 21AT jelű blokki és a II/1 jelű hálózati transzformátorok esetében észlelte, hogy a teljes üzemidő alatti olaj utántöltés 600-1000 literrel meghaladja a többi transzformátorba töltött olajmennyiséget. Az elvégzett feltáró vizsgálatok eredményei alapján – melyek határérték feletti olajszennyezést jeleztek – a PA Rt 1998. májusában bejelentést tett a környezetvédelmi felügyelőségnek. A felügyelőség 1998. júliusában részleges környezetvédelmi felülvizsgálatot rendelt el.

A felülvizsgálat eredményeit a környezetvédelmi felügyelőség elfogadta és környezetvédelmi előírások mellett működési engedélyt adott ki, amelyet kiegészítő vizsgálatok, kockázatértékelés és a lehetséges kárelhárítási módok részletes vizsgálata alapján, a PA Rt. kérelmére módosított [23], [24], [25], [26], [27]. A felülvizsgálat fő megállapításait és a működési engedély megállapításait az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- A 21AT blokki transzformátor meghibásodása következtében kb. 1000 l transzformátorolaj került 1987-ben a kavicságyra. A II/1 jelű hálózati transzformátor tömítetlensége miatt 1993-1996. között, illetve 1998-ban kb. 600 l olaj folyt ki a kavicságyra.
- A vizsgálatok megállapították, hogy a transzformátorok alatt a talaj szennyeződött, a szennyezés in-situ biodegradációval történő eltávolítására van szükség. A kárelhárítási módszerként a Golder Ass. Kft. BIOVENTING eljárás került kiválasztásra. A talaj levegőellátásának javítását szolgáló levegőztető és monitoring rendszer 2001-ben megkezdte működését.

Építési törmeléklerakó és betonelem tároló részleges környezetvédelmi felülvizsgálata (2002.)

A PA Rt. a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. tv. 56. §. (5) bekezdése alapján 2002-ben megbízta az FTV Rt-t az építési törmelék lerakó terület teljeskörű környezetvédelmi felülvizsgálatával [28]. A környezetvédelmi felülvizsgálat legfontosabb eredményeit – a teljesség igénye nélkül – az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- A területen 2001. december óta hulladék elhelyezés nem történik.
- A feltárások eredményei alapján a lerakóban – a felszín alatt – elhelyezett hulladék 95-96 %-a építési törmelék és föld, homokos kavics (kb. 50-50 %-ban), 4-5 % szerves anyag (pl. fahulladék, tuskó, nyesedék). Veszélyes hulladékot nem tartalmaz. Teljes térfogata, mintegy 80-100 ezer m³. A felszínen elhelyezett hulladék (jellemzően vasbeton elemek, beton törmelék) térfogata megközelítőleg 1670 m³.
- A lerakott törmelékanyag és a földtani közeg jellegű kötőanyag az analitikai vizsgálatok tanúsága szerint nem mutatott szennyezettséget. A talajvízben lokálisan és időszakosan ammónium, nitrát, cink és olaj szennyezettség észlelhető. Az előzetes környezeti kockázatbecslés adatait összegezve megállapítható, hogy a jelenlegi és a tervezett területhasználat, figyelembevételével a talajvíz lokális szennyezettségének következtében fennálló környezeti kockázat kicsi, azonnali beavatkozást nem igényel.

A környezetvédelmi hatóság a környezetvédelmi felülvizsgálat alapján környezetvédelmi előírások megadásával kötelezte a PA Rt. a lerakó lezárására. A főbb környezetvédelmi előírások az alábbiak:

- A felszínen elhelyezett és nem hasznosítható betonelemek elhelyezésére rekultivációs tervet kell készíteni, és jóváhagyatni. A jóváhagyás után – 2004. június 30-ig – a beton hulladékot a helyi viszonyoknak megfelelő talajtakarással a tájba kell illeszteni.
- A monitoring rendszert bővíteni kell, azaz a méréseket ökotoxikológiai vizsgálatokkal is ki kell egészíteni. A monitoring eredményei alapján kockázatbecslést és amennyiben szükséges kárelhárítási tervet kell készíteni és 2004. júliusában a környezetvédelmi hatóságnak benyújtani.

A környezetvédelmi előírások teljesítése folyamatban van.

Az olaj- és vegyszertároló tartálypark környezetvédelmi felülvizsgálata (2003.)

A PA Rt. a környezetvédelmi felügyelőség határozata alapján [29] elvégeztette a 11/1994. (III.25) IKM r. hatálya alá tartozó tároló tartályok részleges környezetvédelmi felülvizsgálatát. A részleges környezetvédelmi felülvizsgálat az üzemelő tartályparkokból származó környezetszennyezést nem tárt fel [30].

A 33/2000. Korm. rendelet előírásaira figyelemmel – mely szerint a kockázatos anyagokkal tevékenység csak a legjobb elérhető technika alkalmazásával, környezetvédelmi megelőző intézkedésekkel végezhető – a PA Rt. a földalatti olajtartályainak dupla falúvá tételét határozta el. (Az elvégzés időpontjául a 2004-2006. közötti időszakot jelölte meg.)

A Területi Műszaki Biztonsági Felügyelet által engedélyezett duplafalúsítási módszerek közül kiválasztásra került technológia lényege, hogy a tartály belső felületére műanyag alapbevonatot hordanak fel, majd ezen belül egy újabb réteggel dupla falat alakítanak ki. A szerkezet kialakítása után szivárgásjelző szondát helyeznek el a tartályban.

A részleges környezetvédelmi felülvizsgálati dokumentáció 2003. májusában került benyújtásra, hatósági elbírálása folyamatban van.

5.4.4.1.2. Az erőmű területén észlelt konkrét talaj-, talajvízszennyezések, és ezek elhárítása

Vegyszervezeték meghibásodása

2001. június 22-én egy armatúra meghibásodása miatt (kb. 430 l) salétromsavval szennyeződött az 1. sz. segédépületnél lévő csőhid (59. oszlop) alatti füvesített terület. A szennyezett felső talajréteget eltávolították (12 t) és tiszta talajjal pótolták. A szennyezett talajt veszélyes hulladékként ártalmatlanításra került. A gyors intézkedésnek köszönhetően a mérések tanúsága szerint a mélyebb talajrétegek ill. a talajvíz nem szennyeződött.

A tömörtelenség okának kivizsgálása több műszaki, szervezési problémát tárt fel. (Pl. a csőszakasz rozsdamentes acél, de a csatlakozó karimapárok szénacél kötőelemek, üzemviteli feltételek hiánya miatt a csőszakaszon tömörség próbát nem tudtak végezni). A feltárt hibák ismétlődésének elkerülésére intézkedtek. A környezetvédelmi hatóság a savat szállító vezetékrendszerek felülvizsgálata alapján intézkedéseinket elfogadta.

A pótvízelőkészítő udvarterében lévő hulladékvíz vezetékek meghibásodásai

A 33629-15/1999. sz. működési engedély előírásai alapján, 2000. december 31-ig elvégzésre került a pótvízelőkészítő épület udvartéri hulladékvíz elvezető rendszerének építészeti felülvizsgálata során feltárt hibák megszüntetése:

- a 01UL95 jelű földalatti hulladékvíz vezeték kiváltása új, műanyag vezeték kiépítésével;
- a használaton kívüli földalatti vezetékek és 1 db akna megszüntetése;
- a hulladékvíz átemelő osztó-, szívó aknási szigetelő burkolatának javítása;
- a vasúti vegyszerlefejtő tálca burkolatának helyreállítása.

Várakozás szerint a hibák javításával a talajvíz nitrát szennyezésének okai megszüntetésre kerültek.

Az 2002. január – március között azonban az udvartéri vezetékrendszeren egymás után több hibát tártak fel. Az esetlegesen szennyezett talajból minden esetben mintát vettek. A sérült csőszakaszok környezetéből vett 3 mintában találtak kis mértékű szennyezést (króm, olaj), amely azonban talajcserét nem indokolt. A felmért földalatti csővezeték sérülésekről a környezetvédelmi hatóságot folyamatosan tájékoztatták. A feltárt hibák miatt megkezdődött a vezetékrendszer soronkívüli felülvizsgálata. A pótvízelőkészítő, a vegyszerelőkészítő és a vegyszertartályok kármentőiből elfolyó hulladékvizeket szállító csővezetékek és aknák állapotfelmérését a környezetvédelmi hatóság is kérte.

A szakértői jelentések tartalmából, valamint a meghibásodások növekvő számából és az azokat kiváltó okok vizsgálatából azt a következtetés vonható le, hogy a pótvízelőkészítő hulladékvizeket szállító csővezetékei előregedtek. A csövek belső felülete érdes, bordásan kimaródott, így eredeti falvastagságnál vékonyabb. A talajnyomások, alámosások miatt a csövek jó része az eredeti lejtésvizonyoktól eltér, a csövek megfogása az aknáknál meglazult, a csövek tengelyirányban elmozdultak.

A pótvízelőkészítő hulladékvízrendszerének állapotvizsgálata alapján szakértői és vezetői döntés született a rendszer teljes terjedelmű rekonstrukciójáról. A környezetvédelmi hatóság kérte a rekonstrukció felgyorsítását. Jelenleg a rekonstrukció kiviteli tervezése folyik.

Az ipari hulladékvizeket a zagytéri meszes medencébe szállító 3 db hulladékvíz vezeték rendszeresen (évente 1-3 alkalommal) meghibásodott, a csőtörések következtében a talajba kockázatos anyagokat nem tartalmazó hulladékvíz került, a mérési eredmények alapján környezetszennyezés nem történt. A környezetveszélyeztetések elkerülése érdekében 2002-ben az egyik vezeték (1080 m hosszon) KPE anyagú csővezetékre cserére került, a továbbiakban ez az üzemi vezeték. A másik két vezeték ezután csak üzemi tartaléknak szolgál.

Kommunális szennyvízvezeték meghibásodása [8], [9], [10]

A PA Rt. a 39022-10/1/2001. sz. alatt módosított 33629-15/1999. számú működési engedély III/1. pontja alapján folyamatosan végzi a KKÁT területéről a kommunális szennyvizet az erőművi gerincvezetékbe továbbító csatornaszakasz, korábbi meghibásodásból származó talajvízszennyezésének, utóellenőrzését.

A talajvízben mérhető ammónium, szerves anyag koncentrációk több éves tendenciái, ingadozása miatt felmerült a „friss” szennyeződés, a csatorna meghibásodásának lehetősége. Ezért elvégeztettük a csatornaszakasz kamerás vizsgálatát. A 200 mm-es KG PVC csővezeték

– 108 m hosszon elvégzett – ipari televíziós vizsgálata számos hibahelyet azonosított (repedések, hosszirányú ill. keresztirányú elmozdulások).

A további szennyezés kijutás elkerülése érdekében a csatornaszakasz felújítását soron kívül elvégezték. A csatornaszakasz meghibásodását 2002. augusztus 23-án jelentették a környezetvédelmi hatóságnak. A szennyvízcsatorna – csőszakasz cserékkel történő javítása – sikeres víztartási próbával 2002. október 8-án fejeződött be.

Mozdonyszín mellett feltárt talajszennyezés

A PA Rt. beruházási területén, a mozdonyszín mellett lévő 2 db 25 m³-es földalatti gázolajtartály megszüntetése kapcsán a környezetvédelmi hatósággal egyeztetett ellenőrző programot hajtottak végre (2003. február). A mérési eredmények szerint a tartályoktól a talajvíz áramlási irányába eső mintavételi helyen a talajvíz szénhidrogén tartalma meghaladja a beavatkozási szintet, a talaj szénhidrogén tartalma meghaladja a szennyezettségi szintet. A tartályoktól a talajvíz áramlási irányával ellentétes irányba eső másik mintavételi fúrásból a talajvízben és a talajban szénhidrogén kimutatási határ felett nem mérhető.

A tartályok két éve üresek, tisztításukat és sikeres nyomáspróbájukat a TANK-KER Kereskedelmi és Szolgáltató Bt. 2002.02.13-án fejezte be (dómfedél leszerelés, tisztítás, dómfedél lezárása, nyomáspróba). Az üres, kitisztított tartályok így további olajszennyezést nem okozhatnak. A tartályok nyomáspróbával bizonyított hermetikussága a tartályokhoz csatlakozó valamely csővezeték korábbi meghibásodását valószínűsítette. A szennyezés lehatárolása, mértékének felderítése céljából további vizsgálatokat végeztünk. A tartályok, a csővezetékek és a kapcsolódó kútfejek kiemelésre, ill. eltávolításra kerültek.

A tartálypark környezetében 7 db ideiglenes talajvíz mintavételi pontból történő vízvizsgálat olajtartalom meghatározása céljából. A tartályok és a hozzá tartozó kútfejek kiemelése során az érzékszervileg észlelhető szennyezett talaj ki lett termelve és ártalmatlanításra került (20 t). A kitermelést követő talajmintavétel és elemzés bebizonyította, hogy a talajszennyezés megszűnt, így további kitermelés nem szükséges.

Az első mintavétel során mért 1532 µg/l olajtartalom valószínűleg a talajvíz fúrás során való szennyeződésének következménye (az 5-6 m mélységben lévő szelvényben olajjal szennyezett talajból a csővezetés során talajdarabok hullottak a talajvízbe). Az ezt követő háromszori mintavétel eredményei alapján megállapítható, hogy a talajvízben egy mintavételi helyen (G17) 54 – 193 µg/l közötti – a mintavételekkel csökkenő tendenciájú – olajtartalom volt mérhető [30]. A G17 mintavételi hely körüli mintavételi helyeken sem a talajvízmintákban, sem a talajmintákban olaj nem mutatható ki. Így a szennyezés igen kis kiterjedése bizonyított. A szennyezett talaj, a tartályok, a csővezetékek és a kapcsolódó üzemanyag kutak eltávolítása megtörtént, ezzel a lehetséges szennyezés források felszámolásra kerültek. A környezetvédelmi hatóság az intézkedéseket elfogadta.

Lúg kifolyás csőtörés következtében

A 02RS40 jelű – felszín feletti csőhídon vezetett rozsdamentes acél csővezeték – egyik hegesztési varrata meghibásodott. A meghibásodást 2003. március 12-én észlelték. A varrathiba miatt a csőből a talajra 257 g/l koncentrációjú nátrium-hidroxid oldat került. A további szennyezés elkerülése érdekében a vezeték leürítésre és kizárásra került.

A vezeték szakaszon az utolsó áttárolás 2003. február 27-én történt. Az udvartéri vezetékek 2003.03.06-i ellenőrzése során az ellenőrzést végzők meghibásodást nem észleltek, így

feltételezhető, hogy a varrat meghibásodása ezután történt. Becslés szerint 50-70 liter nátrium-hidroxid kerülhetett a talaj felszínére.

A szennyeződött talajt (kb. 4 m³) eltávolították, és a továbbiakban veszélyes hulladékként kezelték. A szennyeződés eltávolításának bizonyítására talajmintát vettek, melyet akkreditált laboratóriumban vizsgáltattak. Tekintettel a kijutott vegyszer mennyiségére a szennyeződés – a szennyezett talaj eltávolítása után – a talajvizet nem veszélyeztette.

5.4.4.1.3. A Palsi Atomerőmű területén található talaj, talajvíz jelenlegi állapotának értékelése

A 2. fejezetben bemutatott talaj-, talajvíz monitoring rendszer alapján a következő megállapítások tehetők a telephely egyes területrészeire:

Ipari zagytér

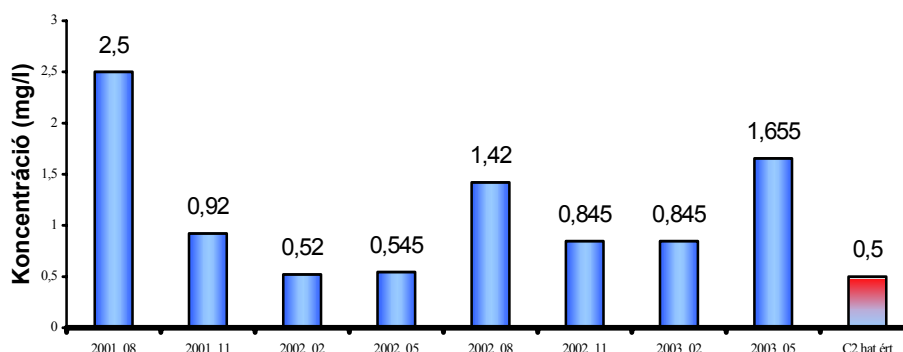
A vegyszeres medence korábban ismertetett részleges környezetvédelmi felülvizsgálattal feltárt meghibásodásából eredő szennyezés utóellenőrzése történik a területen. Az utóellenőrzés az alábbiakra terjed ki: A Z01, Z02, Z03, Z06, Z08 T65, T66, T72 és Z05 jelű mintavételi kutak, mint negyedévente mintázandók Cl, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni koncentráció vonatkozásában. A Z01 és Z02 kutakban vizsgálatra került még: pH, vezetőképesség, összes keménység, összes só, ammónium, összes szénhidrogén, KOI_{ps} és a nitrát tartalom is.

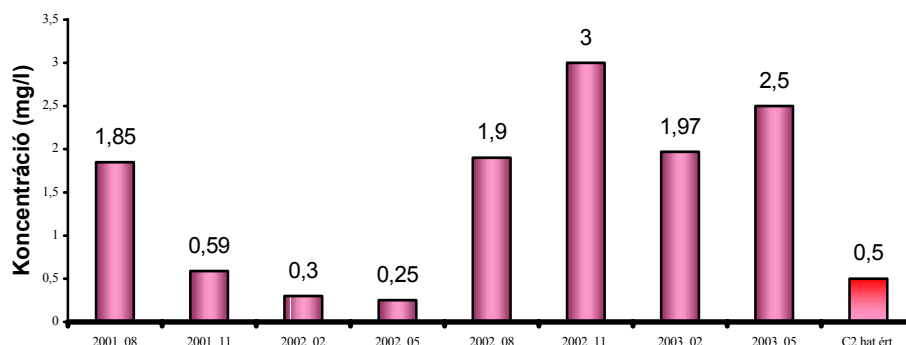
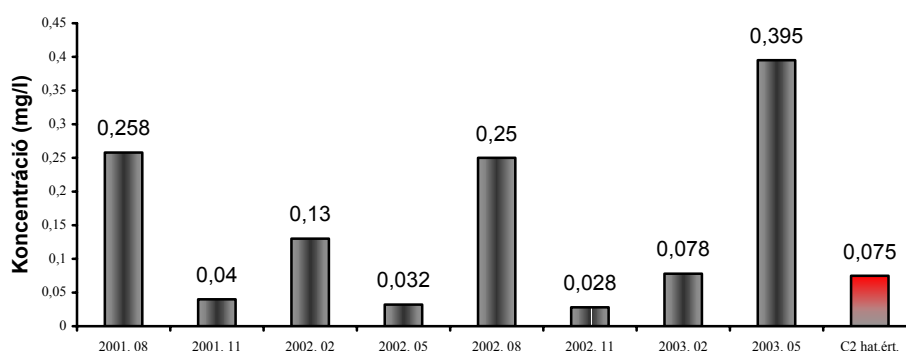
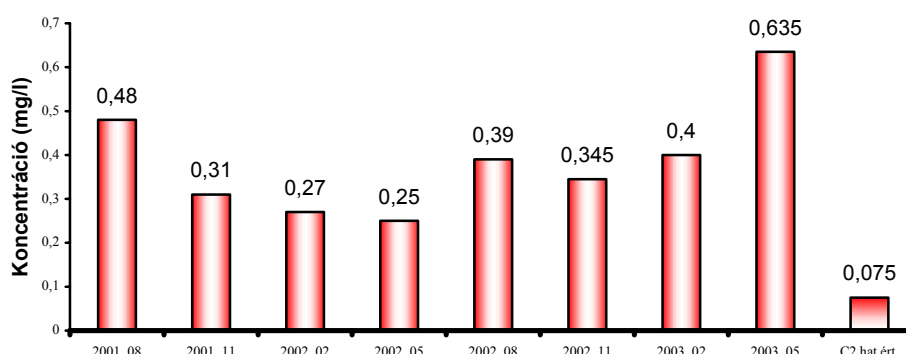
A zagymedencék alatt és környezetében a talajvíz mélységi helyzetét, áramlási viszonyait, esését és ingadozását a hidegvíz csatorna mindenkori vízállása (amely megegyezik a Dunáéval), továbbá a medencéktől DK-re fekvő halastavak 91,70 mBf vízszintje határozza meg.

A talajvíz áramlási viszonyokat vizsgálva a következők állapíthatók meg: A Duna alacsony vízállásainál a talajvíz a halastavak felől a hidegvíz csatorna felé áramlik, ott megcsapolódva betáplálódik a csatornába. A vizsgálatok és a megfigyelések szerint a melegvíz csatorna (annak burkolt medre miatt) a talajvízre nincs befolyással.

A mérési eredmények áttekintését követően megállapítható, hogy a területen található kutak közül a Z02 kút tekinthető a legszennyezettebbnek. Az alábbi ábrákon bemutatásra kerülnek, hogy hogyan változtak a Z02 kútban mért fémkoncentrációk az elmúlt 4 félv év során (5.23. - 5.26. ábrák).

5.23. ábra: A Z02 kút talajvizének réztartalom változása



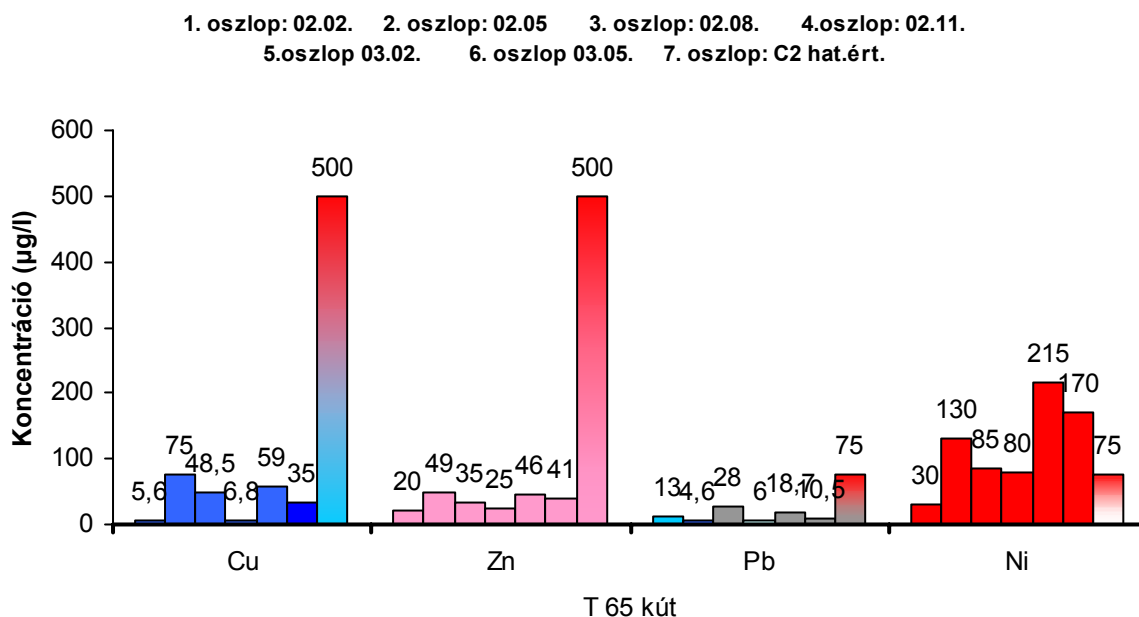
5.24. ábra: A Z02 kút talajvizének cinktartalom változása**5.25. ábra: A Z02 kút talajvizének ólomtartalom változása****5.26. ábra: A Z02 kút talajvizének nikkel tartalom változása**

A diagrammokból világosan kitűnik, hogy a Z02 kútban a fémkoncentrációk 2002. augusztusáig csökkentek. Az augusztusi árvíz hatására a talajvízáramlás megfordult, a hidegvíz csatorna felől a zagymedencék irányába. A kút környezetének talajvizében a koncentrációk a kationok oldhatóságának, mozgékonyságának függvényében változnak, az utóbbi félévben – főképp az utolsó negyedévben – a koncentráció értékek növekedése

figyelhető meg. A mérési eredményekből kitűnik, hogy a Z03, Z06, Z08 kutak esetünkben, mint lehatároló referencia kutak szerepelnek, talajvizeikben nehézfém szennyezés nem mutatható ki.

A Z02 kút közelében a T65, T66, T72 és Z05 kutak találhatók. Megállapítható, hogy a Z02 környezetében lévő kutak talajvizében a koncentrációk nagyságrenddel kisebbek. Kivételt a legközelebbi T65 kút talajvizében mért Ni koncentráció jelent, bár ez is csak fele a Z02-nek (lásd 5.27. ábra).

5.27. ábra: A T65 kút talajvizében mért koncentrációk



Összefoglalva megállapítható, hogy a Z-2 jelű kút környezete szennyezett. A szennyezés az elmúlt évek során kismértékben elmozdult a hidegvízcsatorna felé.

Szennyezések kiterjedésének szemléltetésére bemutatjuk a szennyezések foltterképeit. (Lásd 5.28. – 5.32. ábrák.)

Olajtartályok környezetének ellenőrzése

A földalatti olajtartályok szivárgásészleléshez szükséges mintavételezés az olajtartályok mellett fűrt „O” jelű kutakból – az O1, O2, O3, O4 jelűek esetében havonta, míg az O5, O6, O7, O8 jelűeknél negyedévenkénti gyakorisággal – történik.

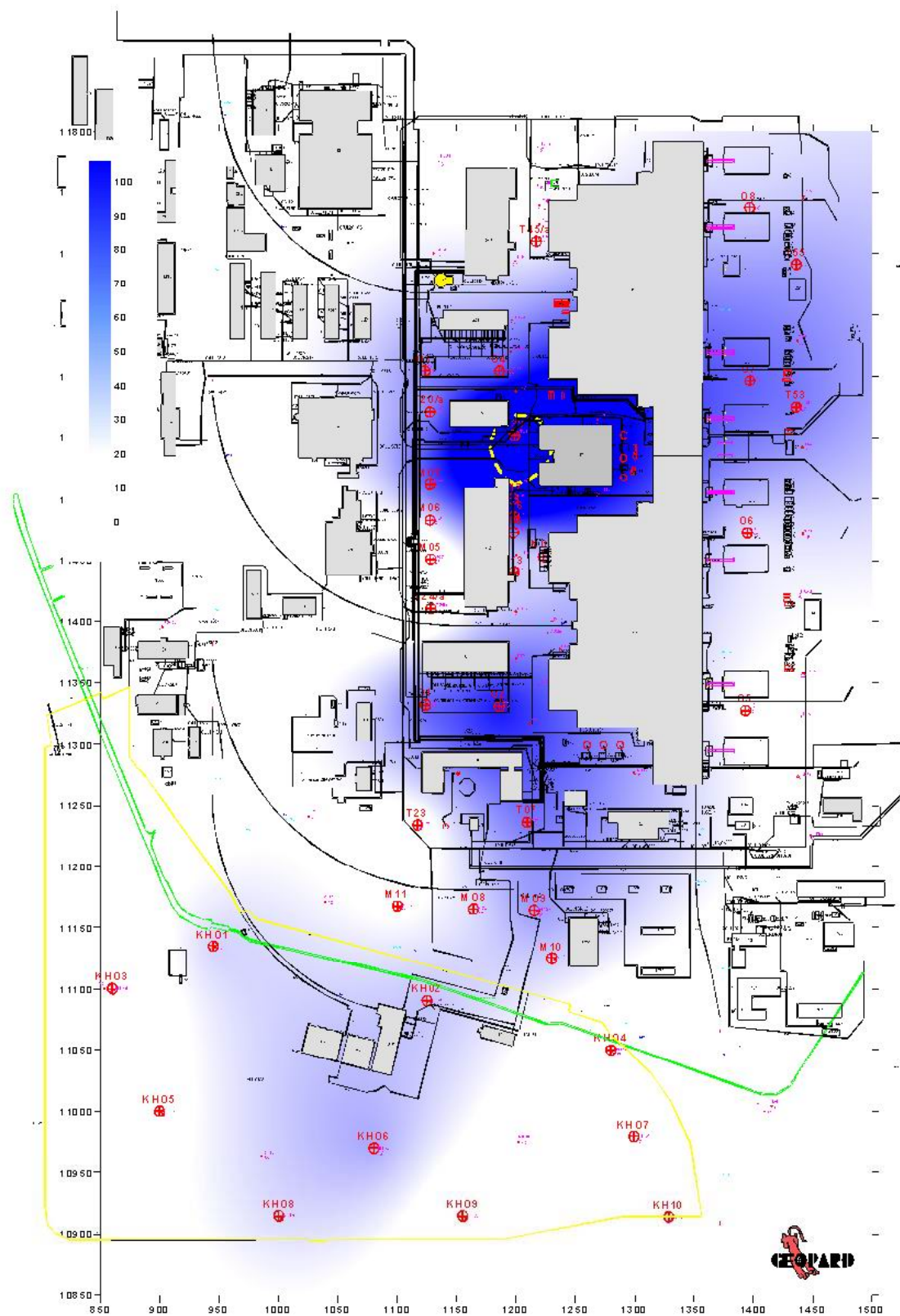
A mért olajtartalmak koncentrációi nem érik el a 20 µg/l koncentráció értéket, olajszennyezés nem észlelhető.

Üzemi veszélyes és ipari hulladékgyűjtő ellenőrzése

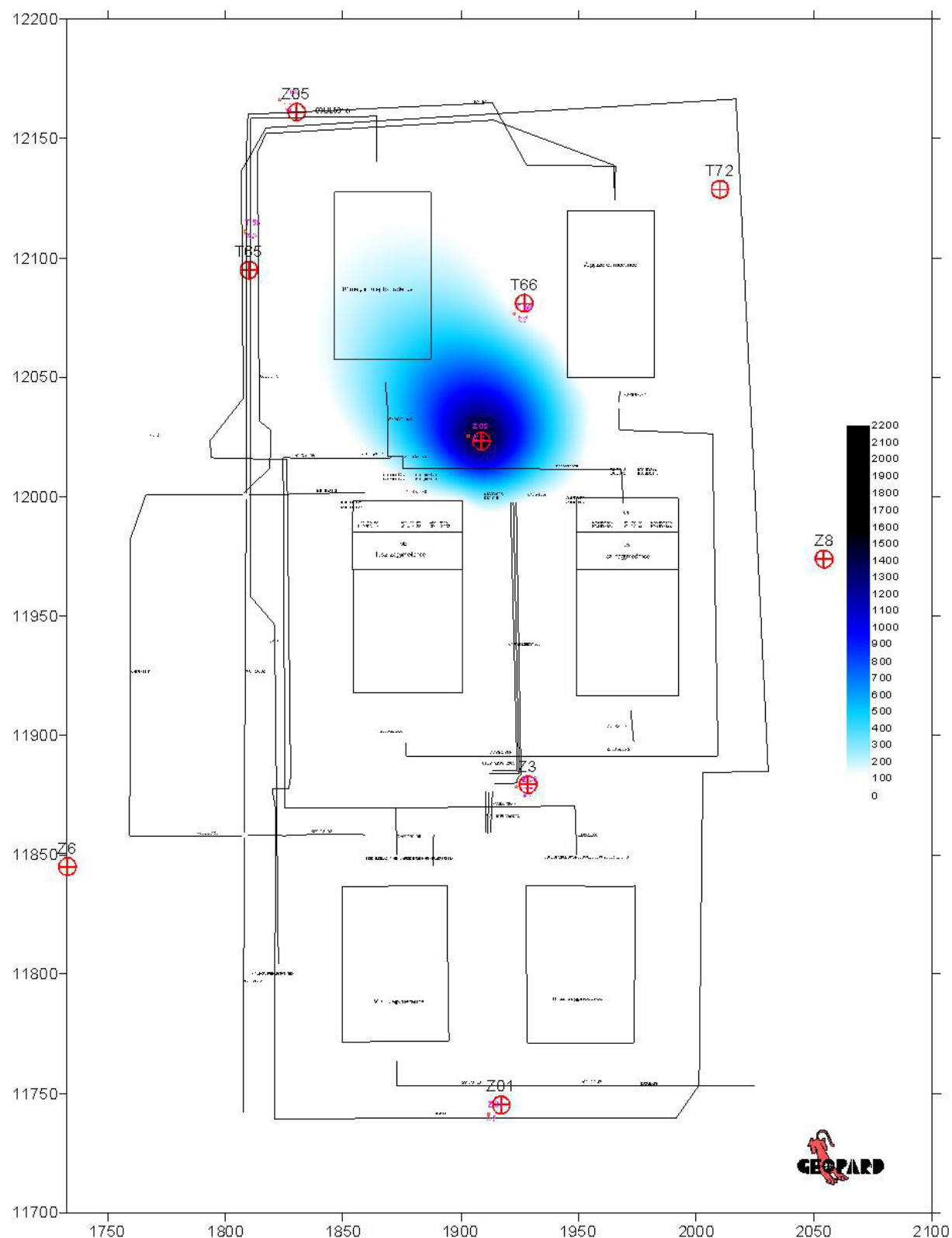
A gyűjtőhely (régebbi nevén Átmeneti Veszélyes és Ipari Hulladéktároló) talajvízre gyakorolt hatását a T73, T74 és KG3 jelű talajvíz mintavételi kutakból vett vízmintákból kerül ellenőrzésre. A kutak mintázása negyedévenként történik és lényegében nehézfém vizsgálatokat, emellett KOI_{ps}, összes só, pH és összes olaj tartalom vizsgálatokat tartalmaz.

A nehézfém koncentráció egy esetben sem éri el a „B” szennyezettségi határértéket, így a terület nehézfém szennyezés mentesnek tekinthető. A KOI_{ps} értékek az elmúlt évben nem mutattak számottevő értékeket (közel 1 mg/l, max: KG03 = 2,2 (2003. május). A kutakban az összes olajtartalom nem éri el az „A” 50 µg/l háttér koncentráció értéket.

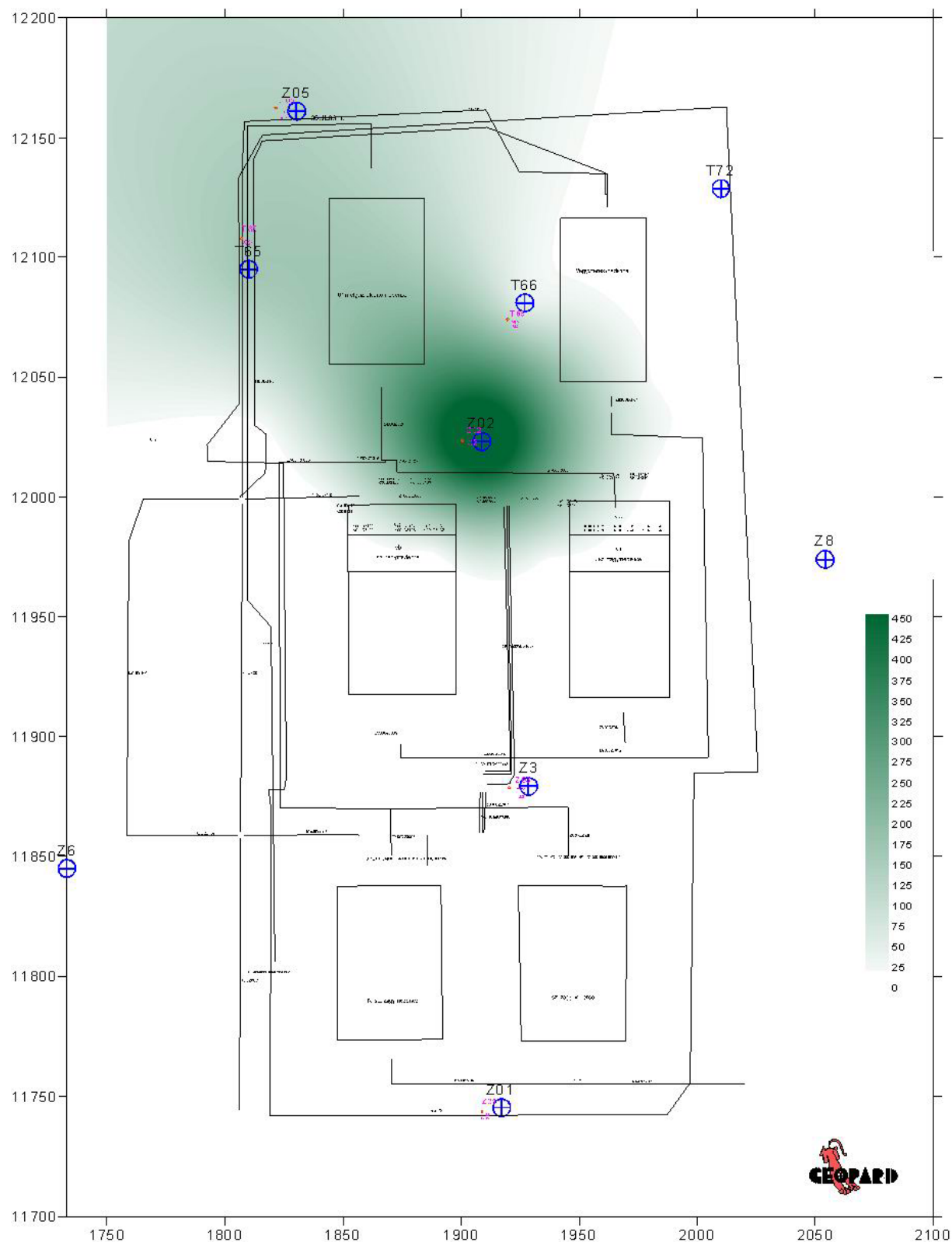
5.28. ábra: PA Rt. üzemi terület nitrát koncentráció eloszlás 2003. májusában



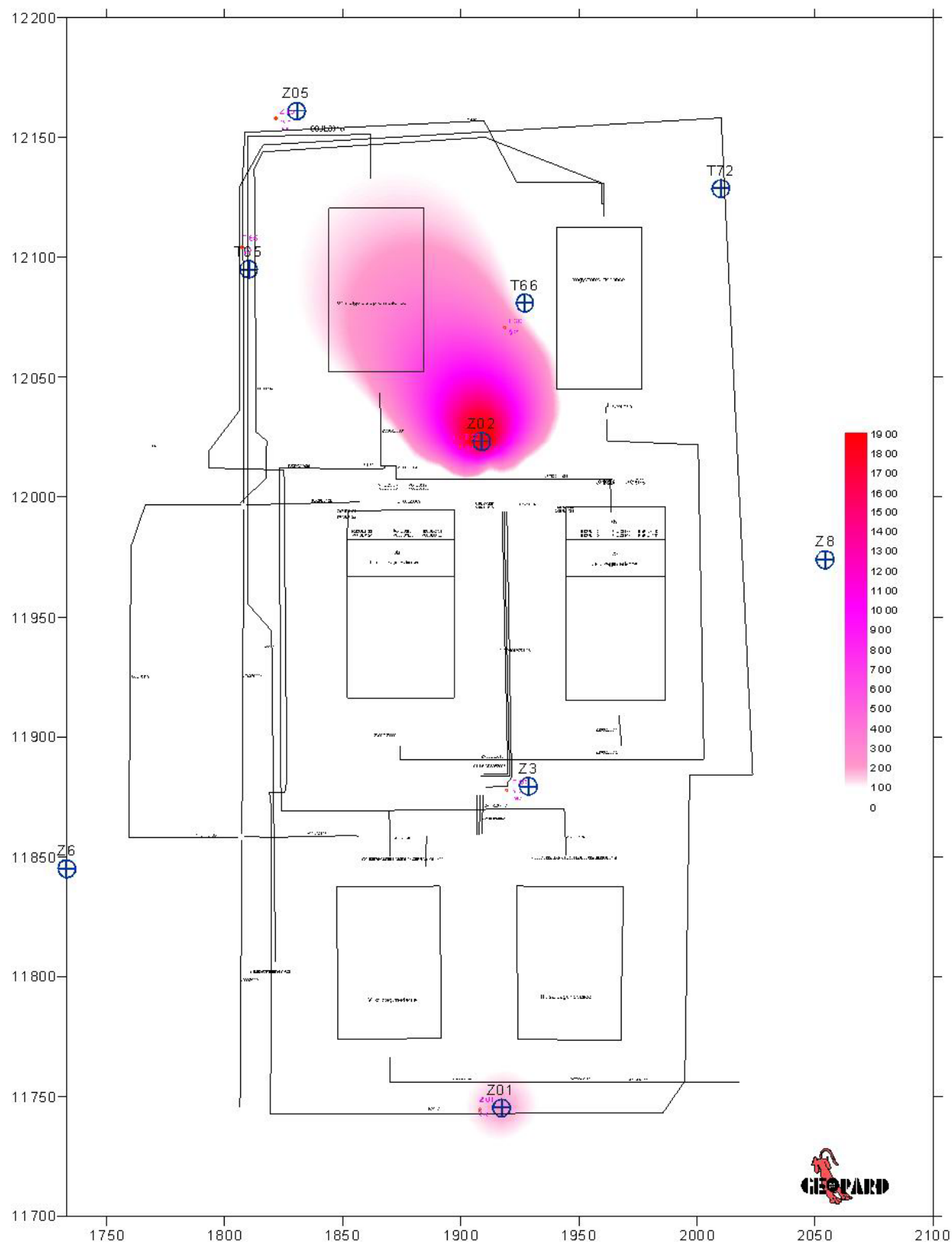
5.29. ábra: PA Rt. ipari zagyter Cu koncentráció eloszlás 2003. májusában



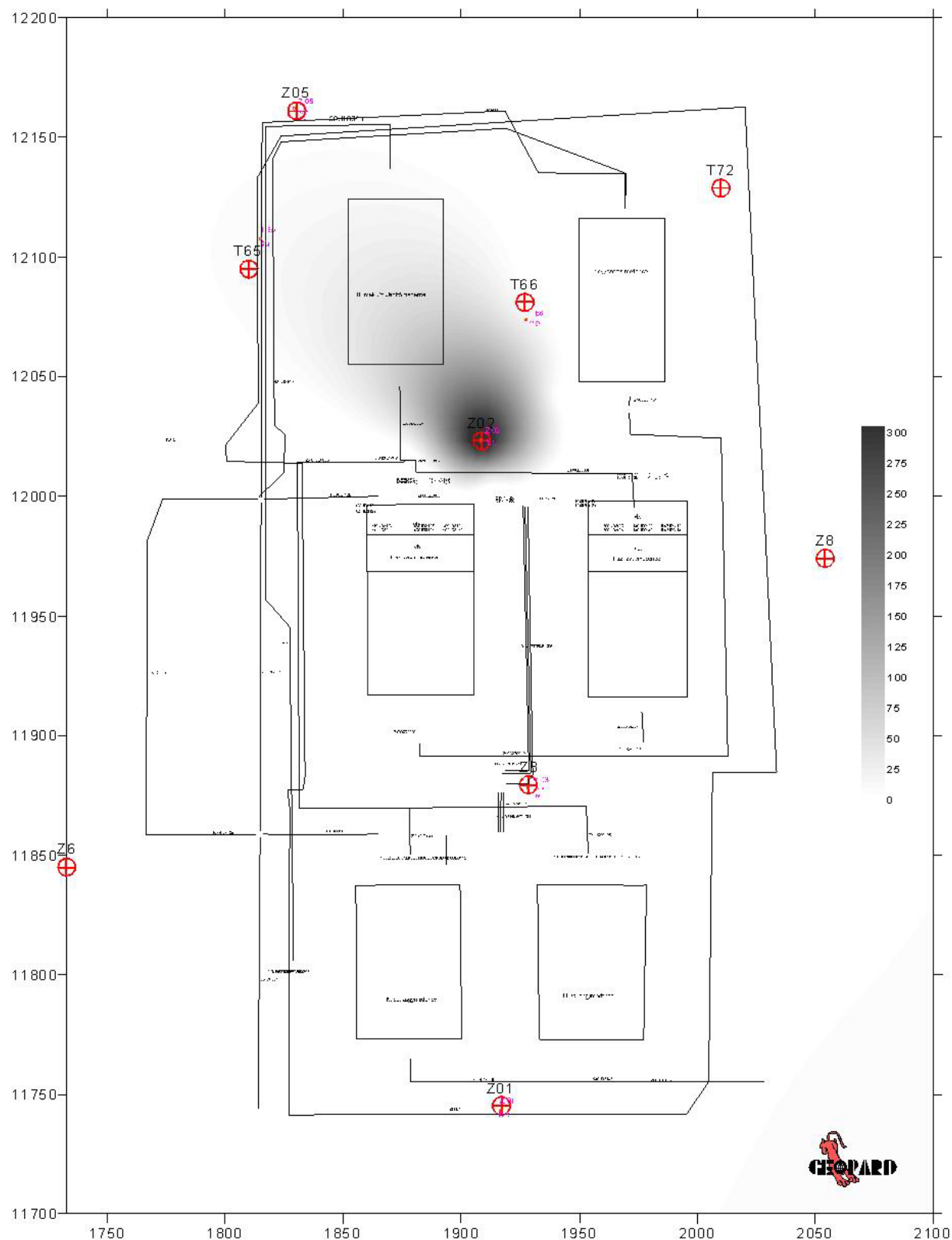
5.30. ábra: PA Rt. ipari zagyter Ni koncentráció eloszlás 2003. májusában



5.31. ábra: PA Rt. ipari zagyter Zn koncentráció eloszlás 2003. májusában



5.32. ábra: PA Rt. ipari zagyter Pb koncentráció eloszlás 2003. májusában



Az eredmények alapján elmondható, hogy a veszélyes és ipari hulladék üzemi gyűjtőhely környezete – figyelembe véve a 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM rendelet határértékeit – szennyezés mentes.

