

## **4. Az atomerőmű térségének környezetállapota az üzemeltetés előtti időszakban**

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>4. AZ ATOMERŐMŰ TÉRSÉGÉNEK KÖRNYEZETÁLLAPOTA AZ ÜZEMELTETÉS ELŐTTI IDŐSZAKBAN .....</b>	<b>1</b>
<b>4.1. A földrajzi környezet általános ismertetése .....</b>	<b>2</b>
<b>4.2. A környezet radioaktivitásának jellemzése.....</b>	<b>7</b>
4.2.1. Szabályozási háttér .....	7
4.2.2. Az alapszint és a vonatkoztatási szint felmérés eredményei.....	7
<b>4.3. Hagyományos környezetállapot jellemzők.....</b>	<b>12</b>
4.3.1. Levegőminőség az atomerőmű létesítése előtti időszakban.....	12
4.3.1.1. Bevezetés .....	12
4.3.1.2. A létesítés előtti becsülhető levegőminőségi állapot .....	12
4.3.2. Klimatikus viszonyok, meteorológiai jellemzők.....	15
4.3.2.1. Regionális éghajlati viszonyok.....	15
4.3.2.2. Lokális jellemzők.....	16
4.3.3. Felszíni vizek állapota.....	18
4.3.3.1. A telephely melletti Duna-szakasz általános jellemzői .....	18
4.3.3.2. A folyószabályozás és következményei .....	18
4.3.3.3. A mederváltozást befolyásoló tényezők.....	22
4.3.3.4. A meder alakulása.....	31
4.3.3.5. A Duna víz hőmérséklete .....	34
4.3.3.6. A vízminőség.....	34
4.3.4. Geológiai és hidrogeológiai képződmények .....	40
4.3.4.1. Geológiai képződmények.....	40
4.3.4.2. A Duna völgy földtani és vízföldtani összefüggései .....	49
4.3.4.3. A felszín alatti vizek minősége.....	60
4.3.5. Élővilág – életközösségek .....	61
4.3.5.1. Szárazföldi élővilág.....	62
4.3.5.2. Vízi ökoszisztémák.....	71
4.3.6. Épített elemek, települési környezet.....	72
4.3.6.1. Általános településkörnyezeti jellemzők.....	72
4.3.6.2. Védett és védendő értékek (épített környezet, zöldterületek).....	76
4.3.6.3. Általános településkörnyezeti minősítés.....	76
4.3.7. Az erőmű környezetében élő lakosság környezet-egészségügyi jellemzői.....	79
4.3.8. Táj.....	80
4.3.8.1. A vizsgálat célja és területi kiterjedése .....	80
4.3.8.2. Területhasznosítás, tájszerkezet .....	80
4.3.8.3. A legfontosabb táji jellemzők .....	81
4.3.8.4. Az atomenergia előállítását befolyásoló tájhasználatok.....	82

#### 4. AZ ATOMERŐMŰ TÉRSÉGÉNEK KÖRNYEZETÁLLAPOTA AZ ÜZEMELTETÉS ELŐTTI IDŐSZAKBAN

**A környezeti állapot leírása** – mivel itt nem egy új tevékenységről van szó – **jelen esetben többféle megközelítést igényel.** Új tevékenységeknél elegendő a tevékenység elkezdését megelőző, ún. alapállapot bemutatása (és egy előrebecslés a tevékenység idején, a tevékenység megvalósulása nélküli állapotra vonatkozóan).

Jelen tanulmányban e statikus állapotleírás mellett (mely ebben az esetben is a tevékenység megkezdése – 2012 – előtti állapottal kell, hogy azonos legyen) szükséges az atomerőmű működésének hatótényezőihez-hatásfolyamataihoz kötődő állapotváltozások bemutatása is. Ennek oka, hogy az atomerőmű **hatásterületén jelen állapotban felismerhető környezeti jellemzők és folyamatok egy része éppen abból adódik, hogy ez a létesítmény a környezetben jelen van.** Az állapotjellemzőknél ezért becsülni kell, hogy a környezetminőség alakulásában az erőmű mennyire vesz részt, és mennyire vett részt a korábbiakban. Ennek megállapításához szükséges ismerni azt is, hogy az atomerőmű létesítése előtt a vizsgált területen milyen környezetállapot volt.

Az erőmű építése/működése előtti időszak állapotjellemzőinek bemutatása jelentősen függ az időben visszafelé elérhető adatoktól. Tanulmányunkban **törekedtünk az elérhető legrégebbi adatokat figyelembe venni.** Természetesen nem minden környezetjellemzőnél lehetett az atomerőmű létesítése előtti 1970-es évek végi, 1980-as évek elejei adatokat fellelni, hiszen akkor még tervszerű monitorozás nem folyt. A létesítés előtt végzett környezetállapot felmérés eredményeit, valamint a más forrásokból elérhető környezetállapot adatokat azonban a munkában összefoglaljuk.