M8, M9, M10 jelű megfigyelő kutak környezete

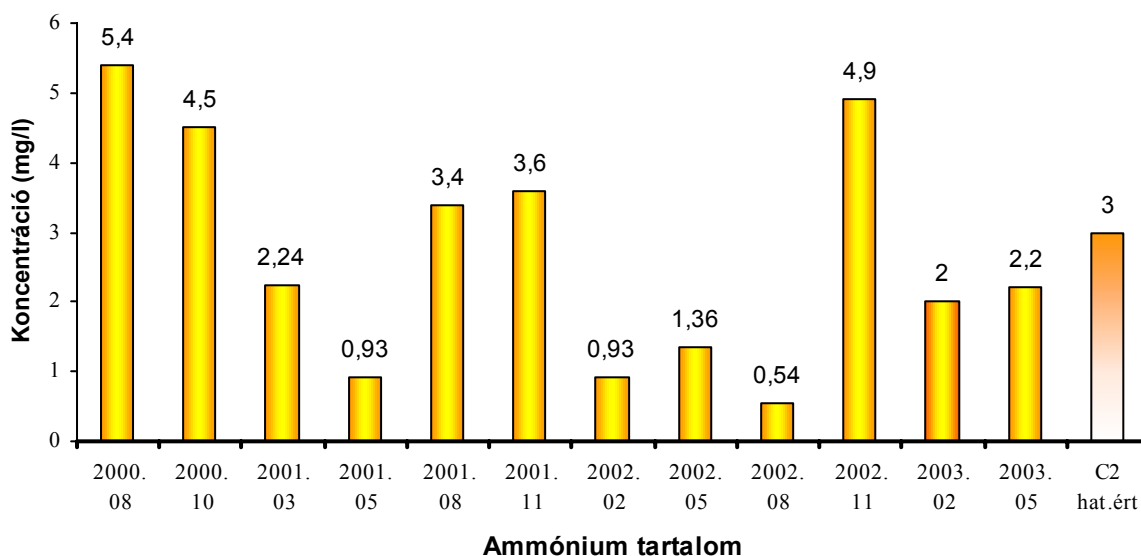
Az 1998-as részleges környezeti felülvizsgálat az M9-es kút közelében ammónium szennyezésre hívta fel a figyelmet. A kút közelében található KKÁT szennyvízelvezetését szolgáló vezeték. A vezeték Sz-2 és Sz-3 jelű aknáinak vízzáró szigetelését a PA Rt. 1998-ban elvégezte. Ezek után utóellenőrzés céljából az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség előírta az M9-es és M10 kutak 3 havonkénti gyakorisággal történő mintavételezését. Az M8-as kút mintázása félévente történt, negyedéves gyakoriságú mintázása 2002 évben kezdődött. Az ammónium tartalom mellett a nitrát és KOIps koncentráció változását is figyelik.

Az M8-as kútban gyakorlatilag az atomerőmű területére jellemző háttér értéket (0,01 – 0,05 mg/l) mértünk. Az M10-es kút talajvizében mért adatok azt mutatják, hogy az ammónium koncentráció átlagosan 1 mg/l, amely magasabb a 0,5 mg/l szennyezetségi határértéknél.

1998-ban 5,5 mg/l ammónium tartalom volt mérhető az M9-es kútban. A monitoring eredmények alapján a KKÁT szennyvizeit elvezető vezetékszakas 2002-évben elvégzett – korábban ismertetett – állapotvizsgálata, majd csöcserés javítása eredményeképpen várható a szennyezetség fokozatos csökkenése.

Az ammónium koncentráció változása az M9-es kútban az utóbbi két évben (5.33. ábra).

5.33. ábra: Az M9-es kút ammónium koncentráció változása

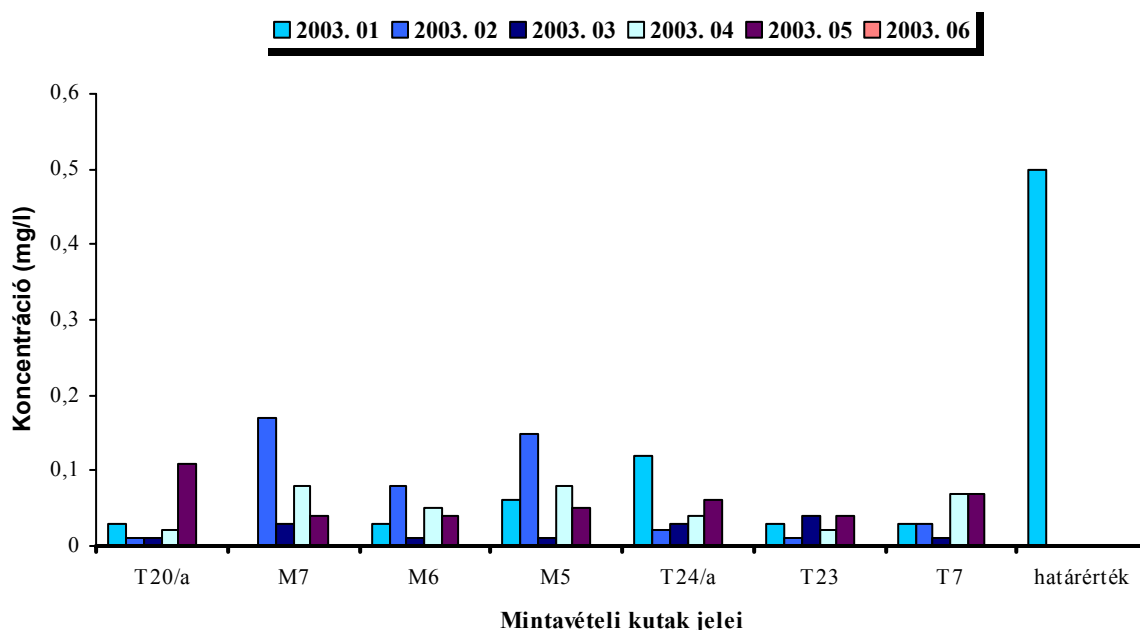


T20/a, M07, M06, M05, T24/a, T23, T7 jelű megfigyelő kutak környezete

A fenti talajvíz megfigyelő kutak a radioaktívan szennyezett vizeket is szállító fekális csatorna rendszer (gerincvezeték) ellenőrzése céljából kerülnek vizsgálatra. (nitrát szennyezés szempontjából a kutak vizsgálati eredményei a következő fejezetben szintén elemzésre kerülnek.) A talajvíz minták vizsgálata esetünkben az ammóniumion koncentrációra, valamint a kémiai oxigén igényre terjed ki.

A kutakat havonta mintázzák, a jelenlegi és korábbi éveket egyaránt jól jellemzik a 2003. I. félév mérési eredményei, amelyekből az ammónium-ion tartalom változása az 5.34. ábra mutatja.

5.34. ábra: Mintavételi kutak talajvizének ammónium-ion tartalom változása



A kémiai oxigén igény értékek 0,2 és 1,0 mg/l között változnak átlagosan. A fentiek alapján a fekális csatorna rendszer ellenőrzött szakasza zártnak tekinthető.

A talajvíz nitrátszennyeződése

A talajvíz nitrát koncentrációját az 5.28. ábrán mutatjuk be. Az eloszlás térképén jól látszik, hogy a nitrát szennyezést három területtel jellemezhető.

- **Első a KKÁT területe.** Ezen a területen a KH8-KH6-KH2 vonalban mutatható ki nitrát szennyezés, amely a KH1/a kutat is elérte. Figyelembe véve a terület talajvíz áramlási viszonyait (a talajvíz áramlási iránya a területen jellemzően hidegvízcsatorna irányú), feltételezhetjük, hogy a területre a nitrát szennyezés nem az atomerőmű felől érkezik, hanem minden valószínűség szerint a délre eső mezőgazdasági területről. 2003. tavasza igen száraz volt, csapadék alig esett, amelynek következtében az esetleges műtrágyázás bemosódása a talajvízbe kis mértékű. Ez magyarázatul szolgál a KKÁT területén májusban mért, 2002. évhez képest kisebb koncentrációkra. A szennyezés szétterülése jól megfigyelhető.
- **A második terület a pótvízelőkészítő környéke.** A terület nitrát szennyezettségét a T7, O1 és O2 kutakban mért koncentráció értékek jellemzik (20-70 mg/l közötti nitrátkoncentráció). A területet jól lehatárolja a nyugati irányban elhelyezkedő

T23-as, keleti irányban elhelyezkedő O5-ös, a délre lévő M09-es és az északra lévő T24/a, illetve T13-as kút nitrát tartalma. 2003. júniusában az igen lassú talajvízáramlás következtében az O5-ös kútban 25 mg/l érték feletti nitrát koncentrációt mértünk.

- **A harmadik és egyben legszennyezettebb terület az M7 – T39 – T17 – T53 kutakban mért nitrát koncentrációval (50-219 mg/l) jellemezhető terület.** Az eloszlás térképeken jól látható, hogy a nitrát szennyezés a T39-es gócpontból kiindulva a hidegvíz csatorna irányába mutat. (A GEOPARD Kft egy másik munka keretén belül vizsgálta a hidegvíz csatorna túloldalán található Z06 kút talajvizében a nitrát tartalmat. A 2003. márciusban kétszer is végzett vizsgálat szerint a nitrát koncentráció 0,2, illetve 0,3 mg/l volt, vagyis a szennyezés határa a hidegvíz csatorna.)

A részleges környezetvédelmi felülvizsgálatok feltárták az üzemi terület alatt a talajvíz nitrát szennyezettségét. A nitrátszennyezés valószínű forrásaként a pótvízelőkészítő hulladékvízrendszerét és a terület korábbi (lásd az építkezést megelőző időszak geotechnikai fúrásaiban mérhető 0-120 mg/l nitrátkoncentrációt), illetve a környező mezőgazdasági területekről folyamatos utánpótlást kapó nitrátszennyezését azonosították. A kommunális szennyvízrendszer és a technológiai vegyszerként felhasznált salétromsav szennyezőforrásként kizárható, mivel a nitrátszennyezés nem jár együtt az ammónia-ammónium koncentráció növekedésével, ill. a talajvíz pH csökkenésével.

A pótvízelőkészítő hulladékvízrendszerének elkészült részleges rekonstrukciója és a kiviteli tervezési fázisban lévő teljeskörű rekonstrukció megszünteti a lehetséges üzemi forrásokat.

5.4.4.2. Az atomerőmű Duna menti vízbázisokra gyakorolt hatásai

A Paksi Atomerőmű hűtővíz kibocsátása által érintett Duna szakaszon számos már üzemelő és távlati jelentőségű parti szűrészű vízbázis található. Ezek védelme érdekében a Duna vizének kémiai, mikro- és mikrobiológiai jellemzőinek és azok vízbázisokra gyakorolt hatásainak megállapítására a telephely jellemzési program keretében monitoring-rendszert alakítottunk ki. A monitoring rendszer működtetésével és az eredmények értékelésével várhatóan megállapítható, hogy a hűtővíz visszavezetésének vannak-e hatásai, esetlegesen veszélyei az érintett üzemelő és potenciális parti szűrészű vízbázisokra.

A monitoring rendszer kiépítésére 2001-2002-ben került sor. A 2002-es kedvezőtlen időjárás a monitoring rendszer befejezésének idejét kissé eltolta, így a teljes rendszer csak 2003-tól alkalmas a mérések elvégzésére. A mérési programot a 2.3.3. fejezetben mutattuk be.

Az erőmű élővízfolyásra és a parti szűrészű rendszerre gyakorolt hatásaira vonatkozóan elvégzett vizsgálatokból az alábbi következtetések vonhatók le:

A melegvízcsatorna hatása a Duna élővízfolyására

A melegvízcsatorna a jelenlegi kiépítettség mellett közel 100 m³/s vizet szállít, ez a vízmennyiség a Duna kritikus kisvízi hozamának (600-1200 m³/s) számottevő része. A hűtővíz a betorkollást követően még kisvízi időszakban is rögtön befordul a folyásirányba és jelentős keveredés nélkül, ún. hőcsóva formájában a jobb part mentén halad dél felé.

A 2003. februárban készített termo légifotó alapján megállapítható volt a hőcsóva – egy bizonyos vízszintnél és hőmérsékleti viszonynál történő – mozgása. A felvétel szerint a

hőcsóva a sarkantyúk energiatörő hatásának következtében kiszorul a jobb part közelébe, és a sarkantyúkon csak egy része bukik át. A sarkantyú által feltorlasztott jelentős mennyiségű melegvíz az 1526 és az 1525 fkm közötti mederszakaszon torlódik, illetve a szigetet időszakosan megkerülve halad déli irányba. Jelentős hőmennyiség leadása után az Uszód sziget É-i részén, a sziget és a jobb part között követhető a nyoma. A Kotyola-zátony és a Zsidó-zátony térségében, az 1523. fkm magasságában már jelentős a keveredés.

Régebbi, nagyobb vízhozamot produkáló időszakokban készült felvételek szerint a nagyvizek átviszik a hőcsóvát a sarkantyúkon, vonala az áramlási képek szerint a zátonyok bal partján, a főmederben követhető és hosszabb, egyenesebb, örvénymentesebb a kisvízi képnél.

A dunai vízminőségre és a vízzel együttmozgó, lebegő életformákra legveszélyesebb időszak az, amikor a Duna vízhozama alacsony és a víz hőmérséklet magas. Kedvezőtlen állapot a nyári 1200 m³/s alatti hozam, ez a Duna vízállások tartóssági gyakoriságának elemzéséből láthatóan bekövetkezhet augusztus és szeptember hónapok folyamán.

A víz visszavezetés hatása a Duna eredeti állapotára két fő összetevőre bontható. Egyrészt az erőművet megjárt víztömeg minőségváltozásának hatása a mederben érkező, változatlan minőségű vízzel való keveredés után, másrészt a többlet hőenergia hatása a víz kémiai és biológiai viszonyaira.

Az erőműbe a hidegvíz csatornán bejutott víztömeg áthalad a vízbeeresztő műtárgyon és a rács-, illetve szitaszűrő rendszeren. Ezen a küszöbön azonban a vízzel együttmozgó bakteriális és planktonikus szervezetek is átjutnak. Ezután a víz legalább egyszer, de a recirkuláltatástól függően esetleg többször is átjut a szivattyúegységen és a hőcserélő kondenzátorokon. A szivattyúzás igen nagy mechanikai megterhelést jelent, a kondenzátorokban pedig a víz és a vele együttmozgó szervezetek igen gyorsan, mintegy 6-12 másodperc alatt melegszenek fel a hőlépcső által meghatározott hőmérsékletre. A hőátadás ilyen rövid ideje viszont azzal jár, hogy az élő szervezetek nagy részét igen rövid időre, de a hőlépcsőnél magasabb hőmérsékletváltozás is éri. A rendszerből kikerülő hűtővíz a melegvíz csatornában számottevő hűlés nélkül halad a Duna élővízfolyása felé.

A víz visszatáplálás hatása a partiszűrésű vízbázisokra

A jelentősebb hazai folyókák allúviumán, hordalékkúpján, durvahomokos üledékein keresztül szivárgó felszíni víz, ún. "parti szűrésű víz" fontos ivóvíz bázis. Parti szűrésű víz az olyan víz, amelynek legalább fele, azaz a vízműutak tartós utánpótlódása az élővízfolyásból, a fent leírt parti szűrésű vízbázisból érkezik. A folyóvíz megfelelő, egyenletes hozama és minősége garantálja a parti szűrésű víz jó minőségét is.

A kitermelt parti szűrésű víz minőségét a mindenkori partszakasz és a vízbázis elhelyezkedése jelentős mértékben befolyásolja, felszíni védőterülete, a folyó adott szakaszát is beszámítva a kitermelési vonalának néhány kilométeres sávját érinti. A vízkészlet tartós termelés esetén igen gyorsan megújul, ezért a felszíni vizekben jelentkező havária jellegű szennyeződés a termelés szabályozásával jól távol tartható.

A parti szűrést megvalósító rendszer Pakstól D-re, a Duna-völgyében jellemzően két szakaszból áll. A folyó finom üledéke (finom homok), melyben a tisztítás első, lényegesebb szakasza történik, az első lépcső, és az azt megtámasztó, a víz további tisztítását végző durvább, homokos, kavicsos réteg a második.

A vizsgált partszakaszon az 1526 fkm-től északra, azaz a monitoring rendszerünkben az 1 és 2 szelvény térségében a felső finomhomok összlet vastagsága nem számottevő, a horizontális mederszondák 2.5 m-es mélységben már a durvább homokos kavicsos összletre kerültek telepítésre.

Az 1522 fkm-től D-re 1481 fkm-ig, azaz Kalocsa 3_B szelvénytől Baja 6 szelvényig a felső finomhomok összlet alkotja a Duna élővízfolyásának a mederanyagát a jobb és bal parton egyaránt. Az élővízfolyás kisvízi szélén a finomhomok vastagsága D-i irányban történő növekedés mellett 10-20 m között változik. Mohács-szigeten a Duna bal partján, a 7 és 8 szelvény esetében ez az érték 15 m körül változik. A tényleges tisztítás a finom üledék felső részén, a meder alján kialakult finom mederüledék mikrobiológiailag aktív, mindössze néhány centiméter vastagságú szakaszán történik.

A mikrobiológiai tisztítás fiziko-kémiai és biológiai folyamata ma sem teljesen tisztázott, de az tény, hogy a szennyezett folyóvízből ez alatt a földtani, morfológiai mértékkel mérve jelentéktelen, néhány centiméteres szivárgás alatt eltávozik a vízszennyeződés jelentős, más úton csak igen költségesen eltávolítható része. Ez a szűrőréteg instabil, a mederváltozások mechanikai megbontással veszélyeztetik, míg a folyóvíz hőmérsékletének és összetételének változása a biológiailag aktív élőrendszer egyensúlyát boríthatja fel.

A hűtővízrendszer okozta dunai víz hőmérséklet változása a víz kémiai összetételére közvetlen befolyással lehet, a bentoszra, a vízzel mozgó életközösségre, és ezen keresztül a parti szűrészű rendszerekre is hatást gyakorolhat. Ezen hatások megfigyelésére kiépített monitoring rendszer feladata észlelni, hogy a melegebb vízben milyen baktérium fajok szaporodnak el, a hűtőkörben elszennvedett károsodást milyen gyorsan heveri ki a kovaalga populáció, és az esetleges változások megjelennek-e a parti szűrészű vízben.

A kibocsátott szennyvíz hatása a Duna élővízfolyására

Az egyes szelvénytől É-ra, a Paks városi mechanikailag, vagy biológiailag tisztított szennyvizet vezetik be az élővízfolyás sodorvonalába. A bevezetett szennyvíz jelentősen növeli a Duna szerves anyag tartalmát, továbbá emeli az élővíz hőmérsékletét. Ezért van különös jelentősége a Hidegvíz-csatorna feletti Paks városi szennyvíztisztító által kibocsátott szennyvíz bevezetésének mert az élővizekre gyakorolt hőmérséklenövelő, illetve az alga populációt befolyásoló hatása rokon lehet a melegvíz bevezetés által okozott hatásokkal.

A szennyvizek bevezetése a partiszűrészű vízbázisok zavartalan működését jelentősen befolyásolhatják. Ez a hatás elsősorban a termelt víz vízminőségében mutatkozik, és jelentősen függ a vízbázis és az élővízfolyás mindenkori távolságától.

A vizsgált 8 monitoring szelvényben a Hidegvíz csatorna feletti 1 számú szelvény méri a Paks város alatti, a Melegvíz-csatorna hatásoktól még mentes dunai víz minőségét.

A helyszíni dunai mérések is jól mutatják a szennyvízbevezetés hatását. A mederszondák tisztítása, illetve karbantartási munkái során, különösen tartós kisvízi időszakban tapasztalható volt a szennyvíziszapnak a kisvízi mederélen, illetve a fenéken való lerakódása.

A felszíni vizek hatása az élővízfolyásra

A vizsgált 80 km-es partszakaszon 1526-1452 fkm négy jelentősebb felszíni vízbefolyás ismert. Jobb parti bevezetés, Sió csatorna, (5 szelvény) Csele patak, bal part Duma-völgyi Főcsatorna, Kamarás-Duna (Sugovica).

A felszíni vizek beömlése elősegíti a melegvíz csatorna okozta hőcsóva keveredését, továbbá a felszíni vizekben bevezetett szennyvíz okozta szerves anyag tartalom növekedését.

A vízbázisok telepítésének hatása

A mindenkori vízbázisok és a Duna élővízfolyásának a kapcsolatát meghatározza a termelőkutak mélységi kiépítése, valamint a vízbázisnak a Dunától való távolsága és a termelt víz mennyisége. A talajvíztartó összlet utánpótlódási körülményei nem azonosak a sekélyebb és a mélyebb fekvésű víztartó rétegek esetében.

A felszínközeli homokos porózus összlet a Duna élővízfolyásának felső mederéle felől kapja közvetlen utánpótlódását, ezáltal az utánpótlódó vízrézecske szűrési úthossza lecsökken, így várható, hogy ezen a szinten a biológiai aktivitás és a szerves szennyeződésből eredő hatások erőteljesebben jelentkeznek.

A 30-50 m mélységre kiépített és a porózus kavicsos összletre telepített termelőkutak esetében fennáll a termelés közvetlen mederkapcsolata. Ebben a mélységtartományban a termelt vizek utánpótlódása a mindenkori partétől távolodva az élővízfolyás sodorvonalának meder része felül történik.

A vizsgált szakaszon működő három bal parti vízbázis (Kalocsa-Baráka, Baja, Mohács-sziget) eltérő körülmények között lett kiépítve. A kalocsai és bajai vízmű 50 m-es kútmélységekkel süllyedékre települt. Kalocsa esetében a Duna élővízfolyásától 150-200 m méterre, Baja esetében közvetlen a Duna parton attól mintegy 50 m-re települtek a termelőkutak.

Különösen eltérő a helyzet a Mohács-szigeti vízbázis termelőkútjainál, ahol a termelőkutak 30 m-es alsó szűrőzési mélységre és az árvízvédelmi töltéstől 120 m-re lettek kiépítve. Ez a Duna élővízfolyásától a vízbázis teljes szakaszán (D1-es, D2-es és Északi) 250-650 m-es távolságot eredményezett.

A kiépített monitoringrendszer vertikális mederszondáinak telepítésével megfigyelhetővé váltak a különböző mélység szintek és ezzel egyidejűleg az élővízfolyás partételtől távolodó mederszakaszok vízminőség változásai.

A különféle mélység szintre telepített mederszondák és figyelőkutak a felső finomhomok és a porózusabb homokos kavics alluviális víztartó összlet közötti fizikokémiai és vízbiológiai körülmények eltérését vizsgálják.

A dunai partszakasz a monitoring rendszer területén földtani, vízföldtani – tehát statikus – felépítése alapján három főbb szakaszra tagolható:

- I. A hidegvíz és a Melegvíz csatorna térsége és az attól É-ra fekvő partszakasz
- II. A melegvíz csatorna hatása által érintett, földtanilag hasonló felépítésű, homokos vízáradó terület, Dunaszentgyörgy, Gerjen, Fadd, Dombori, a jobb parton pedig Kalocsa-Baráka, Foktó és Baja térsége.
- III. Mohács térsége, ahol a földtani felépítés részben eltér, a vízáradó homokos kavicsréteg nem süllyedékben található.

A parti szűrőrétegre történő dunai eredetű hatások szempontjából érdemes a II. szakaszt további alszakaszokra tagolni.

- II/a. A melegvíz csatorna intenzív hőhatásának kitett jobb parti szakasz.
- II/b. A melegvíz csatorna lecsengő hatása a jobb parton.
- II/c. A bal parti vízművek partvonala.
- II/d. A melegvízzel teljes mértékben keveredett dunai víz partszakasza

A fenti elvek szerint összesített és szakaszolt a monitoring szelvények térségi elhelyezkedése a következő:

- I. szakasz: 1. szelvény
- II./a szakasz: 2. szelvény, 3. szelvény jobb parti létesítményei
- II./b szakasz: 4., 5/a., 5/b. szelvény
- II./c. szakasz: 3. szelvény bal parti létesítményei, 6. szelvény
- III. szakasz: 7., 8. szelvény

Az egyes szakaszok vízminőségi jellemzését grafikonos formában adtuk meg, amelyek az 5.35. ábrán láthatók. Feldolgoztuk és átlagos értéken adtuk meg a 2001-2003. év között eddig mért vízkémiai értékeket (pH, vezetőképesség, szulfát, KOI, klorid, összes keménység).

A monitoring rendszer vízkémiai jellemzőinek értékelése, a partszakaszok jellemzése

Az I. szakasz nemcsak hidrológiailag, a melegvíz csatornához viszonyított felvizi helyzete miatt alkot külön egységet, hanem az intenzív paksi szennyvíz bevezetés is indokolja a szakaszhatár feltételezését. Legélesebben a nitrát tartalom hossz-szelvény menti ábrázolása jellemző. A méréseink során a szelvényben telepített időszakos szondák és a Pal_hmsz mederszonda mérései szerint is a kiugróan magas nitrát érték már a 2. szelvény létesítményeiben sem jelentkezik, és sehol a monitoring rendszer mérései nem találtak máshol ilyen magas értékeket.

A II. szakasz a hőcsóva vélelmezhető hatásterülete, az a mederszakasz, ahol a hőcsóva jelenléte mérésekkel és távérzékelési eszközökkel kimutatható.

A bal és jobb parti vízrendszerek külön alrendszerbe tagolását indokolja a bal parti vízművek termelésének hatása az utánpótlódási viszonyokra. Ezt a kérdést az egyes szelvények ismertetésénél tárgyaltuk.

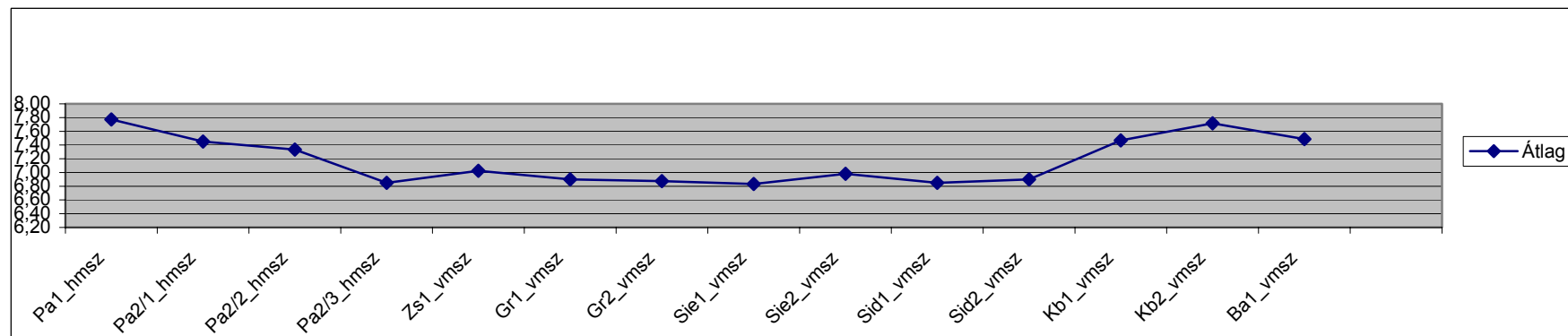
A jobb parti szakasz további két alszakaszra történt tagolásának indokoltságáról meggyőző bizonyítékot szolgáltatnak a vízkémiai hossz-szelvények. Gerjen térségében, tehát a II./a, II./b szakasz határán jellemző minőségváltozás figyelhető meg a jobb parti szondák klorid, ammónium és vezetőképesség adataiban. A szulfát, ammónium és vezetőképesség értékek kiugróan magas, míg a klorid adatok lokális minimum helyzetet mutatnak.

Hasonló, bár nem ilyen mértékű az 5/a, Sió-É, és az 5/b Sió-D közötti minőség változás. Ennek eredete feltehetően a Sió torkolatának hatása. Modellezési szempontból indokolt itt is egy szakaszhatárt feltételezni, de kérdés, hogy a hőcsóva hatását vizsgáló monitoring üzemeltetése szempontjából lényeges-e ez a határ.

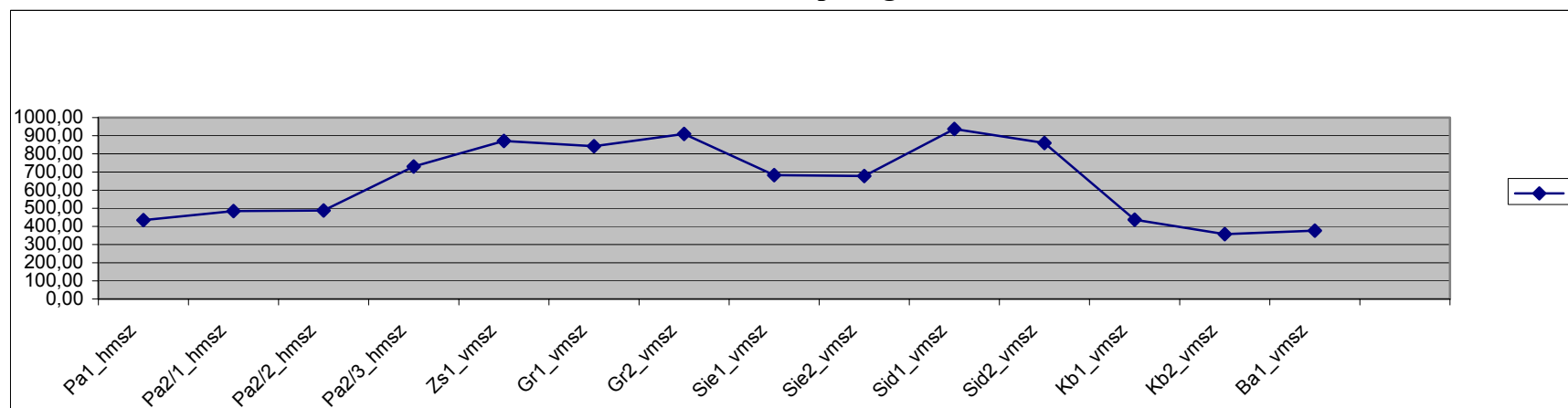
A monitoring szelvényekben végzett eddigi vizsgálatok eredményeit a 5.36. – 5.37. ábrán foglaljuk össze.

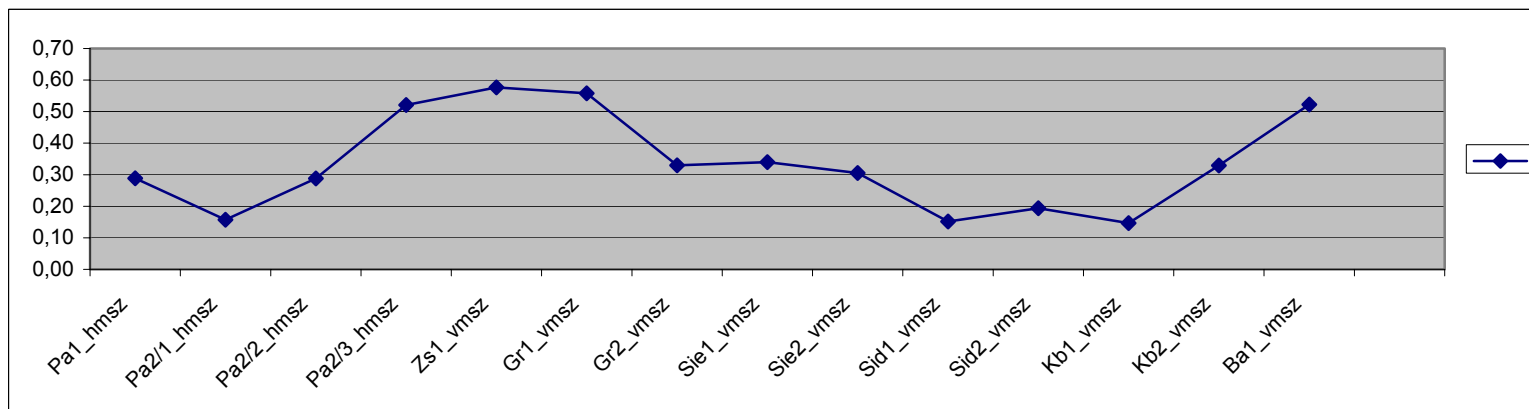
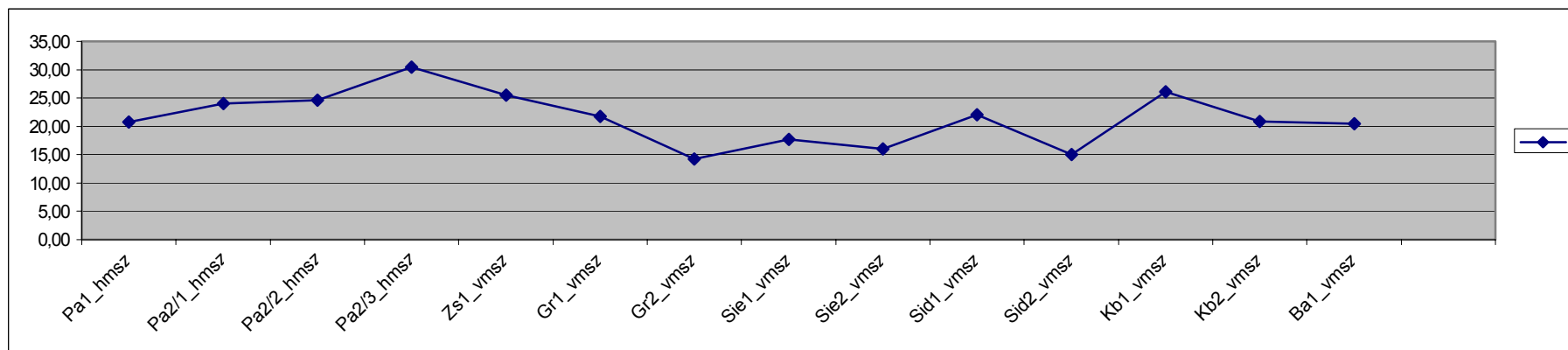
5.35. ábra: Az egyes Duna szakaszok vízminőségi jellemzése a 2001-2003 közötti vizsgálataink alapján

pH



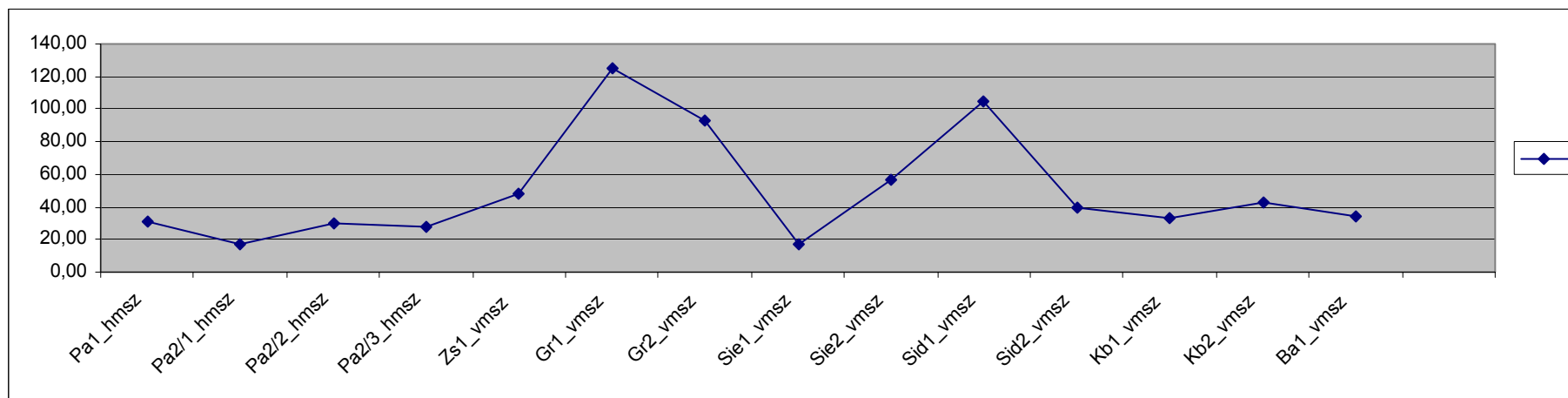
Vezetőképesség



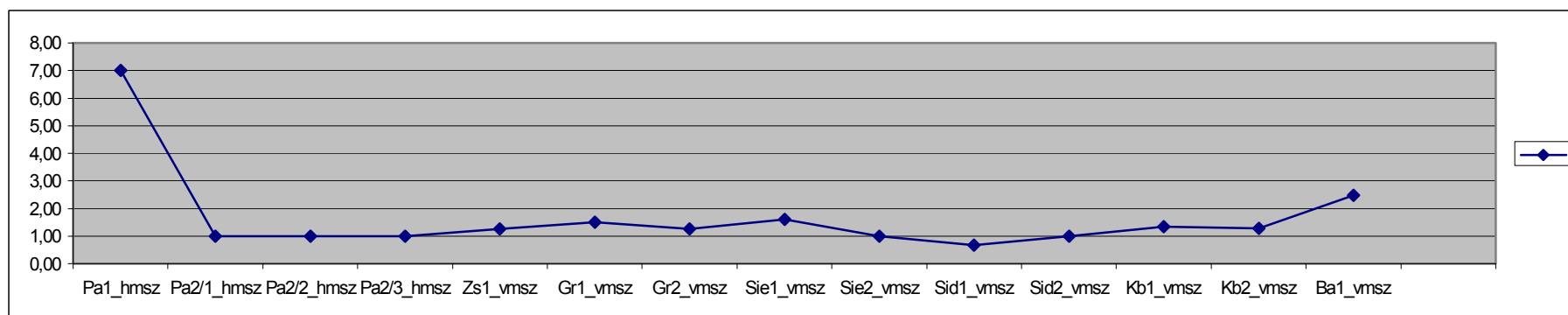
5.35. ábra: Az egyes Duna szakaszok vízminőségi jellemzése a 2001-2003 közötti vizsgálataink alapján (folytatás)**KOI****klorid**

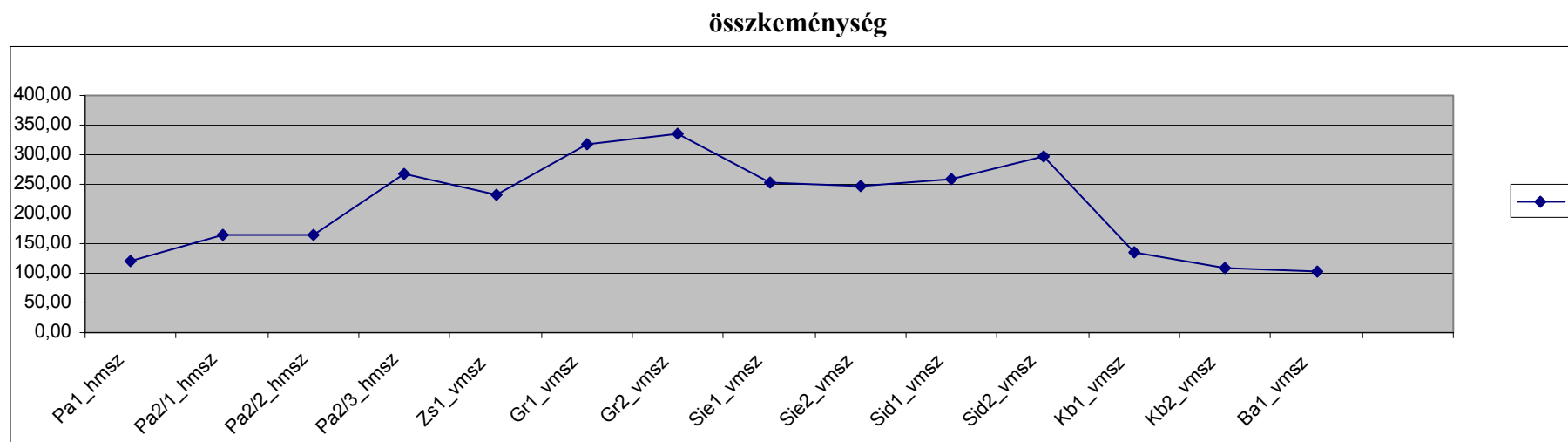
5.35. ábra: Az egyes Duna szakaszok vízminőségi jellemzése a 2001-2003 közötti vizsgálataink alapján (folytatás)

szulfát

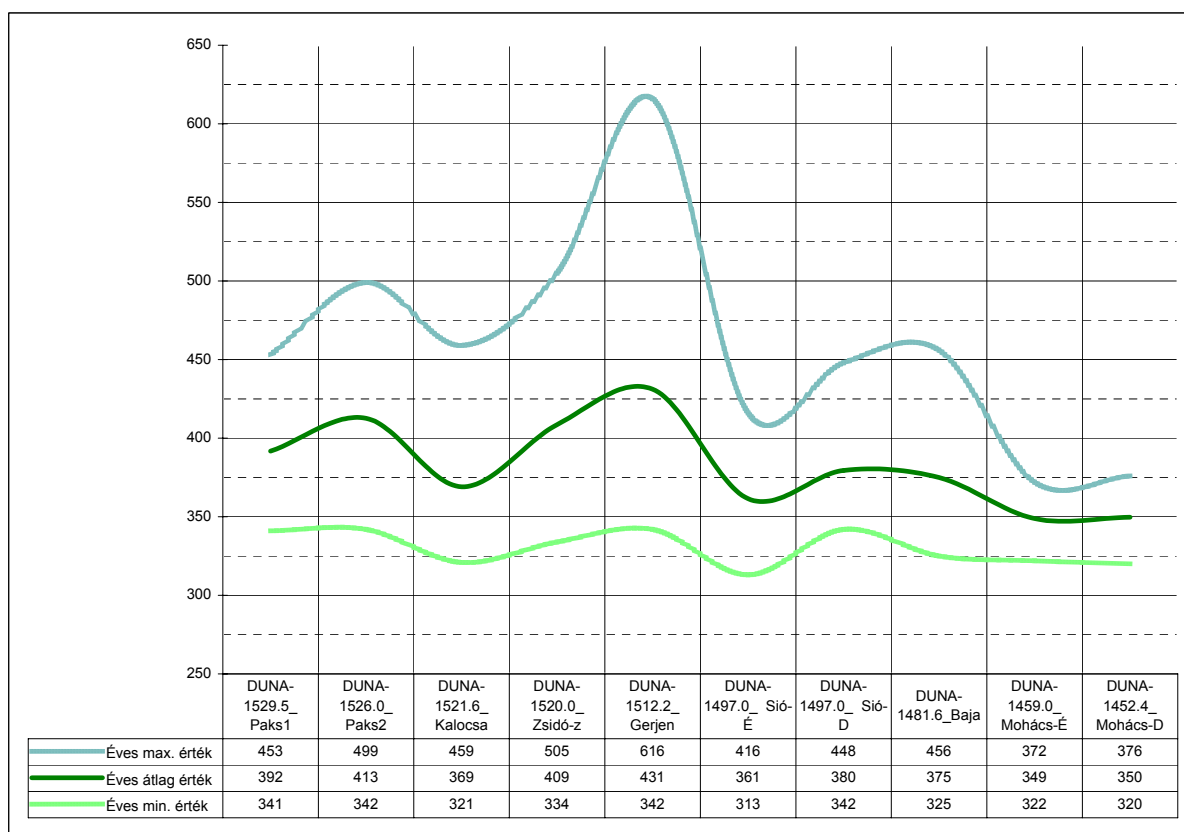
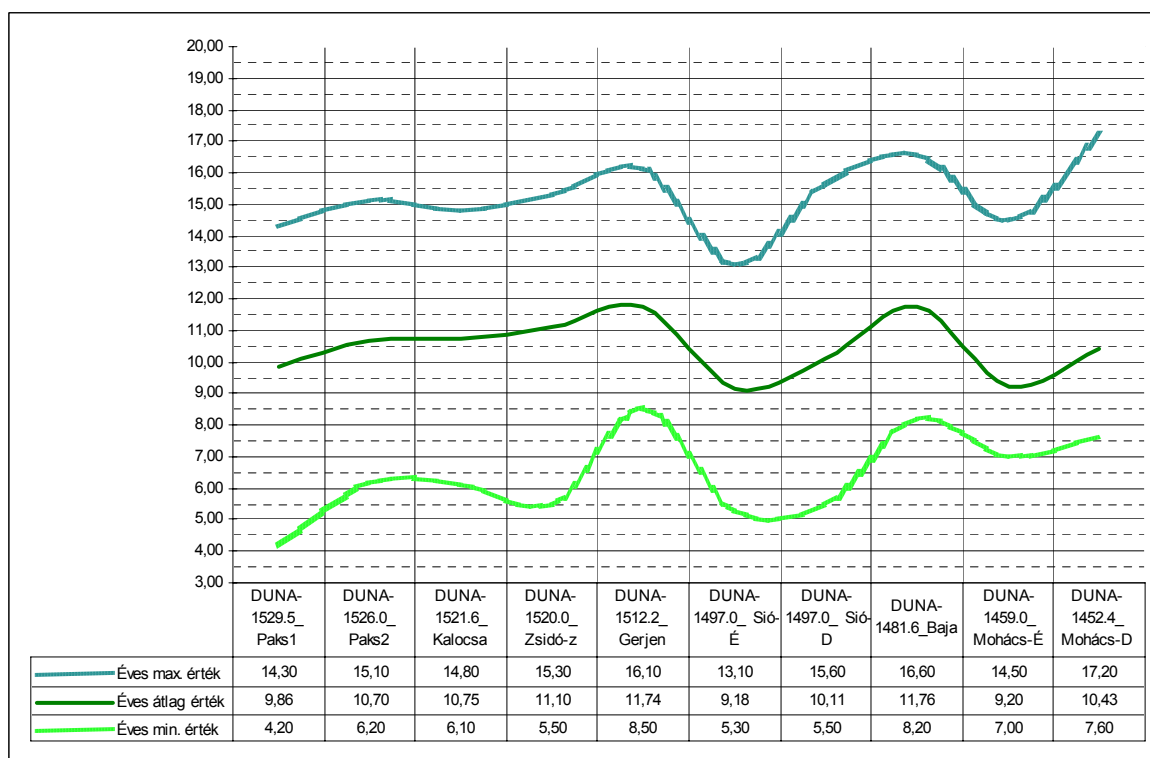


nitrát



5.35. ábra: Az egyes Duna szakaszok vízminőségi jellemzése a 2001-2003 közötti vizsgálataink alapján (folytatás)

5.36. ábra: A vezetőképesség hosszszelvény menti változása

5.37. ábra: Az oldott O_2 hosszszelvény menti változása

5.4.5. Élővilág, ökoszisztémák

5.4.5.1. A tágabb környezet jogszabályi védelmet élvező természeti értékei

A hatásterület maximumaként meghatározott 30 km-es körzetben országos jelentőségű védett természeti területek a Duna-Dráva Nemzeti Park és a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatósága illetékességi területébe tartoznak. A védett területek túlnyomó többségét már az 1. blokk üzembe helyezése után nyilvánították védetté. Ezért tartottuk célszerűnek ezeket itt és nem a 4.3.5. fejezetben bemutatni.

A Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatósághoz tartozó országosan védett területek:

- **Bogyiszlói Orchideás-erdő TT (250/TT/92)**
Védetté nyilvánító határozat száma: 11/1992. (III.25.) KTM r.
Területe: 36 ha
Botanikai értékek: több orchideafaj, köztük a vitézkosbor, több ezres egyedszámban.
(Ez a természetvédelmi terület 1996-ban, a Duna-Dráva Nemzeti Park megalakulásával a nemzeti park területének része lett.)
- **Szakadati legelő TT (az atomerőmű 30 km-es körzetének határán található)**
Területe: 1,8 ha
- **Dél-Mezőföld Tájvédelmi Körzet**
Védetté nyilvánító határozat száma: 11/1999. (X.29.) KÖM r.
Területe: 7546,5 ha (fokozottan védett 964,7 ha)
(A védetté nyilvánítás célja: a mezőföldi táj egyedi arculatát meghatározó löszképződmények, az Ős-Sárvíz hajdani medre helyén képződött futóhomokos területek és a rajtuk kialakult fajokban gazdag vegetáció és állatvilág megőrzése, a tájképi és kultúrtörténeti értékek védelme.)

A Dél-Mezőföldi Tájvédelmi Körzet területe magában foglalja a következő, korábban országos jelentőségű kategóriába sorolt természetvédelmi területeket:

- **Bikácsi Ökörhegy TT (199/TT/87)**
Védetté nyilvánító határozat száma: 7/1987. (VII.10) KVM r.
Területe: 53 ha
Botanikai értékek: Homokpusztai legelők értékes, még viszonylag nagy tömegben nyíló növényei a fekete kökörcsin, az apró nőszirm, a homoki nőszirm, a homoki árvalányhajfaj, a pusztai meténg, a nagy pacsirtafű és kései szegfű.
Zoológiai értékek: A homoki gyepek rovarlakója többek között a bikapók, a sisakos sáska és az imádkozó sáska.
- **Bölcskei tátorjános TT (203/TT/88)**
Védetté nyilvánító határozat száma: 2/1988. (V.26.) KVM r.
Területe: 10 ha (fokozottan védett: 3.5 ha)
Botanikai értékek: az ország egyik ritka, fokozottan védett lösznövénye a tátorján található meg ezen a védett területen.

- **Kistápei láprét TT (200/TT/87)**

Védetté nyilvánító határozat száma: 7/1987. KVM r.

Területe: 47 ha

Botanikai értékek: Nedves és kiszáradó láprétek, zsombéksásos mocsarak, tocsogós rekettyefüzesek, égeresek, nyíresek. A láprétek tömegesebb védett növényei: szúnyoglábu bibircsvirág, hússzínű ujjaskosbor, buglyos szegfű, vitézkosbor. A terület hűvös mikroklímájának köszönhetően a területen megmaradt a jégkorszakbeli zergeboglár. Szurdokvölgyi idős tölgyesek, bükkösök, ritka és védett növényekkel: gímpáfránnal, több vesepáfrányfajjal, illatos hunyorral, szúrós és lónyelvű csodabogyóval, szártalan kankalinnal, májvirággal.

Zoológiai értékek: A TT állandó lakója a vidra, költenek itt gémfélék, vonuláskor megfigyelték a nagy kócsagot és a darut is.

- **Németkéri Látó-hegy TT (197/TT/87)**

Védetté nyilvánító határozat száma: 7/1987. (VII.10.) KVM r.

Területe: 418 ha (fokozottan védett: 11 ha)

Botanikai értékek: Homokpusztagyepek, buckaközi láprét- és nádas mocsárrét foltokkal. A homoki gyepek jellemző, ritka növényei: fekete kökörcsin, apró nőszirmos, ágas homoklilium, homoki vértő, fényes poloskamag. A mocsárrétek, a kiszáradó és kiszáradt láprétek védett növényei: a hússzínű ujjaskosbor, a mocsári nőszőfű, a szúnyoglábu bibircsvirág, az agárkosbor, a kornis tárnics és a keskenylevelű gyapjúsás.

- **Szedresi tarka sáfrányos TT (198/TT/87)**

Védetté nyilvánító határozat szám: 7/1987. (VII.10.) KVM r.

Területe: 59 ha

Botanikai értékek: A sztyeppjellegű gyepen a kb. százezer tő tarka sáfrány mellett előfordul a védett tavaszi hérics és selymes boglárka is.

Országos védelemre tervezett területek a Duna-Dráva Nemzeti Park területén:

- Kis- és Nagyszékelyi dombság TT (Területe: 2609 ha)
- Szekszárd-Geresdi dombság TK (Az atomerőmű 30 km-es körzetében található rész területe: 6,9 ha)
- Bogyiszlói tölgyes legelő TT (Területe: 88 ha)
- Sióagárdi fátyolos nőszirmos TT (Területe: 6,4 ha)
- Mözsi gémtelep és Kapszeg-tó TT (Területe: 234,3 ha)
- Paks Imsósi-erdő TT (Területe: 1593 ha)
- Dél-Mezőföld TK bővítése (Bölcskei nőszirmos rét TT és Dunaszentgyörgyi láperdő TT)

A törvény erejénél fogva (ex lege) védett lapokat a Duna-Dráva Nemzeti Park területén az atomerőmű 30 km-es körzetén belül az 5.26. táblázat mutatja.

A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóságához tartozó országosan védett területek:

- **Miklapuszta – nemzeti parki törzsterület (22/1996. (X.9.) KTM rendelet)**

Területe: 6241 ha

Művelési ág: 1136 ha szántó, 4088 ha gyeperdő: 2 ha szőlő, 63 ha nádas, 25 ha erdő, 927 ha művelésből kivett.

Geomorfológiai és talajtani értékek: Hazánk egyik legnagyobb összefüggő, jellegzetes tájképi, meszes-szódás, szikes pusztája. A viszonylag nagy területen a meszes szódás szikesekre jellemző minden talajtípus és mikrodomborzat megtalálható.

Botanikai értékek: A változatos felszín következtében a sziki nádasok, a szikfok és vakszik növényzet, a sziki mocsár és a szikes puszta vegetációja mozaikossá teszi a tájat.

Zoológiai értékek: A védett terület madárvilága kiemelkedő jelentőségű. A széki csér és a széki lile eltűnt ugyan a területről, de ez a nemzeti park egység és környéke jelentős tűzok-fészkelő- és telelőhely, illetve jelentős ugartyúk-állomány költ a területen. Télen a puszta rendszeres vadászterülete a kerecsensólyomnak és a vándorsólyomnak.

5.26. táblázat: Védett lápok a Duna-Dráva Nemzeti Park területén

	Helyrajzi szám	Művelési ág	
1.	Alsószentiván 0221/f, 0221/4, 0221/2, 0221/1”b”	0221/f=gyep, 0221/4=gyep, árok, 0221/2=víztározó, 0221/1=gyep	0221/f=?, 0221/4=Kiss János
2.	Cece 0256/c	gyep	m.állam
3.	Cece 0349/c	gyep	magyar állam
4.	Bikács 066	nádas	
5.	Bikács 043	rét	
6.	Bikács 045/1	vízállás és rét	
7.	Bikács 0212	erdő	
8.	Németkér 070/a, 067/a, 067/2/c	070/a=legelő, 067/a=rét, 067/2/c=legelő	Haladás MgTSz Németkér
9.	Cece 0399/b	legelő	magyar állam
10.	Dunaföldvár 0607/11/c	gyep	
11.	Németkér 0503/k	erdő	
12.	Németkér 0482/4	legelő	
13.	Németkér 0496/c	erdő	
14.	Bikács 015	legelő	
15.	Bikács 027	legelő	

- Császártöltési Vörös Mocsár TT (219/TT/90)

Területe: 930 ha

Művelési ág: 30 ha szántó, 582 ha gyep, 7 ha kert, 9 ha nádas, 16 ha erdő, 286 ha művelésből kivett.

Botanikai értékek: A védetté nyilvánítás célja a Duna-Tisza közti hátság meredek nyugati sajátos felszínfejlődési viszonyokat tükröző, valamint a hátságperem alatt kialakult nagy kiterjedésű mocsárvidék - mint vizes élőhely - megóvása.

Zoológiai értékek: Gazdag madárvilágából kiemelkedő a kis és nagy kócsag, a szalakóta és a gyurgyalag jelenléte

- Hajósi kaszálók és löszpartok TT (229/TT/90)

Területe: 121 ha

Művelési ág: 10 ha szántó, 103 ha gyep, 6 ha erdő, 2 ha művelésből kivett

Tájképi, kultúrtörténeti értékek: A védetté nyilvánítás célja Észak-Bácska peremének löszlejtői és löszvölgyei, valamint a Duna völgy alámosott peremvidékének tözeges mocsarai, láprétjei, kaszálói, felszínalaktani és tájképi értékeinek védelme volt. A védett terület antropogén hatásoktól alig befolyásolt tájrészletei, valamint egy kultúr- és gazdaságtörténeti értemben is figyelemre méltó kistáj (a Hajósi pincefalu) alkotnak harmonikus, tájképileg különösen vonzó együttest.

- **Szelidi-tó TT (123/TT/76)**

Területe: 350 ha (KNP szerint), 360 ha (hivatalosan)

Művelési ág: 85 ha szántó, 138 ha gyep, 13 ha nádas, 55 ha erdő, 69 ha művelésből kivett.

Hidrológiai értékek: A Szelidi tó a Dunából a holocén korban lefűződött jellegzetes morotva-tó. Vize nátrium-karbonáton és magnézium-sókon kívül nátrium-kloridot és jodidot is tartalmaz. Sajátos vízösszetételéhez alkalmazkodott mikroszkópikus élővilága különleges alga és kovamoszat fakókat tartalmaz.

Botanikai értékek: A tavat környező szikes területeken 156 magasabb rendű növényfajt írtak le.

Kultúrtörténeti értékek: A tó partján levő Várdomb őskorig visszavezethető emberi településhely, különleges régészeti leletekkel.

- **Érsekhalmi Hét-völgy TT**

Védetté nyilvánító határozat szám: 23/1998. (VII. 10.) KTM r.

Területe: 25,8 ha

(A védetté nyilvánítás célja a gyepfeltörések következtében visszaszorult feltöretlen löszgyep növény- és állatvilágának megmentése, géntartalékuk megőrzése.)

- **Hajósi Homokpuszta TT**

Védetté nyilvánító határozat szám: 25/1998. (VII. 10.) KTM r.

Területe: 188,5 ha

(A védetté nyilvánítás célja a rendkívül fajgazdag homokpusztagyep növény- és állatvilágának megmentése, géntartalékainak megőrzése.)

Országos védelemre tervezett területek az atomerőmű 30 km-es körzetén belül:

A Kiskunsági Nemzeti Park az atomerőmű 30 km-es körzetén belül új tájvédelmi körzet kialakítását tervezi (várhatóan Örjegi TK vagy Vörös-mocsár TK néven – ez még nem eldöntött). A művelési ágak kiterjedésére vonatkozó adatok még nem állnak rendelkezésre.

A védetté nyilvánítás főbb indokai:

- A Duna-Tisza közti Turjánvidék déli részének még természetközeli mocsarainak, mocsárerdeinek és láperdeinek védelme.
- Az itt meglévő, már védett területek (Vörös-mocsár TT, Hajósi-kaszálók TT) bővítése, természetvédelmi egységbe foglalása.
- A történelmi emléket képviselő hajósi pincesor védetté nyilvánítása.
- Az Örjeg teljesíti a védelem eredeti célkitűzéseit, mivel mély mocsarai, láp- és mocsárrétjei, láperdei és löszpuszta-maradványai a térség egyedülálló természeti értékei.

A tervezett TK területén önmagukban is jelentős természeti értéket képviselő növényfajok is előfordulnak, például a kúszózeller, 13 orchidea-faj, tarka sáfrány, Jávorka-fényperje. Madarak közül kiemelendő a rétisas és a kerecsensólyom fészkelése, valamint a területen található jelentős gémtelep.

A védelemre tervezett területek között szerepelnek NATURA 2000 területek (különleges madárvédelmi területek = SPA és különleges természetmegőrzési területek = SAC, SCI), ezek kijelölése folyamatban van. A művelési ágak megoszlásáról nem áll rendelkezésre információ. Fontos kiegészítés, hogy a Dunán SCI területként jelölt részt SPA területként is jelölte a KNP Igazgatóság a NATURA 2000 programba.

A térség *helyi jelentőségű védett természeti értékeit* az 5.27. táblázatban megyénkénti bontásban mutatjuk be.

5.27. táblázat: Helyi jelentőségű védett természeti értékek

	Védett terület	Törzskönyvi szám	Terület (ha)
TOLNA megye			
1.	Nagydorog Banai-tó és környéke	16/04/TT/75	14,0
2.	Madocsai sztyávon tölgyes	16/05/TT/75	6,0
3.	Bölcskei iskola parkja	16/06/TT/75	1,0
4.	Nagydorog Szenes-legelő	16/10/TT/75	88,0
5.	Tengelic Bogárczó-tó	16/11/TT/75	9,0
6.	Sötétvölgyi Erdő és növényzet Szekszárd	16/12/TT/75	503,0
7.	Dunaföldvári halastó	16/14/TT/75	198,0
8.	Tengelic Csapó park	16/15/TT/76	14,0
9.	Tengelic arborétum	16/23/TT/77	36,0
BÁCS-KISKUN megye			
1.	Pulykási nyár erdőmaradvány	02/14/TT/74	19,0
2.	Ordasi Rákóczi tölgyfa	02/16/TT/74	0,0
3.	Kalocsai jegenyenyár fasor	02/17/TT/77	4,0
4.	Egyhajú virág és tarka sáfrány	02/19/TT/77	1,0
5.	Dunapataji szigetek és hullámtéri erdő	02/29/TT/84	19,0
6.	Keceli Berekerdő	02/30/TT/84	48,0
7.	Császártöltési löszpusztamaradvány	02/31/TT/84	16,0
8.	Keceli Őrjég	02/32/TT/84	275,0

Megjegyzés: a táblázatban szereplő helyi jelentőségű védett természeti értékek közül a keceli Berek-erdő és a keceli Őrjég törvény erejénél fogva (ex lege) országos jelentőségű természetvédelmi terület lett, tekintettel az itt található lápokra. A keceli Őrjég területe a kialakítás alatt álló tájvédelmi körzetnek is részét fogja képezni.

5.4.5.2. A Paksi Atomerőmű környezetének növényvilága

5.4.5.2.1. Az erőmű létesítésének közvetett és közvetlen hatásai környezetének növényvilágára

A Paksi Atomerőmű, mint kiterjedt telephellyel rendelkező ipari létesítmény viszonylag nagy teret kíván. Létrejötte jelentősen átalakította a szűkebb környéket, így természetesen befolyással volt/van annak élővilágára is. Az erőműnek köszönhető Paks jelentős várossá fejlődése, a lakótelep felépülése is, tehát ilyen módon a tájatalakító befolyás jelen esetben még kiterjedtebb. Tudomásunk szerint az építkezés megkezdése előtt mind a telephelyen, mind a lakótelep helyén nem természetes vegetáció, hanem nagyrészt szántó és szőlőültetvény volt. Ezekről a területek egykori, az építkezést megelőző növényvilágáról feljegyzések nincsenek. Néhány egyéb, sokszor csak számszerű adatból azonban áttételesen következtethetünk a terület élővilágára is. Az egykori telephely 70 ha-os területre épült, ahol a mezőgazdasági területfelhasználás az erőmű létesítése előtt a következő volt:

- szántó – 9,2 ha
- legelő – 42,8 ha
- erdő – 9,5 ha
- szőlő – 1,7 ha
- fanet² – 4,6 ha.

² Művelésből kivett terület

A területen állattenyésztéshez kapcsolódó épületek is voltak. A megállapítás szerint „rendkívül alacsony aranykorona értékű”-ek az itteni földek; ami homoki vegetáció ittlétét sejteti.

Kisebb mértékben, de szintén következtethetünk a környező vegetációra, annak természetességére a 3 km-es „védőkörzettel” (kb. 2832 ha) kapcsolatos információkból, melyek szerint:

- a körzetben 105 tanyát, lakóházat szanáltak,
- nagyüzemi és kisüzemi ültetvényekre (szőlők, gyümölcsösök - kb. 282 ha) kártalanítást fizettek,
- a körzetben 2823 ha (mező)gazdasági rendeltetésű földet jeleztek (szántó: 1437 ha, ültetvény: 282 ha, rét és legelő: 690 ha, nádas és fanet: 246 ha),
- a meglévő „szórvány” erdőterületet kb. a négyszeresére tervezték növelni, ami a körzet 20 %-os erdősültségét hivatott elérni (ez meg is történt),
- már ekkor jelezték, hogy az itteni szőlők művelése egyre kevésbé folyik, a felhagyott szőlők a parlagterületet növelik.

Az építkezéshez szükséges tereprendezések kapcsán 2 930 000 m³ földet mozgattak meg, mellyel a hullámos, legmélyebb pontján 92,5 m tszf. magasságú területet 97 m-re töltötték fel.

Nehezen ítéltető meg az egykor itt viszonylag kiterjedt legelő természetessége. Intenzív legeltetés esetén (valószínűleg juhokkal legeltettek itt) a homoki gyepek gyorsan degradálódnak, gyomosodnak. A környék nagyarányú fásításának valószínűleg értékes homoki gyepek foltok is áldozatául estek, de a teljes igazsághoz az is hozzátartozik, hogy a környező, nagyobb távolságban lévő homokterületeken (például az Ürge-mező és Cseresznyés között) ugyancsak kiterjedt akácok és fenyvesek „díszlenek”, tehát nagy valószínűséggel az erőmű nélkül sem kerültek volna el e területek a „sorsukat”.

A horgásztavak létrehozása, illetve a már meglévő természetes tavak törendszerré való kibővítése, nem jelentős tényező az élővilág szempontjából. Ezek az élővilágot (főleg a madárvilágot) inkább csak változatosabbá tették.

Ennél jelentősebb tényezőnek ítéltető a számos nagyfeszültségű távvezeték nyomvonalának kialakítása. A szántókon és az egyébként is erősen degradált, másodlagos homokterületeken a növényzetre nézve mindez nem káros (sőt a vezeték nyiladékan nyílt homoki gyepek is kialakulhatnak), ugyanakkor az sajnálatos, hogy a mélyebben fekvő rész természetes, puhafás erdőiből még napjainkban is termelnek ki nyomvonalépítés miatt (szerencsére nem a legjobb terület károsodott).

Az Övcsatorna kiépítése, és egy összekötő csatornával a Csámpai-csatorna vízellátásának ilyen módon való megoldása inkább üdítőleg hat a környék növényzetére; de ezzel együtt ügyelni kell arra, hogy amíg a csatornában lévő magas vízállás felduzzaszthatja a környék talajvizét (lásd később!), száraz állapotban lecsapoló árokként is működhet.

Az üzemelő erőmű esetleges környezetszennyező hatását (víz-, talaj- és légszennyezés, illetve ezek hatása a növényzetre) vizuális megfigyelések alapján kimutatni nem lehet, a vegetáció – legalábbis látványosan – ilyen nyomokat nem visel.

Az erőmű nagy gondot fordít a telephely (beleértve a külső parkolókat és tulajdonképpen ide értve a lakótelepet is) rendezettségére, parkosítására. Ez nemcsak azért kedvező, mert a

zöldterület kiterjedésével a gyomoknak kevesebb tér jut, hanem bizonyos fokig elősegíti a természetes vegetáció kialakulását, térhódítását. A környező homokterületek egyes jellegzetes fajai mára már nagyobb számban is megtelepedtek az erőmű belterületén, sőt egyes jobb fajok itt jelentősen el is szaporodtak. Érdekes, ugyanakkor jellemző, hogy néhány védett faj is életteret talált a kerítésen belül. Ilyen az országosan meglehetősen ritka **csilláros madártej** (*Ornithogalum refractum*), valamint a **selymes boglárka** (*Ranunculus illyricus*), a **homoki árvalányhaj** (*Stipa borysthénica*) és a **fényes poloskamag** (*Corispermum nitidum*). (Utóbbit lásd a 7. melléklet Fotódokumentum N2. kép.)

5.4.5.2.2. A jelen vegetációja és flórája

Az erőmű telephelyét lényegében a homokterület sarkán jelölték ki, gyakorlatilag a *Paksi Magyar* dűlön. Míg a kissé távolabbi öntésterületeken valószínűleg nem volt számottevő és az építkezéssel szorosan összefüggő változás (itt elsősorban a horgásztavak létrehozása, valamint a távvezetékek kiépítése okozta erdőirtás említendő), a homokterületek arculata jelentősen megváltozott.

A 6-os főúttól keletre felszámolták a tanyákat, telephelyeket, szőlőket, gyümölcsösöket és – részben az erőmű tájba illesztése is – nagyarányú erdőtelepítésbe (akácok, nemesnyárasok és nem utolsó sorban fekete- és erdeifenyvesek) kezdtek. A megbolygatott területen robbanásszerűen terjedtek el tájidegen, inváziós gyomok, elsősorban a – tévesen „vaddohányként” emlegetett – selyemkóró. Az eredeti értékes homoki vegetációnak mára csak egy kis foltja maradt fenn, az erőmű déli kerítése közelében; illetve másutt ez csak nyomokban lelhető fel, részben a régi állapot leromlása, részben bizonyos másodlagos területek regenerálódása (lásd később) következtében. Az alábbiakban felsorolásra és részletesebben bemutatásra kerülnek a vizsgált terület kiemelt természeti értéket képviselő élőhelyei, növényzettípusai, felsorolva az ott élő védett és egyéb értékes fajokat.

Nyílt homoki gyepek

A **homoki** vagy **magyar csenkesz** (*Festuca vaginata*) által meghatározott nyílt, meszes homoki gyepek, melynek jellegzetes, kifejtett stádiumban már csak egy kis foltja maradt meg az erőműtől délre. E fragmentum számos védett növényfaj termőhelye, így itt él a **kései szegfű** (*Dianthus serotinus*) – Fotódokumentáció N8. kép) –, a **homoki cickafark** (*Achillea ochroleuca*), a **homoki báránypirosító** (*Alkanna tinctoria*) – (Fotódokumentáció N3. kép) –, a **homoki árvalányhaj** (*Stipa borysthénica*), a **homoki varjúháj** (*Sedum sartorianum* subsp. *hillebrandtii*), a **bunkós hagyma** (*Allium sphaerocephalon*), a **homoki imola** (*Centaurea arenaria*). A felsoroltakból 3 taxon csak itt került elő. Egyéb értékes faj még itt a **homokviola** (*Syrenia cana*), a **gomolyos kőhúr** (*Minuartia glomerata*), **gindár sás** (*Carex supina*).

A terület aktuálisan veszélyeztetett; a déli felén homokbánya működik, máshol építkezési törmeléket szórtak rá, több oldalról a tájidegen, invazív **selyemkóró** (*Asclepias syriaca*) terjeszkedése fojtogatja.

Másodlagosan kialakult termőhelyen megjelenő pionír és lápréti növényzet

Valójában egy unikális, másodlagossága ellenére kiemelten értékes termőhelyről van szó, amely hazánkban néhány helyen (talajvizes felhagyott kubikgödrökben, homokbányákban) jelenik meg. A foltokban nyers, eleinte növényzeti konkurencia nélküli talajfelszín, a közeli talajvíz több védett és egyéb értékes, speciális életfeltételeket igénylő növényfajnak nyújt menedéket, szolgál – sokszor csak átmenetileg – kiváló termőhelyül. Az erőműtől ÉNy-i irányban, a veszélyes hulladék tároló közelében található egy a környezeténél több méterrel

alacsonyabban lévő, többé-kevésbé háromszög alakú lapos mélyedés, melyben értékes növényvilág található. Itt élő védett fajok: **gyíkpohár** (*Blackstonia acuminata*) – Fotódokumentáció N5. kép -, **mocsári nőszőfű** (*Epipactis palustris*) – (Fotódokumentáció N9. kép) -, **hússzínű ujjaskosbor** (*Dactylorhiza incarnata*), **tarka zsúrló** (*Equisetum variegatum*). Utóbbi 3 faj csak itt került elő. További értékesebb fajok, illetve alfajok: **halvány gyopár** (*Pseudognaphalium luteo-album*), **keskenylevelű ezerjófű** (*Centaurium littorale* subsp. *uliginosum*), **iszapsás** (*Carex viridula*), **nagy útifű alfaja** (*Plantago major* subsp. *winteri*).

A területet a cserjésedés és a szárazodás, szárazabb részein a **selyemkóró** (*Asclepias syriaca*), üdőbb részein a szintén tájidegen **magas aranyvessző** (*Solidago gigantea*) terjedése veszélyezteti.

Mocsári, lápréti, ligeti növényzet

A Régi- és Új-Brinyó területén, egykori árterületen, szántók közötti mélyedésekben megmaradt, illetve kialakult növényzet, mely kisebb-nagyobb tömbökben, valamint ezekből kinyúló sávokban él. Több termőhelytípus, üde fás- és lágyszárú társulás mozaikoló komplexe ez a jellegzetes arculatú vidék, ahol az általában jó növényzetének több kiemelkedően értékes foltja is van, melyeket azonban külön tárgyalni nem érdemes. E terület regisztrált védett taxonjai: **gyíkpohár** (*Blackstonia acuminata*), **fehér madársisak** (*Cephalanthera damasonium*), **kisfészkű aszat** (*Cirsium brachycephalum*), **nyári tűzike** (*Leucorum aestivum*), **kornistárnics** (*Gentiana pneumonanthe*) – (Fotódokumentáció N10. kép), - **békaliliom** (*Hottonia palustris*), **pompás kosbor** (*Orchis laxiflora* subsp. *elegans*), **békakonty** (*Listera ovata*), **mocsári aggófű** (*Senecio paludosus*). További, országos léptékben ritkább, értékes fajok: **hosszúlevelű veronika** (*Pseudolysimachion longifolium*), **réti galaj** (*Galium rubioides*), **villás sás** (*Carex pseudocyperus*), **magas útifű** (*Plantago altissima*).

A terület sajnos szárazodik, és ezzel részben összefüggésben néhol gyomosodik is. Elsődleges inváziós gyom itt a **magas aranyvessző** (*Solidago gigantea*).

Égeres láp-mocsárerdő

Bár tulajdonképpen az előbb tárgyalt terület része, megjelenésével és növényzetével is kiérdemli az elkülönült bemutatást. A zömmel idős égerek alkotta erdőfolt egykor bizonyára sokkal vizesebb termőhely volt, területének jelentős részén egész évben állt a víz. Ma már jobbára teljesen kiszáradt, de így is több védett növényfajnak otthona. Előfordul itt a **nyári tűzike** (*Leucorum aestivum*), a **mocsári páfrány** (*Thelypteris palustris*), a **szálkás pajzsika** (*Dryopteris carthusiana*), de mindenképpen említést érdemel a bár nem védett, de alföldi viszonylatban ritka **erdei pajzsika** (*Dryopteris filix-mas*) megkerülése is. A terület szárazodásával sajnos egyre nagyobb tért hódít a **hamvas szeder** (*Rubus caesius*), a **nagy csalán** (*Urtica dioica*).

Dunaszentgyörgyi fás legelő

Ember által létrehozott, de ezzel együtt is védendő, napjainkra nagyon megfogyatkozott „termőhelytípus”, mely az egykor sokfelé jellemző külterjes állattartás, legeltetés hírmondója. Üde-, mocsaras rétek bizonyos fokú lecsapolása után különféle fű- és nyárfajok laza sorokban vagy ligetekben történő telepítésével létrehozott legelőterület, ahol a természetes vegetáció megmaradhatott, sőt újabb értékes fajokkal bővíthetett. A dunaszentgyörgyi marhalegelő védett növénye a **nyári tűzike** (*Leucorum aestivum*) és a **réti iszalag** (*Clematis integrifolia*).

A paksi dunai ártér

Tájképileg is jellegzetes (és mint madár élő- és táplálkozó hely is fontos) az „Uszódi-sziget”, ami tulajdonképpen egy kiszélesedő árterület, kisebb vízállás esetén több mellékággal, fokkal, kobolyával, szigettel, zátonnyal. Növényzete a gát felé inkább telepített erdőkből áll, de a vizek közelében még szép bokorfüzeseket, fűzligeteket találunk. Talán legnagyobb természeti érték itt az alacsony vízállás esetén foltokban többfelé is megjelenő, természetes pionír fajokból álló iszapnövényzet, melyben eddig kettő védett növényfajunk – a **palkasás** (*Carex bohemica*) [6. kép] és az **iszapfű** (*Lindernia procumbens*) – került elő. Ezek mellett említést érdemel még az **apró csetkák** (*Eleocharis carniolica*) – (Fotódokumentáció N4. kép) - az **iszaprojt** (*Limosella aquatica*), az **iszappalka** (*Dichostylis micheliana*), a **csomós palka** (*Chlorocyperus glomeratus*) és az **üstökös veronika** (*Veronica catenata*).

A hazai árterekre jellemzően sajnos e szakaszon is jelentős a tájidegen, adventív növényfajok száma és aránya. Elsőként a különféle **őszirózs** **fajokat** (*Aster* spp.), valamint a **magas aranyvesszőt** (*Solidago gigantea*) kell említeni, de már sokfelé megjelent a **feketetermésű farkasfog** (*Bidens frondosus*) is. Ugyancsak sajnálatos, hogy az ártér bővelkedik fás szárú „gyomokban” is. Ilyen például a **zöld juhar** (*Acer negundo*), a **gyalogakác** (*Amorpha fruticosa*).

Keményfa ligeterdők és maradványaik a Duna árterén

A szabályozások előtt folyóink közelében, a magasabb, csak ritkán elárasztott térszíneken kocsányos tölgy, vénicszil és magyar vagy magas köris által karakterizált keményfa ligetek fejlődtek, melyek jellemző, ám síkvidéki viszonylatban ritka lágyszárú növényzet kialakulását is lehetővé tették. A szabályozások után a mentett oldalról ezek az erdők jobbra eltűntek, az ártereken szintén kipusztultak, leromlottak vagy a kitermelés után a helyükre mászt telepítettek. Napjainkban már csak kevés szép fejlettségű és tipikusnak mondható ilyen erdőt találunk, de a Duna keleti oldalán, az erőmű vonalától északra még nagyobb kiterjedésben vannak ilyenek. Az Uszódi-sziget közepén szintén fellelhető ezen erdőtípus nyoma. Jellegzetes védett faj itt a **ligeti** vagy **Duna-völgyi csillagvirág** (*Scilla vindobonensis*), említést érdemel még (síkvidéki tekintetben mindenképpen) a **hóvirág** (*Galanthus nivalis*), a **gyöngyvirág** (*Convallaria majalis*), a **széleslevelű salamonpecsét** (*Polygonatum latifolium*) és az **erdei sás** (*Carex sylvatica*).

A keményfa ligeteket elsősorban a kivágás, helytelen erdészeti kezelés veszélyezteti. Nem kívánatos fafaj itt (itt sem) a **zöld juhar** (*Acer negundo*), a **fehér eper** (*Morus alba*), a **nyugati osterfa** (*Celtis occidentalis*) a **nemes nyár** (*Populus x canadensis*).

További értékesebb területek, védett és ritkább növényfajok

A fentebb felsorolt, kiemelten fontos és értékes területek mellett kisebb kiterjedésben, illetve leromlottabb állapotban a vizsgált terület további részein is fellelhető több természetes, vagy természetközeli folt, melyeken védett és egyéb értékes növényfajok is előfordul(hat)nak. Elsősorban kell itt megemlíteni az erőműtől ÉK-re, valamint az ipari park peremén lévő homokterületeket, melyek egyes foltjai jól regenerálódtak (illetve regenerálódnak), és itt-ott már megjelentek jellegzetes homokpusztai fajok, közöttük védett növények is.

A fentebb felsorolt területek, illetve növényzettípusok fajainak egy része a vizsgált területen másutt is előfordul, de akadnak olyan fajok is, melyekkel éppen a felsorolt területeken nem találkozhatunk. A védettek közül említendő a gátak oldalában megjelenő **budai** vagy **Sadler-imola** (*Centaurea sadleriana*), a telepített nyárasokban jelentős egyedszámban élő **kardos** vagy **kardoslevelű madársisak** (*Cephalanthera longifolia*) – Fotódokumentáció

N4. kép –, a bolygatott, nyílt homokterületeken pionírként megjelenő **fényes poloskamag** (*Corispermum nitidum*) [2. kép] valamint a másodlagos (akár vetett) száraz-félszáraz gyepekben élő **selymes boglárka** (*Ranunculus illyricus*) és **csilláros madártej** (*Ornithogalum refractum*). A vizsgált területen megkerült – és eddig nem említett – további értékesebb, országos léptékben ritkább növényfajok: **cicó** (*Thymelaea passerina*), **vetési zsellérke** (*Thesium dollineri*), **lángszínű héric** (*Adonis flammea*), **tüskés ördögbocskor** (*Caucalis platycarpus*), **francia lepkeszeg** (*Trigonella monspeliaca*), **kisvirágú habszegfű** (*Silene borysthena*), **réti somkóró** (*Melilotus altissimus*), **fekete nyár** (*Populus nigra*).

5.4.5.3. A Paksi Atomerőmű környezetének állatvilága

5.4.5.3.1. A közvetlen környék kutatottsága

Korábban az atomerőmű 3 km-es körzetének faunáját szinte egyáltalán nem ismertük. A 4.3.5.1. pontban említett irodalmi forrásokban és gyűjteményekben fellelhető adatok szinte kizárólag a Mezőföld más, az erőműtől távolabb fekvő területeiről származnak.

Az atomerőmű közvetlen hatásterületének legteljesebb – és ez idáig egyedüli – rendszeres felmérését az Magyar Természettudományi Múzeum végezte 1998–2002 között. A vizsgálatok keretei szűkösek voltak, de mégis mérőföldkönek tekinthetők a terület állattani értékelése szempontjából, mivel az adatok (többnyire faj-lelőhely-egyedszám – mátrixok) számos állatcsoportra nézve az első referencia-adatsorokat képviselik. Lényeges eleme a mintavételeknek, hogy nem csupán egyes kiragadott, természetközeli élőhelyfoltokon történtek felmérések, hanem a területen jelenleg megtalálható élőhelytípusok nagy többségében, így az erősen degradált és kultúrtársulásokból is vannak adataink.

5.4.5.3.2. Faunakép

Általános szempontok

Az atomerőmű közvetlen környékének állattani képe nem más, mint a „múlttal” foglalkozó fejezet faunaképének területileg leszűkített változata. Ez a magyarázat arra, hogy az alább következő leírásban sok az előző fejezetből átvett elem. A vizsgált terület jelentős hányadát erős antropogén hatás alatt álló, közepesen vagy erősen rontott homokpuszta-gyepek és a magas ártér elbozótosodott, selyemkóróval és aranyvesszővel erősen fedett gyepterületei, továbbá művelt vagy nemrég felhagyott mezőgazdasági területek teszik ki. Ezek az élőhelyek tehát természetvédelmi szempontból a kevésbé érdekes területek közé tartoznak. Kivételt csak az atomerőműtől délre fekvő Brinyói-erdő, illetve a Dunát kísérő puhafaligetes erdők, szigetek, homokpartok, valamint az itt található halastavak képeznek.