**A statikus jellegű, az üzemelés előtt jellemző állapot leírása a 4. fejezetbe kerül. Az 5. fejezetben felvázoljuk az atomerőmű létesítménye, és az itt végzett energia előállítás tevékenység hatására kialakult környezeti állapotot.**

A környezetállapotot a hatásvizsgálati gyakorlat szerint nemcsak a jelenlegi, hanem a tevékenység majdani végzése, jelen esetben az üzemidő hosszabbítás állapotában is ismerni kell. Ezért az állapotjellemzők bemutatásánál ki kell térni a felismerhető tendenciákra is, valamint arra, hogy az atomerőműben az üzemidő hosszabbítás időszakára (2010-es évek eleje) tervezett más típusú beavatkozások, valamint a vizsgált tevékenység mellett a térségben már ismert, tervekbe vett egyéb tevékenységek módosíthatják-e a környezeti állapotjellemzőket. Erre egyrészt utalunk az 5. fejezetben, illetve a 6. fejezet becsléseinél is ebből indulunk ki.

Mind a 4., mind az 5. fejezet az **atomerőmű becsülhető hatásterületének környezetállapot jellemzőit mutatja be.** A 4. fejezetben azonban elsősorban az atomerőmű tágabb környezetére, általában 20-30 km-es körzetére koncentrálunk, míg az 5. fejezet részletesebb adatfelvételei elsődlegesen a szűkebb, 8 km-es körzetre és részletesebben a biztonsági övezetre terjednek ki. Helyenként természetesen a régi és a jelenlegi állapot jellemzői összeérnek, az előzőekben felvázolt térbeli bontás sem megoldható.

Az állapotleírásnál azt is figyelembe kell venni, hogy amennyiben az atomerőmű üzemelése befejeződik, úgy a környezetállapot szempontjából is teljesen új helyzet áll elő. Erre tekintettel, ahol az megoldható a jelen állapotnál röviden utalunk az erőmű hatásain kívüli várható tendenciákra is.

## 4.1. A földrajzi környezet általános ismertetése

Az atomerőművet befogadó földrajzi környezet természet- és gazdaságföldrajzi adottságainak bemutatását táblázatos formában „Magyarország kistájainak katasztere” (szerk.: Marosi S. – Somogyi S., 1990.) c. munka [1] alapján végeztük el. (Ez a munka viszonylag régen készült – és tudásunk szerint folyamatban van felújítása – információi azonban nem avultak el, hiszen az ilyen természet- és gazdaságföldrajzi paraméterek állandóak, illetve csak igen lassan változnak.)

Az atomerőmű mintegy 30 km-es körzete az **Alföld nagytáj** (makrorégió), azon belül pedig elsősorban a **Dunamenti síkság és a Mezőföld középtáj** (mezorégió) része. A Dunamenti síkságon belül beletartozik a **Solti-sík**, a **Kalocsai-Sárköz** és a **Tolnai-Sárköz**, a Mezőföldön belül pedig a **Közép- és Dél Mezőföld**, valamint a **Sárvíz-völgy** kistájakba (mikrorégió). **Paks város maga a Dél-Mezőföld kistáj északi részén helyezkedik el.**

A legnagyobb területtel érintett kistájak tehát a következők:

- **Kalocsai-Sárköz** (Bács-Kiskun- és Tolna megye területén helyezkedik el, ártéri szintű síkság 88-112 mBf közötti magasságokkal. A Duna jobb partján a részben futóhomokkal fedett magasártér (madocsaí terasz) emelkedik ki a környezetből. A keleti részén gyakori a mocsaras, tőzeges terület. Elszórt, jelentéktelen kiterjedésű erdőgazdasági területen fiatalkorú lombos és fenyőerdő található. Mezőgazdaság szempontjából jelentősebb növények a búza, az őszi árpa, a kukorica, a vöröshagyma és a paprika.)
- **Tolnai-Sárköz** (Tolna megye területén helyezkedik el. Ártéri szintű síkság, 88-162 mBf közötti magasságokkal. A terület belvízveszélyes, a folyószabályozásig jelentős mocsaras területek voltak itt. A térség általában iszapos-agyagos, de a déli részén lösszel fedett felszínarab is található. Az erdőgazdasági területeken fiatal és középkorú lombos és fenyőerdők találhatók. Mezőgazdaság szempontjából jelentősebb növények a búza, az őszi árpa, a kukorica és a paprika.)
- **Dél-Mezőföld** (Fejér és Tolna megye területén helyezkedik el. Közepes magasságú tagolt síkság, 96-214 mBf közötti magasságokkal. A terület futóhomokkal és lösszel fedett hordalékkúp-síkság. A felszínt félig kötött futóhomok formák borítják. Az erdőgazdasági területeken fiatal és középkorú lombos erdők találhatók. Mezőgazdaság szempontjából jelentősebb növények a búza és a kukorica.)
- **Sárvíz-völgy** (Fejér és Tolna megye területén helyezkedik el. 89-161 mBf közötti magasságú teraszos folyóvölgy. Futóhomokkal és homokos lösszel fedett hordalékkúp-felszínrészek váltogatják egymást. Az erdőgazdasági területeken fiatal lombos erdők találhatók. Mezőgazdaság szempontjából jelentősebb növények a búza és a kukorica.)

Az érintett kistájak részletesebb jellemzését a 4.1. táblázatban foglaljuk össze a kistájkataszter szerint.