A rontott területek ugyanakkor – részben bizonyítottan, részben valószínűsíthetően – még hordozzák az egykori alföldi sztyeppfaunára jellemző homokpusztai és löszpusztagyepi fajok bizonyos hányadát. Főként a nagyobb tűrőképességű, az élőhelyek zavarását elviselni képes fajok tudták átvészelni élőhelyeik rohamos beszűkülését (és kisebb-nagyobb mértékű átalakulását).

A szóban forgó területen – zoológiai szempontból – 5 élőhelytípust célszerű elkülöníteni. Ezek nem elkülönült növénytakaságok, sőt az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (Á-NÉR) kategóriáival sem azonosak. Ez az egyszerű kategorizálás azonban állatvilág jellemzése szempontjából a vizsgált területen megfelelőnek látszik.

Az öt fő élőhelytípus:

- természetközeli erdők;
- telepített erdők;
- másodlagos száraz gyepek (és természetközeli homokpusztagyep-fragmentumok);
- mezőgazdasági területek;
- vizes élőhelyek.

Természetközeli erdők

Brinyói-erdő, illetve a Duna partján levő erdőmaradványok (lásd Fotódokumentáció Á1-7. képek). Alapvetően jó vízellátottságot igénylő fűz-nyár ligeterdők (puhafaligetek).

A Duna-parton az árterületen találhatók; az idős fák gazdagon strukturált szerkezete, a fafajok változatossága változatos madárfaunának ad otthont, és a gerinctelen fauna is sokszínű, de csak a lombkoronában. Az árvizek ugyanis rendszeresen megsemmisítik az avarszint, sőt a cserjeszint állatvilágát, így ott csak kisszámú, gyors betelepülésre képes, nagy tűrőképességű faj található.

A Brinyói-erdő a homoki gyepek közelében feltörő természetes forrásnak köszönheti létét. A puhafaligeten kívül kis égeres mocsárerdő is kialakult benne. Több állatcsoportra nézve ez az erdő tekinthető a terület legértékesebb részének.

A lepkefauna két jellegzetes eleme a védett **kis szintjászólepke** (*Apatura ilia*) és a **magyar szintjászólepke** (*Apatura metis*); ez utóbbi a ritkább, noha a Duna-ártér puhafaligetében gyakori. A szintén védett **fecskefarkú lepke** (*Papilio machaon*) ugyancsak a természetközeli erdők szegélyén fordul elő leginkább.

A kabócák közül különös említést érdemel az *Edwardsiana tersa* nevű faj, amely Magyarországon innen került elő első ízben. A fűrtetevék egyik faja, a *Lachesilla bernardi* a Duna-ártér puhafaligeteiből és a Brinyói-erdőből egyaránt előkerült; ezt megelőzően Magyarországról csak négy lelőhelye volt ismert.

A bogarak közül a még élő fák elhalt részeiben fejlődnek puhafaligetek nagy és látványos védett fajai: a **diófacincér** (*Megopis scabricornis*), a **pézsmacincér** (*Aromia moschata*) és a **pompás virágbogár** (*Cetonischema moschata*). Az avarban gyakori bogárfaj a **mezei futrinka** (*Carabus granulatus*). A Duna árterének nyárfáiban itt-ott előfordul a **skarlátbogár** (*Cucujus cinnabarinus*).

A madarak közül a lombkoronában rejtetten élő, hangjával mégis a legfeltűnőbb faj a **sárgarigó** (*Oriolus oriolus*). Hangjáról szintén könnyen azonosítható a **fülemüle** (*Luscinia megarhynchos*). A harkályok közül a **nagy fakopáncs** (*Dendrocopus major*) a leggyakoribb.

Bár erdőnek nem nevezhető, mégis itt kell megemlítenünk azt a hatalmas **kocsányos tölgyet** (*Quercus robur*), amely az atomerőműtől kb. 1,5 kilométerre található a Duna gátjának közelében. Ez a példány több mint 200 éves tanúfa, amely a hajdan nagy kiterjedésű, de mára megsemmisült keményfaligetek magányos túlélője. Nagy elhalt darabjai olyan rovarfajoknak biztosítanak tenyészhelyet, amelyek valaha nyilván jobban elterjedtek a keményfaligetekben. Ilyen a **nagy hőscincér** (*Cerambyx cerdo*), illetve a hőscincér járatait kitöltő rágcsálékban fejlődő **magyarmoly** (*Neurothaumas ankerella*). Szintén az ősi fákhoz, pontosabban a bennük lakó hangyabolyokhoz kötődik a **hangyailonca** (*Aglossa signicostalis*). E fajok előfordulása teljesen elszigetelt; ha az idős fa elpusztul, populációik megsemmisülnek.

Telepített erdők

A terület telepített erdei akácosok, erdei- és feketefenyvesek, ezüstfások, illetve nyárasok, valamint bálványfával kevert állományok. (Lásd Fotódokumentáció Á8-10. képek.)

Faunájuk – mint az egész országban – meglehetősen szegényes, jobbra társulásközömbös, valamint az adott fafajhoz kötődő állatfajokból áll. Az akácosok aljnövényzetében tömeges a piros árvacsalán (*Lamium purpureum*), amely a fémesszöld alapon kék és aranysárga sávokkal tarkított **díszes levélbogár** (*Chrysolina fastuosa*) tápnövénye. Mind az erdei-, mind a feketefenyvesekben a leggyakoribb cincérfaj a **fenyves-tövisescincér** (*Rhagium inquisitor*), a leggyakoribb szúfaj pedig a **hatfogú szú** (*Ips sexdentatus*). Még az akácban is képes kifejlődni a **díszes darázscincér** (*Chlorophorus varius*), amelynek imágói az aljnövényzet virágain láthatók.

A fák körül alkonyatkor rajzanak a hazai homokvidékek tipikus cserebogarai: a **csapó cserebogár** (*Polyphylla fullo*), a **nagy fináncbogár** (*Anomala vitis*), illetve a jóval tágabb elterjedésű **sárga cserebogár** (*Amphimallon solstitialis*).

Az akácosok tipikus, mára minden nagyobb akácosban megtalálható lepkéje az **akácmoly** (*Etiella zinckenella*), melynek hernyója az akác virágjait és magjait fogyasztja; hasonló életmódot folytat a **bengeboglárka** (*Celastrina argiolus*) is. A ritkás, árnyékot kevésbé adó akácosokban nappal főképpen **fehérlepkéket** (*Pieridae*) és néhány **szemeslepkéfajt** (pl. bizonyos ökörszemlepkéket – *Maniola jurtina*, *Aphantopus hyperanthus* –) találunk.

A *Macropsis elaeagni* nevű kabócafaj egyedüli tápnövénye az ezüstfa. Első hazai bizonyító példányai a 6-os út mentén ültetett ezüstfákról kerültek elő. Az *Aleuropteryx loewii* lisztesfátyolka fenyőön él; a Dunántúlon a Balatontól délre most került elő először.

Másodlagos száraz gyepek

Ezek a területek (lásd Fotódokumentáció Á11-22. képek) a valamikor érintetlen homoki gyepeken végzett durva beavatkozásokkal jöttek létre. A beavatkozásokat földmunkák, szántások, majd a szántások felhagyása, erdőtelepítések, továbbá invazív növényfajok (főleg a selyemkóró) térhódítása jelentik. E gyepek faunája elszegényedett.

A nagytermetű, látványos külsejű *Myrmecaelurus trigrammus* hangyalesőfaj a hajdani természetes gyeptársulások máig fennmaradt eleme. A Duna-Tisza közének homokpusztáin nem ritka a Dunántúlon azonban ez még csak a harmadik lelőhelye. Vele egy élőhelyen találták a **sisakos sáskát** (*Acrida hungarica*), amely a Dunántúlon szintén csak néhány helyről került elő. A *Stenometopiellus fraudulentus* kabócafaj 1929 óta első ízben került elő Magyarországon a terület száraz gyepeiből.

Másodlagos száraz gyepek borítják a Duna árvízvédelmi töltését is. Tavasszal ezekben a gyepekben tömeges a **fekete gyalogcincér** (*Dorcadion aethiops*) és a **kétsávos gyalogcincér** (*Dorcadion pedestre*). Ugyanezen az élőhelyen fordul elő a **kis hegyisáska** (*Pezotettix giornae*), amely hazánkban éri el elterjedésének északi határát.

Az erőmű környékén még fellelhető nyílt homokpusztagyeppek két jellemző, említésre érdemes faja a **selymes araszoló** (*Idaea sericeata*) és a **Jakab-medvelepke** (*Tyria jacobaeae*), melyek az alföldi homokvidékeken túl meleg mészkő- és dolomit-sziklagyepekben is honosak.

Két zavarástűrő hüllőfaj gyakori a másodlagos száraz gyepeken. A **fürge gyík** (*Lacerta agilis*) szinte bármilyen fátlan társulásban előfordul, a **zöld gyík** (*Lacerta viridis*) jobban ragaszkodik a kifejezetten száraz, meleg élőhelyekhez.

Mezőgazdasági területek

A vizsgált terület igen nagy részét különféle mezőgazdasági kultúrák borítják. (Lásd Fotódokumentáció Á23-28. képek) Faunájuk – állatsoporttól függően – még gazdag is lehet, de természetvédelmi értéket nem képvisel, mivel jobbára nagy elterjedésű, az új élőhelyeket gyorsan kolonizálni képes és kártevő fajokból áll.

Az általános vetési gyomokat az adott növényfajoknak megfelelő rovarfajok kísérik: szarkalábban a **szarkaláb-félormányos** (*Rhinomacer lepturoides*) és korábban már említett szarkalábbagoly, fehér libatopon a **faltos pajzsbogár** (*Cassida nebulosa*), kígyósziszen a **térképes ormányos** (*Mogulones geographicus*). A gabonaféléket nagy tömegben lepi el a **vetésfehérítő bogár** (*Oulema melanopa*) és a **gabonaszipoly** (*Anisoplia segetum*).

A gabonatóblák és kukoricások lepkefaunája igencsak szegényes, előbbieket néhány **fehérlepke** – pl. a **rezedalepke** (*Pontia daplidice*) és **kéneslepke-fajok** (*Colias spp.*) – keresi fel rendszeresen, míg az utóbbiakban mindenekelőtt a kukorica kártevői: a **kukoricamolylepke** (*Ostrinia nubilalis*) és a **gyapottok-bagolylepke** (*Heliothis armigera*) tenyésznek.

A szántóföldek alkotta nyílt terepen viszonylag könnyű a madarakat megfigyelni. Gyakori látvány az **egerészölyv** (*Buteo buteo*), ritkább a **vörös vércse** (*Falco tinnunculus*); természetesen e két ragadozómadár-faj fás területeken fészkel, a szántóföldek viszont táplálkozóhelyet biztosítanak nekik. A szántók és kaszálók tipikus fészkelő madara a **mezei pacsirta** (*Alauda arvensis*). Utak mentén, parlagokon gyakori a **búbos pacsirta** (*Galerida cristata*). Tavaszi és őszi vonuláskor sok más madár is látható a mezőgazdasági területeken. Érdemes kiemelni közülük a fokozottan védett **gyurgyalagot** (*Merops apiaster*), amely a környék lösz- és homokfalaiban fészkel is.

Vizes élőhelyek

A Brinyói-erdő időszakos állóvize szaporodóhelyként szolgál az **erdei békának** (*Rana dalmatina*) és a **zöld levelibékának** (*Hyla arborea*). A hüllők közül erre az élőhelyre jellemző leginkább a **vízisikló** (*Natrix natrix*).

A Brinyói-erdő időszakos vizén kívül három vizes élőhely található a vizsgált területen. Az első az atomerőműtől délre található halastavak rendszere, amely teljes egészében mesterséges élőhelynek számít, mindazonáltal vonuló és költő vízimadarak számára fontos terület. A másik az atomerőmű területéről induló elvezető csatorna, amely mesterséges medrével és gyors vízsodrásával kevésbé nyújt megfelelő élőhelyet az állatok számára. A harmadik a csatornával találkozó Csámpai-patak, amely természetes vízforrás. Itt előfordul a három zöldbékafajt magába foglaló *Rana esculenta*-komplex, sőt partjához közel az **ásóbékát** (*Pelobates fuscus*) is megtalálták, amely – bár élete nagy részét a szárazföldön tölti – nyilván a Csámpai-patak vizében fejlődik.

5.4.6. Hulladékok keletkezése és kezelése

Jelen fejezet bemutatja az atomerőműben keletkező szilárd hulladékok fajtankénti mennyiségét, átmeneti tárolásuk módját és az ártalmatlanítás lehetőségeit. Természetsen külön foglalkozunk a kommunális, az ipari nem veszélyes és a veszélyes hulladékok sorsával.

Ebben a fejezetben térünk ki a folyékony kommunális hulladékok, azaz a szennyvizek ártalmatlanításának bemutatására is.

5.4.6.1. Szilárd hulladékok

5.4.6.1.1. Az erőmű építése során keletkezett és a telephelyen maradt hulladékok ártalmatlanítása

Az erőmű építése során a keletkező hulladékok gyűjtésére, tárolására az erőmű területén került sor. Az erőmű létesítésének befejezése után (1987) több területen is maradt az építkezésből eredő hulladék. Ezek a következők:

- felhasználatlan betonelemek, építési törmelék elhelyezése az ún. „MÁSZ” telepen;
- festékes hulladék (göngyöleg) gyűjtése a beruházási terület kijelölt részén;
- 5000 m³-es zagymedencében olajjal szennyezett talaj.

A létesítés során keletkezett egyéb veszélyes hulladékok (olajos rongy, fáradtolaj, olajos iszap) folyamatosan ártalmatlanításra kerültek.

A festékes göngyöleg lerakat felszámolásra került. A mintegy 150 t veszélyes hulladék 1990-ben az időközben elkészült veszélyes hulladék átmeneti tárolóba, majd később ártalmatlanításra került. A korábbi tárolóterületről a szennyezett talajt eltávolították, talajvizsgálatokkal bizonyították a szennyezés megszűnését. A területen szennyezett talajból származó 790 t festékes föld több részletben elszállításra került az Aszódi hulladéklerakón.

Az építési törmeléklerakó és betonelem tároló terület környezetvédelmi felülvizsgálata 2002-ben fejeződött be. Jelenleg a terület rekultivációjának tervezése folyik, a rekultiváció – engedélyezés után – 2004-ben kezdődik el. Ennek keretében a tájba illesztés is megtörténik.

A korábbi 5000 m³-es zagymedencét 1990-ben a két új 10000 m³-es meszes zagykazetta létesítése során felszámolták, az olajjal szennyezett, mintegy 200 m³ talaj az olajos tároló medencében került elhelyezésre.

5.4.6.1.2. Az erőmű üzemeltetésének termelési hulladékai

Az erőmű üzemelése során mind termelési veszélyes és nem beszélyes, mind kommunális hulladék keletkezik.

Üzemi gyűjtőhelyek kialakítása

Veszélyes hulladékok gyűjtőhelye

A PA Rt. a veszélyes hulladékok előírásoknak megfelelő, ártalmatlanításig történő gyűjtését az 1990-ben létesített Veszélyes és Ipari Hulladék Üzemi Gyűjtőhelyen (2002. január 1-ig Veszélyes és Ipari Hulladék Átmeneti Tárolóként) biztosítja. Az Üzemi Gyűjtőhely az erőmű északi területén található. A H4-es útról az Északi porta mellett leágazó FV15-ös úton közelíthető meg.

A tárolótér kétmedencés részben földbe süllyesztett, 2 db egyenként 2600 m³ hasznos befogadó képességű, oldalt részben nyitott, hullámpalával fedett, acél-tetőszerkezetű vasbeton színből (I., II.); három részből álló, fedett, összesen 100 m² alapterületű hordós

hulladéktárolóból (III., IV., V.); valamint a hulladék anyagok tömörítéséhez szükséges 144 m² alapterületű fedett prés gép színből (VI.) áll.

A csapadékvíz összegyűjtését a vízzáró térburkolat, víznyelők, valamint 3 db csapadékvíz gyűjtőakna biztosítja. A csapadékvíz a tároló terek kiképzése miatt a hulladékkal nem érintkezhet. A csapadékvíz - tartályos szállítással - az erőmű kommunális szennyvízrendszerébe kerül elszállításra. Az Üzemi Gyűjtőhelyen keletkező kommunális szennyvíz gyűjtésére külön gyűjtőakna épült. A III., IV., V. számú hordós tároló belső gyűjtő zsomppal van ellátva.

A tárolóterekbe kerülő – a hulladékokkal esetleg érintkező – csapadékvíz a lábrácsokon keresztül egy-egy külön, a "tisza" csapadékvízzel nem érintkező aknába ill. a hordós tárolók esetén a tárolóban kiképzett zsompokba kerül. Innen ellenőrzés után – tartályos szállítással – az erőmű kommunális szennyvízrendszerébe bocsáthatják.

A hulladékok a tároló tereken belül konténerekben, hordókban kerülnek tárolásra.

A hulladékok göngyölegei (hordók, konténerek) és a tárolótér vízzáró burkolata a szennyeződés kijutását biztonságosan megakadályozzák.

A gyűjtőhely környezetében a talajvíz ellenőrzésére 3 db talajvíz ellenőrző kút került kialakításra. A gyűjtőhely üzemeltetési szabályzatát a környezetvédelmi hatóság jóváhagyta.

Nem veszélyes termelési hulladékok

A termelési hulladékokat a kommunális hulladékoktól elkülönítetten, kijelölt és a szelektív gyűjtés céljára kialakított gyűjtőhelyen, ill. az erre kijelölt raktárban gyűjtik.

A fő épületben és környezetében (IV. zóna) keletkező nem veszélyes ipari hulladékok gyűjtésére, a gépház mögött található kiépítésenként 1-1, ipari hulladékok gyűjtésére kialakított beton térburkolattal ellátott terület, továbbiakban ipari hulladékok szelektív gyűjtőhelye.

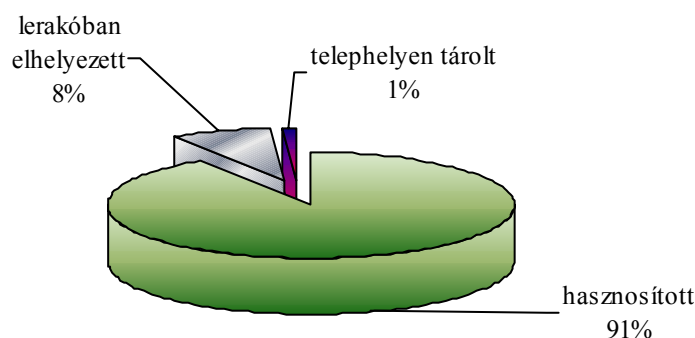
A terület – a különböző típusú hulladékok szelektív gyűjtése érdekében – több részre tagolódik. Az egyes részek vas válaszfallal különülnek el egymástól. A válaszfalakon felirat jelzi, hogy az adott területrészen milyen típusú hulladékot szabad elhelyezni. A következő típusú ipari hulladékok szelektív gyűjtésére áll rendelkezésre elkülönített rekesz: kábel, közetgyapot, fa, alumínium és vas, egyéb. A terület üres részeire mobil veszélyes hulladék gyűjtőkonténerek kerültek kihelyezésre.

A keletkező termelési hulladékok jellemzői

Az ipari hulladék keletkezés jellemzőit a 2002-es év adataival mutatjuk be:

Nem veszélyes termelési hulladékok

2001. év végen a PA Rt. területén lévő nem veszélyes ipari hulladékok mennyisége 864 t volt. 2002. évben a PA Rt. tevékenysége során összesen 1437 t nem veszélyes ipari hulladék keletkezett. A 2002-ben és az év elején a telephelyen tárolt, összesen 2301 t nem veszélyes ipari hulladékból a PA Rt. további hasznosításra 2091 t nem veszélyes hulladékot értékesített, továbbá 185 m³ nem hasznosítható hulladékot ipari hulladéklerakóban helyezett el. Az ipari hulladék forgalom 2002. évi alakulását az 5.38. ábra szemlélteti. A szilárd ipari hulladékok 2002. évi forgalmának számszerű adatait táblázatos formában is bemutatjuk (5.28. táblázat).

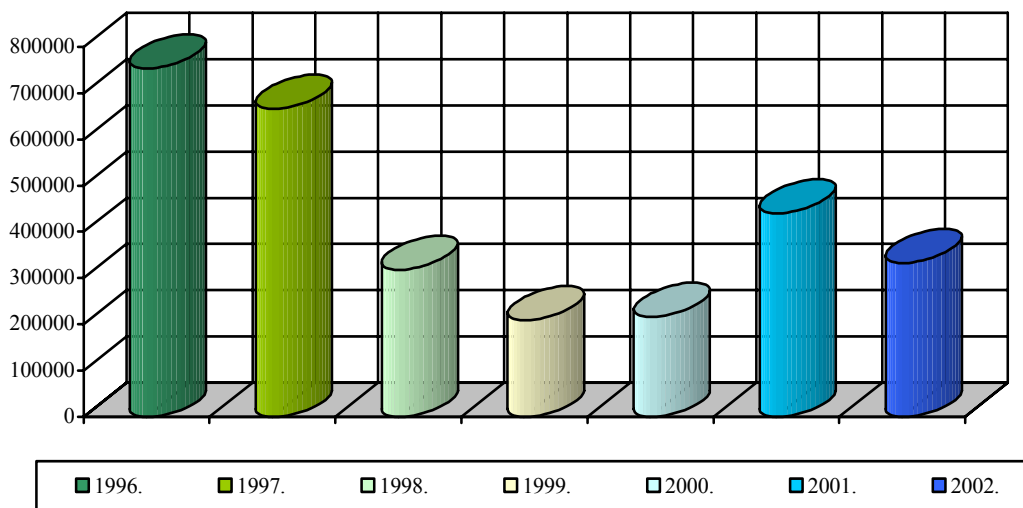
5.38. ábra: Ipari hulladék forgalom 2002-ben**A veszélyes hulladékok jellemzői**

A veszélyes hulladékok **munkahelyi gyűjtése** fajtánként elkülönítve, szelektíven, környezetszennyezést kizáró módon történik. Ennek érdekében a veszélyes hulladékokat olyan zárt edényben és/vagy zárt helyiségekben gyűjtik, amely a hulladékot a környezettől elszigeteli.

A gyűjtőedényeket szilárd padozatú és korróziós hatásnak ellenálló felületen vannak elhelyezve (pl.: beton, bitumen), folyékony hulladékok esetén kármentővel vannak ellátva (zárt helyiség esetén kármentőnek tekinthető a helyiség megfelelően kiképzett aljzata is). A folyékony hulladékok gyűjtése hordós, illetve tartályos tárolással történik.

A kijelölt gyűjtőhelyekről a hulladékok az **Üzemi Veszélyes és Ipari Hulladékgyűjtőbe** kerülnek betárolásra. Egyes hulladékok (fáradtolaj, konténeres gyűjtésű olajfelszívató anyagok, festékes hulladék) közvetlenül a gyűjtőhelyről kerülnek elszállításra, ártalmatlanításra, ill. hasznosításra.

A veszélyes hulladékok csak a környezetvédelmi szervezet vezetőjének engedélyével kerülhetnek kiszállításra a PA Rt. területéről. A PA Rt. szállításra, ártalmatlanításra, ill. hasznosításra – erre környezetvédelmi hatósági engedéllyel rendelkező – vállalkozóknak adja át dokumentáltan a hulladékot. A keletkezett veszélyes hulladékok mennyiségét az 5.39. ábrán látható grafikon mutatja.

5.39. ábra: 1996-2002. között keletkezett veszélyes hulladékok mennyisége

5.28. táblázat: Ipari hulladék 2002 évi anyagforgalma

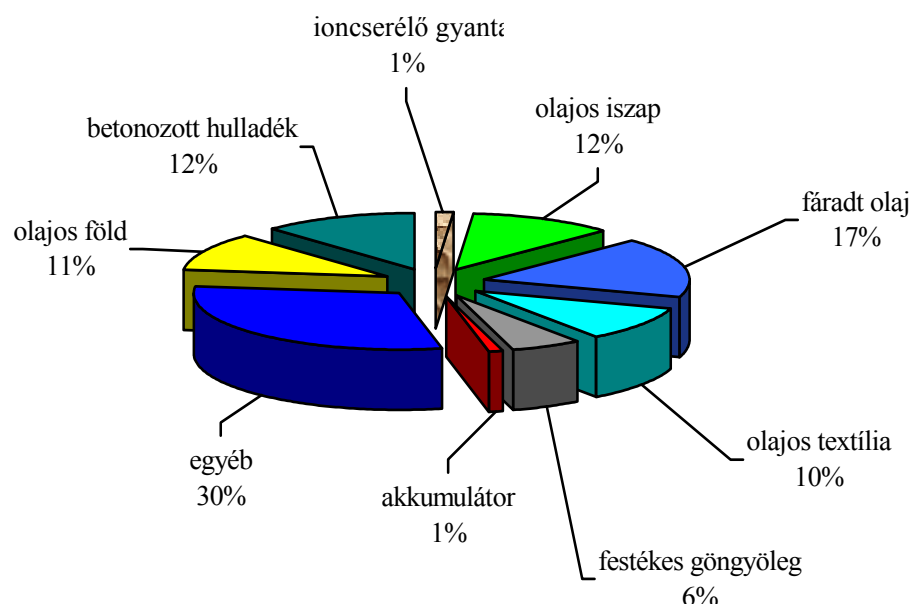
EWC	Anyag megnevezés	Nyitó készlet	keletkezett	Eladott menny.	Saját felhasználás	Lerakóban elhelyezett	Záró készlet
kód		kg	kg	kg	kg	kg	kg
80299	Gumiipari termék hulladék	600	1061	1061	600	0	0
120101	Szénacél hulladék forgács	0	27625	27625	0	0	0
120101	Szénacél késztermék hulladék	286149	29578	288979	17271	0	9477
120101	Szénacél lemez hulladék	2999	334360	323108	3853	0	10398
120101	Vasalapú késztermék hulladék	0	30	30	0	0	0
	120101 összesen	289148	391593	639742	21124	0	19875
120103	Rézforgács hulladék	0	390	390	0	0	0
120103	Nikkelforgács hulladék	0	195	195	0	0	0
120103	Alumíniumlemez hulladék	600	16008	15158	1450	0	0
	120103 összesen	600	16593	15743	1450	0	0
150101	Íráshulladék	0	58560	58560	0	0	0
150203	Textil hulladék	0	17920	270	50	17600	0
150203	bőr hulladék	0	1800	0	0	1800	0
	150203 összesen	0	19720	270	50	19400	0
170103	Finomkerámia hulladék	61	95	95	61	0	0
170107	Építőanyag hulladék	0	7786	7466	0	0	320
170107	Építőipari hulladék	435520	558980	994500	0	0	0
	170107 összesen	435520	566766	1001966	0	0	320
170201	Tűzifa hulladék	10601	49090	57608	2083	0	0
170201	Faalapú késztermék hulladék	2958	9408	5843	6130	0	393
	170201 összesen	13559	58498	63451	8213	0	393
170202	Törmelékűveg	0	121	121	0	0	0
170203	Műanyagipari termék hulladék	100	16078	10	868	15300	0
170203	Műanyag késztermék hulladék	114	7686	3856	0	0	3944
	170203 összesen	214	23764	3866	868	15300	3944
170401	Vörösréz hulladék	65	2900	2965	0	0	0
170401	Bronz hulladék	0	0	0	0	0	0
170401	Sárgaréz hulladék	0	0	0	0	0	0

5.28. táblázat: Ipari hulladék 2002 évi anyagforgalma (folytatás)

EWC	Anyag megnevezés	Nyitó készlet	keletkezett	Eladott menny.	Saját felhasználás	Lerakóban elhelyezett	Záró készlet
kód		kg	kg	kg	kg	kg	kg
170401	Horgany hulladék	83	83	0	166	0	0
	170401 összesen	148	2983	2965	166	0	0
170402	Ólom hulladék	141	3255	3231	165	0	0
170402	Alumínium hulladék	833	812	1645	0	0	0
	170402 összesen	974	4067	4876	165	0	0
170403	Ólomhulladék	0	0	0	0	0	0
170405	Szénacél hulladék	74082	68197	141801	378	0	100
170405	Rozsdamentes acél hulladék I.	47907	2760	50157	0	0	510
170405	Rozsdamentes acél hulladék lemez	0	4000	3996	0	0	4
	170405 összesen	121989	74957	195954	378	0	614
160216	Ipari selejtszerszám -és hulladék	14	779	446	0	0	347
170411	Rézkábel hulladék	0	2585	2585	0	0	0
170411	Alumíniumkábel hulladék	0	115	115	0	0	0
170411	Vegyes kábel hulladék	687	19128	19767	0	0	48
	170411 összesen	701	21828	22467	0	0	48
170604	Salakgyapot hulladék	1150	195870	47020	0	150000	0

2002-ben 332 642 kg **veszélyes hulladék** keletkezett az erőműben (elsősorban fáradt olaj, olajjal szennyezett hulladék, bontott aszfalt hulladék, hulladék lúg, ioncserélő gyanta). 2002-ben – engedéllyel rendelkező vállalkozóknak átadva – 332 566 kg veszélyes hulladék ártalmatlanításáról gondoskodtunk. A 2002-ben nagyobb mennyiségben keletkezett veszélyes hulladékokat az 5.40. ábra szemlélteti.

5.40. ábra: A legnagyobb mennyiségben előforduló veszélyes hulladékok 2002-ben



Veszélyes hulladékokkal kapcsolatos rendkívüli környezetszennyezés nem fordult elő.

5.4.6.1.3. Az erőmű üzemeltetése során keletkező kommunális hulladék

A kommunális hulladék a társaság valamennyi szervezeti egységénél, s azok munkaterületein (irodákban, műhelyekben, szociális helyiségekben, étkezdékben, laborokban, stb.) az ellenőrzött, illetve a szabad zónában egyaránt keletkezik.

A kommunális hulladékok gyűjtése keletkezési helyükön hagyományosan, szeméttartókban, konténerekben, s az erre a célra kijelölt tárolókban történik.

A kommunális hulladék elszállítása a területen elhelyezett 1,1 m³ konténerekből heti egyszeri, ill. kétszeri ürítésével történik a Paks Városi Kommunális Hulladéklerakóba. A szállítás speciális présszel ellátott célgépjárművel történik. A keletkező kommunális hulladék becsült mennyisége 5000 m³/év (tömörítetlen hulladék).

A Paks Városi Kommunális Hulladéklerakó fogadja a területen végzett építési munkák során keletkezett talajt, ill. építési törmeléket is.

5.4.6.1.4. *Várható változások a hulladékgazdálkodásban*

Gazdaságossági és környezetvédelmi szempontok alapján célként lehet kijelölni a keletkező hulladékok mennyiségének csökkentését, hulladékok hasznosítási arányának növelését, a hulladékok szelektív gyűjtési rendszerének továbbfejlesztését.

A PA Rt. üzemi gyűjtőhelye figyelembe véve a veszélyes és ipari hulladékok keletkezésének ütemét alkalmas az egy év alatt keletkező hulladékok befogadására. Az üzemidő hosszabbításhoz szükséges az üzemi gyűjtőhely felújítása.

A környezetvédelmi ipar fejlődésével a hulladékok szerződéses alapon történő hasznosításának ill. ártalmatlanításának nem látszik akadály.

5.4.6.2. *Folyékony hulladékok*

5.4.6.2.1. *Kommunális szennyvizek*

Az erőmű területén a csapadékvíz rendszertől elválasztott kommunális szennyvízcsatorna hálózat került kiépítésre. Az erőmű területén kiépített szennyvízcsatorna gerinc hálózat anyaga Ø 30 cm-es betoncső, a gerincevezetékre rákötő újabb szakaszok DN 200 KPVC csövek. A gyűjtő csatornák lejtése legtöbb esetben 3‰. Az erőmű területének rendezett terepszintje 97,15 mBf., a terepnek természetes lejtése nincs. A teleptől távolabb eső területek szennyvizét nem lehet gravitációsan a tisztítóba juttatni, ezért átemelők szükségesek. A hálózatra 3 db MOBA típusú és 1 db RODÉP típusú átemelőt telepítettek.

Az ún. beruházási terület É-i bekötőútjától északra eső terület szennyvizét a szennyvízcsatorna hálózat a Paksi városi szennyvíztelepre vezeti, ennek becsült mennyisége 1200 m³/hó. Az ettől délre eső területek, tehát az egész üzemi terület szennyvize az erőmű kommunális szennyvíztisztítójába kerül.

Kommunális szennyvíztisztító telep jellemzői

Az erőmű építése során a kommunális szennyvíztisztító az egyik legkorábbi létesítmény volt. A felvonulási stádiumban keletkezett szennyvizet 270 m³/nap mennyiségben a Paks város szennyvíztelepére emelték át. Az erőművi szennyvíztelep első ütemére az I. sz. blokk indításával és kiszolgálásával keletkező 670 m³/nap mennyiség lett figyelembe véve. A 3-4. blokk kiépítésével a telep túlterhelté vált, ezért a II. ütem nagyobb 1200 m³/nap kapacitásra lett méretezve. A II. ütem kivitelezése 1988-1990. között történt.

A szennyvíztelep az erőművi blokkoktól K-re eső területen épült meg. A totáloxidációs, eleveniszapos, 2 db tömbösített TABTA típusú műtárgysorból álló szennyvíztisztító mű az erőmű kommunális szennyvizeinek, az egészségügyi és laboratóriumi épület hulladék vizeinek, valamint időnként a TM-es mérlegen felüli vizek fogadója és tisztítója. A telep terhelése éves szinten 240-280 ezer m³. Tehát az 1870 m³/nap kapacitás jelenleg nincs kihasználva, a nyers szennyvíz mennyisége 700-1100 m³/nap között van. A telepről kikerülő fölös iszapsűrítés után iszapszikkasztó ágyra kerül.

A tisztítótelepen lévő létesítmények főbb adatait tömbösített műtárgyanként (mérete: 2 × 10 × 45 m) az 5.29. táblázat tartalmazza.

5.29. táblázat: A tisztítótelepen lévő létesítmények főbb adatai

	I. tisztítóműtárgy		II. tisztítóműtárgy	
kapacitás	670	m ³ /nap	1 200	m ³ /nap
szűrőkosár	1	db	1	db
előlevegőztető	10	m ³	15	m ³
levegőztető tároló medence kapacitás 				

A telepre érkező szennyvíz 1/3 részben az I., 2/3 részben a II. tisztítósorra jut. A telep működése a kezelési utasításban leírtak szerint történik. A szennyvíztelepet szerződés alapján a Szekszárd-Paksi Vízgazdálkodási és Környezetvédelmi Kft. üzemelteti.

Tisztított kommunális szennyvizek

Az erőmű által használt vizeket az ún. melegvíz-csatorna vezeti a Dunába. A bevezetés helye a Duna 1526.04 fkm szelvénye. A kommunális szennyvíztisztító telepről elvezetett tisztított szennyvíz NA 400-as, acél csővezetéken a melegvíz-csatornába csatlakozik közvetlenül az energiatörő műtárgy előtt. A csatornába való bevezetés előtt mintavételi akna készült, a hatósági és az önkormányzati biztosító felszereléssel. A mintavételi akna az erőmű V3 mintavételi helye. A Dunába közvetlenül csatlakozó korábban kiépült tisztított szennyvíz elvezető vezeték (219 x 6,3) csak üzemzavar esetén, 100 cm-es, vagy ennél alacsonyabb vízállás esetén üzemzavar esetén sem üzemeltethető.

Az üzemi és a hatósági mérésekre hivatkozva megállapítható, hogy a szennyvíztelep tisztított szennyvizének szennyezőanyag tartalma nem lépi túl a 3/1984.(II. 7.) OVH rendelkezés 1. sz. mellékletében az V. vízminőségvédelmi területi kategóriára előírt határértékeket. Az ADUKÖFE évente legalább két alkalommal ellenőrzi a kommunális szennyvíztelep kibocsátásait. 2003. évtől a kibocsátások ellenőrzése az erőmű Önellenőrzési terve [11] alapján történik.

A 2003. január 1-től hatályos 9/2002. (III.22.) KöM-KöViM együttes rendeletben szereplő kibocsátási határértékek betarthatóságának értékelésére, a szükséges üzemviteli, karbantartási, beruházási intézkedések meghatározására a PA Rt. 2002. évben megbízta a MÉLYÉPTERV Kultúrmérnöki Kft.-t a kommunális szennyvíztisztító felülvizsgálatával.

A felülvizsgálat során 2002. július-október hónapokban összesen 20 db átlagmintát vizsgáltak akkreditált laboratóriumban (3 alkalommal 8 órás átlagminta gyűjtése óránkénti mintavétellel, 1 alkalommal 24 órán keresztül, 8 órás átlagminták gyűjtése, óránkénti mintavétellel, 2 alkalommal, 12 órán keresztül, 6 órás átlagminták vétele óránként vett minták egyesítésével. A vizsgálatok eredményei szerint a bevezetett nyers szennyvíz szennyezettsége lényegesen kisebb volt, mint a szokásos kommunális szennyvizé. A vizsgálatok szerint a nyers szennyvíz minőségét a következő értékek jellemezték (5.30. táblázat).

5.30. táblázat: A nyers szennyvíz minőségét jellemző értékek

		Maximum	Minimum	Átlag
pH		8,5	7,5	7,9
KOI _k	mg/l	520	140	289
BOI ₅	mg/l	232	36	117
Szárazanyag tartalom	mg/l	848	480	753
Lebegőanyag tartalom	mg/l	438	62	182
Ammónia-ammónium N	mg/l	63	21	41
SZOE	mg/l	35	4	10

A veszélyes és mérgező anyagok koncentrációi a nyers, befolyó szennyvízben kisebbek, mint a felszíni vízbe bocsátható határértékek, általában az alsó méréshatárt sem érték el (egyetlen kivétel a 2002.08.08-án a befolyó szennyvízben mért összes ólom, amely 0,21 mg/l volt, azaz meghaladta a 9/2002. KöM-KöViM együttes r. 0,2 mg/l határértékét; az elfolyó vízben mért koncentráció már határérték alatt volt.)

A szennyvíztisztító berendezés szervesanyag lebontási teljesítménye megfelelő (5.31. táblázat).

5.31. táblázat: A szennyvíztisztító berendezés szervesanyag lebontási teljesítménye

Jellemző	Befolyó	Elfolyó
KOI _k		
maximum	520 mg/l	120 mg/l
minimum	140 mg/l	10 mg/l
átlag	289 mg/l	56 mg/l
BOI _k		
maximum	232 mg/l	38 mg/l
minimum	36 mg/l	5 mg/l
átlag	117 mg/l	20 mg/l

A KOI_k érték csökkenése alapján számolt 80 %-os, ill. a BOI₅-re számolt 83 %-os tisztítási hatásfok elmarad a házi szennyvizek biológiai tisztításának szokásos hatásfokától, ennek oka a nyers szennyvíz szokásosnál kisebb szennyezettsége. A maradék szerves anyag szennyezettség csúcserőke, az összes nitrogén, összes foszfor értékek sem haladják meg a határértékeket.

Iszapkezelés

Az utóülepítőből kikerülő fölösiszapot iszapsűrítőbe vezetik, ahol különválik az iszapvíz és az iszap. A sűrítési idő: 4-6 óra. A sűrített iszapot az iszapvezetéken keresztül viszik a kb. 1200 m² területű iszapágyra további víztelenítés céljából. A szikkasztóágyakra 1-1 alkalommal 30-40 cm vastagságú iszapréteget lehet engedni. A kiszáradt iszap radioaktivitás koncentráció ellenőrzése után 1996-ig a Paks városi kommunális hulladéklerakóba került szállításra. Éves szinten igen kevés – 50 %-os szárazanyag tartalmú iszapra számolva – 10-15 t szennyvíziszap keletkezik.

A kommunális szennyvíziszap 1998-ban a 102/1996. (VII.12) Korm. rendelet alapján minősítésre került. Az 50/69/1998. sz. környezetvédelmi miniszteri határozat [12] alapján szennyvíziszap veszélyes hulladéknak minősül.

A kiszáradt iszap a radioaktív koncentráció ellenőrzése után kerül elhelyezésre. A radioaktivitás koncentráció mérések alapján az ÁNTSZ OTH felszabadító határozatokat adott ki. A kommunális szennyvíziszap az ÁNTSZ OTH határozataiban [13] foglalt követelmények és veszélyes hulladékokra vonatkozó jogszabályok előírásai szerint kerül ártalmatlanításra. (Mennyiségi adatokat lásd a veszélyes hulladékoknál!)

A kommunális szennyvíztisztító állapota és fejlesztése

A kommunális szennyvíztisztító gépi berendezéseinek (szivattyúk, motorok, hajtóművek) megfelelő működése rendszeres karbantartással, ill. ütemezett cserével biztosítható. A levegőztető berendezés korszerűsítése (cseréje) öt éven belül időszerűvé válik. Így a 2003. január 1-től érvényes kibocsátási határértékeket a tisztító biztonsággal teljesíteni tudja.

A határértékek (elsősorban összes nitrogénre és foszforra vonatkozó határértékek) további szigorodása esetén – mivel a szennyvíztisztító technológiája nitrogén, ill. foszfor eltávolításra nem alkalmas – új korszerűbb technológiájú szennyvíztisztító építése, esetleg a jelenlegi szennyvíztisztító technológiájának kiegészítése válik szükségessé.

5.4.6.2.2. Ipari hulladékvizek

Az erőműben az alábbi nem radioaktívan szennyezett hulladékvizek keletkeznek:

- slopvizek,
- vízelőkészítő hulladékvizei,
- technológiai olajos hulladékvizek,
- időszakos mosóvizek.

Az ipari hulladékvizek végső befogadója a Duna melegvíz csatorna vízminőségét a környezetvédelmi felügyelőség rendszeresen ellenőrzi határérték túllépés egyetlen esetben sem fordult elő.

A melegvíz csatornában 2001-ben mért koncentrációkat az 5.32. táblázat tartalmazza.

5.32. táblázat: A melegvíz csatornában 2001-ben mért koncentrációk

Komponensek	Mért érték* [mg/l]	Határérték [mg/l]
KOI _k	15	150
NH ₃ -NH ₄ ⁺	0.17	30
SZOE	3	5
pH	8.1	5-10 között
összes oldott anyag	284	10000
összes lebegő anyag	14	300

*: A feltüntetett mérési adat a környezetvédelmi hatóság által mért legnagyobb érték.

A 2002. évi mérési eredményeket az 5.33. táblázat mutatja.

5.33. táblázat: A melegvíz csatornában 2002-ben mért koncentrációk

Komponensek	Mért érték* [mg/l]	Határérték [mg/l]
KOI _k	16	150
NH ₃ -NH ₄ ⁺	0,09	30
SZOE	<2	5
pH	8,15	5-10 között
összes oldott anyag	278	10000
összes lebegő anyag	14	300

*: A feltüntetett mérési adat a környezetvédelmi hatóság által mért legnagyobb érték.

Víz kivételi műi hulladékviizei (slop)

A víz kivételi műnél beépített szűrők visszaöblítéséből eredő hulladékvíz, a gereb tisztítóknál vízzel eltávolított hulladék és egyéb lebegő szennyeződések tartoznak ebbe a hulladék körbe. A víz kivétel üzeméből eredő hulladékviizek befogadójául a melegvíz-csatorna közvetlenül a bukó utáni szakasza szolgál. Az elvezetésre kerülő szennyvíz mennyisége együttesen csúcsban 0.5 m³/s (1 800 m³/h).

A szennyeződés a Duna vízből kiszűrt (0.4 mm - 5.0 mm lyukbőségű szűrőkön fennmaradó) lebegőanyag és uszadék. A Duna szennyezettségétől függő koncentrációban elvezetett szennyvíz lebegőanyag tartalma a szűrés tartományában kb. 40-50-szerese a Duna víznek. Az elvezetés gravitációsan biztosított.

Víz előkészítő hulladékviizeinek elvezetése

A víz előkészítő hulladékviizeinek kezelése az erőmű ipari zagyrendszerének részét képezi. A zagyrendszer feladata a vegyszer és mészszip tartalmú szennyviizek fogadása, tisztítása (ülepítése), közömbösítése és a tisztított víz túlfolyón keresztüli kibocsátása a melegvíz-csatornába és azon keresztül a befogadó Dunába.

A szennyviizek keletkezési helyei szerinti mennyiségek a következők:

Előlagyító berendezés, mészreaktor, mésztejszűrők, kavicsszűrők	maximum 483 m ³ /h
Sótalanító berendezés, szervesanyagkötő ioncserélő, kationcserélő, anioncserélő, kevertágyas ioncserélő	maximum 105 m ³ /h
Vegyszer-előkészítő, tartálytúlfolyás, vegyszerlefejtés hulladékviizei	2 m ³ /nap, egyszerre kb. 20 perc alatt 30 m ³ /h maximum 30m ³ /h

Nem tartozik közvetlenül a víz előkészítő hulladékviizeihez a kondenzátum kezelés hulladékviize és az egyéb hulladékviizek. Ezek mennyiségi adatai a következők:

kondenzátumkezelés hulladékviizei	maximum 61 m ³ /h
egyéb hulladékviizek	
laboratóriumok	30 m ³ /h
padló felmosóviizek	1 m ³ /h
időszakos tartálytisztítások	20 m ³ /h
leürítések	51 m ³ /h

Egyidejűségét feltételezve a maximális intenzitás 760 m³/h.

A vízelőkészítőből származó szennyvizek kezelése két lépcsőben történik. Az első lépcső az átemelő szívóaknájában végbemenő spontán semlegesítés. A második lépcső a zagytározó, amely a fázisleválasztás és az ülepités feladatát látja el.

A vízelőkészítői hulladékvizek mennyisége – egyidejűség esetén – max. 500-700 m³/nap. Fenti hulladékvíz mennyiség a zagytározóba a következőképpen jut el:

Az átemelőből (a spontán közömbösítés után) a hulladékvizek eltávolítása 2 db NA 250-es KM PVC és 1 db NA 250-es KPE nyomócsövön keresztül történik a zagytéri 4 db 10 000 m³-es medencébe. Az aknában 4 db 150 m³/h teljesítményű szivattyút építettek be, amelyek közül legfeljebb 2 szivattyú 2 nyomócsövön szállít hulladékvizet. A vezetékek a zagytározóknál osztóvályúba torkoltnak, ahonnan osztócsöveken jut a hulladékvíz a medencébe.

A zagytározó medencék bevezetés oldali rézsűje 20 m szélességben burkolattal van megépítve, hogy a ferdén beépített csöveken beáramló szennyvíz eróziós hatása ne érvényesüljön. Jelenleg 4 db 10 000 m³-es zagytározó medence szolgál a vízelőkészítő üzem hulladékvizeinek kezelésére, ülepitésére.

Az erőmű létesítése időszakában egy db létesült. A pótvízelőkészítő üzembehelyezésével egyidejűleg (1978-79) az 1-2. sz. 1000 m³-es medence került létesítésre. Egyidejűleg az 5000 m³-es medence, használata megszűnt. 3-4. zagytározó medence üzembehelyezése 1993-ban történt.

Egy-egy medence üzemidejét az eddigi üzemeltetési tapasztalatok alapján 5-6 évnek lehet tekinteni. A kiüledett mészszipa térfogata egy medencére vetítve 5-6000 m³. Az erőművi vízelőkészítői eljárás során keletkező mészszipa a környezetvédelmi miniszter 50/69/1998. sz. határozata alapján nem veszélyes hulladék. A keletkezett mészszipa ipari újrafelhasználásra alkalmas, az erőmű eddigi üzemideje alatt 2 medencéből került elszállításra a mészszipa.

A medencék max. üzemi vízszintje 2,5 m. A medence oldaltöltései és 0,5 m vastag fenékszigetelése homokliszt és agyagos iszap kevert anyagából készült. Az ellenőrző vizsgálatok szerint az agyagpaplan áteresztő képessége: $K = 1,2 \times 10^{-8}$ cm/sec. Miután a zagytározókban felgyülemelő iszap miatt a tározóba kerülő különböző szennyezettségű vizek tartózkodási ideje az összes szennyvízmennyiségre vonatkoztatva két napra csökken, új zagymedencét helyeznek üzembe.

A zagymedencéből a kezelt (tisztított) víz túlfolyón keresztül gravitációsan távozik az erőmű melegvíz-csatornájába. A távozó víz mennyisége a négy blokk üzem esetén kb. 700 m³/nap. A szennyvízbevezetés a melegvíz-csatorna 0+900 cskm és 1+020 cskm szelvényében történik.

A távozó kezelt víz minőségi paraméterei – a melegvíz csatorna 0+45 cskm szelvényében mintázva a Dunára vonatkoztatva – a következők:

összes oldott sótartalom:	< 10 000 mg/dm ³
pH érték	5-10 között*
lebegőanyag tartalom	< 300 mg/dm ³
olajtartalom	< 5 mg/dm ³

* 2005. január 1-től a pH érték 6-9-re változik

Az esetleges medenceszivárgás és a talajvíz minőségének ellenőrzésére a zagytér környezetében észlelőkutak létesültek.

Technológiai olajos hulladékvizek

A Paksi Atomerőmű területén számos létesítményből származik olajos szennyvíz, pl. vasúti olajlefejtés helyén, olajcentrifugánál, dízelgépházaknál, gépkocsimosónál és az olajtárolók környezetében. Az olajlefejtésnél keletkezett olajos szennyvizek tisztítása két lépcsőben történik. Az első a mechanikai olajfogás, amikor is a különböző eredetű olajos szennyvizeket egy olyan olajfogóba vezetik, amelynek feladata az elcsepegésből származó olajtartalom visszatartása.

Az olajtól részben megtisztított szennyvíz szivattyús átemeléssel egy nyomócsövön utókezelésre 1 db 10 000 m³-es agyagbélésű olajos szennyvízmedencébe kerül. Az egyéb létesítményekben keletkező olajos szennyvizek vagy közvetlenül, vagy helyi olajfogás után a fentebb ismertetett nyomócsövön kerülnek elvezetésre.

Éves szinten becsült mennyiségük 175-230 m³/év, a becsült maximális intenzitás 53-63 l/s.

Az olajos szennyvízmedence az eredeti tervek szerint – megfelelő vízmennyiség esetén – olajlefölözésre alkalmas. A medence jelenleg a tervekkel ellentétben szennyvíz, szennyvíziszap tárolóként funkcionál.

Az olajos medence korszerű SEPURATOR III. típusú élővízbe engedhető tisztítási hatásfokkal rendelkező olajtisztító műtárggyal történő kiváltásának, ill. az olajos medence felszámolásának vízjogi létesítési engedélykérelme 2004-ben benyújtásra kerül.

Szekunder köri hulladékvizek

A szekunder köri hulladékvizek gyakorlatilag a gépházban keletkeznek a következők szerint: Kondenzátum hulladék- és felmosóvizek. Ezeket a vizeket a pincében elhelyezett zsompban gyűjtik össze, innen a – 6,5 m-es szintről szivattyú emeli át a melegvíz-csatornába olajfogóval ellátott „A”-sori 100 m³-es aknákon keresztül.

A biztonsági hűtővízrendszer és a kondenzátor hűtővízrendszer esetleges meghibásodásából származó – üzemzavari vizek – ugyancsak a – 6,5 m-es szintű zsompban gyűlnek össze. Eltávolításuk búvárszivattyús (CP 3152 MT 430) rendszerrel a melegvíz-csatornába történik. Az így elvezetésre kerülő víz a szűrt Duna víz minőségétől nem térhet el. Az olajos, vagy lebegő szennyeződést tartalmazó vizek olajfogón keresztül kerülnek elvezetésre.

Mágnesszűrők öblítő vize. Összmennyiség 100 m³/hét intenzitással 20 m³/h, hetenként egy alkalommal. Elvezetése a melegvíz-csatornába történik.

A teljesáramú sótalánítás hulladékvizeinek, a leürítések vegyszer maradékainak, regeneráló oldatainak összegyűjtésére külön rendszer épült. A szekunderköri rendszerekben lévő víz aktivitás-koncentrációja több ponton egyrészt folyamatos távméréssel, másrészt mintavételes ellenőrzés alapján vizsgált. A vizek kibocsátást megelőző ellenőrzése (RJ ellenőrző tartályban történő gyűjtés és aktivitás-koncentráció ellenőrzést követő kibocsátás) csak a teljesáramú kondenzvíztisztító regenerátumai és egyes esetekben a gőzfejlesztőkből elvezetett vizek esetében történik meg. Az elhelyezésükre több lehetőség van:

- ha a regenerátum radioaktívan szennyezett, akkor a primerköri tartályokba,
- ha radioaktívan nem szennyezett (összes béta méréssel mérve max. 3 Bq/l) a meszes zagymedencékbe. (A gőzfejlesztőkből elvezetett vizek esetében a kibocsátási korlát 3 Bq/l és 30 Bq/l lehet a kibocsátási útvonaltól függően.)

Pótvegyszer adagolás hulladékvizei, tartály tisztítás szennyvize. Ezek igen kis mennyiségű hulladékvizet adnak, gyűjtőtartályba kerülnek elhelyezésre, innen szivattyúval juttatják a vízelőkészítő hulladékvíz átemelő aknájába, és onnan a meszes zagymedencékbe.

Időszakos mosóvizek

A primer és szekunderköri rendszereknél az éves karbantartások során vegyszeres tisztítás történhet. A gőzfejlesztők tisztítására többféle módszer került kidolgozásra.

A gőzfejlesztők tisztításából származó hulladékvizeket a Hylam Hypalon fólia bevonatú vegyszeres hulladékvíz medencébe vezetik. A medence burkolata – a korábbi TAURUS gumiburkolat sérülései miatt – 1992-ben került cserére [15]. A jelenlegi burkolat gyártó által megadott effektív élettartama 20 év, így legkésőbb 2012-ben cserére kerül. A burkolat állapotát évente vizsgálják és felületi (nem áthatoló) sérülések esetén is elvégzik a szükséges javításokat. A felülvizsgálat elvégzését és eredményét a környezetvédelmi hatóság felé jelenteni kell.

A vegyszeres hulladékvíz medencébe vezetett és ott átmenetileg gyűjtött hulladékvíz minőségének ki kell elégítenie a vízjogi engedélyben szereplő, 5.34. táblázat szerinti határértékeket.

5.34. táblázat: Hulladékvíz minőségére vonatkozó határértékek

Kémiai paraméter	Határérték	Határérték mértékegysége
hidrazin tartalom	1	g/dm ³
citromsav-tartalom	24	g/dm ³
hexametilén-tetramin tartalom	0.04	g/dm ³
bórsav-tartalom	7.15	g/dm ³
NH ₄ OH	10	g/dm ³
EDTA-tartalom	150	g/dm ³
okta-decil-amin tartalom	20	mg/dm ³
aszorbinsav-tartalom	6.5	g/dm ³
kálium-rodanid tartalom	0.02	g/dm ³
hidrogén-peroxid tartalom	2.56	g/dm ³

A vegyszeres medencéből a hulladékvíz kibocsátás a módosított vízjogi üzemeltetési engedély előírásainak betartása mellett történhet. Minden leeresztést megelőzően, illetve az utolsó betárolás után mintavételi program alapján akkreditált laboratóriummal kell elvégeztetni a mintavételezést és a vizsgálatokat (kémiai, radiológiai és ökotoxikológiai vizsgálatok). Évente általában egy alkalommal kerül sor 3000-7000 m³ hulladékvíz kibocsátására.

Az ellenőrzés módját a jóváhagyott Önellenőrzési Terv tartalmazza [11].

A vegyszeres medence leeresztési ideje alatt a melegvízcsatorna vízminőségét jellemző komponensek koncentrációja nem lépheti túl a befogadó Dunára előírt határértékeket, illetve a vízjogi üzemeltetési engedélyben előírt egyéb határértékeket. A leeresztésről a környezetvédelmi és a vízügyi hatóságot, valamint a Duna menti vízművek üzemeltetőit 8 nappal korábban értesíteni kell.

A leeresztés során az üzem és a környezetvédelmi hatóság is ellenőrzi a kibocsátott hulladék-víz megfelelőségét.

5.4.7. A Paksi Atomerőmű jelenlegi környezeti zajhelyzete

Az erőmű lakott területtől távol, sík területen, a Dunától kb. 1 km-re nyugati irányban, mintegy 573 ha nagyságú területen helyezkedik el. Az erőműhöz legközelebbi település, Paks 3 km távolságban, Dunaszentbenedek a Duna túlsó partján 3,5 km-re, Uszód 4 km-re található. Az erőmű a kb. 1,5 km-re lévő 6. sz. főközlekedési útról bekötőúton közelíthető meg. A főút és az erőmű közötti sávot részben erdő foglalja el.

Az erőmű 1 km-es körzetében tanya, vagy egyéb állandó lakóhely nem található. A telephelyet mezőgazdasági területek (szántó, gyümölcsös, szőlő, mező, legelő) és erdő veszi körül, így a közvetlen hatásterületen zajterheléssel jelenleg sem kell számolni.

A közvetett hatásterületen a dolgozók szállításából származó és az erőműhöz irányuló egyéb forgalmat kell figyelembe venni. Ennek egy része a 6sz. főközlekedési úton, más része Paks területének egy részén áthaladó útszakaszokon bonyolódik. Az ebből származó többlet-zajterhelés elhanyagolható.

5.4.7.1. Az üzem jelenlegi zajkibocsátásának felmérése

A vizsgálat célja az atomerőmű fennálló környezeti zajhelyzetének felmérése. Ilyen esetekben a feladat a létesítmény környezetében lévő védendő területek és épületek zajterhelésének meghatározása. Tekintettel arra, hogy az atomerőmű közelében zaj ellen védendő létesítmény csak elenyésző számban található, a zajhelyzet jellemzésére az erőmű zajkibocsátását határozták meg.

Ennek érdekében első lépésben meghatározták a területen lévő domináns zajforrásokat és ezek zajkibocsátását. Ezután megvizsgálták ezen zajforrások hatását a telekhatáron (kerítés vonalánál). Ezen kívül tájékoztató jelleggel megállapították az atomerőmű területén lévő, zaj ellen védendő létesítmények (épületek) zajterhelését.

5.4.7.1.1. Belső zajforrások

Az erőmű domináns zajforrásai többnyire az üzemi területen találhatóak. Az I. és II. üzemi főépület turbina csarnokában 8 db **gőzturbina** működik. Ezekhez kapcsolódnak az épület K-i részén lévő **transzformátortelep berendezései**. Az üzemi főépulettől Ny-ra, a segédépületek mellett helyezkedik el a 2 db dízelnégyház, 6 - 6 db **dízel generátorral**. A két épület között, a főépület középő része mellett a **hűtőgépház** kapott helyet.

Az üzemi működéshez szervesen hozzá tartoznak a hidegvíz csatorna belső végén lévő 2 vízkivételi műben elhelyezett **búvárszivattyúk** (-11 m-en). A 2 db villamos és 1 db dízel **tűzivíz szivattyú** az üzemi terület K-i határán van.

A terület DK-i határán, az úgynevezett boostertéren helyezkedik el a **szabadtéri transzformátor állomás** a megszakítókkal.

A **nagynyomású kompresszor** az üzemi terület D-i határán lévő épületben működik.

A használt hűtővíz a melegvíz csatornába a szinttartó **bukón** keresztül jut. A melegvíz csatorna vize a Dunába folyik. A nagy áramlási sebességből adódó erőket az energiatörő fogja fel.

Az atomerőmű 4 blokkjából a vizsgálat idején 3 üzemelt. A zajforrások közül a turbinák, transzformátorok, a vízkivételi művek szivattyúi és a villamos tűzivíz szivattyúk, a bukó és az energiatörő folyamatosan, a többi berendezés időszakosan működnek.

Az atomerőmű zavartalan működése szempontjából elengedhetetlen a területen lévő **karbantartó és forgácsoló műhelyek** tevékenysége. A műhelyek túlnyomó része az F2 portától kiinduló É-D-i út mentén lévő épületekben kapott helyet. A gépek működése a nappali időszakban változó.

A **közlekedést**, mint zajforrást két részre oszthatjuk: a területen belüli közúti (elsősorban a dolgozók személygépkocsival, illetve motorkerékpárral, illetve a kiszolgáló kisteherforgalom) és vasúti (kb. napi 1 szerelvény), valamint a dolgozókat szállító, telekhatáron kívüli személygépkocsi és autóbusz forgalom.

Az erőmű a 6-os főútról kétfelől, az északi és a déli bekötőúton közelíthető meg. Mindkét útnál porta van. A gépkocsi közlekedés az F2 portán keresztül a déli bekötőútnál történik. A napi személygépkocsi forgalom kb 800 db-ra tehető. Ennek elenyésző része megy csak be a kerítésen belülré, nagy része az F2 portánál kialakított parkolóban várakozik. A személygépkocsi forgalom túlnyomó része a nappali időszakban zajlik, éjszaka kb 50-60 autó közlekedésére lehet számítani. Az autóbusz végállomás szintén az F2 portánál van. A dolgozók szállítását Volán szerződéses járatok menetrend szerint bonyolítják. A buszok reggel 5 - 7³⁰ között körforgalomban járnak, az északi úton jönnek be, és a délin mennek ki a főútra. Napközben a forgalom a déli úton zajlik. Az autóbusz-forgalom mintegy 10-12 %-a tehető az éjszakai időszakra, de csak 5 óra után és 23 óra előtt.

Az üzemi berendezéshez tartozó részek nappal és éjszaka folyamatosan működnek, a kiszolgáló személyzet általában 3 műszakos. A karbantartók, javítók 1 vagy 2 műszakban, az adminisztratív személyzet 1 műszakban dolgozik.

5.4.7.1.2. Területen kívüli védendő létesítmények

Az atomerőmű területén kívül zaj ellen védendő létesítmény a déli bekötőút melletti parkolótól délre fekvő RHK Kht., KKÁT Beruházásirányító Irodaépülete. Ehhez az épülethez legközelebb a főbb zajforrások közül a dízel generátor található.

A terület legkeletibb pontjánál, a Kondor tó mellett található a Horgásztársaság vendégháza. A vendégház szálloda jelleggel, tehát éjszaka is üzemel. Ehhez a legközelebbi zajforrás a szabadtéri transzformátor állomás.

A létesítményhez legközelebbi lakóépület a Duna gátján, a horgásztavakon túl helyezkedik el.

5.4.7.1.3. Területen belüli védendő létesítmények

Az atomerőmű területén belül védendő létesítmények az irodák, az orvosi rendelők és a tűzoltóság pihenőszobái. A központi irodaépület, valamint a látogatóközpont az F2 porta közelében, az egészségügyi és laborépület pedig az I. és II. üzemi épület között, azok Ny-i

oldalán található. További irodák fordulnak elő a műhelyépületek mellett és néhol velük azonos épületben is. A tűzoltó laktanya az F2 portától É felé vezető út mentén található.

5.4.7.2. *Mérési módszer*

Az üzem területén belül mérési pontokat jelöltek ki a belső zajforrások környezetében (ZF1-ZF31), valamint a védendő létesítményekhez tartozó megítélési pontokon, a védendő homlokzat előtt 2 m-rel (TB1 - TB5). Az üzem zajkibocsátásának jellemzésére a telekhatár jellemző pontjainál jelölték ki mérési pontokat (KI1 - KI24). A területen kívüli védendő létesítményekhez tartozó zajterheléseket szintén a megítélési pontokon, a homlokzatok előtt 2 m-rel mérték (TK1 - TK4).

A mérési idő folyamatos zaj esetén 5-10 perc volt. Változó zajnál a mérési időt úgy határozták meg, hogy a mért egyenértékű A-hangnyomásszint a teljes megítélési szintre jellemző legyen.

A mérések során minden mérési ponton meghatározták az adott zaj egyenértékű A-hangnyomásszintjét, a háttérzajra jellemző 95 %-os statisztikai szintet (L_{95}) és a zaj spektrumát (63-10000 Hz). A mérési eredményekről eredménylapok készültek, amelyek a spektrumot és a mérési pont környezetének fényképét is tartalmazzák.

5.4.7.3. *Mérési eredmények*

A mérési eredményeket az 5.35. - 5.38. táblázatok tartalmazzák.

5.4.7.4. *Követelmények*

Az érvényben lévő előírások szerint a környezeti zajterhelési határértékek csak az üzemi területen kívül eső, zaj ellen védendő létesítményekre vonatkoznak. Ezeket a követelményeket a *"a környezetvédelmi miniszter és az egészségügyi miniszter 8/2002 (III. 22) KöM-EüM együttes rendelete a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról"* 1. sz. melléklete a zajtól védendő terület funkciójának függvényében határozza meg. A rendelet 1 sz. melléklete szerint üzemi létesítményekben folytatott tevékenységtől származó zaj terhelési határértékei:

gazdasági és különleges területen (4. sor)

nappal (6 - 22^h): 60 dB

éjjel (22 - 6^h): 50 dB.

Annak ellenére, hogy fenti határértékek az üzemen belüli védendő létesítményekre nem vonatkoznak, az értékelésnél – tájékoztató jelleggel – a zajterhelést ezekkel a követelményekkel hasonlítjuk össze.

Tekintve az erőmű területén kívüli védendő létesítmények csekély számát, a zajterhelési határértékek gyakorlati jelentősége kicsi. Előírásként ilyen módon az MSZ-13-111-85 sz. "Üzemek és építkezések zajkibocsátásának vizsgálata és a zajkibocsátási határérték meghatározása" c. szabvány 3.2 pontja veendő figyelembe: az L_{KH} megengedett zajkibocsátási határérték a terület jellegétől és a védendő létesítmények helyzetétől függetlenül:

$$L_{KH} \leq 70 \text{ dB.}$$

5.35. táblázat: Belső zajforrások mérési eredményei

Mp. jele	Mérési hely	L_{Aeq} [dB]	L₉₅ [dB]
ZF1	II. üzemi főépület É-i oldalánál, szellőzőknél	59,6	58,0
ZF2	II. szellőző gépháznál	62,2	61,4
ZF3	Hűtőgépház mellett	57,4	56,2
ZF4	Egészségügyi és laborépület ÉK-i sarkánál	64,7	63,5
ZF5	Áramellátó	62,8	61,6
ZF6	I. segédépület DK-i sarkánál	58,5	56,9
ZF7	I. dízelgépház mellett	80,7	76,7
ZF8	Kompresszor gépház mellett (nem működött)	56,2	55,1
ZF9	39 m-en tetőkijáratnál (2. blokk)	67,9	67,0
ZF10	2. blokk tetején középen (nem működött)	56,4	55,4
ZF11	1. blokk tetején középen (működött)	76,6	71,1
ZF12	33 m-en tetőn (1. blokk)	82,0	81,0
ZF13	39 m-en tetőn (1. blokk)	75,3	73,2
ZF14	Tetőn a szellőzőknél	72,5	71,1
ZF15	Transzformátor tér D-i vége	60,2	59,1
ZF16	I. és II. transzformátor között	75,8	73,9
ZF17	III. és IV. transzformátor között	73,8	72,1
ZF18	V. és VI. transzformátor között	76,3	75,0
ZF19	VII. és VIII. transzformátor között	76,6	75,1
ZF20	I. és II. vízkivételi mű között	57,7	56,3
ZF21	II. üzemi főépület É-i oldalánál	66,0	64,3
ZF22	Dízel tüzivíz szivattyú (3 - 4 blokk)	70,5	68,9
ZF23	Dízel tüzivíz szivattyú (1 - 2 blokk)	68,8	67,0
ZF24	Hálózati vezénnyel mellett	58,4	55,3
ZF25	Boostertérnél	84,2	83,0
ZF26	Szivattyú műhely É-i bejáratánál	56,8	52,4
ZF27	Szivattyú műhely D-i bejáratánál	52,2	50,2
ZF28	Szintbukó	79,7	79,0
ZF29	Energiatörő felülről	72,0	71,0
ZF30	Energiatörő alulról	52,9	52,0
ZF31	Energiatörő műtárgy tetején	73,7	72,2

5.36. táblázat: Telekhatáron végzett mérések eredményei

Mp. jele	Mérési hely	L_{Aeq} [dB]	L₉₅ [dB]
KI1	KKÁT Ny-i szélénél	48,5	47,4
KI2	KKÁT K-i szélénél	50,8	48,6
KI3	Transzformátorok vonalában, D-i szélén	50,4	49,0
KI4	Szabadtéri transzformátor állomás D-i sarkán	53,4	52,1
KI5	DK-i határon, külső út kanyarjában	54,2	52,3
KI6	Horgásztársaság vendégházánál	45,5	43,6
KI7	Szennyvíztelepnél	55,8	55,0
KI8	Szintbukónál	53,6	52,6
LI9	K7 kapunál	54,4	53,1
KI10	K6 kapunál	55,5	48,4
KI11	K5 kapunál	55,7	54,3
KI12	II. üzemi főépület mellett	58,7	57,0
KI13	Szivattyú műhely - iroda sarkánál	60,1	53,4
KI14	É-i központi raktárnál	48,6	46,2
KI15	F4 kapunál	67,2	50,7
KI16	Vasúti kapunál	42,3	37,4
KI17	K2 kapunál	49,6	37,0
KI18	Terület ÉNy-i sarkán	46,8	41,2
KI19	01. sz. raktár tároló területén	40,7	36,8
KI20	Tűzoltó laktanyánál	43,3	36,4
KI21	Meteorológiai torony alatt	44,1	40,0
KI22	F2 kapunál (főporta)	60,8	48,1
KI23	Látogató központ mögött	56,3	49
KI24	RHK Kht., KKÁT irodánál	45,4	44,2

5.37. táblázat: Területen kívüli védendő létesítmények mérési eredményei

Mp. jele	Mérési hely	L_{Aeq} [dB]	L₉₅ [dB]
TK1	RHK Kht., KKÁT iroda	42,3	41,1
TK2	Vendégház homlokzata előtt	40,3	39,0
TK3	Vendégház előtti parkolóban	41,8	39,8
TK4	Duna gátnál lévő családi ház	30,6	29,6

5.38. táblázat: Területen belüli védendő létesítmények mérési eredményei

Mp. jele	Mérési hely	L_{Aeq} [dB]	L₉₅ [dB]
TB1	Nitrogénüzem melletti irodánál	60,0	49,3
TB2	Központi irodaépület	60,5	48,0
TB3	Irodaépületek között	49,6	45,7
TB4	Orvosi rendelő előtt	57,9	41,8
TB5	Tűzoltó laktanya előtt	50,8	44,5

5.4.7.5. Vizsgálat eredményeinek értékelése

A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy az erőmű üzemelésétől származó zaj a területen kívüli zaj ellen védendő létesítményeknél sehol sem haladja meg a vonatkozó határértékeket.

A területen belüli védendő létesítmények esetén a TB1 pontnál a határértékkel egyező, a TB2 ponton kissé magasabb értéket mértek. Első esetben az azonos épületben lévő nitrogénüzemtől származott a zaj, a második esetben pedig a belső közlekedéstől.

Zajkibocsátás szempontjából a területhatáron sehol sincsen túllépés. A KI4 - 6 pontokon, mint azt a spektrális eloszlás is igazolja, fő zajforrás a transzformátor állomás. Az É-i oldalon a KI10 - 11 és KI13 - 16 pontokon elsősorban nem az erőműtől, hanem a szomszédos üzemektől származó zaj hallatszódik. A KI17 - 18 pontokon az É-i bekötőút közelségéből adódó külső forgalom jelentős. A KI19 - 21 pontokon észlelhető zaj nagyban függ a két bekötőutat összekötő út forgalmától (ez a reggeli órákban - 5 és 7³⁰ között - jelentős, napközben elhanyagolható).

Azokon a pontokon, ahol az erőmű működésétől származó zaj hallatszódik, az egyenértékű és 95 %-os szint közötti különbség kicsi (itt a folyamatos működésű berendezések a dominánsak), míg a nagyobb különbségnél változó zajt tapasztaltunk, elsősorban a belső közlekedést.

A vizsgálatok során nem foglalkoztak a havária esetén működő hangjelző készülékek által okozott zajjal.

5.4.8. Az erőmű hatása a környezetében élők egészségügyi állapotára

Az erőmű emberekre gyakorolt esetleges hatásainak feltérképezésére 2003-ban célzott közegészségügyi vizsgálatot indított a Paksi Atomerőmű Rt., melyet a V-Med Bt. készít el. A vizsgálat első lépéseként az erőmű Tolna megyére eső mintegy 20 km-es körzetében, mint mintaterületen, célzottan kiválasztott egészségügyi paraméterek statisztikai feldolgozását végezték el. A vizsgálat a jelzett területen a demográfiai és halálozási viszonyok időbeli változásait határozta meg a daganatos megbetegedések epidemiológiai viszonyainak elemzése révén. A változások összehasonlításánál az országos és a teljes Tolna megyei terület adatait vették alapul.

Második lépésben háziorvosi kikérdezéses módszerrel vizsgálják a statisztikai adatok hátterét, az átlagostól való eltérések okait. Továbbiakban a vizsgálatot az erőmű Bács-Kiskun megyére eső körzetére is kiterjesztik hasonló tartalommal.

A vizsgálatok alapvető célja, hogy értékelje az ionizáló sugárzással elvben kapcsolatos biológiai hatások milyen gyakorisággal fordulnak elő a hatásterületen élő népesség körében. A vizsgálatot olyan módon végzik, hogy az eredmények a részletes környezeti hatástanulmány tartalmát képező közegészségügyi vizsgálatokba eredményesen beépíthetők legyenek.

Az eddigi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy mind a Paks közvetlen környéki, mind a 20 km-es vizsgálati terület is lényegesen kedvezőbb halálozási szintet mutatott az elemzett

időszakban, mint az ország általában, vagy mint Tolna megye, illetve a Dél-Dunántúl. Ennek oka elsősorban az alacsony kardiovaszkuláris megbetegedések okozta halálozás volt.

Daganatos összhalálozás szempontjából Pakson, elsősorban az 1992-1996-os időszak szignifikánsan alacsony halálozási kockázatának köszönhetően, a teljes időszakban lényegesen alacsonyabb volt a halálozási szint, mint az országban. Mivel a regionális halálozási szint is alacsony volt, az alacsony paksi szint nem tért el lényegesen sem a Tolna megyei, sem a Dél-dunántúli régiós átlagtól. A 20 km-es vizsgálati területen nem találtak eltérést sem az országos, sem a regionális referencia szinthez képest egyik időszakban sem. Az eddigi eredmények szerint tehát **a hatásterületen az életkilátások lényegesen jobbak, mint az Magyarországon várható lenne.**

5.4.9. Települési környezet

Bár a környezeti hatások szerinti megfontolásban a települési környezeti vizsgálat részét képező hulladékgazdálkodás és zajterhelés két korábbi fejezetben önállóan szerepel, jelen fejezetben a 4.3.6. fejezethez hasonlóan a települési környezet általános jellemzőinek bemutatását végezzük el, azaz a korábbi állapothoz képest ismertetjük a változásokat. Kiemelt figyelmet szentelünk a város továbbfejlődési lehetőségeinek, azaz feltárjuk a városvezetés ill. a magasabb szintek - megye, ország - Paksra vonatkozó fejlesztési elképzeléseit is [33], [34], [35].

Erre azért van szükség, mert az előzetes környezeti tanulmányoknak tartalmaznia kell az alábbiakat:

- A terület- vagy településfejlesztési, illetve - rendezési tervekkel, infrastruktúra-fejlesztési döntésekkel és természeti erőforrás felhasználási koncepciókkal való összefüggéseket.
- A tevékenység helyének településrendezési tervekben rögzített módját.
- A vizsgálandó területről rendelkezésre álló adatok, és a hatásfolyamatok jellegének ismeretében milyen hatások léphetnek fel, mi ezek nagyságrendje és mekkora a jelentőségük a környezet állapota, az emberek egészségi, társadalmi, gazdasági helyzetének változása szempontjából.

A települési környezetről szóló általános fejezetrészben ezeket a már meglévő és működő erőművel kapcsolatosan is értelmezni kell. Fontos figyelembe venni, hogy az országos, regionális, megyei és helyi stratégiák, koncepciók, rendezési tervek hogyan számolnak az erőművel, az energiatermelés atomerőműben történő formájával.

Paks város térszerkezetben elfoglalt helyéről, ennek az atomerőmű létesítése miatti változásáról a 4.5.6. fejezetben szóltunk. Ugyancsak tárgyaltuk a korábbi fejezetekben, hogy az erőmű miért éppen ide települt. Így jelen fejezet inkább a gazdasági szerkezetre, a fejlesztési elképzelésekre koncentrált.

5.4.9.1. A város gazdasága, fejlesztési lehetőségei

5.4.9.1.1. A város megjelenése az országos fejlesztési dokumentumokban

Paks város helyzete a hasonló nagyságrendű városokhoz képest igen speciális. Egyrészt élvezni annak előnyeit és egyben szenvedni annak hátrányait, hogy egy nagyvállalat határozza meg a város gazdaságát és foglalkoztatását, másrészt a meghatározó nagyvállalat sem egy átlagos

gazdasági szereplő, hanem több szempontból is országosan egyedülálló, így kiemelt bánásmódban részesül és mindenkor kiemelt figyelmet kap politikai szinten is.

A város és a Paksi Atomerőmű Rt. (PA Rt.) fejlesztése évtizedek óta szorosan összefonódott. Az elmúlt évtizedekben számos paksi fejlesztés „kapcsolódó beruházásként”, vagy a PA Rt. jelentős támogatásával valósult meg. Ezért a város érdekartikuláló tevékenysége inkább az erőművet célozta meg, és kevésbé voltak számára fontosak a külső (országos, megyei) lehetőségek. A helyzet a rendszerváltást követően részben már módosult, de hosszabb távon akár alapvetően más helyzet is előállhat (pl. az erőmű leállása után), amire a városnak előre fel kell készülni.

A területfejlesztési támogatások tekintetében a várost ugyancsak sajátos helyzetbe hozta, és ejtette elszámolt támogatási lehetőségtől, hogy egy viszonylag fejletlen megye és leszakadó régió felett, önmagában is elboldoguló települése. A PA Rt. kapacitása és teljesítő képessége olyan nagy, hogy még az egész megye mutatóit is kedvező irányban „torzítja”, ezáltal a megye helyzetét is a valóságosnál pozitívabban ítélték és ítélik meg ma is.

További sajátosság, hogy az atomerőművel kapcsolatos kérdések minden vonatkozásban országos jelentőségűek, így a városnak, a megyének alig van beleszólása ezekbe az ügyekbe. Így a helyi és megyei tervdokumentumok csak tényként kezelik a vele kapcsolatos kérdéseket, holott az továbbra is igaz, hogy az építési engedélyeket a város adja ki, avagy a további fejlesztésekhez pl. a lakossági vélemények is szükségesek.

Konkrét stratégia kidolgozását nagyban nehezíti, hogy ma nem tudhatjuk az atomenergia jövőbeni megítélését; ami nemcsak az alkalmazható technológiák gazdaságosságától és megbízhatóságától függ, hanem az alternatív energiahordozók majdani árától és a környezeti kockázat politikai megítélésétől is.

Amennyiben változás állna be az atomenergia megítélésében és a jelenlegi blokkok leállnak, új atomerőmű nem épül, az üzemidő hosszabbítás sem valósítható meg, úgy olyan alternatív gazdaságfejlesztési programot kell kidolgozni, amely a meglévő munkaerőre alapozva megfelelő alternatívát jelenthet.

A jövőre nézve nem adnak biztos fogódzót a már meglévő különböző területfejlesztési jellegű tervdokumentumok sem. Az országgyűlés által 1998-ban elfogadott Országos Területfejlesztési Konceptió (OTK) Paksot név szerint nem is említi, így e dokumentum megállapításainak a város szempontjából csak az általános területfejlesztési irányok megismerése szempontjából van jelentősége.

A részletes anyagban (OTK háttéranyaga) Paks továbbra is, mint a magyar villamosenergia-rendszer alaphálózatának legfontosabb csomópontja szerepel. A javaslatok között sem szerepel alternatíva az atomerőmű kiváltására. Az atomerőművet tabuként kezeli az anyag (pontosabban nem foglalkozik vele). Paks és Pécs között újabb 400 kV-os alaphálózat kiépítését javasolja, mind az ágazati, mind a regionális koncepció.

Paksot érintő energiahálózatokkal és azok létesítményeivel kapcsolatban csak az *alábbi irányelveket fogalmazza meg a szerkezeti terv:*

- a nagyfeszültségű villamosvezetékek mellett védőerdőt kell létesíteni,
- a működő erőművek körül a szükséges védőterületeket biztosítani kell.

Az OTK-val szemben az OTT 8. sz. mellékleteként szereplő tervlapon, amely a villamos energia alaphálózati elemeit mutatja nem szerepel a tervezett 400 kV-os új alaphálózati bővítés, ettől függetlenül építés alatt áll..

5.4.9.1.2. Gazdasági potenciál

Általános jellemzők

A településhierarchiában a város pozíciója emelkedik, fejlődési esélye általában kedvezően alakul, mégis, a városi funkciók kiépülése, az új viszonyokhoz való alkalmazkodás terén a (jövedelemtermelő és lakossági jövedelemi) pozíciójánál gyengébb teljesítmény mutatkozik. Voltaképpen minden fontos - előreívő és hátramosztító - tényező közvetlenül vagy közvetve az erőműhöz kötődik. Az atomerőmű fontosságát húzza alá az a körülmény is, hogy maga az erőmű Tolna egy éves GDP-jének közel 20%-át adja (1997-es számítás alapján).

1965-ben Tolna az ipafejlettség összevont értékelése szerint a 17., 1980-ban a 18., míg 1998-ban már a 9. volt a 19 megye és Budapest alkotta mezőnyben. A megye fejlődési viszonyainak ismerete, valamint Paks és térsége vállalkozási mutatóinak értékelése is azt támasztja alá, hogy ebben az ugrásban Paks hatása szinte egyedüli meghatározó tényező.

1995-ös adatbázison az adóalap jövedelem, a munkanélküliség, az egyéni vállalkozói sűrűség, a személygépkocsi ellátottság, a telefonsűrűség, a fajlagos külföldi tőke nagysága és a vegyes vállalati arány indexeinek felhasználásával készült faktorelemzés eredménye alapján a paksi kistérség (a bonyhádival és a szekszárdival egyetemben) **a nekilendülők vagy fejlődési pályára** állók csoportjába sorolható (a dombóvári és tamási a stagnáló a megyében, vesztes pedig nincs - országos viszonyításban).

Érdekes eredményt mutat a települések értékelése: Tolnában Bonyhád, Tamási és Sióagárd került a nyertes csoportba, Paks itt is csak „nekilendülő”. A jövedelmi pozíció szerint ellenben az ország „stabilan kedvező pozíciójú” 30 települése közé sorolódik: 1988-ban Paks nem egészen 30%-kal az országos átlag feletti értékkel a 8., 1997-ben pedig a végig rangsorvezető Tiszaújváros és Százhalombatta mögött már a harmadik a sorban. (72%-kal nagyobb egy főre jutó adóköteles jövedelemmel, mint az országos átlag.)

Paks város – és kistérsége – gazdasági potenciálja ugyanakkor eléggé sajátos is a magyar térszerkezetben. Gazdasága gyakorlatilag a monokultúras jelzővel illethető, ugyanis

- az atomerőmű országos léptékű egység,
- a térség gazdaságának többi egysége többségében az atomerőmű támasztotta keresletre támaszkodik, vagy az atomerőmű által is megnövelt lakossági kereslet kielégítésére jött létre,
- még a mezőgazdaság és az élelmiszeripar sem függetlenedhet az erőműtől, hiszen a közelsége kétségtelen korlátozza a növekedés szempontjából fontos exportképességét.

Ennek ellenére a belátható időtávon belül szinte kizárt, hogy ez a jellemző a strukturális válság lehetőségének „szokásos” forgatókönyvét jelentse. Voltaképpen nincs tehát „térségi gazdaságfejlesztési és diverzifikációs kényszer”, olyan értelemben, ahogy az például más tolnai kistérségben, vagy az országban sok helyütt jelentkezik.

A monokultúras jelleg nem abban mutatkozik, hogy a város és térsége gazdasága egy szereplőre épül, hanem abban, hogy a szervezetrendszer és a teljesítménye zömmel ehhez az egy szereplőhöz kötődik, attól függ. A szervezetrendszer ugyanis - ellentétben a hasonló

jegyeket mutató több magyar várossal - mind dinamikáját, mind pedig a sűrűségét tekintve megyei és országos összevetésben is általában fejlettek, de legalább átlagosnak mondható.