## 4.1. táblázat: A vizsgált térség kistájainak fontosabb földrajzi jellemzői

Kistáj	Mezőföld középtáj						Dunamenti síkság középtáj					
Jellemző	Közép-Mezőföld 1430 km <sup>2</sup>		Dél-Mezőföld 500 km <sup>2</sup>		Sárvízi-völgy 400 km <sup>2</sup>		Solti-sík 700 km <sup>2</sup>		Kalocsai-Sárköz 1050 km <sup>2</sup>		Tolnai-Sárköz 600 km <sup>2</sup>	
<b>Területhasználat</b>												
Megoszlása	belterület: szántó: kert: szőlő: rét, legelő: erdő: vízfelszín: ártér, bánya: ebből védett:	5,4% 84,2% 0,8% 1,9% 1,4% 5,6% 0,6% 0,1% 0,2%	belterület: szántó: kert: szőlő: rét, legelő: erdő: vízfelszín: ártér, bánya: ebből védett:	3,5% 74,7% 1,6% 3,6% 9,8% 6,4% 0,2% 0,2% 0,7%	belterület: szántó: kert: szőlő: rét, legelő: erdő: vízfelszín: ártér, bánya: ebből védett:	4,4% 74,1% 0,2% 0,5% 7,3% 5,2% 5,7% 2,6% 0,1%	Belterület: szántó: kert: szőlő: rét, legelő: erdő: vízfelszín: ártér, bánya: ebből védett:	3,4% 71,2% 1,0% 2,0% 12,9% 3,0% 6,5% 0,1% 56,0%	belterület: szántó: kert: szőlő: rét, legelő: erdő: vízfelszín: ártér, bánya: ebből védett:	3,7% 75,5% 0,3% 0,6% 9,7% 5,5% 3,7% 1,0% 0,5%	belterület: szántó: kert: szőlő: rét, legelő: erdő: vízfelszín: ártér, bánya: ebből védett:	3,7% 70,9% 0,2% 0,4% 1,5% 21,2% 1,5% 0,6% 30,0%
<b>Domborzati viszonyok</b>												
Tengerszint feletti magasság	97 -204 m		96 - 214 m		89 - 161 m		93 – 141 m		88 -112 m		88 - 162 m	
Típus	lösszel fedett hordalékkúp síkság		futóhomokkal és lösszel fedett hordalékkúp síkság		teraszos folyóvölgy		ártéri szintű síkság		ártéri szintű síkság		É-i rész alacsony ártér, D-i átlagos magasságú ártér	
Átlagos relief	ÉK-i részen 10 m/km <sup>2</sup> , DNy-i részen 20 m/km <sup>2</sup> körül		12 m/km <sup>2</sup> , ill. 4 - 6 m/km <sup>2</sup>		ártereken 3 - 6 m/km <sup>2</sup> , másutt 10 - 12 m/km <sup>2</sup>		4 - 6 m/km <sup>2</sup>		1 m/km <sup>2</sup>		1 - 2 m/km <sup>2</sup>	
<b>Földtani adottságok</b>												
Felszín alatti kőzetek	pannon agyagos üledékek		pannon üledékek		alsó és középső pleisztocén hordalék, pannon üledék		pannon üledék		pannon agyagos üledék		pannon üledék	
Felszíni rétegek	eolikus lösz ill. ártéri üledékek		futóhomok, lösz		holocén ártéri hordalék, futóhomok, homokos lösz		durva folyami hordalék		homokos-kavicsos, holocén üledék		holocén üledék	
Pot. max. szeizm.	6° MS		6° MS		7° MS		6 - 7° MS		6° MS		6° MS	