A vállalkozássűrűség általában kedvező értékei alapján nem meglepő, hogy a munkanélküliség országos összevetésben átlagközeli, tolnai viszonyításban pedig a legjobb kistérségi pozíciót mutatja, emellett a népesség jövedelmi pozíciója a kistérség egészére is mindkét összevetésben jelentősen átlag feletti helyzetet jelenít meg

Mezőgazdaság, élelmiszeripar

A Paksi Állami Gazdaság 1991-ben – miután két egymást követő évben veszteséggel zárta az évet – privatizálásra került. A különböző területeken önálló Kft.-k kezdték meg tevékenységüket, amelyek a magánosítást követően 60%-ban állami gazdasági, 40%-ban dolgozói tulajdonban álltak. Néhány év elteltével két terület tudta megőrizni életképességét: a szántóföldi növénytermesztés és a szarvasmarha tenyésztés. A többi vállalkozás megszűnt vagy beolvadt a működőkbe. Különösen a kiszolgáló területekre specializálódott cégek (építőipar, gépészet, takarmány ellátás) bizonyultak életképtelennek. Ma három Kft. szántóföldi növénytermesztéssel (közülük egy sertéstartással is), három szarvasmarha tenyésztéssel, egy takarmánygyártással, egy pedig szőlőtermesztéssel foglalkozik. Az átlagosan foglalkoztatott létszám 15-50 fő között mozog. Közvetlen exporttevékenységet egyikük sem folytat, hozzávetőleg 600-1000 ha területen gazdálkodnak.

A térség legkomolyabb mezőgazdasági vállalkozása a ma már Rt.-ként működő Dunamenti Szövetkezet. A halászati Tsz tevékenysége szintén visszaszorulóban van. Tavaik kiszáradtak, így mára dunai halászattal és árusítással foglalkoznak, a korábbi haltenyésztés, nevelés megszűnt.

A korábban a városban működő konzervgyár 1992. körül fejezte be működését. A főleg zöldborsóval, gyümölcscsel és savanyítással foglalkozó cég rövid időn belül elvesztette szovjet és angol piacait, műszakilag leromlott és egykori területe részben kihasználatlan, részben raktározás és ipari tevékenység színhelye.

A mezőgazdasági tevékenységhez jó alapot biztosít a föld minősége, ellene hat viszont a térség ipari irányultsága (ami nem teszi lehetővé nagyobb számú olcsó kézi munkaerő igénybevételének lehetőségét), valamint az atomerőmű szomszédsága (amely - a kelet-európai atomerőmű szindróma miatt csak az átlagosnál lényegesen magasabb marketing költségek mellett tenné lehetővé az exportot, amit viszont a nyomott árak nem tudnának fedezni).

Jelentősebb kitörési pont nem mutatkozik a mezőgazdaság területén, gyümölcstermelésre (barack) irányuló próbálkozás van.

A szőlőtermesztésben állami támogatással a minőség irányába próbálnak elmozdulni, a beruházási igények 50-60%-át tudják így fedezni. Évi 10-30 ha szőlőtelepítés valósul meg a térségben és mára sikerült elérniük, hogy az országos borvidékek között szerepeljenek a Tolnai Borvidék részeként. Fölvethető még itt a szőlőfeldolgozás, borászat irányába való elmozdulás is.

Ipar

A városban huszonhárom olyan vállalkozás található, amely 1999-ben éves szinten 3 millió forintot meghaladó iparüzési adót fizetett az önkormányzatnak. A vállalatok többségének

működése a PA Rt.- hoz kapcsolódik. A PA Rt. Tevékenységéhez működésükben közvetlenül kapcsolódó vállalkozások betelepültek az erőmű területére³.

5.4.9.1.3. Gazdaságfejlesztési filozófia, fejlesztési utak és formák

A közvetlen térségi gazdaságfejlesztési kényszer, illetőleg a szerkezet-átalakítási szükségesség hiánya nem jelenti a fejlesztési stratégia, illetőleg a közösségi szereplők gazdaságfejlesztésre irányuló tevékenységének szükségtelenségét. Ennek okai az alábbiakban foglalhatók össze.

A térségen belül *a foglalkoztatási lehetőségek és a népességi jövedelmek egyenetlen eloszlást* mutatnak, mind a szabad kapacitások, mind pedig a lakosság várakozásai a térség egészének jövedelmi és foglalkoztatási potenciál növelését és stabilitását igényli.

Figyelemmel a gazdaságfejlődési és térszerkezeti trendekre (egyfelől feldolgozó-ipari és szolgáltatási ágazati orientáció, másfelől a városi centrumok szerepének erősödése) *a térségi gazdaságfejlesztési szükséglet* - piaci viszonyok és térségi versenyhelyzet feltételei közepette - *döntően Paks* városra hárulhat, a *tartós növekedés* feltételei (az atomerőművel, illetőleg anélkül is) zömmel itt állnak rendelkezésre is.

A helyi gazdaság monokultúrája, atomerőmű-központúsága hosszú távon mindenképpen hordoz veszélyeket, annak ellenére, hogy a tervezés belátható perspektívájában nem valószínűsíthető igazán kedvezőtlen változás. Pusztán az a tény, hogy a város gazdasági potenciáljának meghatározó része „külső” döntésektől függ, már elégséges ok lehet a helyi gazdaságfejlesztési stratégia kialakítására és megvalósítására.

Paks mind a megye, mind pedig a régió tekintetében a közvetlen *kistérségén túlnyúló szerepkör betöltésére alkalmas*.

Tolna és a Dél-Dunántúl relatív fejlődési lemaradása szükségessé teszi ezt a szerepvállalást. A regionális területfejlesztési program legtöbb gazdaságfejlesztési elemében nevesítve, vagy anélkül számol Paks területi gazdasági növekedési és modernizációs lehetőségeivel, értelemszerűen a támogatást is beleértve.

A Pakson *felhalmozódott erőforrások* - szellemi és munkaerő kapacitás és háttér, fejlett infrastruktúra, jó és a gyorsforgalmi úttal javuló elérhetőségi pozíció, a modern területi *gazdaságfejlődési utak* (hálózat, klaszter, innovációs lánc, ipari parki keretek stb.) alapjainak megléte stb. - pedig lehetővé is *teszik e szerepkör betöltését*.

A közvetlen kényszer már többször hangoztatott hiánya az átgondolt és szisztematikus stratégia építés és megvalósítás esélyét teremti meg. Ez a stratégia logikáját tekintve nem a felzárkózás (elmaradottságból való kitörés), hanem a *területi gazdasági modernizációban való szerepvállalás programja lehet*, hosszabb távon a megyein túl a regionális és régióközi fejlődési-együttműködési környezetbe illeszkedve.

Ez egyszersmind azt is jelenti, hogy *szakít a hagyományos vállalkozásfejlesztéssel* (mennyiségi növekedési típusú - azaz zömmel egyedi szereplőkre irányuló, a vállalkozások

³ A beköltözésnek speciális engedélyi szabályai vannak: az éves árbevétel több mint 50%-a az erőműtől származzék, valamint azonos technológiát használjanak, mint a PA Rt. részére szolgáltatott munka esetében; az engedélyeztetési eljárásban a jegyző, az ÁNTSZ OTH és az OAB NBI vesz részt. A betelepült cégek ily módon gyakorlatilag a PA Rt. bolygó cégeinek tekinthetők.

keletkezését és a működés kezdeti nehézségeit inkubáló, illetőleg a térségi infrastruktúra fejlettségében található korlátok lebontására koncentrált - támogató intervenciós politika), és a minőségi továbbfejlesztés s a térségi gazdasági növekedés elősegítésére összpontosító irányvonalat választ.

Ennek homlokterében a működő és életképes gazdasági potenciál teljesítményének továbbfejlesztése, a gazdasági modernizáció és a térség versenyképességének együttes és közvetlen előmozdítása áll, rendszerszerű, a hálózatokra, kooperációkra, integrációkra stb. irányuló akciókkal. *Intézményes területi gazdaságfejlesztés (azaz ipari parkok, logisztikai zónák, regionális, interregionális és nemzetközi együttműködések stb.), különböző típusú gazdasági hálózatok, klaszterépítés, innovációs láncok, területi imázs és marketing stb. - ezek eme új térségi gazdaságfejlesztési kurzus eszközei.*

A regionális területfejlesztési program ide vonatkozó konkretizált gazdasági lépései - a klaszterek, ipari parkok, a beszállítói hálózatok, a minőségbiztosítás és formatervezés, a gazdasági szolgáltatások, az innovációs objektumok és a K+F, a kifejezetten regionális intézmények, valamint az EU kompatibilis intézményrendszer egyfelől koncentrált piacra, másfelől *fejlődőképes szervezetekre* apellál, kevés kivétellel a kialakult területi szerkezetet erősíti tovább. Ebben megkülönböztetett helyet foglalnak el a kistérségi centrumvárosok (általánosabban a kis- és középvárosok), így Paks is.

A regionális területfejlesztési programnak az ide eső gazdasági programblokkja az *integrált élelmiszergazdaság és a komplett, rendszerbe szervezett kínálatú turizmus*. Ebben a tekintetben a régió – és benne Paks és térsége – meglehetősen egyenletes.

Mindezek alapján a város - kistérségi, megyei és regionális szempontokat egyaránt tekintetbe vevő - *gazdaságfejlesztési stratégiája hat csomópont*, fejlődési út köré csoportosítható:

- hálózati rendszerbe illeszkedő kis- és középvállalati fejlődés,
- klaszter szerveződés,
- ipari parki rendszer,
- integrált mezőgazdasági fejlődés a feldolgozottsági fok növelésére vagy térségközi kooperációra,
- megfelelő szolgáltatási (tercier) háttér kiépülése, fejlődése
- turizmus.

5.4.9.2. Általános településkörnyezeti jellemzők változása az erőmű létesítése után

Az erőmű építésének következményeként Paks településszerkezete, arculata jelentős mértékben megváltozott. A település jelentőségét, városi rangját hangsúlyozó, modern városközpont épült. Amikorra ugyanis megszületett a politikai döntés az erőmű építéséről, akkorra már szerencsére némi múlt iránti tisztelet is megjelent a fejlesztésben, így az „óváros” megmenekült. Lényegében megfigyelhető a középkori utcahálózat, amely alig sérült, ennek érdekessége, hogy egyetlen lakóház sem maradt fönt ebből a korból, de a város szerkezete mégis megmaradt. A fejlesztés érintetlen területeken ment végbe, tehát az óváros mellett egy új, megjelenésében is mai város épült fel. Az erőmű dolgozói számára létrehozott lakótelep lőszplatóra épült. Irányultsága déli, azaz az atomerőmű felé tekintő. A lakótelep felszereltsége, építészeti és zöldfelületi kialakítása általában felülmúlja az ezen időszakban másutt épült lakótelepek átlagos színvonalát, felszereltségük 70%-ban megfelel a kor követelményeinek.

Az atomerőmű működése igen magas szintű, nagy mértékű infrastrukturális ellátottságot, szolgáltatói szektort igényel. A meglévő közintézmények, bölcsődék és óvodák, valamint az általános iskolák kielégítik a meglévő igényeket. A gimnázium és a energetikai szakképzés intézménye közel van a város központjához, kedvező a megközelíthetősége. A szakmunkásképző intézet megközelíthetősége nem, technikai ellátottsága viszont megfelelőnek mondható.

Az egészségügyi ellátást rendelőintézetek és szakrendelők végzik, azonban a város nem rendelkezik kórházzal, amely a város jelentőségét és méreteit figyelembe véve hiányossággént kezelhető.

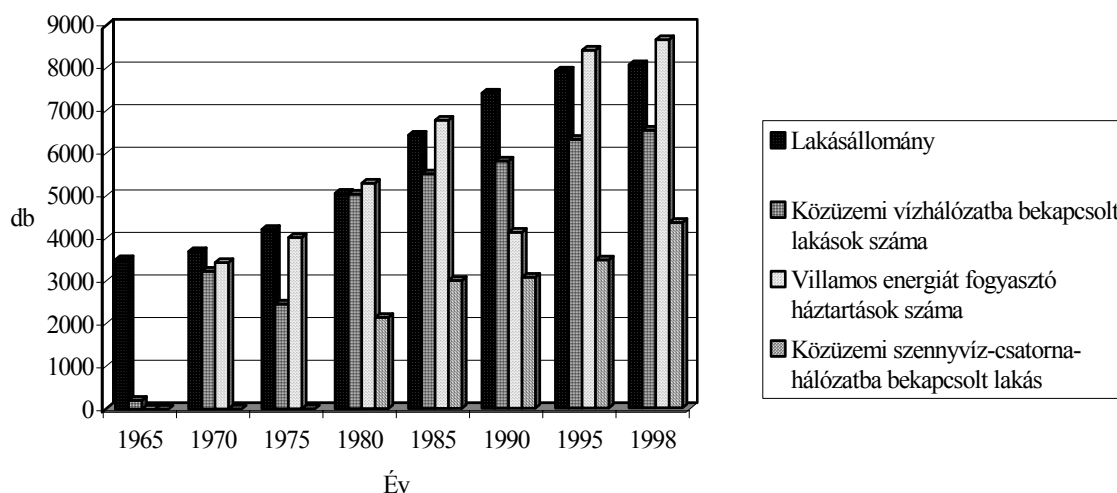
A város úthálózata korszerű, ma már igazán jónak mondható. A hálózat teljes hossza majdnem 100 km, amely szinte teljes mértékben szilárd burkolatú, ennek következtében az utcák jól megközelíthetők. Az utcahálózat teljes hosszában épültek járdák, kerékpárutakkal azonban nem áll ilyen jól a város, bár a legveszélyesebb, szakaszon, a Tolnai úton ez is teljes hosszban elkészült.

A város vezetékes ivóvízzel való ellátottsága minden igényt kielégít, 91,7 km hosszú. A szennyvízhálózat 1997-ben több évtizednyi lemaradást hozott be, jelenleg a vízellátással azonos hosszúságú csatornarendszer áll rendelkezésre, a rákötés folyamatosan történik. A keletkezett szennyvíz teljes egészében tisztítva kerül elvezetésre. Hasonlóképpen kedvező a helyzet az ország többi településéhez viszonyítva a hulladékgyűjtéssel és az ártalmatlanítással is.

A villamos hálózat kiépítettsége is 100%-os, a gázhálózat kiépítésére 1996-ban került sor, a lakások több mint 20%-a van bekötve, a többi lakás esetében villanytűzhely és távfűtés áll rendelkezésre.

Az 5.41. ábra tünteti fel Paks főbb közüzemi infrastruktúra kiépítettségben történő változását 1965. és 1998. között. Az ábrából jól kivethető, hogy a víz, villany és csatornázottság 1975-től permanensen növekszik, megfelelő lépést tartva lakásszám növekedésével.

5.41. ábra: A város közüzemi infrastrukturális kiépítettségében történt változások 1965. és 1998. között [32]



Forrás: Tolna megye statisztikai évkönyve 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 1998, KSH, Bp.

A város sűrűn lakott részein az áthaladó útvonalak, gyűjtő és forgalmi utak jelentős környezeti zajforrást jelentenek.

A közterületek és parkok felemás képet mutatnak, az óvárosi kiskertes településrendszer mellett a parkok nagysága nem éri el a kívánt mértéket. A zöldterület és virág kiültetésére alkalmas területek viszont ápoltak és gondozottak. Az újváros területén nagy felületeken találkozunk parkokkal. A városban nyilvántartott összes zöldterület nagysága 362.000 nm, ebből virágfelület 1000 nm, füvesített és cserjeterület 311.000 nm, a játszóterek területe 16.000 nm, s parkerdő 3,7 ha. A Duna part rendezettségében voltak kifogásolni valók, az utóbbi időben azonban megközelíthetősége, használhatósága sokat javult.

Paks domborzati viszonyaiból fakadóan alkalmanként komoly gondot okoz a csapadékvíz elvezetése. Egy-egy zivatar után olyan mennyiségű iszap is érkezik, amelyet az elavult rendszer nem képes elvezetni.

A nemzetközi közlekedés szempontjából kedvezőtlen, hogy a városnak nincs megfelelően kiépített kikötője, továbbá mivel a nemzetközi kamionközlekedés TIR vonala a dunaföldvári hídon át vezet, így az Északnyugat-Dunántúl és Dél-Alföld közötti közúti távolsági tranzit forgalom is elkerüli Paksot.

Belföldi kapcsolatok tekintetében a fővárossal való tömegközlekedés viszonylatában a város nincs szerencsés helyzetben. Vasúti fővonal hiányában közvetlen vonatok ma sem állnak rendelkezésre a személyközlekedéshez, teljesítőképese teherforgalmat a mellékvonal minőségű pálya nem tesz lehetővé, ezért a tömegközlekedési eszközök közül a távolsági autóbusz közlekedés abszolút fölényt élvez a főváros eléréséhez. A közvetlen közúti kapcsolatot a 6. sz. főút teremti meg a fővárossal.

Annak következtében, hogy Paks nem főúti csomópont (a 6. sz. főútból csupán két alsóbbrendű összekötőút ágazik ki), a híd hiánya miatt pedig a Dunához tapadó település távolsági vonzáskörzete asszimmetrikusan, a meglehetősen közeli, hídfő szerepet élvező Dunaföldvárral ellentétben Paks közhasználatú (alapvetően távolsági buszjáratokkal megvalósult) interregionális (régiók közötti) és intraregionális (saját régió belül más megyékkel kialakított) közlekedési kapcsolatai szegényesek.

5.4.10. Táj

E fejezetben arra kívánunk választ adni, hogy a 4.3.8. fejezetben leírt állapotjellemzőkből mik a normál gazdasági fejlődés eredményeként létrejövő területszerkezetben, biológiai aktivitásban, befolyásoltságban beálló változások és melyek azok amik közvetlen köthetők az atomerőmű létehez.

5.4.10.1. Tájszerkezeti változások

A tájszerkezeti változások vizsgálata, melyek az erőmű létesítéstől napjainkig terjedő időszakot ölelik át, úrfelvételek értékelése alapján készültek.

5.4.10.1.1. A vizsgálati módszer

A 22 évet felölelő változásvizsgálat, amely az atomerőmű közvetlen környezetére, valamint a Duna két oldalán mintegy 5-5 km széles sávra terjed ki. A következő típusú és időpontú úrfelvételek összehasonlítását végeztük el:

- KOZMOSZ multispektrális űrfelvétel, 1977. május 31.
- Landsat TM multispektrális űrfelvétel, 1985. augusztus 10.
- SPOT Xi multispektrális űrfelvétel, 1999. szeptember 13.

A KOZMOSZ űrfelvétel film (negatív) formájában állt rendelkezésre, ezért a három spektrális sávot digitalizáltuk és, majd geometriailag illesztettük. Így összehasonlíthatóvá vált a másik két időpont adataival. A KOZMOSZ űrfelvétel korai készítési időpontjának megfelelően sem geometriai, sem spektrális vonatkozásban nem éri el a másik két időpontban készült űrfelvétel adottságait. Ezért az 1977-es időpont vizsgálatába meglévő pankromatikus légifényképeket is bevontunk, melyek kiváló minősége lehetővé tette a pontosabb kiértékelést.

Mindhárom adatbázist (űrfelvételt) az egységes Országos Vetületbe transzformáltuk, mivel az adatokat csak így tudjuk területileg pontosan összehasonlítani.

Az 1999-es időpontra vonatkozóan felhasználtuk a FÖMI által korábban elkészített CORINE Land Cover 1:50 000-es (CLC50) adatbázist, melyet a paksi elemzések céljára átalakítottunk.

Az átalakítás lényege abban foglalható össze, hogy az eredeti CLC50-es adatbázis rendkívül részletes, mintegy 80 tematikus kategóriát ölel fel, melyek a mi vizsgálatunk szempontjából indifferensek. Ennek megfelelően úgy próbáltunk meg kategóriákat összevonni, hogy azok jól kifejezzék a táj (vizsgált terület) jellegét és jól áttekinthető legyen. Így összesen 37 kategóriába soroltuk a felszín részeit (a kategória rendszert lásd alább).

A másik két időpontra új tematikus interpretáció készült a fent megjelölt alapadatok felhasználásával.

A feladat másik része az egyes időpontok közötti változások kimutatása volt. Elkészítettük az 1977/1985 valamint a 1985/1999 közötti állapotok különbségeit is. A változásokat térképi formában is bemutatjuk. Lásd 5.42. – 5.44. ábrák.

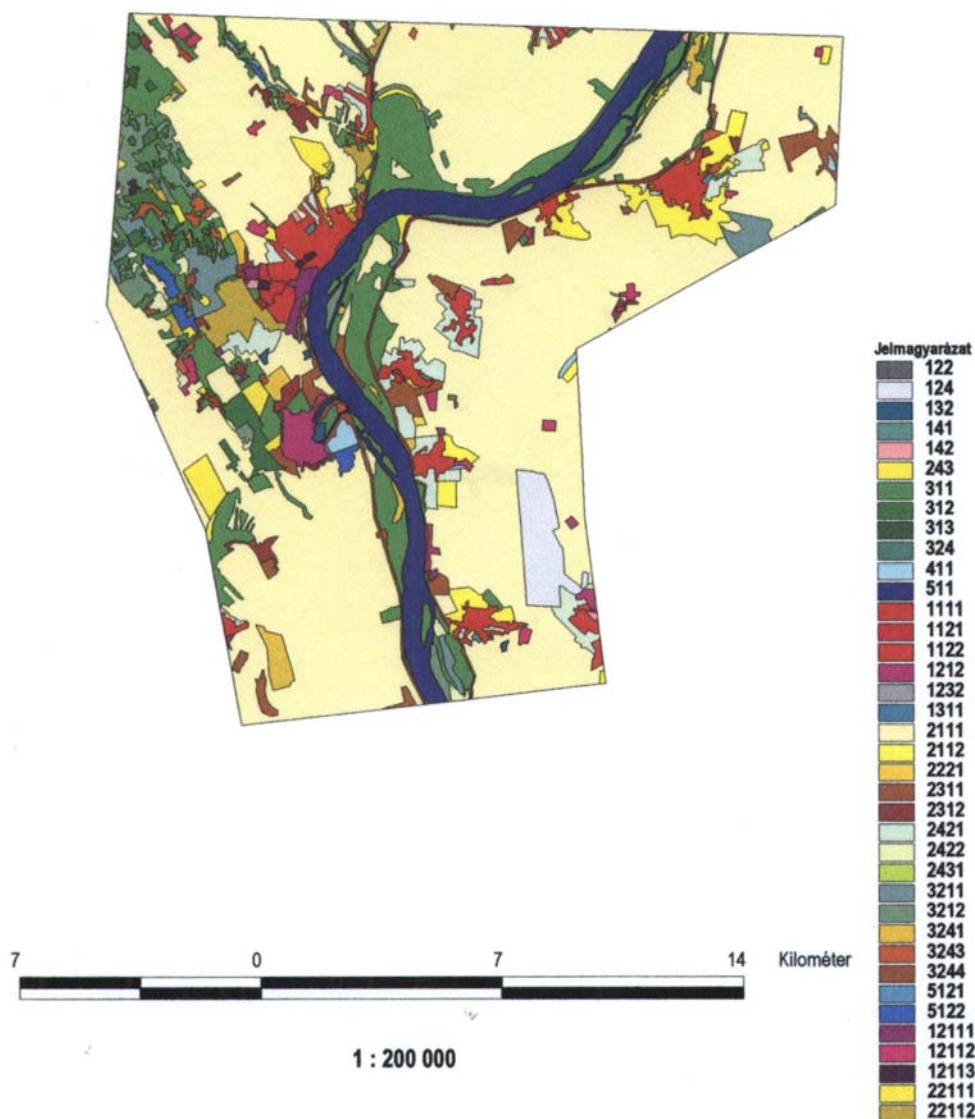
5.4.10.1.2. A területszerkezet leírása és a változások értékelése

Az űrfelvételek alapján elkészült területhasználati térképek és változásvizsgálati táblázatok alapján mind az alapállapot legfontosabb jellemzőit, mind a változásokat értékeltük. Ehhez olyan összefoglaló táblázatokat készítettünk, melyekből a változások könnyen áttekinthetők. Az 5.39. táblázat az egyes területhasználati típusokra, a három időpontban tartalmazza a megtalált poligonok számát, ezek területi kiterjedését, valamint a teljes területhez képest a százalékos kiterjedést. A táblázat végén található két oszlopból az első a változások irányát nyíllal mutatja a két-két időszak között, az utolsó oszlopban pedig a teljes időszak összes változását minősítjük.

A minősítési kategóriák a következők voltak:

- igen jelentős mértékben csökken/nő
- nagymértékben csökken/nő
- kismértékben csökken/nő
- minimális mértékben csökken/nő
- gyakorlatilag változatlan
- nincs változás

**5.42. ábra: A Paksi Atomerőmű közvetlen környékének változásvizsgálata
1977-es állapot**

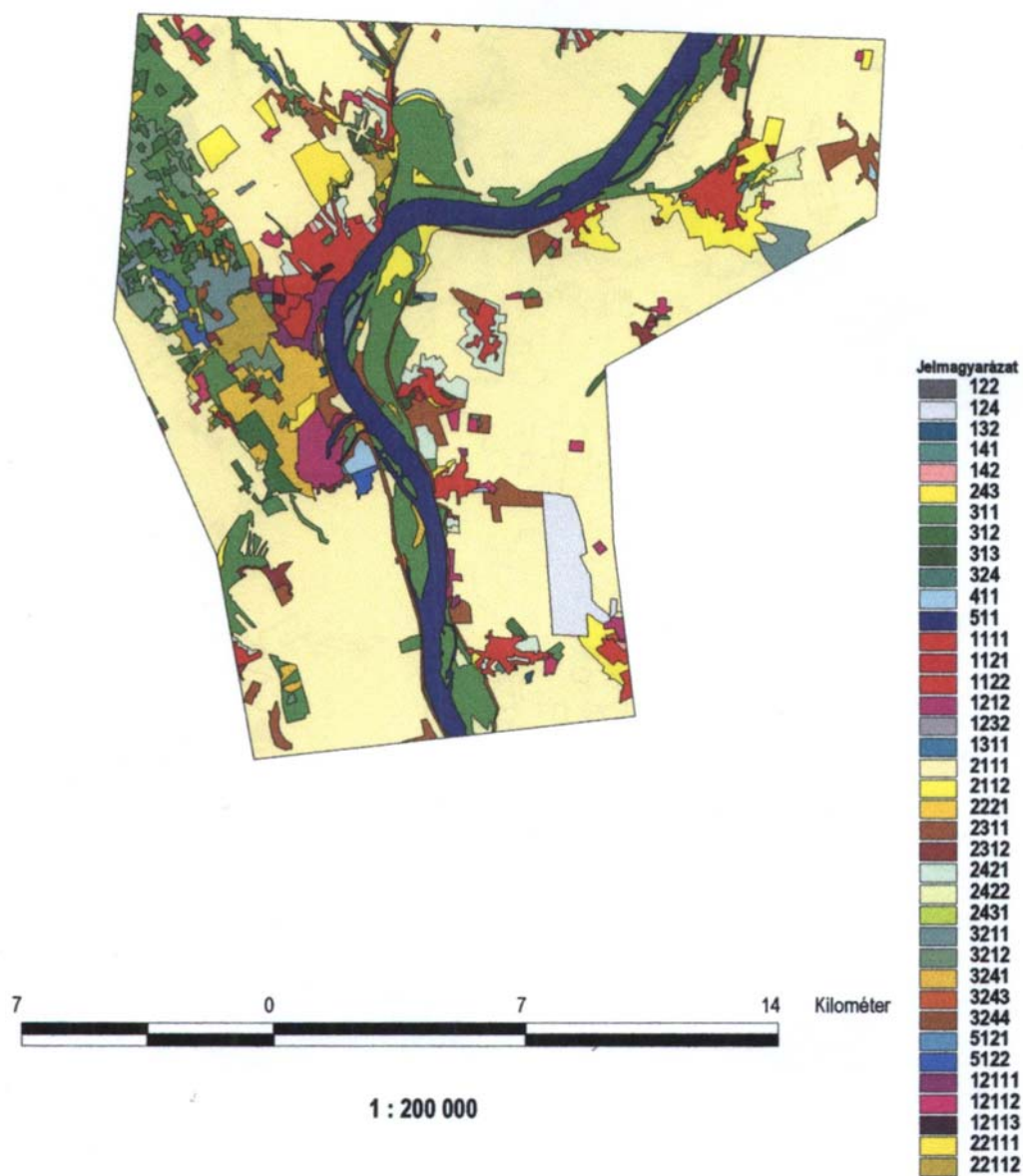


Adatforrás: KOZMOSZ 1977. május 31.

Jelmagyarázat az 5.42. – 5.44. ábrákhoz:

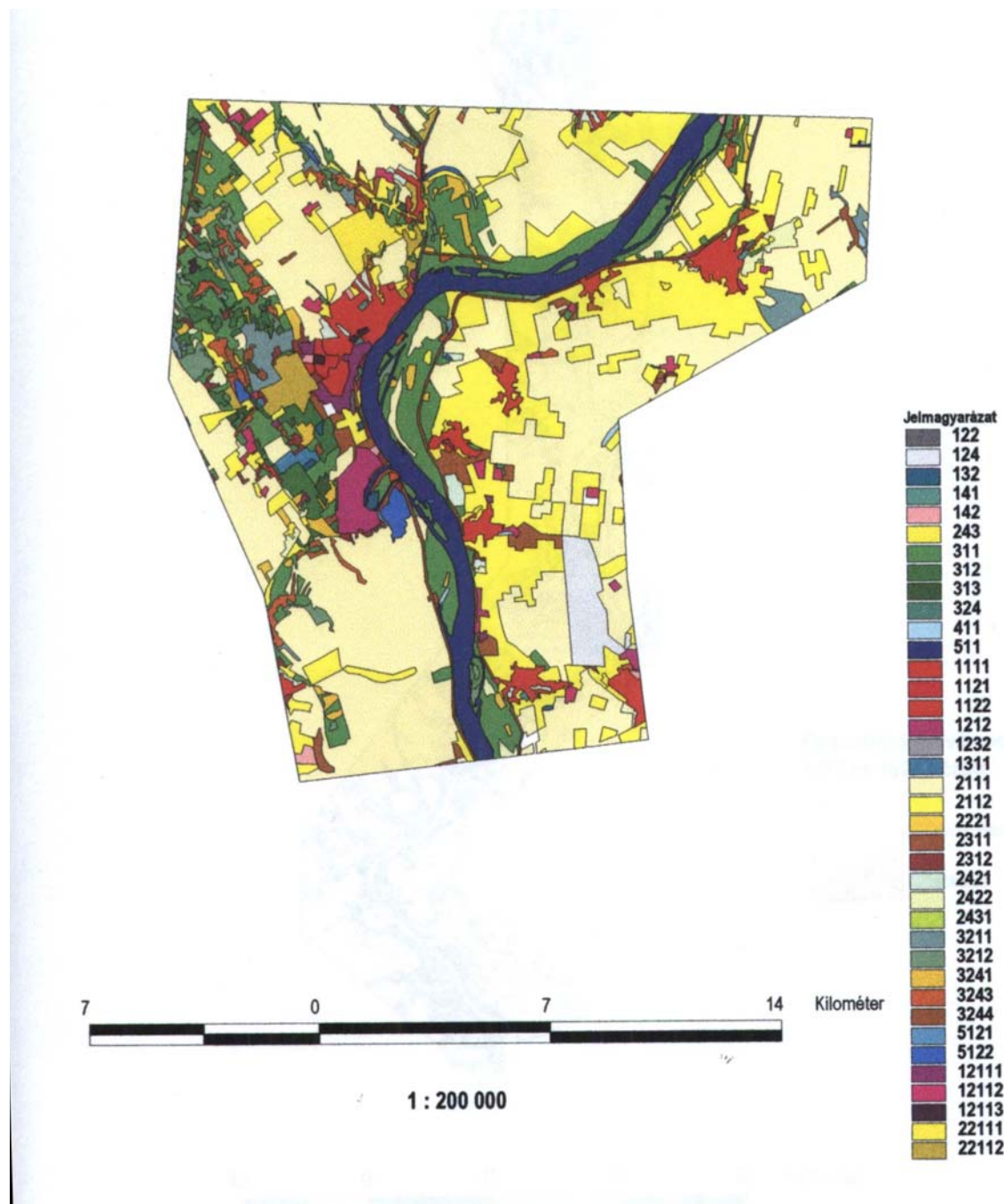
122	Út- és vasúthálózatok			3211	Természetes gyepek
124	Repülőterek	1121	Többszintes lakóházak, lakótelepek	3212	Természetes gyepek fákkal és bokrokkal
132	Lerakóhelyek (meddő, zagyta)	1122	Családi házas beépítés, kertvárosok	3241	Fiatalos erdők és vágásterületek
141	Városi zöldövezetek	1212	Speciális műszaki létesítmények	3243	Spontán cserjésedő-erdősödő terület
142	Sport- szabadidő- és üdülő övezet	1311	Külszíni bányák	5121	Természetes tavak
243	Elsődlegesen mg.-i terület term. képződménnyel	2111	Nagyábrás szántóföld	5122	Mesterséges tavak, víztározók
311	Lombhullató erdő	2112	Kistáblás szántóföld	12111	Ipari és kereskedelmi létesítmények
312	Tülevelű erdő	2311	Intenzív legelők és degradált gyepek	12112	Agrárgazdaságok, tanyaközpontok, farmok
313	Vegyes erdő	2312	Intenzív legelők és degradált gyepek fákkal és bokrokkal	12113	Oktatási és egészségügyi int.
411	Szárazföldi mocsarak	2421	Kertés művelés (zártkertek)	22111	Nagyábrás szőlőültetvények
511	Folyóvizek, csatornák	2422	Kertés művelés épületekkel	22112	Kistáblás szőlőültetvények

**5.43. ábra: A Paksi Atomerőmű közvetlen környékének változásvizsgálata
1985-ös állapot**



Adatforrás: Landsat TM, 1985. augusztus 10.

**5.44. ábra: A Paksi Atomerőmű közvetlen környékének változásvizsgálata
1999-es állapot**



Adatforrás: SPOT Xi, 1999. szeptember 13.

5.39. táblázat: Paksi Atomerőmű Rt. környezetének területhasználat változása (1977. - 1985. - 1999.)

Kód	Területhasználat típusa	1977.			1985.			1999.			változások iránya	változások összmértéke (1977-99 között)
		poligon-szám	terület (ha)	terület (%)	poligon-szám	terület (ha)	terület (%)	poligon-szám	terület (ha)	terület (%)		
122	Út- és vasúthálózatok	5	60,75	0,20	5	60,75	0,20	6	66,10	0,22	=↗	kismértékben nő
124	Repülőterek	1	436,01	1,45	1	436,00	1,45	1	436,01	1,45	=	nincs változás
132	Lerakóhelyek (meddőhányók, zagytavak)	4	33,80	0,11	3	16,63	0,06	5	40,85	0,14	↘↗	minimálisan nő
141	Városi zöldövezetek	3	16,49	0,05	3	18,58	0,06	4	20,50	0,07	↗↗	minimálisan nő
142	Sport- szabadidő- és üdülő övezetek	4	22,22	0,07	3	14,30	0,05	6	54,83	0,18	↘↗	igen jelentősen (több mint duplájára) nő
243	Elsődlegesen mg.-i ter. term. képződménnyel	11	76,03	0,25	12	115,69	0,38	21	172,10	0,57	↗↗	igen jelentősen (több mint duplájára) nő
311	Lombhullató erdő	99	3278,90	10,88	90	3419,33	11,35	121	3284,58	10,90	↗↘	gyakorlatilag változatlan
312	Tülevelű erdő	27	418,67	1,39	31	462,37	1,53	32	510,42	1,69	↗↗	kismértékben nő
313	Vegyes erdő	1	16,61	0,06	5	48,61	0,16	11	101,17	0,34	↗↗	igen jelentősen (több mint ötszörösére) nő
411	Szárazföldi mocsarak	6	84,24	0,28	4	80,50	0,27	6	40,96	0,14	=↘	igen jelentősen (felére) csökken
511	Folyóvizek, csatornák	2	1763,67	5,85	2	1735,32	5,76	3	1699,89	5,64	↘↘	kismértékben csökken
1121	Többszemeletes lakóházak, lakótelepek	2	47,23	0,16	2	47,22	0,16	2	47,22	0,16	=	nincs változás
1122	Családi házas beépítés, kertvárosok	18	1147,03	3,81	17	1142,85	3,79	19	1181,72	3,92	↘↗	kismértékben nő
1212	Speciális műszaki létesítmények	4	216,93	0,72	4	261,41	0,87	4	290,94	0,97	↗↗	kismértékben nő
1311	Külszíni bányák							3	66,20	0,22		új elem
2111	Nagytáblás szántóföld	26	17282,46	57,35	23	16979,05	56,34	37	12615,08	41,86	↘↘	igen jelentős mértékben csökken (≈16%)
2112	Kistáblás szántóföld	26	772,27	2,56	21	830,59	2,76	96	5353,07	17,76	↘↗	igen jelentős mértékben nő (≈15%)

5.39. táblázat: Paksi Atomerőmű Rt. környezetének területhasználat változása (1977. - 1985. - 1999.) (folytatás)

Kód	Területhasználat típusa	1977.			1985.			1999.			változások iránya	változások összértéke (1977-99 között)
		poligon-szám	terület (ha)	terület (%)	poligon-szám	terület (ha)	terület (%)	poligon-szám	terület (ha)	terület (%)		
2311	Intenzív legelők és degradált gyepek	28	745,52	2,47	32	893,65	2,97	43	770,38	2,56	↗↘	kismértékben nő
2312	Intenzív legelők és degradált gyepek fákkal és bokrokkal	25	353,79	1,17	19	257,59	0,85	39	303,35	1,01	↘↗	kismértékben csökken
2421	Kertes művelés (zártkertek)	22	742,42	2,46	20	429,36	1,42	16	164,10	0,54	↘↘	kismértékben csökken
2422	Kertes művelés (zártkertek) épületekkel	15	111,87	0,37	16	201,00	0,67	21	253,70	0,84	↗↗	kismértékben nő
3211	Természetes gyepek	11	458,36	1,52	12	477,88	1,59	13	418,14	1,39	↗↘	kismértékben csökken
3212	Természetes gyepek fákkal és bokrokkal	14	500,26	1,66	13	452,21	1,50	22	318,20	1,06	↘↘	kismértékben csökken
3241	Fiatalos erdők és vágásterületek	14	291,68	0,97	20	633,56	2,10	41	434,60	1,44	↗↘	kismértékben nő
3243	Spontán cserjésedő-erdősödő terület	17	173,81	0,58	11	132,21	0,44	35	412,88	1,37	↘↗	jelentős mértékben (több mint duplájára) nő
5121	Természetes tavak	1	8,24	0,03	1	8,24	0,03	1	8,24	0,03	==	nincs változás
5122	Mesterséges tavak, víztározók	5	131,24	0,44	4	128,79	0,43	6	138,88	0,46	==	közel változatlan
12111	Ipari és kereskedelmi létesítmények	7	115,55	0,38	7	143,59	0,48	8	153,14	0,51	↗↗	kismértékben nő
12112	Agrárgazdaságok, tanyaközpontok, farmok	18	201,78	0,67	19	212,03	0,70	21	226,78	0,75	↗↗	kismértékben nő
12113	Oktatási és egészségügyi int.	4	28,49	0,09	4	28,21	0,09	4	28,49	0,09	==	nincs változás
22111	Nagytáblás szőlőültetvények	5	253,34	0,84	1	158,64	0,53	1	217,31	0,72	↘↗	minimálisan csökken
22112	Kistáblás szőlőültetvények	6	346,07	1,15	5	309,59	1,03	7	305,94	1,02	↘↘	kismértékben csökken
			30135,73	100,00		30135,73	100,00		30135,73	100,00		

Az 5.40. táblázatban a területhasználatokat a teljes területhez viszonyított kiterjedésük alapján besoroltuk. A kategóriákat saját magunk alakítottuk ki, a térségi viszonyok alapján, melyek a következők voltak:

- | | |
|------------------------|------------------|
| – 0,5 % alatt | elhanyagolható |
| – 0,5 – 1,0 % között | nem számottevő |
| – 1,0 – 3,0 % között | nem jellemző |
| – 3,0 – 5,0 % között | kevésbé jellemző |
| – 5,0 – 10,0 % között | jellemző |
| – 10,0 – 50,0 % között | meghatározó |
| – 50,0 % fölött | uralkodó |

A táblázatokat elemezve a tájszerkezet legfontosabb jellemzői az erőmű létesítése előtti, a működés indítása idején és a jelen állapotot tekintve a következőkben foglalhatók röviden össze:

Erőmű létesítése előtti állapot

- Mind a tájhasználatban, tájszerkezetben, mind a tájképben uralkodó (a teljes terület 50 %-a feletti) a Duna melletti, közel síkvidéki elhelyezkedés és a mezőgazdasági, azon belül is a **nagyábrás művelés** (57,35 %). Így Paks település környékét a '70-es években a mezőgazdasági természetfaják közé sorolhatjuk. A település maga is illeszkedik ehhez a tájtípushoz, a csendes, stagnáló nagyközségben még az ipari tevékenységben is az élelmiszer-feldolgozás a meghatározó.
- Jelentős kiterjedésű, tehát meghatározó (a teljes terület 10-50 %-a közötti) területhasználati forma még a **lombhullató erdő** (10 % felett), valamint jellemző a **legelő** és a **természetes gyep** (6 % felett) is. Az erdőfoltok egyrészt a Duna mellett húzódnak, másrészt mozaikosan gyepekkel keverve a dombhátakon jelennek meg.
- Az előzőekhez hasonlóan viszonylag kiterjedt, kissé jellemző (3-5 % között) a **folyók, csatornák** területe (5 % körül), valamint a **családiházak lakóterület** (4 % körül) is. A település gyakorlatilag teljes területe ebbe a kategóriába sorolható a vizsgált időszakban.
- A **többi területhasználati forma** 1 % körüli vagy az alatti kiterjedésű, tehát a tájhasználatban és tájképben nem jellemző, vagy elhanyagolható. Ugyanakkor elmondható, hogy ezekből a kisebb foltokból viszonylag sok van tehát a terület tagoltnak, változatosnak tekinthető.

Az 1985-ös állapot

- 1977 és 1985 között a táj karakterében lényegi változások nem álltak be. Így továbbra is a **nagytáblás művelés**, szinte változatlan kiterjedésben (56,34 %) a meghatározó, uralkodó területhasználati forma..
- Továbbra is jelentős kiterjedésű, meghatározó területhasználati forma még a **lombhullató erdő** (10 % felett, minimális növekedéssel), valamint jellemző a **legelő** és a **természetes gyepek** (összesen 6 % felett) is.
- Természetes, hogy a **folyóvizek, csatornák** összterülete gyakorlatilag változatlan, de a **családiházak terület** sem változott.
- Kiemelendő változás történt a **fiatalos erdők és vágásterületek** kiterjedésében, mely gyakorlatilag kétszeresére nőtt. (Ez valószínűleg egy erdőmozaik letermelését és újratelepítését jelezte.)

5.40. táblázat: A területhasználatok besorolása jellemző kiterjedésük alapján

Kategória	1977	1985	1999	
0,5 alatt (elhanyagolható)	Út- és vasúthálózatok			
	Lerakóhelyek (meddőhányók, zagytavak)			
	Városi zöldövezetek			
	Sport- szabadidő- és üdülő övezetek			
	Elsődlegesen mg.-i ter. term. képződménnyel		↑	
	Vegyes erdő			
	Szárazföldi mocsarak			
	Többszintes lakóházak, lakótelepek			
	Kertes művelés (zártkertek) épületekkel	↑		
	↑	Spontán cserjésedő- erdősödő terület	↑	
	Természetes tavak			
	Mesterséges tavak, víztározók			
	Ipari és kereskedelmi létesítmények		↑	
0,5-1,0 között (nem számottevő)	Oktatási és egészségügyi int.		Elsődlegesen mg.-i ter. term. képződménnyel	
	↓			
	Speciális műszaki létesítmények			
	↑	Intenzív legelők és degradált gyepek fákkal és bokrokkal	↑	
	↑	↑	Kertes művelés (zártkertek)	
	↓	Kertes művelés (zártkertek) épületekkel		
	Természetes gyepek			
	Természetes gyepek fákkal és bokrokkal			
	Fiatalos erdők és vágásterületek	↑	↑	
	Spontán cserjésedő- erdősödő terület	↓	↑	
	↓	↓	Ipari és kereskedelmi létesítmények	
	1,0-3,0 között (nem jellemző)	Nagyterületi szőlőültetvények		
		Repülőterek		
Tülevelű erdő				
Családi házas beépítés, kertvárosok				
Kistáblás szántóföld		↑		
Intenzív legelők és degradált gyepek				
Intenzív legelők és degradált gyepek fákkal és bokrokkal		↓	Intenzív legelők és degradált gyepek fákkal és bokrokkal	
Kertes művelés (zártkertek)		↓		
↓		Fiatalos erdők és vágásterületek		
↓		↓	Spontán cserjésedő- erdősödő terület	
Kistáblás szőlőültetvények				
3,0-5,0 között (kissé jell.)		Folyóvizek, csatornák		
5,0-10,0 között (jellemző)		(nem volt ilyen területhasználat)		
10,0 – 50,0 felett (meghatározó)	Lombhullató erdő			
	↑↓	↑↓	Nagyterületi szántóföld	
	↑↓	↑↓	Kistáblás szántóföld	
50,0 felett (uralkodó)	Nagyterületi szántóföld		↓	

↓ kisebb volt a meghatározott időszakban

↑ nagyobb volt a meghatározott időszakban

- **A viszonylagos változatlanságot az időben viszonylag közeli állapot indokolja.** A területszerkezet általában jórészt a természeti adottságok által meghatározott, de a társadalmi-gazdasági igények is jelentősen befolyásolják. Mint ilyen azonban változásai viszonylag hosszú időszakokon keresztül alakul. (Erre jó példák lesznek a következő időszak változásai.)

Jelen állapot

- Az előző két időszak számaihoz képest a legnagyobb változás a mezőgazdasági szerkezet átstrukturálódásában látható. A rendszerváltás után ugyanis a kárpótlás során számos nagytáblát feldaraboltak és helyén kistáblás szántóföldi termelést folytatnak. Ennek következtében 40 % körülre csökkent a **nagytáblák** aránya, a **kistábláké** pedig 18 %-ra nőtt. (A nagytáblák így már nem egyeduralkodók a táj szerkezetében.)
- A városias fejlődés egyik jeleként jelentős növekedés tapasztalható a **sport-, szabadidő- és üdülővezeték** kiterjedésében. Ugyanakkor ezt az urbanizációt nem követi a **városi zöldfelületek** arányának növekedése, mely igen sajnálatos, annak ismeretében, hogy a városban jelentős kiterjedésű lakótelep létesült, melynek lakói a korábbi kertes kikapcsolódási lehetőségtől estek. Ilyen irányú igényüket csak városi zöldfelületek használatával tudják kielégíteni.
- Természetes velejárója a városi ill. infrastrukturális fejlődésnek a **speciális műszaki létesítmények** és a **ipari, kereskedelmi** területek kiterjedésének növekedése.
- Új elemként jelenik meg a területfelhasználásban 3 kisebb **külszíni bánya**.
- A **zártkertekben** egyre több épület épül.
- Gyarapszik a **spontán erdősődő** területek aránya, ami egyrészt lehet természetes folyamat eredménye, de jelezheti a gyepek és tarvágott területek elhanyagolását is.
- Felére csökken viszont a **szárazföldi mocsarak** aránya, melynek oka között szintén kereshetünk természetes (hosszú csapadékszegény, aszályos időszak), és mesterséges (lecsapolás, feltöltés) okokat is.

A különböző területhasználati formák kiterjedése:

- **Uralkodó** (a teljes terület 50%-át meghaladó mértékű) tájhasználati forma az első két vizsgált időszakban a **mezőgazdasági nagytábla**. A rendszerváltás után ez a használati forma igen jelentős, közel 16 %-os mértékben csökkent, és gyakorlatilag teljes egészében átalakult kistáblás műveléssé.
- **Meghatározó** (tehát 10-50 % közötti mértékű) még a **lomblevelű erdők** aránya, melyek területe a Duna mentére, valamint a településtől nyugat, északnyugat irányú dombokra lokalizálható. **Ide tartozik még az utolsó időszakban a kistáblás mezőgazdasági hasznosítás** is.
- Érdekes adottság, hogy a **jellemző** (tehát 5-10 % közé eső) **területhasználatok hiányoznak** az atomerőmű térségéből (még az esetben is, ha bizonyos hasonló típusú összevonnánk akkor is). Sőt még a 3-5 % közé eső kiterjedésű hasznosítási formák (kevésbé jellemző) közül is csak egyet találtunk a **folyóvizet és csatornákat**. Ezt a kiterjedést a Duna adja, mely jelen térségben még nyugodt szívvel sorolható a jellegzetes használatok közé.
- **10 féle hasznosítási mód a nem számottevő** (0,5-1,0 % között) kategóriába sorolható és **17 típus pedig az elhanyagolható mértékűek** (0,5 % alatt) közé.

A különböző területhasználati formák kiterjedésének változása

- A területhasználati formák többsége a vizsgált időszakban nem, vagy csak elenyésző mértékben változott.
- Ahol változást észlelünk az általában nagymértékű vagy igen jelentős. Ki kell emelni a változásoknál a következő használati formákat: sport-, szabadidő- és üdülőtérület (nö), vegyes erdő (nö), szárazföldi mocsár (csökken), nagytáblás mezőgazdasági terület (csökken), kistáblás mezőgazdasági terület (nö), zártkert (csökken), spontán erdősülő terület (nö).
- A nagyobb változások, amint az várható volt, különösen az 1985 és 1999-es időpont között tapasztalhatók. Ennek oka nem csak a két időpont között eltelt 14 év (ami hosszabb, mint az 1977 és 1985 közötti 8 év), hanem az is, hogy közben bekövetkezett a rendszerváltás, ami lényegesen átalakította a földhasználatot, elsősorban a mezőgazdaságban.
- A változások típusait elemezve mindenekelőtt megállapítható, hogy a változások zöme két körülményre vezethető vissza. Az egyik a rendszerváltás után bekövetkezett privatizálás, a másik a területen folyó erdőgazdálkodási tevékenység.
- A mezőgazdaságban a tendencia a nagytáblás mezőgazdasági termelés némi visszaszorulása. Ennek következtében sok helyen megjelent a kis parcellákon folytatott termelés, ami jól visszatükröződik az úrfelvételeken.
- A másik változás az erdőgazdálkodással kapcsolatos folyamatos tarvágás – újraterelítés tevékenység, ami természetesen az erővel borított területekre, elsősorban a Gemenci-erdőre jellemző.
- A változások kisebb hányadát teszik ki az egyéb átalakulások, pl. halastavak létesítése vagy a kevésbé markáns átalakulások (pl. spontán erdősülés, szőlőültetvényből szántó vagy fordítva). Ezen változások száma elenyésző az első két kategóriához viszonyítva.

5.4.10.2. Tájképi változások

A tájképi, esztétikai érték felismerése és értékelése dominánsan szubjektív jelenség. Az esztétikai tapasztalást három fő tényezőcsoport határozza meg:

- Az első csoportba tartoznak az egyén (a megfigyelő) tulajdonságai, beállítottsága, amelyet a kora, neme, foglalkozása, az addigi kulturális és földrajzi, valamint társadalmi-közösségi környezete egyaránt befolyásolhat. Ezek egymásra hatásaként alakul ki az egyén ízlése.
- A második csoportba azon tényezők tartoznak, amelyek a megfigyelő és a megfigyelt látvány kontextusát határozzák meg. Például az, hogy hogyan közelít a látványhoz (légi úton, gépkocsival, kerékpárral, gyalog), a tájkép egészét, vagy csak részletét látja be. Ugyanígy motiváló tényező, hogy a megfigyelő milyen célból, honnan jövet és hová menet "találkozik" a látvánnyal. Az általános ízléstől függetlenül befolyásolhatja az élmény minőségét az egyén pillanatnyi érdeklődése, a hely ismerete, a szituáció jellege. Fontos az is, hogy a látvány befogadása során a szemlélődés a fő "program", avagy valamely egyéb tevékenységet folytat (pl. mezőgazdasági tevékenység).
- Végül a harmadik csoportba sorolhatók mindazok a sajátosságok, amelyek az adott tájat, tájképet valójában jellemzik.

A tájkép utóbbi sajátosságait elsősorban az elemekből való felépülése határozza meg. A tájkép vizuális érzékelés útján jön létre, elsősorban formai- és színelemek felismerése útján.

A formai elemek eredetük szerint lehetnek természetesek és mesterséges kialakításúak, megjelenési módjuk szerint pedig képezhetnek felületeket és térbeli idomokat. A felületek lehetnek vízszintes (talajfelszín) és függőleges síkok, térfalak, szegélyek, vagy térbeli elemek (egyedi formák, tömbszerű formák, stb.). A térképezésben elfoglalt szerepe szerint egy-egy elem a tájképben hol így, hol úgy is megjelenhet. A látóhatár mindkét széléig kiterjedő erdő például függőleges síkot, térhatárt ad, míg ugyanez az erdő, ha csak kis tömbben van jelen, egyedi térformaként mutatkozik.

A látvány, a tájkép nemcsak pozitív részelemekből áll, hanem kedvezőtlen megjelenésű, negatív elemeket is tartalmazhat. Ezek mennyiségét, a pozitív és negatív részletek arányát a tájkép értékelésénél figyelembe kell venni. A meghatározó képi elemeket és a hozzájuk kötődő általános értékítéletet, valamint a vizsgált térségre vonatkozó állításokat az 5.41. táblázatban foglaljuk össze.

A tájképi értékelés tehát, mint azt a táblázat is mutatja az egyedi szubjektív értékítélettől való elvonatkoztatást és általánosítást igényel. Az általánosítás egyik kiindulópontja az lehet, hogy a természetes elemekben gazdag tájszerkezeteket általában szépnek ítéljük meg.

A vizsgált Paksi Atomerőmű közeli térségben közepesen gazdag tájszerkezettel találkozunk. A táji-tájképi szempontból meghatározó kedvező elemek közül a vízfelület, az azt kísérő növényzet és nyugati szegélyként a domborzati formák is jelen vannak. Szerencsére nincsenek, vagy csak eldugottan mutatkoznak (lásd pl. hulladéklerakó) kedvezőtlen képi elemek. A város és az atomerőmű a tájképben igen hangsúlyos művi elemként jelentkezik.

Az erőmű, mint képi elem megjelenése az egyén, a szubjektum megítélésétől függ. A társadalom egészének tájészttétikai szempontú megítélését számos szociológiai, tudati, emocionális, pszichikai (sőt sokszor bizony politikai) szempont is befolyásolja. Az azonban megfogalmazható, hogy az atomerőmű vizuális megítélése szempontjából megkülönböztetett jelentőségű, hogy a létesítmény a magas munkakultúra, a felsőfokú tervezettség, a precizitás szimbólumaként jelenik meg. A befektetett szellemi tőkét, magas szintű technikát és technológiát sugároz megjelenésében is. Formai megoldásokban is – már amennyiben ez egy ilyen kiterjedt létesítménynél lehetséges - a tájbaillesztésre törekedtek a létesítők. (Természetesen ez léptékénél fogva nem jelenthet beleolvadást a környezetbe, hanem sokkal inkább a nagyléptékű emberi alkotás megjelenítését.)

5.41. táblázat: A tájkép fontosabb elemei és ezek egyes tulajdonságaihoz kötődő értékelés

képi elem	tulajdonság	pozitív az értékelés ált. ha	negatív az értékelés ált. ha	jelen terület értékelése
POZITÍV KÉPI ELEM EK				
geomorfológiai szerkezet	megjelenés	léte	hiánya	sík területet dombvonulatok és folyóvölgy keretez
	változatosság	változatos	egyhangú	kissé változatos
	térhatároló jelleg	keretezi a teret	beszűkíti a teret	térhatároló jelleg részben mutatkozik meg
vízfelület	megjelenés	léte	hiánya	Duna folyó
	kiterjedése	tükröző felületképző	túl széles (tenger), túl keskeny	viszonylag keskeny
természetszerű vegetáció	megjelenés	léte	hiánya	viszonylag kevés, de van (gyep, erdő)
	térhatároló jelleg	keretezi a teret	beszűkíti a teret	inkább keretezi a teret
	változatosság	változatos	egyhangú	kevésbé változatos
	típusa	erdős, fás-bokros	gyepes	erdős, fás-bokros és gyepes egyaránt előfordul
	megjelenési módja	egyedi, csoportos, nem zárt állományú	zárt, homogén állományú	vegyes állományok
kultúr vegetáció	megjelenése	léte – hiánya	hiánya - léte	az erőmű közvetlen környezetében szinte csak ez található (telepített erdő, mezőgazdasági területek)
	változatosság	változatos, mozaikos	egyhangú, nagytáblás	viszonylag egyhangú
	térbeli szerep	térképző	felületképző	részben tér-, részben felületképző
művi elem, település	megjelenés	léte – hiánya	hiánya - léte	domináns elem az erőmű is, a város is
	térbeli szerep	térképző	felületképző	település inkább felületképző
	térhatároló jelleg	keretezi a teret	beszűkíti a teret	részben keretez, részben beszűkít
	megjelenési módja	természetes térszerkezetbe illő	természetes térszerkezetből kirívó	az erőmű a természetes térszerkezetből kirívó
NEGATÍV KÉPI ELEM EK				
rontott felület, tájseb, stb.	megjelenés	hiánya	léte	nincs

Azt, hogy egy ilyen léptékű építmény nem szükségszerűen „csúnya” bizonyítsa a következő fényképfelvétel.



Fényképezte: Farkas Sándor

Összegezve megállapítható, hogy jelenleg a térség táji megjelenése **nem kiemelkedő megjelenésű** (sem pozitív, sem negatív irányban).

5.4.10.3. Az atomerőmű tevékenysége a táji környezet alakításában

A Paksi Atomerőműben nem elégednek meg az ipari környezetvédelem hagyományos megközelítésével, azaz, hogy csak a lehető legkevesebb kárt okozzák a természetes és az épített környezetben. **Bevezették az aktív környezetvédelem fogalmát, amely szerint nem csak óvják a környezetet, hanem javítják annak minőségét is.** Ennek jegyében több program jöhetett létre a Paksi Atomerőmű támogatásával.

Az erőműtől csaknem 20 km-re fekszik Tolna megye kiemelt üdülőközpontja, a **Fadd-Dombori Duna-holtág**. Nyaranta pihenni vágyók százezrei keresték fel ezt a különleges természeti adottságú, sok száz nyaralóházból, közösségi létesítményekből álló üdülőkörzetet. A már korábban is vízutánpótlási gonddal küszködő holtág a 90-es évek közepén pusztulásnak indult, vízminősége alkalmatlanná vált a fürdésre. A természeti értékek mellett veszni látszott sok-sok ember pihenési lehetősége is. A paksi atomerőmű hathatós együttműködésével épült meg az a csatornarendszer, amelynek segítségével az erőmű klímagépeinek szűrt hűtővizét a holt Dunába továbbítják, ezzel biztosítva a vízutánpótlást. Ez a víz nem vesz részt nukleáris folyamatokban, nem találkozik radioaktív berendezésekkel, csupán a hűtőgépek működését segíti. A friss vízutánpótlással fokozatosan éltre kelt a holtág, és ma már az ország egyik legstabilabb vízminőségét mutatja. A hanyatló üdülő- és sportélet

újra fellendült. A vizet már továbbvezetik a Tolnai Duna-ágba is, a környezet minőségének javulási folyamata így ott is elindult.

A vízutánpótlást biztosító csatornarendszer áthalad a **dunaszentgyörgyi láperdőn** is, amelynek élővilága az elmúlt évtizedben a vízhiány miatt súlyosan károsodott. A Duna-Dráva Nemzeti Park részét képező erdőben **helyreállt a talajvízszint egyensúlya**. Ismét felpozícióba került az élet, újra fészkel a kócsag, a vörösgém, a vándorsólyom és az egerészölyv. Megfelelő lakóhelyre találtak a nagyvadak (őz, szarvas, vaddisznó) is.

Az atomerőmű kerítése mellett található, példamutatóan kialakított **horgászparadicsom** létesítésében az erőmű jelentős részt vállalt, és folyamatosan biztosítja a tavak vízutánpótlását is. A horgászható vízfelület mintegy 55 hektár. A Kondor-tó a néhol 7 méteres vízmélységével, a partot övező vén fáival, a bokros, nádas parttal ideális élőhelyet teremt mind a vízi, mind a vízparti élővilág számára. Ezért szigorúan óvják a tavak környezetét is.

Paks város környékén is komoly egészségügyi problémákat okoz a parlagfű elterjedése. Az erőmű alapította meg a 90-es évek közepén az **„Együtt a parlagfű ellen” alapítványt**, amely újszerű módon fogott hozzá a gyomnövény irtáshoz. Programjukat országos mintaként kezelik, amely átgondolt felvilágosításon, állampolgárok ezreit érintő akciókon keresztül bontakozik ki, a helyi társadalom széleskörű összefogásával.

5.5. Üzemzavarok várható következményei

A nukleáris üzemanyagcikluson belül az atomerőművek jelentik a legnagyobb potenciális sugárveszélyt a lakosságra és a környezetre. Már az atomreaktorok kifejlesztésének kezdeti stádiumában elemzéseket végeztek azonos teljesítményű atomerőművek és hőerőművek üzemzavarai szituációinak veszélyességére vonatkozóan. A kapott adatokból arra következtettek, hogy az aktív zóna megolvadása és az illó hasadási termékek kikerülése az atomerőműből jóval nagyobb veszélyt jelent a lakosságra, mint a hőerőművek üzemzavarai, ezért alapvető feladat a reaktorok aktív zónájának és a fűtőelem-burkolatoknak a védelme.

Az említett tényezők és értékelések figyelembevételével olyan rendszereket dolgoztak ki, amelyek biztosították a reaktor megbízható működését, és az erőműhöz közeli terület lakosságának biztonságát mind normálüzemi, mind üzemzavari feltételek között. Ide sorolhatók az alábbi rendszerek: a reaktor biztonságvédelmi rendszere, a fűtőelem-burkolatok és a primerkör hermetikusságának, a speciális víztisztítás, a sugárveszélyes zóna szellőzésének és levegőszűrésének ellenőrző rendszerei. A probléma szempontjából különösen fontos jelentőségű a nukleáris reaktor aktív zónájának üzemzavari hűtőrendszere, a potenciális sugárveszély mértékének korlátozása, valamint az aktív zónából kilépő illékony hasadási termékek lokalizálása.

Az atomerőművek fokozott potenciális veszélyességét elsősorban a működő reaktor aktív zónájában felhalmozódó hasadási termékekkel lehet magyarázni. Egyéb források másodlagos szerepet játszanak. Amíg az aktív zóna védelme megfelelőnek bizonyul, a radioaktív anyagok 98 %-a a fűtőelemekben található. A radioizotópok nagy mennyiségben csak akkor kerülhetnek ki a fűtőelemekből, ha a nukleáris fűtőanyag erősen túlhevül és részlegesen megolvad. Nyilvánvaló, hogy a fűtőanyag túlhevülése csak olyan esetekben mehet végbe, amikor az urán által fejlesztett hőmennyiség meghaladja a hűtőközeg által felvett és a továbbadott hőmennyiséget.

A nukleáris reaktor üzemelése során ilyen szituáció két esetben léphet fel. A hőelvezetés sebességének a megengedett érték alá esésekor (például a csatorna idegen tárggyal történő eltömődése esetén), vagy a hőfejlődés olyan mértékű növekedésének eredményeképpen, amely már túllépi a hűtőrendszer üzemképességének felső határát. Ilyen események bekövetkezhetnek a nukleáris reaktorokban, azonban az esetek többségében csak az aktív zóna jelentéktelen részét érintik. Ilyenkor a túlhevülés és néhány fűtőelem hibája következtében jelentősen megnövekedhet a hasadási termékek mennyisége a primer hőhordozó közegben. Ugyanakkor a további biztonsági rendszerek jelenléte (és mindenekelőtt a primerkör épsége) megakadályozza a radioizotópok továbbterjedését és kikerülését a környezetbe. A hibás fűtőelemek eltávolítása után a primerkör vizét szűrők segítségével megtisztítják, és fajlagos aktivitását elfogadható szintre csökkentik. Az ilyen üzemzavarok megelőzésére, felfedezésére, lokalizálására és visszaszorítására szolgálnak a szabályozó- és biztonságvédelmi rendszerek, a reaktoron belüli technológiai mérési rendszerek, a fűtőelem-burkolat hermetikusságának ellenőrző rendszerei, a primer hőhordozó közeg szűrőrendszerei.

5.5.1. Az üzemzavarok értékelésével kapcsolatos követelmények

A hatályos hazai szabályozás szerint a nukleáris létesítmények normál üzemeltetéséhez tartozik a Hatóság által jóváhagyott üzemeltetési korlátokon belüli ill. feltételeknek megfelelő üzemeltetés, ideértve a terhelésváltozásokat, leállásokat, indításokat, üzemanyag cserét és próbákat is.

Az atomerőművek esetén a legfontosabb célkitűzés, hogy a nukleáris létesítmény kialakítása és üzemeltetése, a lakosság egyedeit és csoportjait, illetve a környezetet megvédje az ionizáló sugárzás káros hatásaitól, s a személyzet és a lakosság sugárterhelése mindenkor az előírt értékek alatt, az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten maradjon. Ennek érdekében a nukleáris létesítmények kialakításában a mélységben tagolt védelem elvét követik. E szerint a rendszerek és intézkedések elsődleges célja a normál üzemi állapottól való eltérés megakadályozása. Ha ez a „védelmi vonal” átlépésre kerül, a beavatkozások és a rendszerek feladata a lehetséges üzemzavar kifejlődésének megakadályozása (tranziensek). A harmadik védelmi szint feladata az üzemzavari állapotok következményeinek korlátozása és az üzemzavar megszüntetése, ha az előző védelmi szintek – bár igen kis valószínűséggel – nem tudják megakadályozni, hogy az események üzemzavarokká fejlődjenek. A harmadik védelmi szinten túlmenően a lakosság és a személyzet védelmére olyan rendszereket és intézkedéseket kell előírni (a bekövetkezési gyakorisággal és a várható következményekkel összhangban), amelyek feladata a tervezési alapot meghaladó események következményeinek enyhítése.

E követelményeknek megfelelően a PAE-t is a mélységben tagolt védelem alapján tervezték meg és annak megfelelően üzemeltetik.

Nukleáris létesítményekben a biztonságot érintő eseménynek azt tekintik, amely akár a létesítmény biztonságát – ténylegesen vagy potenciálisan – kedvezőtlenül befolyásolja, akár a személyzet vagy a lakosság nem tervezett sugárterhelését, továbbá a radioaktív anyagok környezetbe kikerülését eredményezi, vagy eredményezheti. Látható, hogy az „események” nagyon széles skálán helyezkedhetnek el, a normál üzemet épp, hogy meghaladó tranziensektől a várható és prognosztizálható meghibásodásokon keresztül a csak valószínűségi alapon értékelhető hipotetikus üzemzavarokig.

A nukleáris létesítmény azon jellemzőit, amelyek megléte szükséges a várható üzemi események és feltételezett üzemzavarok ellenőrzött módon történő kezeléséhez (a

meghatározott sugárvédelmi követelmények kielégítése mellett) tervezési alapnak tekintjük. A tervezési alap tartalmazza a várható üzemi állapotokat és a feltételezett kezdeti események által előidézett üzemzavari körülményeket, valamint egy-egy biztonságvédelmi működés elmaradásának következményeit. A tervezési üzemzavar(ok) így a tervezési alap részét képezik. Tervezési üzemzavar(ok)nak tekintjük a nukleáris létesítmény rendszereinek, vagy rendszerelemeinek meghibásodását külső hatások és/vagy téves emberi beavatkozások eredményeként. Ezek kis valószínűséggel bekövetkező események, amelyek során a biztonsági funkciók a tervezettnek megfelelően működnek és az esemény így nem vezet az üzemeltetők és a lakosság – hatósági korlátot meghaladó – sugárterheléséhez.

A hazai szabályozás a várható üzemi események körébe sorolja azokat a normál üzemittől eltérő eseményeket, amelyek bekövetkezési gyakorisága a 10^{-2} eset/év értéket meghaladja. A 10^{-2} eset/év alatti gyakoriságú eseményeket már feltételezett (tervezési) üzemzavarként tekinti. A tervezési alapba bevont események közül a rendszerek meghibásodása vagy emberi hiba miatt bekövetkező belső kezdeti események közül csak a 10^{-5} eset/év, a külső emberi eredetű veszélyforrások közül a 10^{-7} eset/év felettieket kell szerepeltetni. A természeti jelenségek mint külső veszélyforrások esetén a 10^{-4} eset/év gyakoriságnál ritkább események zárhatók ki a tervezési alapból.

5.5.2. A Paksi Atomerőműre elvégzett üzemzavar-értékelések

A nyugat-európai reaktorokhoz hasonlóan a **Paksi Atomerőmű biztonsági rendszerei is a „mélységi védelem” alapelvét követik, azaz a környezet és a nukleáris fűtőelemek között számos védelmi vonal húzódik.** A passzív védelmen kívül aktív védelmi rendszerek is vannak. Üzemzavar esetén a szabályozórudak automatikusan beesnek az aktív zónába és néhány másodperc alatt leállítják a láncreakciót. A reaktorban maradt radioaktív hasadványok bomlása miatt azonban továbbra is jelentős hő fejlődik, amely az első pillanatokban a névleges teljesítmény 7.5%-át teszi ki. A hűtésre tehát a reaktor leállítása után is szükség van. Amennyiben az üzemzavart a hűtőrendszer sérülése jelenti, mindenképp gondoskodni kell kiegészítő, üzemzavari hűtésről, még leállás után is. A hűtés nélkül maradt üzemanyag megolvadása ugyanis a fűtőelemben lévő radioaktív hasadási termékek kikerülését eredményezhetné, és ezt mindenképp meg kell akadályozni.

A primer körű fővezeték törése az atomerőmű legsúlyosabb tervezési üzemzavarainak egyike. Ilyenkor a zóna hűtésének kiesése mellett a törésnél kiáramló víz magas hőmérséklete és a kisebb nyomás miatt azonnal elforr. A radioaktív gőz kijutásának elkerülésére szolgál az ún. hermetikus tér és a lokalizációs rendszer. A hermetikus tér a reaktor hűtőkörét tartalmazó, 1.5 m vastag betonfallal körülvett épületrész, amely egyrészt a sugárzás elleni védelemként szolgál, másrészt megakadályozza a felhalmozódó aktivitás kijutását 1.5 bar túlnyomásig.

Az ennél nagyobb gőznyomás (vagyis a vasbeton épület károsodásának) megelőzése érdekében alakították ki a lokalizációs rendszert, más néven a gőznyomáscsökkentő rendszert, amely a lokalizációs toronyból és az ún. sprinkler rendszerből áll. A főkeringtető vezeték törésekor keletkezett gőz a hermetikus tér levegőjével együtt átáramlik a lokalizációs toronyba, ahol vízzel töltött tálcákon áramlik át. Eközben a gőz lekondenzálódik, így a hermetikus tér nyomása csökken. A sprinkler rendszer bőros vizet porlaszt a hermetikus térbe. A víz lekondenzálja a gőzt, ezzel csökkentve tovább a hermetikus tér nyomását.

Primer körű csőtörés esetén az aktív zóna hűtését a zóna üzemzavari hűtőrendszer (ZÜHR) látja el. Ez egy nagynyomású és egy kisnyomású részből áll. A kisnyomású szivattyú szükség

esetén max. 7.2 bar nyomással 12 g/l bórsavkoncentrációjú vizet nyom a reaktorba. A nagynyomású szivattyú a normál üzemi hűtés helyreállítását segíti 40 g/l koncentrációjú bóros víz bejuttatásával, s a szivattyú betáploldali nyomása megegyezik a primerkör aktuális nyomásával.

Már az atomreaktorok kifejlesztésének kezdeti stádiumában elemzéseket végeztek az üzemzavari veszélyességére vonatkozóan. Ezek alapján arra következtettek, hogy az aktív zóna megolvadása és az illó hasadási termékek kikerülése az atomerőműből jelenti a lakosságra a legnagyobb veszélyt, ezért alapvető feladat a reaktorok aktív zónájának és a fűtőelem-burkolatoknak a védelme.

A VBJ jóváhagyott változata (2000) az AGNES projekt és az IBF bázisán, valamint a biztonságnövelő átalakítások kapcsán elkészített kiterjesztett üzemzavar-elemzéseket tartalmazza. Ezen elemzések struktúrája a következő:

Tervezési üzemzavarok analízise (DBA)

A DBA analízis során az alábbiakban specifikált kezdeti eseményeket követő folyamatokra kellett igazolni, hogy az erőmű biztonsági rendszerei alkalmasak a súlyos következmények elhárítására. Ennek megfelelően elfogadási kritériumokat fogalmaztak meg és ezek teljesülésének bizonyítása volt az elemzések feladata.

Az elemzések a kezdeti eseményt követő fizikai folyamatok alapján célszerűen három csoportra oszthatók: reaktivitás anomáliák okozta és termohidraulikai tranziensek, továbbá segédberendezések elemzése radioaktivitás kikerülése szempontjából.

A reaktivitás anomáliákat követő üzemzavarok elemzéseinél feladattól függően 1- illetve 3-dimenziós zónaszámításokat kellett elvégezni. Rendkívül fontos volt a szükséges termohidraulikai visszacsatolások figyelembevétele. A termohidraulikai tranzienseket kiváltó kezdeti események analízise a folyamatoktól függően különböző programok alkalmazását igényelte. Azon esetekben, amikor a primerkör sérülését követő üzemzavari folyamatról van szó, általában el kellett végezni az aktivitás-transzport és a dózisszámításokat is. A segédberendezések elemzésére ad hoc módszereket alkalmaztak, de a dózisszámításokra ott is a hűtőközeg vesztéssel járó üzemzavaroknál alkalmazott módszereket használtak.

Várható üzemi tranziensek a reaktorvédelem működés elmaradásával (ATWS)

Az ATWS elemzéseket a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően realisztikus, normál üzemi kiinduló adatok figyelembevételével hajtottuk végre.

A reaktortartály nyomás alatti hidegütése üzemzavar alkalmával (PTS)

A hidegütés elsősorban a régi amerikai és szovjet tartályok problémája, ami a nem megfelelő anyagminőség következménye. A paksi reaktortartályok jó minősége ellenére az elvégzett üzemzavar elemzések magában foglalják a PTS elemzéseket is.

A reaktor élettartama alatt feltételezhető üzemzavarok és balesetek széles skáláján a reaktortartály igen gyors és jelentős mértékű lehűtésnek van kitéve (hidegütés), a rendszernyomás esetleges egyidejű fennmaradásával. Igazolandó, hogy a tartály a tervezett

élettartama során bekövetkező ridegedés figyelembevételével sem károsodhat PTS esemény bekövetkezése során.

A feltételezett kezdeti események felsorolása

Az elemzések első lépése a vizsgálat tárgyát képező kezdeti események körének rögzítése volt. Az évtizedes atomerőmű üzemeltetési és engedélyezési tapasztalatok tanúsága szerint az Amerikai Egyesült Államok Nukleáris Biztonsági Hatósága (US NRC) által kiadott Regulatory Guide 1.70 szerinti kezdeti esemény lista jól lefedi azon feltételezhető üzemzavarok körét, amelyek a valószínűségek és következmények együttes értékelésével az erőmű és környezet biztonsága szempontjából leginkább mértékadók. A Végleges Biztonsági Jelentés a fent említett kezdeti események elemzését tartalmazza, kiegészítve a listát azokkal a kezdeti eseményekkel, amelyek a VVER típusú atomerőművek feltételezhető üzemzavaraiként specifikusak.

A tervezési üzemzavarok körében vizsgált kezdeti eseményeket, azok várható gyakoriságának figyelembevételével két kategóriába soroltuk, úgy mint:

- várható üzemi események, AOO (Anticipated Operational Occurrences);
- feltételezett üzemzavarok, PA (Postulated Accidents).

Az AOO események várható gyakorisága 10^{-2} /évnél nagyobb, míg a PA események pedig ennél ritkábbak.

A továbbiakban táblázatosan áttekintjük a tervezési üzemzavarok hét csoportba sorolt kezdeti eseményeit, valamint a kiterjesztett analízis ATWS és PTS csoportjainak kezdeti eseményeit. A táblázatok "US NRC" oszlopa mutatja, hogy a Regulatory Guide 1.70 szerinti lista mely eleméről van szó, a „Fejezet” oszlop a Végleges Biztonsági Jelentés megfelelő fejezetszámát tartalmazza, míg a "VBJ" oszlop jelmagyarázata:

- + elemzés készült;
- elemzés nem készült;
- ↓ a nyíllal meghivatkozott kezdeti esemény, pontosabban az adott konzervativizmussal készült elemzés majorálja; PA csak akkor majorálhat AOO kezdeti eseményt, ha a PA eset analízise szerint a szigorúbb AOO kritériumok is teljesülnek.

1. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.1. fejezet):

5.42. táblázat: A szekunder oldali hőelvonás növekedése

Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
1.1 A tápvízrendszer zavara, ami a tápvíz-hőmérséklet csökkenésére vezet	AOO	15.1.1	15.2.4.1.1	↓ 1.5
1.2 A tápvízrendszer zavara, ami a tápvízforgalom növekedésére vezet	AOO	15.1.2	15.2.4.1.2	↓ 1.5
1.3 Gőznyomás szabályozó zavara vagy hibája, ami növekvő gőzforgalomra vezet	AOO	15.1.3	15.2.4.1.3	↓ 1.5
1.4 A gőzfejlesztő lefűvató vagy biztonsági szelepének szándékolatlan nyitása	AOO	15.1.4	15.2.4.1.4	↓ 1.5
1.5 Gőzvezeték törések spektruma a konténmenten belül és kívül	PA	15.1.5	15.2.4.1.5	+

2. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.2. fejezet):

5.43. táblázat: A szekunder oldali hőelvonás csökkenése

Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
2.1 Gőznyomás szabályozó zavara vagy hibája, ami csökkenő gőzforgalomra vezet	AOO	15.2.1	15.2.4.2.1	↓ 2.3
2.2 Teherledobás	AOO	15.2.2	15.2.4.2.2	↓ 2.3
2.3 Turbina leállás	AOO	15.2.3	15.2.4.2.3	+
2.4 A főgőz vezetéki izoláló szelepek szándékolatlan zárása	AOO	15.2.4	15.2.4.2.4	+
2.5 A kondenzátor vákuum elvesztése	AOO	15.2.5	15.2.4.2.3	↓ 2.3
2.6 A külső villamos betáplálás és a belső váltóáramú betáplálás egyidejű elvesztése	AOO	15.2.6	15.2.4.2.5	+
2.7 A normál tápvízáram elvesztése	AOO	15.2.7	15.2.4.2.6	+
2.8 Tápvízvezeték törések	PA	15.2.8	15.2.4.2.7	+

3. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.3. fejezet):

5.44. táblázat: A primerköri hűtőközeg forgalom csökkenése

Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
3.1 Egy vagy több FKSz kiesése	AOO	15.3.1	15.2.4.3.1	+
3.2 FKSz beékelődése	PA	15.3.3	15.2.4.3.2	+
3.3 FKSz tengelytörés	PA	15.3.4	15.2.4.3.3	+
3.4 A természetes cirkuláció zavara	AOO	-	15.2.4.3.4	+

4. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.4. fejezet):

5.45. táblázat: Reaktivitás üzemzavarok és a teljesítmény-eloszlás anomáliái

Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
4.1 Ellenőrizetlen szabályozóköteg-kihúzás szubkritikus vagy indulási kis teljesítményű állapotban	AOO	15.4.1	15.2.4.4.1	+
4.2 Szabályozóköteg-csoport ellenőrizetlen kihúzása különböző teljesítményeken	AOO	15.4.2	15.2.4.4.2	+
4.3 Szabályozóköteg téves működtetése	AOO	15.4.3	15.2.4.4.3	+
4.4 Nem-üzemelő hurok hibás visszakapcsolása	AOO	15.4.4	15.2.4.4.4	+
4.5 Pótvíz és bóros szabályozás rendszerének téves működtetése	AOO	15.4.6	15.2.4.4.5	+
4.6 Fűtőelem köteg téves pozícióba helyezése	PA	15.4.7	15.2.4.4.6	+
4.7 Szabályozóköteg kilökődések spektruma	PA	15.4.8	15.2.4.4.7	+

5. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.5. fejezet):

5.45. táblázat: A reaktor hűtővíz mennyiségének növekedése

	Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
5.1	ZÜHR szándékolatlan működtetése teljesítményen	AOO	15.5.1	15.2.4.5.1	-
5.2	Pótvíz és bóros szabályozás rendszerének téves működtetése, ami a hűtővíz mennyiségét növeli	AOO	15.5.2	15.2.4.5.2	+

6. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.6. fejezet):

5.46. táblázat: A reaktor hűtővíz mennyiségének csökkenése

	Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
6.1	A térfogat-kiegyenlítő biztonsági vagy lefúvató szelepének szándékolatlan nyitása	PA	15.6.1	15.2.4.6.1	+
6.2	A primerköri vezetékek olyan törése, amely a konténment gyűjtőrendszerén kívül történik	AOO	15.6.2	15.2.4.6.2	+
6.3	Gőzfejlesztő csőtörés	PA	15.6.3	15.2.4.6.3	+
6.4	A gőzfejlesztő kollektor-fedél felnyílása	PA	-	15.2.4.6.4	+
6.5	Csőtöréses üzemzavarok spektruma	PA	15.6.5	15.2.4.6.5-7	+
6.6	FKSz szivárgás a közbenső körbe a villamos betáplálás elvesztésekor	PA	-	15.2.4.6.8	+

7. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.7. fejezet):

5.47. táblázat: Radioaktív kibocsátás alrendszerekből és komponensekből

	Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
7.1	A gáznemű radioaktív hulladék rendszer szivárgása vagy hibája	PA	15.7.1	15.2.4.7.1	+
7.2	A folyékony radioaktív hulladékrendszer szivárgása vagy hibája	PA	15.7.2	15.2.4.7.2	+
7.3	Folyadéktárolóból történő posztulált radioaktív kibocsátás	PA	15.7.3	15.2.4.7.3	+
7.4	Fűtőelem kezelési üzemzavarok a konténmentben és a fűtőelem tárolóban	PA	15.7.4	15.2.4.7.4	+
7.5	Kiégett üzemanyag konténer leejtése	PA	15.7.5	15.2.4.7.5	-

8. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.8. fejezet):

5.48. táblázat: ATWS események

Kezdeti esemény	Típus	US NRC	Fejezet	VBJ
8.1 Ellenőrizetlen szabályozó köteg visszahúzás	PA	15.8.1	15.2.4.8.1	+
8.2 Tápvízvesztés	PA	15.8.2	15.2.4.8.2	+
8.3 Külső villamos betáplálás elvesztése	PA	15.8.3	15.2.4.8.3	+
8.4 Teherledobás	PA	15.8.4	15.2.4.8.4	↓ 8.6
8.5 Kondenzátor vákuum elvesztése	PA	15.8.5	15.2.4.8.5	↓ 8.6
8.6 Turbina leállás	PA	15.8.6	15.2.4.8.6	+
8.7 A főgőz vezetéki izoláló szelep szándékolatlan zárása	PA	15.8.7	15.2.4.8.7	+

9. kezdeti esemény csoport (VBJ 15.2.4.9 fejezet)

5.49. táblázat: Nyomás alatti hőszokk (PTS) esetek

Kezdeti esemény	Fejezet	VBJ
9.1 A térfogat-kiegyenlítő biztonsági szelep szándékolatlan nyitása	15.2.4.9	+
9.2 Kis és közepes csőtörések	15.2.4.9	+
9.3 200%-os hidegági törés	15.2.4.9	+
9.4 Gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílás	15.2.4.9	+
9.5 Gőzvezeték törés	15.2.4.9	+
9.6 ZÜHR szándékolatlan indítás	15.2.4.9	+

Az elemzések során alkalmazott elfogadási kritériumok és alapelvek

A tervezési üzemzavarok elemzése során az NRC által kibocsátott "Standard Review Plan"-re és az ismert finn gyakorlatra alapozva, az AGNES projekt során definiált és az IBF során is alkalmazott kritériumokat használtuk. A kritériumok rövidített listája, kiegészítve a PTS elemzésekben előírt kritériumokkal a következő:

A várható üzemi eseményekre vonatkozó kritériumok

C1 kritérium

Semmilyen kezdeti esemény sem generál az adott kategóriára meghatározottnál súlyosabb következményekkel járó erőművi viszonyokat további független hiba fellépése nélkül.

C2 kritérium

Egy várható üzemi esemény önmagában, vagy kombinálva egy aktív komponens meghibásodásával vagy egy operátori tévedéssel, nem eredményezheti egyetlen védelmi gát funkciójának elvesztését sem, beleértve a fűtőelem burkolatot is. Ha azonban az esemény és egy további komponens meghibásodás vagy operátori tévedés kombinált gyakorisága kisebb, mint 10^{-2} /év, akkor korlátozott számú fűtőelemnél megengedett a burkolatsérülés. A sérült fűtőelemek mennyiségét számítással meg kell határozni, a burkolat sérülését pedig a C4 kritérium szerint kell feltételezni.

Az elemzésekben az erőművi rendszer leginkább limitáló egyszeres meghibásodását, vagy az ilyen operátori tévedést kell azonosítani és feltételezni.