Kistáj	Mezőföld középtáj			Dunamenti síkság középtáj		
Jellemző	Közép-Mezőföld 1430 km <sup>2</sup>	Dél-Mezőföld 500 km <sup>2</sup>	Sárvízi-völgy 400 km <sup>2</sup>	Solti-sík 700 km <sup>2</sup>	Kalocsai-Sárköz 1050 km <sup>2</sup>	Tolnai-Sárköz 600 km <sup>2</sup>
<b>Talajtani adottságok</b>						
Főbb típusai	64 % mészlepedékes csernozjom, 16 % ennek alföldi formája, 9 % réti csernozjom	vegyes, 29% barnaföld, 20% mészlepedékes csernozjom, 18% csernozjom jellegű homokt., 13% réti csernozjom	41% lápos réti, 14% réti, 9% réti öntés, 6% sikláp, 21% réti és mészlepedékes csernozjom	vegyes, 27% réti csernozjom, 21% mélyben sós csernozjom, 20% szikes, 6% szolonyeces réti talaj	41% réti öntés, 27 % réti csernozjom, 9% réti talaj	94% réti talajképződmény
Termékenységük	nagy többségben jó (II-III. osztályú)	vegyes, jó és rossz egyaránt	többsége közepes vagy annál rosszabb minőségű (III.-IX. talajoszt.)	Többségében kedvezőtlen termékenységű	többségben közepesnél rosszabb, VI.oszt.	V.oszt. vagy annál rosszabb
<b>Fontosabb éghajlati jellemzők</b>						
Általános jellemzés	mérsékelt meleg, száraz	mérs. meleg-meleg határán, száraz, másutt mérs. száraz	É-i rész a mérs. meleg és mérs. hűvös határán, D-en mérs.meleg;száraz	Mérsékelt meleg, száraz	mérsékelt meleg, száraz	mérsékelt meleg, mérsékelt száraz
Évi napfénytartam	É-on 2000 óra, D-en 2050 óra	2050 óra körül	É-on 2000 óra alatt, D-en 2050 óra	2050 – 2070 óra	2070 óra körül	2050 - 2060 óra
Évi középhőmérséklet	É-on 9,8 - 9,9 °C, D-en 10,2 - 10,3 °C	É-on 10,2 - 10,3 °C, D-en 10,5 °C körül	É-on 9,6 - 9,8 °C, középső részen 9,9-10,0 °C, D-en 10,2 - 10,3 °C	10,4 – 10,5 °C	10,5 °C	10,5 °C, D-en 10,6 - 10,7 °C
Vegetációs időszak középhőmérséklete	16,1 - 17,0 °C	17,2 - 17,3 °C	16,5 - 16,8 °C ill. 16,3 - 17,0 °C	17,2 °C	17,2 - 17,3 °C	17,2 - 17,3 °C
Évi átlagos csapadék	550 - 600 mm	É-on 560 - 570 mm, D-en 630 mm körül	580 - 610 mm, de É-on csak 560 mm	550 – 580 mm	570 - 590 mm	É-on 600 mm, másutt 620 - 650 mm
Vegetációs időszak csapadékmennyiség	320 - 340 mm	320 - 360 mm	330 - 350 mm	320 – 330 mm	320 - 350 mm	É-on 320 - 340 mm, másutt 360 - 380 mm
Hótakarós napok	30 - 32 nap	33 - 34 nap	32 - 35 nap	30 - 32 nap	32 - 33 nap	33 - 35 nap
Ariditási index	K-en és Ny-on 1,3 körül, másutt 1,17 - 1,28	középső részeken 1,17 körül, É-on 1,24-1,26, D-en 1,12	1,15 - 1,21, É-on 1,25	1,21 - 1,28	1,19 - 1,24	É-on 1,17, másutt 1,08 - 1,14
Uralkodó szélirány	ÉNy-i	É, ÉNy, jellemző D-i is	ÉÉNy-i (második D-i)	ÉNy-i	ÉNy-i (ill. D-i, DNy-i)	ÉNy-i (második D-i)
Átl. szélsebesség	kevésbé 2,5 m/s felett	kevésbé 3 m/s alatt	2,5 - 3,0 m/s	2,5 m/s körül	3,0 m/s közeli	2,5 m/s körüli

Kistáj	Mezőföld középtáj			Dunamenti síkság középtáj		
	Közép-Mezőföld 1430 km <sup>2</sup>	Dél-Mezőföld 500 km <sup>2</sup>	Sárvízi-völgy 400 km <sup>2</sup>	Solti-sík 700 km <sup>2</sup>	Kalocsai-Sárköz 1050 km <sup>2</sup>	Tolnai-Sárköz 600 km <sup>2</sup>
<b>Vízrajzi jellemzők</b>						
Jellegzetesség	száraz vízhiányos terület	gyér lefolyású, száraz terület	É-i része száraz, D-i mérsékelt száraz, gyenge lefolyású	gyér lefolyású, vízhiányos	gyér lefolyású, vízhiányos	mérsékelt száraz, gyenge lefolyású
Vízfolyások	csak kisebb vízfolyások: Dinyés-Kajtori csat., Sárosdi-víz, Baracsi-ér, Nagykarácsonyi-ér, Kertkanális, Dunakömlői-csat. Lóki-víz, Tinódi-víz, Kolozsvári csat.	időszakos vízfolyások: Paks-Faddi főcsat., Csámpa-ér, Foki-csat., Györkönyi-vízfolyás, Éri-patak	Sárvíz-csatorna, Nádor-Malom-csatorna	Duna, Vadas-csatorna, Sákori-csatorna, Dunavölgyi-főcsatorna	Duna, Dunakömlői-főcsatorna, Duna-völgyi főcsatorna,	Duna, Paks-Faddi főcsatorna, Sió, Kis-Duna csatorna, Szekszárd-Bátai főcsatorna
Tavak	16 természetes tó (100 ha felszínnel), 11 tározó (420 ha), 11 halastó (975 ha)	öt kis tó (19 ha)	12 tó, 5 természetes jellegű (21 ha), 4 halastó (213 ha)	27 állóvíz többsége időszakos szikes tó (294 ha), 2 halastó (27 ha)	13 tó (2544 ha)	36 állóvíz, ebből 26 holtmeder
Ártér, belvizes terület	106,7 km <sup>2</sup> ártér	3,7 km <sup>2</sup> ártér	250 km <sup>2</sup> ártér	-	-	Duna ártere
Talajvíz	mélysége a löszhátak alatt 4-6 m, másutt 2-4 m, mennyisége sehol sem számottevő, jellege főként kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos, keménys. 15-25 nk <sup>o</sup>	magasabb szinteken 4-6 m, másutt 2-4 m, mennyisége csak a peremeken éri el az 1 l/s.km <sup>2</sup> , főként kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos, keménys. 25-35 nk <sup>o</sup>	mélysége É-on 2 m-t sem éri el, D-en 2-4 m között, mennyisége 1-3 l/s.km <sup>2</sup> , főként kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos, keménysége 15-25 nk <sup>o</sup>	mélysége ált. 2-4 m, mennyisége jelentős (3-5 l/s.km <sup>2</sup> ), főként kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos, keménysége 15-25 nk <sup>o</sup>	átlagos mélysége 2-4m, K-en 2 m felett, mennyisége jelentős (3-5 l/s.km <sup>2</sup> ), főként nitrogén-hidrogén-karbonátos, keménysége 25-35 nk <sup>o</sup>	mindenütt 2-4 m mély, mennyisége jelentékeny (5 l/s.km <sup>2</sup> ), főként kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos, keménysége 25-35 nk <sup>o</sup>
Rétegvizek	mennyisége nem éri el az 1 l/s.km <sup>2</sup> -t, sok artézi kút, 50-200 m mély, 200 l/p vízhozam, magas Fe-tart., keménység	mennyisége nem éri el az 1 l/s.km <sup>2</sup> -t, vízhozam ingadozó, magas Fe-tart. és keménység	mennyisége nem éri el az 1 l/s.km <sup>2</sup> -t, artézi kutak mélysége ritkán haladja meg a 100 m-t, kis vízhozamúak	Mennyisége 1-1,5 l/s.km <sup>2</sup> , artézi kutak átl. Mélysége 100 m felett, vízhozam 200 l/p, magas Fe-tart., keménység	mennyisége 1-1,5 l/s.km <sup>2</sup> , sok artézi kút, átl. mélység 100 m, hozam 200 l/p, magas Fe-tart., keménység	mennyisége 1-1,5 l/s.km <sup>2</sup> , sok artézi kút, melyek mélysége átl. 100 m felett, hozama viszont több száz l/p
Felszíni és felsz. alatti vízkészl.kihasználtság	elméletileg 40 %, kutaké közel 100 %	40 %, kutaké 80 % körül	40 %, kutaké 80 % körül	felszíni 40%, felszín alatti 20%	felszíni 40%, felszín alatti 20%	40 %, kutaké 80 % felett

Kistáj	Mezőföld középtáj			Dunamenti síkság középtáj		
Jellemző	Közép-Mezőföld 1430 km <sup>2</sup>	Dél-Mezőföld 500 km <sup>2</sup>	Sárvízi-völgy 400 km <sup>2</sup>	Solti-sík 700 km <sup>2</sup>	Kalocsai-Sárköz 1050 km <sup>2</sup>	Tolnai-Sárköz 600 km <sup>2</sup>
<b>Növényzet</b>						
Flórajárás	Alföldi (Eupannonicum) flóraidék, Mezőföld (Colocense) flórajárás	Alföldi (Eupannonicum) flóraidék, Mezőföld (Colocense) flórajárás	Alföldi (Eupannonicum) flóraidék, Mezőföld (Colocense) flórajárás	Alföldi (Eupannonicum) flóraidék, Mezőföld (Colocense) flórajárás	Alföldi (Eupannonicum) flóraidék, Mezőföld (Colocense) flórajárás	Alföldi (Eupannonicum) flóraidék, Mezőföld (Colocense) flórajárás
Fontosabb potenciális erdőtársulásai	tatárjuharos löszpusztai tölgyes, cseres tölgyes, tölgy-köris-szil és fűz-nyár-éger ligetek	gyertyános kocsányos tölgyes	tölgy-köris-szil és fűz-nyár-éger ligetek, bokorfüzesek	Borókás-nyáras, gyöngyvirágos tölgyes	borókás-nyáras, gyöngyvirágos tölgyes	fűz-nyár ligetek, tölgy-köris-szil ligeterdők, gyöngyvirágos tölgyesek
Erdőgazdaság	fiatal és középkorú, főként kemény- és lágylombos, kisebb részt fenyőerdők (évi átlagos folyónövedék 3,0 - 3,7 m <sup>3</sup> /ha)	fiatal és középkorú, zömében keménylombos, kisebb részt lágylombos erdők (évi átlagos folyónövedék 3,7 - 4,5 m <sup>3</sup> /ha)	fiatal és középkorú, zömében keménylombos, kisebb részt lágylombos és fenyőerdők (évi átlagos folyónövedék 3,0 - 4,5 m <sup>3</sup> /ha)	Jelentéktelen kiterjedésű zömében fiatal kemény- és lágylombos, ill. Fenyőerdők (évi átlagos folyónövedék 3,0 m <sup>3</sup> /ha alatt)	jelentéktelen kiterjedésű fiatal és középkorú kemény- és lágylombos ill. fenyőerdők (évi átlagos folyónövedék 3,0 m <sup>3</sup> /ha alatt)	fiatal és középkorú lágylombos és. fenyőerdők (évi átlagos folyónövedék 3,0 m <sup>3</sup> /ha alatt)
Mezőgazdaság	jellemző termesztett növényei: búza (30-50 q/ha), kukorica (30-60 q/ha), silókukorica (120-250 q/ha), paradicsom (100-200 q/ha), őszibarack (20-40 q/ha)	Jellemző termesztett növényei: búza (25-30 q/ha), kukorica (30-50 q/ha), silókukorica (150-250 q/ha)	jellemző termesztett növényei: búza (20-30 q/ha), kukorica (25-35 q/ha), silókukorica (150-200 q/ha)	Jellemző termesztett növényei: búza (20-35 q/ha), rozs (15-25 q/ha), kukorica (30-50 q/ha), lucerna (45-60 q/ha), takarmányrépa (400-700 q/ha)	jellemző termesztett növényei: búza (20-35 q/ha), őszi árpa (20-35 q/ha), kukorica (30-50 q/ha), lucerna (40-70 q/ha), vöröshagyma (75-125 q/ha)	jellemző termesztett növényei: búza (20-35 q/ha), őszi árpa (20-35 q/ha), kukorica (20-50 q/ha), vöröshagyma (50-125 q/ha) paradicsom (100-250 q/ha), kajszi (15-40 q/ha)