C3 kritérium

A hőátadási krízis felleptének valószínűsége bárhol az aktív zónában alacsony kell, hogy legyen. A legterheltebb fűtőelemen 95% valószínűséggel a 95%-os konfidencia-szinten nem léphet fel forráskrízis (DNB). Az alkalmazott DNB-korrelációt az adott zónahűtési feltételek és az adott fűtőelem szempontjából releváns kísérleti adatokra kell alapozni.

Ha az elemzésekben adódó DNB arány a fentiek alapján kapott érték alá esik, akkor fűtőelem meghibásodást (a burkolat perforációját) kell feltételezni valamennyi olyan pálcára, amelyre ezek a kritériumok nem teljesülnek, kivéve, ha egy elfogadható fűtőelem sérülési modell segítségével ki lehet mutatni, hogy csak kevesebb pálca meghibásodás történik.

C6 kritérium

A várható üzemi esemény következtében a dózisok az alábbi korlátozó értékek alatt kell maradjanak:

- az erőmű ellenőrzött zónájában az effektív dózisegyenérték kisebb, mint 15 mSv/év, a pajzsmirigydózis egyenérték pedig kisebb, mint 150 mSv/év;
- az erőmű ellenőrzött zónáján kívül és a környezetben az effektív dózisegyenérték kisebb, mint 0,1 mSv/év, a pajzsmirigydózis egyenérték pedig kisebb, mint 1 mSv/év.

C8 kritérium

Várható üzemi esemény során a reaktor hűtővíz- és főgőz rendszerének a nyomása a tervezési érték 110%-a alatt marad.

A feltételezett üzemzavar esetekre vonatkozó kritériumok

C1 kritérium

Semmilyen kezdeti esemény sem generál az adott kategóriára meghatározottnál súlyosabb következményekkel járó erőművi viszonyokat további független hiba fellepte nélkül.

C4 kritérium

A fűtőelem burkolat meghibásodását kell feltételezni minden olyan fűtőelem pálcánál, ahol az alábbi jelenségek közül legalább egy fellep:

- a. A burkolat túlmelegszik, a fűtőelem forráskrízist szenved a C3 kritérium szerint.
- b. A fűtőelem tabletta hőmérséklete bármely pontban eléri az olvadáspontot. (Az olvadáspont 2840 °C friss üzemanyagra és 2670 °C kiégett üzemanyagra.)
- c. A radiálisan átlagolt fűtőelem entalpia meghaladja az 586 J/gUO₂ (140 cal/g) értéket a pálca bármely axiális pontján. Az entalpia referencia-hőmérséklete 298 K.
- d. Más lehetséges fűtőelem meghibásodási módok, mint pl. mechanikai ütések, vagy felfúvódás és törés a belső nyomás következtében.

C5 kritérium

A feltételezett üzemzavari körülmények esetén a reaktor primerköre olyan állapotban kell maradjon, hogy a fűtőelemek rövid- és hosszú távú hűthetősége fenntartható legyen. Ennek igazolására elégséges belátni, hogy az alábbi követelmények teljesülnek:

- a. A zónahűtési kritériumok teljesülnek:
 - A számított max. fűtőelem burkolat hőmérséklet nem haladja meg az 1200 °C-ot.

- A burkolat számított teljes oxidációja a legterheltebb pontban sem haladja meg a burkolat oxidáció előtti vastagságának a 17%-át.
 - A burkolatnak vízzel vagy gőzzel való kémiai reakciójából származó hidrogén teljes mennyiségének számított értéke nem haladja meg annak a feltételezhető mennyiségnek az 1%-át, amely akkor keletkezne, ha a fűtőelemeket körülvevő burkolat-hengerekben lévő összes fém reagálna (leszámítva a tablettákat nem tartalmazó részt körülvevő burkolatot).
 - Az aktív zóna geometriájában fellépő változások nem teszik lehetetlenné a zóna hűtését.
- b. A radiálisan átlagolt fűtőelem entalpia nem haladja meg a 963 J/gUO (230 cal/g) értéket a fűtőelem bármely axiális pontjában. Az entalpia referencia hőmérséklete 298 K.

C7 kritérium

Feltételezett üzemzavar következtében a dózisok az alábbi korlátozó értékek alatt kell maradjanak:

- az erőmű ellenőrzött zónájában az effektív dózisegyenérték kisebb, mint 50 mSv/esemény, a pajzsmirigy dózis egyenérték pedig kisebb, mint 500 mSv/esemény,
- az erőmű ellenőrzött zónáján kívül és a környezetben az effektív dózisegyenérték kisebb, mint 5 mSv/esemény (az ÁNTSz-OTH N-828/1996. állásfoglalása szerint ezt célszerű évre vonatkoztatni), a pajzsmirigy dózis egyenérték pedig kisebb, mint 50 mSv/esemény.

C9 kritérium

Feltételezett üzemzavar esetén a reaktor hűtővíz- és főgőz-rendszerének a nyomása a tervezési értékek 135%-a alatt marad.

Kiegészítő kritériumok

Különböző konkrét esetekben a várható üzemi eseményekre és a feltételezett üzemzavarokra vonatkozó kritériumokhoz járulnak még az alábbiak:

C10 kritérium

Az erőmű kezelési utasításainak gondoskodniuk kell arról, hogy a reaktor belső ellenőrző rendszerével az átrakás után az esetleges téves fűtőelem köteg betöltések kimutathatóak legyenek.

C11 kritérium

Attól az időponttól kezdve, hogy egy jelzés felhívja az operátor figyelmét a moderátor bórsav koncentrációjának nem tervezett csökkenésére, a következő időintervallumoknak kell rendelkezésre állniuk, mielőtt a kritikusságot elérik, vagy a reaktor lezárási reaktivitása teljesen elvész:

- a. üzemanyag átrakás alatt 30 perc,
- b. indítás, hideg leállítás, a minimális ellenőrizhető teljesítményen és teljesítményen történő üzemelés során 15 perc.

C12 kritérium

Az aktív zóna nem kerül szárazra az átrakás során történő üzemzavarok következtében.

A PTS elemzések speciális kritériumai:

PTS-1 kritérium

A repedésterjedés megindulásával szembeni biztonsági tényező nagyobb, mint 1,1.

PTS-2 kritérium

A rendszer stabil végállapotában a nyomás nem haladhatja meg a kialakult hőmérséklethez tartozó megengedett értéket.

A feltételezett üzemzavarok kezdeti esemény gyakorisága általában a 10^{-4} – 10^{-5} eset/év értékkel jellemezhető. A VBJ szerint [37] a Paksi Atomerőműre elvégzett számszerű kockázatelemzési (PSA) eredmények rövid értékeléseként megállapítható, hogy belső eredetű kezdeti eseményekre vonatkozóan a vizsgált erőművi üzemállapotok összességére kapott, egy évre vonatkozó zónakárosodási valószínűség (zónakárosodási „gyakoriság”) lényegesen kisebb, mint az AGNES projekt, illetve az 1-2. blokki IBF során eredetileg csak névleges teljesítményű üzemre számolt, mintegy $5 \cdot 10^{-4}$ /év értékű zónakárosodási gyakoriság.

A 2003. évi főjavítások után az egyes blokkokra számított zónasérülési gyakoriságokat az 5.50. táblázat mutatja.

5.50. táblázat: A 2003. évi főjavítások után az egyes blokkokra számított zónasérülési gyakoriságok

	1. blokk	2. blokk	3. blokk	4. blokk
Névleges teljesítményen				
Belső események	1,3E-5	1,4E-5	1,4E-5	1,3E-5
Tűz	4,5E-6	3,3E-6	9,2E-6	6,3E-6
Elárasztás	8,5E-6	3,8E-6	9,0E-6	3,9E-6
Főjavításra történő leállás	1,3E-5	1,3E-5	1,3E-5	1,3E-5
Összesen	3,9E-5	3,4E-5	4,5E-5	3,7E-5

Megjegyzés: A 2. blokkra közölt adatok a blokk hosszú idejű leállása és speciális üzemállapota miatt csak formális információnak tekinthető

Az alkalmazott kezdeti esemény lista szerint sor került minden, a biztonság szempontjából a világban jelenleg fontosnak ítélt kezdeti esemény elemzésére. Az elemzések konkrét eredményei igazolták az elvárásokat, nevezetesen azt, hogy a blokkokon alkalmazott rendszer jelentős biztonsági tartalékokkal rendelkezik. A vizsgált kezdeti események többsége esetében az erőmű a biztonsági rendszerek minimális konfigurációjának figyelembevételével is teljesíti a kritériumokat. Az egyszeres hiba elvének szigorú alkalmazására csak a 200%-os hidegági törés, a szabályozó köteg ellenőrizetlen kihúzása és a gőzvezetéktörés eseteiben volt szükség ahhoz, hogy a kritériumok teljesüljenek. A 200%-os hidegági törés esetében a minimális konfiguráció nem bizonyult elégségesnek (az üzemzavari hűtőrendszer tervezési kritériuma az, hogy egyszeres hiba esetén el tudja látni feladatát). A hűtőközegvesztéses üzemzavarok másik potenciálisan veszélyes csoportját azok az üzemzavarok alkotják, amelyek során a primerköri hűtőközeg nem a konténmentbe ömlik ki (gőzfejlesztő hőátadó cső, gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílása, folyás az FKSz közbenső körébe). Ezekben az esetekben nem képződik zsompvíz, ami a ZÜHR tartályok leürülése után a zóna épségének sérülésére vezet, ha nem történik meg időben a törés izolálása, illetve a primerköri vízutánpótlás egyéb vízforrásból nem biztosítható. Az összes szekunderoldali hőelvonás csökkenéssel járó üzemzavar közül a gőzvezetési izoláló szelepek egyidejű szándékolatlan zárása vezet a legmagasabb primerköri nyomás fellépésére (13,63 MPa) és a legkisebb forráskrizisig terjedő

tartalék ($DNBR_{min}$) létrejöttére (2,38). DNBR szempontjából azonban mind a kényszerített áramlás leállításával járó, mind a reaktivitás tranziensek kedvezőtlenebbek. A szekunder nyomás növekedése szempontjából veszélyes üzemzavarok elemzése azt mutatta, hogy a gőzfejlesztő biztonsági szelepek nagy kapacitása következtében még az atmoszférába redukálók figyelmen kívül hagyása esetén sem nő érzékelhetően a nyomás a biztonsági szelepek beállítási nyomása fölé. A tápvízvezeték törésének vizsgálata arra az eredményre vezetett, hogy nem képződnek azok a GF védelmi jelek, amelyek ilyen esetben a GF kiszakaszolására vezetnének, így ez a tranziens, ami a hőelvonás csökkenése kezdeti esemény csoportba tartozik, jelentős hőelvonás növekedésre vezet. A probléma megoldása a gőzvezeték-törés kapcsán javasolt gőzkollektor alacsony nyomás jel bevezetése. A reaktivitás tranziensek körében kiderült, hogy bizonyos esetekben a periódusvédelem működése nélkülözhetetlen a kritérium-sértés elkerüléséhez. Ez a védelem jelenleg nem tekinthető diverznek. Fontos eredménye az analízisnek, hogy a reaktor vészleállításának elmaradásával járó tranziensek (ATWS) során realisztikus körülmények feltételezésével a rendszer nem kerül veszélyes állapotba és az ekkor érvényes kritériumok teljesülnek.

A nyomás alatti hősokkal járó (PTS) tranziensek vizsgálata egyértelműen és érthetően arra az eredményre vezetett, hogy a kezelési utasításokban a primerköri törések izolálásának nem szabad abszolút prioritást adni a tartály hidegen való nyomás alá helyezésének elkerüléséhez képest. Ezt a szempontot az új állapotorientált kezelési utasítások kifejlesztése során folyamatosan érvényesítettük. A további problémák, amelyek az erőmű élettartamának későbbi szakaszában várhatók, a számítási módszerek konzervativizmusából eredő hatások csökkentésével, a tartályt kevésbé igénybe vevő zónaelrendezések jótékony hatásának a figyelembevételével, a surveillance rendszer további működtetésével és végső soron az üzemzavari hűtővíz hőmérsékletének emelésével látszanak megoldhatónak. A konténment elemzése kimutatta, hogy a DBA üzemzavarok során keletkező nyomás a tervezési érték alatt marad. A járulékos meghibásodásokkal együtt vizsgált gőzvezeték törés magasabb nyomásértékre vezet, mint a méretezési üzemzavar. Itt a határérték-sértés elkerüléséhez szükséges a 30 perc utáni operátori beavatkozás. A hidrogénfejlődést az erőmű műszaki terve eredetileg nem vette figyelembe. Azóta a tartályon belüli gázok esetleges fejlődése miatt kiépítésre került a primerköri üzemzavari gázeltávolító rendszert, valamint a konténmentbeli hidrogén eltávolítására passzív regeneratív hidrogén rekombinátorokat helyeztek fel. A gázeltávolító és a rekombinátorok megfelelő működését elemzésekkel igazolták.

A radiológiai következményekkel járó eseményekről a várakozásnak megfelelően bebizonyosodott, hogy a nukleáris biztonsági szabályzatban szereplő kritériumok túllépésére nem kerül sor. A gőzfejlesztő kollektor sérülésekor arra lehetett számítani, hogy a közvetlen környezeti kikerülés miatt problémák jelentkezhetnek, de az elemzések megmutatták, hogy a primerköri aktivitás kikerülése, a feltételezhető „spiking”-gal együtt sem eredményez számottevő dózis növekedést a biztonsági övezet határán. Az időközben végrehajtott biztonságnövelő átalakítások segítségével az ilyen esetek következményeit hatékonyan csökkentette az üzemeltető.

A technológiai rendszerekből történő aktivitás-kiszabadulás szempontjából vizsgált üzemzavarok az alábbiak voltak:

- A. Ø 73 mm-es csőtörés,
- B. Ø 90 mm-es csőtörés,
- C. Ø 111 mm-es csőtörés,
- D. Ø 233 mm-es csőtörés,
- E. Ø 277 mm-es csőtörés a térfogat-kiegyenlítő vezetékében,

- F. Ø 492 mm-es hidegági főkeringtető vezeték 200%-os törése,
- G. Ø 492 mm-es melegági főkeringtető vezeték 200%-os törése,
- H. Szabályzó köteg kilökődés,
- I. Gőzfejlesztő kollektor fedél felnyílás,
- J. Ø 13 mm-es cső törése a konténmenten kívül,
- K. Szivárgás az FKSz közbenső körbe.

Az 1993-ban, az AGNES projekt végrehajtásakor elvégzett rendszerelemzések kimutatták, hogy a néhányszor tíz rendszerhez tartozó csővezeték többsége teljesen veszélytelennek minősíthető, főként a többszörös kizárhatóság és a nagyon kis kiömlési keresztmetszet miatt. A többszörös kizárhatóság miatt nagy a valószínűsége a sikeres lokalizálásnak egy esetleges törés esetén. Ha mindennek ellenére a kizárás mégis sikertelen lenne, akkor is hosszú a beavatkozáshoz rendelkezésre álló idő, a kis keresztmetszet miatt. Ilyen esetekben rendszerint még a védelmi jelek sem alakulnak ki és a ZÜHR működés is elkerülhető, a pótvíz szivattyúnak köszönhetően.

Néhány rendszer esetén részletesebb vizsgálatra volt szükség, a hermetikus téren kívüli esetleges törés veszélyességének megítélésére. Ezek a rendszerek az alábbiak:

- FKSZ közbenső kör,
- SZBV közbenső kör,
- szervezett szivárgások rendszere,
- pótvízrendszer.

A részletes valószínűségi biztonsági elemzés nyomán megállapítható, hogy a zónasérülési gyakoriságához csak nagyon kis járulékot adnak azok az esetek, amelyek a fenti rendszerek meghibásodása következtében járnak hermetikus téren kívüli vízvesztéssel. Azt is hozzá kell tenni, hogy a folyamatok itt sem zajlanak túl gyorsan, mert a megfelelő helyekre terv szerint beépített csőszűkítők (kifolyás gátlók) a kiömlés intenzitását jelentősen csökkentik.

A hermetikus tér megkerülésével járó üzemzavarok között lényegében egyetlen olyan feltételezett esemény van, amelyre kellő figyelmet kell fordítani, ez pedig a gőzfejlesztőben, a primer- és szekunderkör határfelületén keletkezett törések esete (PRISE). Ezek közül is kiemelkedik a gőzfejlesztő primerköri kollektorának felnyílása. Ezt a dozimetriai következmények számszerűsítésekor az I jelű üzemzavarként értékelték. Ez az eset éppen azért veszélyes, amiért veszélytelennek voltak minősíthetők a fentiekben említett rendszerek: relatíve nagy a lehetséges kifolyási keresztmetszet, és nincs többszörös kizárás. Ezeknek az eseteknek a veszélyességét az elmúlt években végrehajtott sikeres technológiai átalakításokkal mérsékeltek.

A rendszerelemzések során a fent említett PRISE eseten kívül, két olyan csőtörési lehetőséget találtak, amelyek primerköri hűtőközeget tartalmaznak, de a konténment falán való áthaladás előtt nem rendelkeznek kettőzött biztonsági elzáró szerelvénnel. Ezek vizsgálatára került sor a J és K jelű üzemzavarok között. A J üzemzavar keretében egy 13 mm-es (a VBJ 15.2.6.1. pontjában szerkesztési hiba miatt tévesen 57 mm) impulzus cső törését, míg a K üzemzavar esetében az FKSz közbenső kör felé történő átszivárgást feltételeztek. Mind a két esetben kisméretű vezetésekről van szó, ezért az üzemzavarokra önálló termohidraulikai számítás nem készült, az egyéb, nagyobb méretű csőtöréses üzemzavarok a zónasérülés szempontjából lefedik ezt az esetet. Az aktivitás kikerülés szempontjából azért választották az említett két esetet, mert a kettős kizárási lehetőség hiánya miatt, az egyszeres meghibásodási elv alkalmazásával elképzelhető hosszabb idejű kifolyás.

A vizsgált két eset mindenképpen felülbecsüli az olyan eseteket, amikor egy primerkörü közeget tartalmazó, de a primerkörtől a törés esetén leválasztódó rendszeren történik a kezdeti esemény.

Meg kell jegyezni, hogy az egyik esetben sem fordul elő, hogy a kifolyás közvetlenül a környezetbe történhetne. Az impulzus cső törésekor a kifolyás a hermetikus térhez tulajdonképpen csatlakozó irányítástechnikai helyiségekbe, míg az FKSz közbenső kör sérülése esetén a közbenső kör csőrendszer reaktorcsarnokhoz csatlakozó helyisége illetve a zárt spec. csatornarendszer által érintett helyiségeken keresztül jelentős visszatartással történhet kibocsátás.

A dózis viszonyok számszerűsítéséhez olyan konzervatív feltételezéseket alkalmaztak, amelyek messze túlmutatnak a tervezési üzemzavari kereteken. A J esetben 10 kg/s, a K esetben 18 kg/s állandó mértékű, 12 óráig tartó, a maximálisan megengedett állandó értékű primerkörü aktivitás koncentrációjú kiömléssel számoltunk. Nyilvánvaló, hogy a kifolyás, kezelői beavatkozásokkal ennél lényegesen rövidebb idő alatt is megszüntethető, a 12 óra viszont elegendő arra, hogy kizárás nélkül a reaktor teljes lehűtésének és nyomás mentesítésének hatására szűnjön meg a kifolyás.

Észre kell venni, hogy 10 kg/sec állandó kiömlés a teljes primerkörü térfogat több mint kétszeresét, a 18 kg/sec pedig majdnem a négyszeres térfogat kikerülését eredményezi. A primerkör aktivitás készlete viszont csak egyszer kerülhetne ki, így az aktivitás kikerülésben még további kb. 2-szeres illetve 4-szeres felülbecslés is történt.

A négy legfontosabb izotóp (technológiai rendszerekből történő) kibocsátásának az egyes üzemzavarokhoz tartozó, a teljes becsülhető időtartamra vonatkozó értékeit az 5.51. táblázatban foglaltuk össze. J és K esetekben a kibocsátás konténmenten kívül, de a technológiai helyiségekbe történik, az aktivitásokat a megfelelő kezelőhelyiségekben adtuk meg.

5.51. táblázat: Radioaktív anyagok kibocsátása a vizsgált üzemzavarok során

Esemény	Kibocsátás [Bq]			
	¹³³ Xe	⁸⁵ Kr	¹³¹ I	¹³⁷ Cs
A.	$1,0 \cdot 10^7$	$7,3 \cdot 10^6$	$8,7 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^1$
B.	$1,7 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^1$
C.	$2,8 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^5$	$6,1 \cdot 10^1$
D.	$1,5 \cdot 10^9$	$4,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^2$
E.	$1,3 \cdot 10^{13}$	$6,0 \cdot 10^{11}$	$1,1 \cdot 10^{11}$	$3,5 \cdot 10^9$
F.	$1,9 \cdot 10^{13}$	$7,2 \cdot 10^{11}$	$1,7 \cdot 10^{11}$	$5,3 \cdot 10^9$
G.	$1,1 \cdot 10^{13}$	$5,4 \cdot 10^{11}$	$9,9 \cdot 10^{10}$	$3,1 \cdot 10^9$
H.	$3,2 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^7$	$2,7 \cdot 10^5$	$6,9 \cdot 10^1$
I.	$6,2 \cdot 10^{13}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	$1,8 \cdot 10^{12}$	$1,4 \cdot 10^{11}$
J.*	$5,2 \cdot 10^{17}$	$5,7 \cdot 10^{13}$	$3,0 \cdot 10^{16}$	$8,1 \cdot 10^{15}$
K.*	$6,6 \cdot 10^{17}$	$7,3 \cdot 10^{13}$	$3,8 \cdot 10^{16}$	$1,0 \cdot 10^{16}$

* Kibocsátások az épületen belül

Az épületen belüli (zömében a reaktorcsarnokra végzett) dózis-számításoknál szélső esetként a szellőző-berendezések működésképtelenségét is feltételezték, majd eredményeiket összevetették a normál üzemi szellőzés üzemeltetése esetén becsült dózisokkal.

A legfontosabb eredményeket az 5.52. táblázatban foglaltuk össze.

5.52. táblázat: Számított dózisok a különböző üzemzavarokra

Esemény	Számított dózis [Sv]			
	Épületen belül		A környezetben*	
	Egésztest	Pajzsmirigy	Egésztest	Pajzsmirigy
A.	$6,8 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-11}$	$8,5 \cdot 10^{-12}$
B.	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-11}$
C.	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$
D.	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$
E.	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
F.	$6,6 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^1$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
G.	$4,0 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-6}$
H.	$6,2 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$2,6 \cdot 10^{-11}$
I.	-	-	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$

* Az erőmű biztonsági övezetének határán

Az épületen belüli (reaktorcsarnokbeli) dózisok a nagycsőtöréses esetekben (168 órás tartózkodás esetén) több, mint egy nagyságrenddel meghaladják a referencia értékeket, ezért adott esetben intézkedni kell, hogy a reaktorcsarnokban tartózkodók a veszélyeztetett területet mielőbb elhagyják.

A nemzetközi ajánlásoknak (NAÜ 50-SG-S3 Biztonsági útmutató) teljesen megfelelő számítások szerint az üzemzavarok következtében a környezetben élő lakosság legveszélyeztetettebb csoportja sem kap a megengedettnél nagyobb dózist.

5.5.3 Üzemzavari kibocsátással járó események a Paksi Atomerőmű eddigi működése során

A Paksi Atomerőmű eddigi üzemelése alatt három olyan rendellenes esemény történt, amely a szokásos normálüzemi kibocsátásokat meghaladó radioaktív anyag kibocsátással járt, s ezek környezeti megjelenését is jól lehetett regisztrálni. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a három eseménnyel kapcsolatban az üzemi környezetellenőrzés tevékenységét és a legfontosabb mérési eredményeket.

A Kondor-tóba történt kibocsátás 1983-ban

A Paksi Atomerőműből 1983 elején az engedélyezett kibocsátások téves útvonalon az erőmű melletti halastavakba kerültek. A vízben a ^3H aktivitáskoncentrációja megnövekedett 250 Bq/dm^3 -re, majd a vízcserét követően visszaállt a háttérszint közeli 8 Bq/dm^3 értékre. Az iszap 15 Bq/kg száraz anyag koncentrációban ^{54}Mn -et, és 8 Bq/kg mennyiségben $^{110\text{m}}\text{Ag}$ -et tartalmazott. A vízben egyetlen hasadási, illetve aktivációs termék koncentrációja se érte el a $0,2 \text{ Bq/dm}^3$ -t, a halban a 2 Bq/kg -ot. A horgászásra, a halfogyasztásra semmiféle hatósági korlátozó intézkedést nem kellett hozni.

2. blokk 2. gőzfejlesztő hőátadó csövek átjárhatósági vizsgálata 1997-ben

Az atomerőmű főjavítás alatt álló 2. blokkjának 2. gőzfejlesztőjén tamponos átfűjással a hőátadó csövek átjárhatóságát vizsgálták 1997. augusztusának végén. Ennek során a gőzfejlesztők melegági kollektoránál radioaktív izotópokat – elsősorban ^{58}Co -at, ^{60}Co -at és ^{54}Mn -et – tartalmazó por került a gőzfejlesztő körüli térség levegőjébe, s onnan a megbontott

födemen keresztül a reaktorcsarnok légterébe. A reaktorcsarnokból a levegő – szűrés nélkül – a szellőzőrendszeren keresztül, 635 000 m³ összes névleges légforgalommal az 1-2. blokk szellőzőkéményén át távozott a környezetbe. A kibocsátási mérések alapján az augusztus 26-a és szeptember 9-e közötti időszakban 1,6 GBq ⁵⁸Co, 107 MBq ⁶⁰Co, 19 MBq ⁵⁴Mn és 10 MBq ^{110m}Ag került – néhány más, jóval kisebb mennyiségű radionukliddal együtt – a légterbe. Figyelembe véve a vonatkozó, 1/1980. (II. 6.) OKTH számú rendelet előírásait, 30 nap átlagára vetítve az összes-béta méréssel meghatározott kibocsátást, az a korlát 1,5 %-át érte el.

A távmérő állomások heti aeroszol mintáiban a 35. héttől az év hátralevő részéig a ⁵⁸Co-at jól mérni lehetett. A legnagyobb aktivitáskoncentráció a 35. héten, a szélirányban lévő A4 állomáson volt (0,8 mBq/m³). Ugyanezen a héten a ⁵⁴Mn és a ⁶⁰Co aktivitáskoncentrációja 0,02 mBq/m³ körül alakult. A kibocsátási és a meteorológiai adatok alapján elvégzett terjedési számítások az A4 állomás környékére adták a legnagyobb dózis-értékeket, más irányokban és távolságban az adatok legalább egy nagyságrenddel kisebbek voltak. Az inhalációból és a táplálékláncon keresztül történő ⁵⁸Co és ⁶⁰Co felvételből számított felnőtt lekötött effektív dózis e két radionuklidra 1,3, illetve 1,2 nSv-nek adódott, ami rendkívül csekély érték.

A 2. blokkon 2003. április 10-11-én bekövetkezett súlyos üzemzavar

A 2. blokk 1-es aknájában 2003. április 10-én a francia-német FRAMATOM ANP cég által gyártott és szállított speciális tisztítótartályban 30 frissen kirakott, kiégett fűtőelem kazetta magnetit lerakódástól való mentesítését végezték a fenti cég szakemberei. A tisztítási művelet befejezése után hűtési elégtelenség következtében mind a 30 kazetta súlyosan megsérült, és az akna vizén nagy mennyiségű radioaktív anyag – elsősorban radioaktív nemesgázok, elemi, szerves és aeroszol formájú jódtizotópok, de egyéb hasadási termék is – került a reaktorcsarnokba, s innen a szellőzőrendszereken keresztül a légterbe. A napi kibocsátás a nemesgázokból és a jódtizotópokból megközelítette, illetve meghaladta az időarányos hatósági korlátot. A véglegesített adatok szerint április 10. és május 10-e között kereken 470 TBq aktivitású nemesgáz (zömmel ¹³³Xe), 310 GBq elemi, 87 GBq szerves és 6 GBq aeroszol formájú ¹³¹I kibocsátás, valamint 7 GBq T_{1/2}>24h felezési idejű egyéb aeroszol kibocsátás történt, a többi radionuklidé a fentiek mellett elhanyagolható volt.

Április 11-én hajnalban, az észak felé fújó széliránynak megfelelően, az A1 állomás dózisteljesítmény mérő szondája rövid ideig 250 nSv/h szintemelkedést jelzett, amelyet még egy kisebb csúcs követett (az egész folyamat néhányszor tíz perces mérési cikluson keresztül állt fenn). Ezt követően a környezeti sugárzás dózisteljesítménye visszaállt a normális, természetes szintre. A későbbiek során sem ezen az állomáson, sem a többi távmérő állomáson a mérőberendezések egyszer sem jeleztek szintemelkedést. (Az erőmű környezeti távmérő hálózatát is magába foglaló országos figyelő hálózat riasztási szintje 500 nSv/h.)

Az üzemi területen belül, valamint az erőmű körüli távmérő állomásokon és egyéb környezeti pontokon a KEL által kézi dózisteljesítmény mérő eszközökkel végzett mérések eredményei az adott helyszínre jellemző természetes sugárzási szint tartományába estek (70-120 nSv/h). A helyszíni gamma-spektrometriai mérések során észlelt nagyon csekély ¹³¹I talajfelszíni szennyezettségből (max. 360 Bq/m² a legexponáltabb helyen) számítható dózisteljesítmény járulék <1 nSv/h volt (ez a természetes szint kb. 1 %-a, és messze a természetes sugárzási szint ingadozásába esik).

Az üzemzavar első napján a szél először É-ra (A1 állomás), majd K, DK felé (A8, A4 állomás), ezután csaknem mindig D-i, DNy-i és Ny-i irányba fújt (A9, A5, A6 állomás). A

légtérbe kikerült radioaktív anyag ennek, valamint a többi meteorológiai jellemzőnek megfelelően terjedt és hígult, jutott el a talajfelszín közelébe, illetve ülepedett ki (a kiülepedést jelentősen befolyásoló nagyobb csapadék – kimosódás – egész időszak alatt nem volt). Az erőmű a kibocsátást és a terjedést figyelembe véve végezte a minták vizsgálatát. Az erőmű az eseménnyel kapcsolatban április folyamán több mint 250 mintavételes gamma-spektrometriai vizsgálatot, és mintegy 30 helyszíni gamma-spektrometriai mérést végeztek.

A földfelszíni levegőben – a kibocsátás összetételéhez hasonlóan – az elemi jód részaránya volt a meghatározó. A legexponáltabb irányban (A4, A9 állomás, április 11.) a mért legnagyobb ^{131}I aktivitáskoncentráció $2\text{--}5\text{ Bq/m}^3$ volt. Az aeroszol formában megjelenő jód aktivitáskoncentrációja néhány tized Bq/m^3 -t ért el. Hangsúlyozni kell, hogy ezek az értékek 1-2 óráig álltak fenn, amíg a radioaktív izotópokat tartalmazó légtömeg az érintett helyszínen átvonult. A különböző jód formák aktivitáskoncentráció időintegráljának összege (legnagyobb érték) a környezetellenőrző állomások helyén a terjedési számítással becsülve 27 Bq/m^3 , a mérések alapján becsülve pedig körülbelül 15 Bq/m^3 volt (ezek igen kicsiny értékek, egészségkárosító hatás szóba se kerülhet). Néhány radioaeroszol (^{99}Mo , ^{132}T , ^{134}Cs , ^{137}Cs és ^{140}Ba) $5\text{--}15\text{ mBq/m}^3$ aktivitáskoncentrációban az A1 állomáson április 11-én kimutatható volt.

A ^{131}I kihullása többféle módszerrel (fall-out, talajfelszíni minta méréséből, in situ gamma-spektrometriai mérésből) is meghatározva a legnagyobb értéket az A9 állomás környezetében mutatta ($220\text{--}360\text{ Bq/m}^2$). Az összes többi vizsgált környezeti helyszínen a kapott eredmények ez alatt voltak.

A friss vegetáció (őszi vetésű gabona) mintájában a mért legnagyobb ^{131}I aktivitáskoncentráció (A4 állomás) 140 Bq/kg volt az eredeti anyagra vonatkoztatva. A vizsgált néhány tejmintában, az erőmű melletti halastavak víz- és halmintájában ^{131}I $0,5\text{ Bq/kg}$ kimutatási határ mellett nem volt észlelhető. (A 12/1998 EüM rendelet 3. sz. melléklete tejben 500, egyéb élelmiszerre $2\,000\text{ Bq/kg}$ értékben határozza meg a megengedhető maximális aktivitáskoncentrációt.)

5.5.4. Nem nukleáris üzemzavarok

Az atomerőműben alkalmazott technológiák meghibásodásából, a technológiákban használt veszélyes anyagokból, a keletkezett veszélyes hulladékokból stb. adódóan az erőműben nem nukleáris (hagyományos) környezeti hatással járó üzemzavarok (rendkívüli esemény) is bekövetkezhetnek. Az üzemzavarok körét a PA Rt. tanúsított (ISO 14001) Környezetközpontú Irányítási Rendszerének kialakításakor mérték fel és a technológiák változása, új projektek esetén rendszeresen felülvizsgálják. Az üzemzavarokat a környezeti hatás kockázatának, ill. súlyosságának becslésén alapuló pontozásos rendszerrel értékelik. Az értékelés alapján a jelentősebb környezeti hatással járó üzemzavarok körét, az üzemzavarok lehetséges hatásainak becslését az 5.53. táblázat tartalmazza. Az üzemzavarok elhárítására, a környezeti következmények csökkentésére és felszámolására a PA Rt. kidolgozott tervekkel rendelkezik.

5.53. táblázat: A feltételezhetően jelentősebb környezeti hatással járó üzemzavarok és következményeik

Esemény	Közvetlen hatás	Hatásterület (becsült)
Turbina olajrendszer meghibásodás, nagy olajfolyás (12 m ³ felett)	zártszelvényű melegvízcsatorna olajszennyezése	Duna szennyezése lehetséges 10-20 km
Turbina olajrendszer meghibásodás	olajtűz, levegőszennyezés	1-3 km
Dízelolaj, kenőolaj tartály, ill. csővezetékeik meghibásodása	talaj, talajvíz olajszennyezése	üzemi terület
Hidrogénüzem tartály robbanás	levegőszennyezés	1-3 km
Cseppfolyós, vagy nagynyomású nitrogéntartály sérülése, robbanása	levegőszennyezés	1-3 km
Transzformátor meghibásodás	olajtűz talaj, talajvíz olajszennyezés	1-3 km üzemi terület
Segédüzemi olajrendszer meghibásodás	olajtűz	levegőszennyezés üzemi terület
Megszakítók meghibásodása	olajtűz és talajszennyezés	1-3 km
	talaj, talajvíz olajszennyezés	üzemi terület
Vegyszeres hulladékvíz medence, ill. vezeték sérülése	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Hidrazin tartály, ODA tartály (pótvízelőkészítő, szekunderkör) sérülés	ipari hulladékvíz szennyezése	Duna szennyezése lehetséges 5-10 km
Kommunális szennyvízvezeték sérülése	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Kommunális szennyvíztisztító rendszer nem megfelelő működése	vízszennyezés	Duna szennyezése 5-10 km
Meszes zagymedence meghibásodása	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Ipari hulladékvíz vezeték meghibásodása	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Olajos szennyvízvezeték sérülése	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Raktári gázolaj, benzintartályok (kármertőn kívül lévő) csővezetékeinek sérülése	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Gázpalack tároló, gázpalack meghibásodás	tűz okozta légszennyezés	1-3 km
Veszélyes anyag szállítási baleset az üzemi területen	tűz okozta légszennyezés	1-3 km
	talaj, talajvíz szennyezés	üzemi terület
Üzemi veszélyes és ipari hulladék tárolóban tűz keletkezése	légszennyezés	1-3 km
Üzemi veszélyes és ipari hulladék tárolóban veszélyes hulladék szétfolyás	csapadékvíz szennyeződése	üzemi terület

Esemény	Közvetlen hatás	Hatásterület (becsült)
Egy időben több tűz bekövetkezése	légszennyezés	1-5 km
Földrengés	talaj, talajvízszennyezés, zárt szelvényű melegvízesatorna olajszennyezése	üzemi terület Duna szennyezése lehetséges 10-20 km

Látható, hogy az üzemzavarok hatásai az üzemi területnél nagyobb hatásterülettel a Duna szennyezése, ill. légszennyezés esetén rendelkezhetnek. A Duna szennyezésének várható hatásterülete olajszennyezés esetén a legnagyobb.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A paksi Duna-szakasz mederváltozásainak ellenőrzése (VITUKI, Hidrológia Intézet, közbenső jelentés, 1996.)
- [2] Dr. Laczay István: A paksi Duna-szakasz mederváltozásainak ellenőrzése (Vízügyi Közlemények, 1996.)
- [3] Folyóink általános szabályozási tervének felülvizsgálat (VITUKI, Hidraulikai Intézet, összefoglaló jelentés, 1996.)
- [4] A Duna környezeti és hajózási projektje C kötet (Delft Hidraulics-Vituki, megvalósíthatósági tanulmány, 1996.)
- [5] Dr. Rákóczi László: A paksi Duna-szakasz mederváltozásainak vizsgálata (Tanulmány, 1999.)
- [6] A paksi Duna-szakasz mederváltozásainak ellenőrzése (VITUKI, Hidrológia Intézet, közbenső jelentés, 2000.)
- [7] A Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításának és teljesítménynövelésének környezetvédelmi és vízjogi engedélyezéséhez kapcsolódó telephely jellemzési program (VITUKI, Hidraulikai Intézet, jelentés 1999, 2001, 2002, 2003.)
- [8] Kommunális szennyvíztelep hatósági ellenőrzési jegyzőkönyvei 2000-2002
- [9] A PA Rt. Kommunális szennyvízelvezető és -tisztító művének üzemeltetési szabályzata (készítette: Envihorizont Kft, Tsz.: 14ÜED-02)
- [10] A PA Rt. Kommunális szennyvíztisztító felülvizsgálata (MÉLYÉPTERV Kultúrmérnöki kft, Bp. 2002. október)
- [11] Önellenzési Terv (PA Rt, 2003. január)
- [12] 50/69/1998. sz. KöM határozat
- [13] ÁNTSZ OTH OTH 41-62/1999. sz. határozata
- [14] 20.606/1993-I. határozattal módosított 20.606/1993. sz. KDTVIZIG határozat
- [15] 43089-28/2002. sz. ADUKÖFE állásfoglalás
- [16] A PA Rt. környezeti állapotjelentése (Paks, 1995. szeptember 4. Összeállította: Pécsi Zsolt)
- [17] Szakvélemény a PAV felhagyott festékes göngyöleg tárolójának talajvizsgálatáról (BOKÖR Kft., 1991. április)
- [18] 23051/90. KDTKÖVIZIG állásfoglalás
- [19] Az MVM csoporthoz tartozó erőművek környezeti állapotának felülvizsgálati jelentése, Paksi Atomerőmű Rt. (Golder Ass. (Hungary) Kft., 1996. szeptember)
- [20] 28740-7/1997. sz. határozattal módosított 28740.4/1997. sz. ADUKÖFE határozat
- [21] A PA Rt. részleges környezetvédelmi felülvizsgálata (GEOPARD Kft., 1998. április) Kiegészítő kötet (GEOPARD Kft., 1999. február)
- [22] A Paksi Atomerőmű üzemi területén a talaj és a talajvíz radioizotóp koncentrációjára vonatkozó részleges környezetvédelmi felülvizsgálat (ISOTOPTTECH Rt. 1998. június) Kiegészítés a Paksi Atomerőmű üzemi területén a talaj és a talajvíz radioizotóp koncentrációjára vonatkozó részleges környezetvédelmi felülvizsgálatához (ISOTOPTTECH Rt. 1999. február)
- [23] 33629-15/1999. sz. ADUKÖFE működési engedély

- [24] 34242-2/1999. sz. ADUKÖFE működési engedély
- [25] 34242-2/IV/1999. sz. ADUKÖFE működési engedély
- [26] 31.582-8/1998. sz. határozattal módosított 31.582-4/1998. sz. ADUKÖFE határozat
- [27] 37329-5/2000. sz. határozattal módosított 33031-6/I/2000. sz. ADUKÖFE működési engedély
- [28] 47266-2/2003. sz. határozattal módosított 47266-2/2003. sz. ADUKÖFE határozat
- [29] 43693-17/2002. sz. ADUKÖFE határozat
- [30] A PA Rt. Raktározási Osztály által üzemeltetett üzemanyagtöltő állomásához tartozó 2 db 25 m³-es gázolajtároló megszüntetése: környezetvédelmi talaj- és talajvíz vizsgálatok (GEOPARD Kft., 2003. április)
- [31] Alföld Rt.: Országos Térinformatikai Adatbázis (OTAB)
- [32] Tolna megye statisztikai évkönyve 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 1998, KSH, Bp.
- [33] Paks Város Települési Rendezési Terve, Egyeztetési terv, Pécs, 2003. aug., AEDIS Kft.
- [34] Paks Város Településfejlesztési Konceptiója, Paks, 2002, MTA Regionális Kutatások Központja
- [35] Paks Város Környezetvédelmi Programja, Pécs, 1998. aug., TOTAL Kft.
- [36] Magyarország Megyei Kézikönyvei, Tolna megye kézikönyve, CEBA kiadó, 1997
- [37] Paksi Atomerőmű 1-4. blokk Végleges Biztonsági Jelentés 15. fejezet, Biztonsági elemzések, (ETV-ERŐTERV Rt., 2003.)
- [38] Final Report on the Monitoring in the Gemenc protected landscape area: Hydrological, morphological, water quality and ecological monitoring of the Vén-Duna and River Danube between 1997-2000. Contractor: RIZA, Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment of the Netherlands, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Project number: RI-2314. (Eds.: B. Csányi, L. Rákóczi)
- [39] Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben 2002-ben (Összefoglaló értékelés) PA Rt. 2003. március
- [40] Paksi Atomerőmű 1 - 4. blokk. A Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításának és teljesítmény-növelésének környezetvédelmi és vízjogi engedélyezéséhez kapcsolódó telephely jellemzési program. Előrehaladási jelentés a 2002. október-december hónapokban elvégzett feladatokról (ETV-ERŐTERV Rt. 2002. december)
- [41] Paksi Atomerőmű 1 - 4. blokk. A Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításának és teljesítmény-növelésének környezetvédelmi és vízjogi engedélyezéséhez kapcsolódó telephely jellemzési program. Előrehaladási jelentés a 2003. október-december hónapokban elvégzett feladatokról (ETV-ERŐTERV Rt. 2003. december)