(Forrás: Az MTA Földrajzkutató Intézete által 1990-ben kiadott „Magyarország kistájainak katasztere” /szerk.: Dr. Marosi S. - Dr. Somogyi S./)



## 4.2. A környezet radioaktivitásának jellemzése

### 4.2.1. Szabályozási háttér

A nemzetközi gyakorlat az atomerőművek üzemeltetése elengedhetetlen feltételének tekinti a környezet sugárvédelmi szempontból történő, folyamatos ellenőrzését. Ennek megfelelően, már a Paksi Atomerőmű (PAE) tervezése és építése időszakában, hazánkban is megfelelő intézkedések születtek a kormány és a kormányzati szervek részéről az atomenergia használatával kapcsolatban a környezet, illetve a lakosság sugárvédelméről. Tekintettel arra, hogy a radioaktív anyagok kibocsátásának ellenőrzését, a környezet sugárvédelmi ellenőrzését, a kapott eredmények értékelését a mindenkori jogszabályok, rendeletek, határozatok, külső és belső szabályozások stb. szabják meg, a következőkben – a tárgyalt téma szempontjából legfontosabb előírásaikkal együtt – röviden áttekintjük az eddigi, csaknem három évtizednyi időszak mérvadó szabályozási hátterét.

A Minisztertanács 3296/1976. (VI. 17.) számú határozata rendelkezett a különböző szaktárcák közötti feladatmegosztásról, majd a hatósági feladatok pontosítását, a jogkörök megosztását a 10/1978. (II. 2.) rendeletével újraszabályozta. Ebben – többek között – az áll, hogy „az atomerőművel... és az atomerőműben keletkező sugárzó anyagokkal kapcsolatos környezetvédelmi követelmények összehangolása az Országos Környezet- és Természetvédelmi Tanács (OKTT), a komplex környezetvédelmi ellenőrzések kezdeményezése az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal (OKTH) elnökének feladata”.

Az 1980. évi I. törvény az atomenergiáról előírta az atomenergia használatának feltételeit, az atomenergia használójának felelősségét, a környezetbe kibocsátható radioaktív anyagok mennyiségének szabályozási módját és ellenőrzési követelményeit. A Minisztertanács 12/1980. (IV. 5.) számú rendelete pedig intézkedett a törvény végrehajtási módjáról, az egyes szaktárcák feladatairól.

Az atomerőművel kapcsolatos egészségügyi szabályokról szóló 4/1979. (V. 29.) EüM. számú rendelet melléklete részletezte a környezet-egészségügyi követelményeket, s ebben előírta: „Az atomerőmű üzembehelyezése előtt el kell végezni a környéken élő lakosság természetes és mesterséges radioaktív izotópoktól eredő sugárterhelésének felmérését és értékelését”.

### 4.2.2. Az alapszint és a vonatkoztatási szint felmérés eredményei

A Paksi Atomerőmű létesítését, illetve első blokkjának üzembehelyezését megelőzően, éveken át igen széleskörű vizsgálatokat folytattak a környezeti sugárzás dózisteljesítményének, valamint a különböző közegek radioaktív izotóp koncentrációjának – az ún. alapszintnek – a felmérése céljából [2], [3], [4.I.]. A radiometriai vizsgálatokat számos egyéb célú felmérés is kiegészítette: a meteorológiai jellemzőknek, a Duna hidrológiai jellemzőinek, a mezőgazdasági művelés jellegének, a népesség eloszlásának, egészségi állapotának, táplálkozási szokásainak stb. vizsgálata [4.III.]. Mindezen felméréseknek az volt az együttes célja, hogy a majdani üzemelés során a népesség erőműtől eredő többlet sugárterhelését – mint végül is a környezetellenőrzés legfontosabb feladatát, illetve célját – minél teljesebb körben lehessen meghatározni [4.II.], [5], [6], [7], [9], [10].

A 4.2. táblázatban összefoglaltuk a Paksi Atomerőmű környezetében 1981-82-ben végzett alapszint felmérés [4.IV.] jellemző eredményeit, elsősorban a mesterséges eredetű, s az

atomerőműből is kibocsátásra kerülő radionuklidokra vonatkozóan. A talaj és fű mintavétel, valamint a dózismérés az ekkor már részben kiépített környezetellenőrző állomás hálózat tagjain történt, a talajvíz mintázására az üzemi területen került sor, míg más minták (tej, hal, dunai üledék) az erőmű körüli 30 km-es körzeten belülről származtak. A vizsgálati módszerek nagy része is azonos volt a majdan üzemelő erőmű környezetellenőrzésével, sőt, a vizsgálatok egyre nagyobb hányadát már az erőmű környezetellenőrző laboratóriuma végezte. Az így nyert adatok eltérhetnek ugyan egy jóval nagyobb körzetet, vagy több pontot, illetve korábbi időszakot is felölelő mintázás révén kapott eredményektől, azonban a későbbi összehasonlításra célszerűen ezek az adatok alkalmazhatók.

Mivel az atomerőmű üzembe lépése előtti alapszinti adatok meghatározása óta több mint két évtized eltelt, mindenképpen számításba kell venni a radionuklidok felezési ideje szerinti aktivitás-csökkenést. A legfontosabb mesterséges eredetű radionuklidok közül a  $^3\text{H}$ -nál a mai érték – eltekintve az esetleges utánpótlódtástól, és minden más körülményben esetleg beállt változástól – az 1980 körülnek mintegy a negyede, a  $^{90}\text{Sr}$ -nél és a – Csernobil előtti –  $^{137}\text{Cs}$ -nél pedig körülbelül 60 %-a.

A Paksi Atomerőmű nukleáris környezetellenőrzésének húsz éve alatt több olyan vizsgálat bevezetésére is sor került, melyeket az alapszint felmérési időszakban még vagy nem, illetve erősen korlátozottan, vagy csak az ország távolabbi helyein végeztek. Más esetekben a vizsgálati technika minősége javult lényegesen, illetve honosodott meg a módszer Pakson is, s váltak ez által megbízhatóbbá az eredmények.

Igényként merült fel, hogy egyes környezeti közegek (talajvíz, mélységi talajrétegek), illetve az erőműtől is kikerülhető egyes radionuklidok vonatkozásában, az üzemi területre is legyenek mérvadó „alapszintek”. Tekintettel arra, hogy ezeknek az értékeknek a meghatározása a már üzemelő atomerőmű mellett történik, nem alapszintnek, hanem ún. vonatkoztatási szintnek definiálták azokat.

Az OAH NBI az RE-2553 sz. határozatával módosított RE-2537 sz. határozatában (1. melléklet 42. pont) a Paksi Atomerőmű 3. és 4. blokkja Időszakos Biztonsági Felülvizsgálatának (IBF) lezárásával kapcsolatban az alábbiakat rendelte el:

A környezeti háttér adatokat teljessé kell tenni a telephely vonatkozásában, elsősorban alfa-, valamint részletesebb gamma-spektrometriai vizsgálatokkal, továbbá – ahol hiány mutatkozik –  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  és összes-béta vizsgálatokkal is. A kiegészítés megvalósítására, valamint a kiegészített háttér (adatok) további, indokolt rendszerességű ellenőrzésére vonatkozó javaslatot a hatósághoz be kell nyújtani.

A PA Rt. által javaslatként benyújtott tanulmányt, majd a részletes vizsgálati programot – némi kiegészítés után – a hatóság elfogadta, majd elrendelte annak 2002-től kezdődő végrehajtását. E vizsgálatokat olyan mintavételi pontokon végezték, ahová nagy valószínűséggel feltételezhetően nem jutott el erőművi eredetű radionuklid. Így a légköri minták vétele a Dunaföldváron telepített, kontrollként tekinthető, B24 jelű mintavevő állomáson történt (erre fűj legkisebb gyakorisággal az erőmű felől a szél, a távolság következtében nagy a hígulás), a mélységi talajminták helyének kijelölésében és a talajvíz mintázásában – egyéb szempontok mellett – a talajvíz áramlását vették figyelembe. Ez a program 2004. végével gyakorlatilag lezárult, az eredményeket foglalja össze a 4.3. táblázat.

4.2. táblázat: A környezeti közegek és a tej, a halszűz jellemző radioaktív koncentráció értékei 1980-1982 között a Paksi Atomerőmű körzetében – alapszinti adatok (az átlagérték és zárójelben a tipikus szélső értékek feltüntetve)

Környezeti komponens (hely)	Mértékegység	Aktivitás-koncentráció						
		<sup>3</sup> H (HTO)	<sup>14</sup> C (szénhidrogén)	<sup>90</sup> Sr	<sup>110m</sup> Ag	<sup>137</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs 1986	<sup>40</sup> K
Légtéri minták (aeroszol, egyéb) (A1-A7)	Bq/m <sup>3</sup>	—	—	—	(<10) •10 <sup>-6</sup>	(<10) •10 <sup>-6</sup>	(10 <sup>-5</sup> -1,2)	—
Kihullás (A1-A7)	Bq/(m <sup>2</sup> ·hó)	—	—	—	—	—	(1-2100)	—
Talaj (0-5 cm) (A1-A7)	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	1,5 (0,1-7)	<1 (<1)	4,0 (1,0-14)	21 (13-31)	340 (240-670)
Fű (A1-A8)	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	4,3 (0,1-18)	<1 (<1)	<2,7 (1-5)	130 (17-530)	620 (120-2110)
Duna-víz (V1)	Bq/l	7,2 (5-10)	—	4,0 (1,2-6) •10 <sup>-3</sup>	—	3,0 (0,6-5,6) •10 <sup>-3</sup>	(10 <sup>-3</sup> -0,5)	0,9 (0,02-0,17)
Dunai üledék	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	1,3 (0,3-4)	—	5,7 (0,6-12)	390 (13-1320)	420 (300-700)
Talajvíz (erőmű terület)	Bq/l	7,6 (5-16)	—	5 (<0,7-10) •10 <sup>-3</sup>	—	2,2 (<0,7-4,1) •10 <sup>-3</sup>	<0,002 (<0,002)	0,26 (0,08-0,48)
Tej	Bq/l	—	—	—	—	—	(0,1-25)	—
Hal	Bq/kg	—	—	—	—	<1 (<1)	—	—
Dózisteljesítmény (23 állomás)	nGy/h	67 ± 8 (55-84)						

„—” : ilyen irányú vizsgálat nincs végezve (nincs értelmezve)

**4.3. táblázat: Egyes környezeti közegek jellemző radioaktív koncentráció értékei 1996-2004 között a Paksi Atomerőmű körzetében – vonatkoztatási szint adatok (az átlagérték és zárójelben a tipikus szélső értékek feltüntetve)**

Környezeti komponens (hely)	Mértékegység	Aktivitás-koncentráció					
		<sup>3</sup> H (HTO)	<sup>14</sup> C (szén-dioxid)	<sup>14</sup> C (szénhidrogén)	<sup>90</sup> Sr	<sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co, <sup>110m</sup> Ag <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs	Transz-uránok
Légköri minták (aeroszol, egyéb) (B24)	Bq/m <sup>3</sup>	20 (0,7–76) •10 <sup>-3</sup>	44 (43–46) •10 <sup>-3</sup>	0,5 (0–1,4) •10 <sup>-3</sup>	16 (<1,9–26) •10 <sup>-6</sup>	—	—
Talaj (1–8 m) (met. torony)	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	—	<0,39 (<0,11–0,39)	<0,7 (<0,1–<0,7)	<0,01 (<0,01)
Talaj (üzemi terület, 0-3 cm felszíni)	Bq/kg (szárazanyag)	—	—	—	<0,30 (<0,10–0,66)	<sup>54</sup> Mn, <sup>110m</sup> Ag, <sup>134</sup> Cs: (<0,09–<0,68) <sup>60</sup> Co: <1,6 (<0,08–6,3) <sup>137</sup> Cs: 4,8 (<0,08–15,0)	<sup>243</sup> Am, <sup>238</sup> Pu, <sup>242</sup> Cm, <sup>244</sup> Cm: (<0,01) <sup>239</sup> Pu: (<0,01–0,08) <sup>241</sup> Am: (<0,01–0,06)
Talajvíz (T58, T205, T32)	Bq/l	3,1 (1,4–5,4)	(karbonát) (6,9–13,8) •10 <sup>-3</sup>	—	<0,33 (<0,12–0,33) •10 <sup>-3</sup>	<11 (<4–<11) •10 <sup>-3</sup>	<0,1 (<0,1–0,1) •10 <sup>-3</sup>

„—” : ilyen irányú vizsgálat ebben a programban nincs végezve (nincs értelmezve)

Az alapszinti, illetve a vonatkoztatási szint vizsgálatok eredményeiről összefoglalóan az alábbiak állapíthatók meg:

- A több éven át tartó vizsgálatok az adott időszak szakmai kívánalmait kielégítően, elegendő adatot szolgáltatottak az alapszinti értékek és a vonatkoztatási szintek meghatározásához.
- A talaj természetes radionuklid tartalma – bár ez kevésbé érdekes a majdani üzemelés szempontjából – megfelel a talajtípusnak, azaz az erőmű környékén gyakori homoktalajban kisebbek, a humusz talajban nagyobbak az értékek (jellemző adatok a homoktalajra: U-sor és Th-sor 10-15 Bq/kg,  $^{40}\text{K}$  250-300 Bq/kg száraz anyagra vonatkoztatva, míg humuszos talajban legalább másfélszer nagyobbak a megfelelő koncentrációk).
- Az előbbi jól követi a környezeti gamma-sugárzás dózisteljesítménye: a homoktalaj felett  $60 \pm 7$ , az összes állomáson  $67 \pm 8$  nGy/h az átlagos alapszinti dózisteljesítmény a Környezet Ellenőrző Laboratóriumban alkalmazott termolumineszcens dózismérési (TL) eljárással mérve (ebből egységesen 30 nGy/h tulajdonítható a kozmikus eredetű járuléknak). Természetesen, a későbbiekben mért értékeket mindig az adott helyszín alapszinti értékéhez célszerű viszonyítani.  
(A környezeti dózis mérésével kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a korabeli mértékegységet (nGy/h) a mérésügyi törvénynek megfelelően időközben felváltotta a „környezeti dózisegyenérték” definíciója és mértékegysége (nSv/h), ami ugyanazon viszonyok mellett a számértékben mintegy 10 %-os növekedést jelent.)
- Az 1963 előtti – globális – kihullásból mára a  $^{90}\text{Sr}$  és a  $^{137}\text{Cs}$  maradt meg a talaj, növény és a vízi eredetű mintákban, területileg változó eloszlásban. A Duna  $^3\text{H}$  aktivitáskoncentrációja, illetve a levegő  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  és  $^{85}\text{Kr}$  aktivitáskoncentrációja közel azonosnak tekinthető az ország különböző pontjain.
- A csernobili kihullásból közel egy nagyságrendi különbség figyelhető meg az ország egyes tájegységei között. Paks térsége, hasonlóan az ország középső részéhez, a legkevésbé szennyezett területek közé tartozott. A  $^{137}\text{Cs}$  kihullás itt 1,5-2 kBq/m<sup>2</sup> volt, a  $^{90}\text{Sr}$  kihullás ennek körülbelül a tizedére tehető (ez utóbbi oly kicsi, hogy szignifikánsan nem mutatható ki a globális járulék mellett). Az 1986. májusi kihullásban megjelenő sok egyéb, rövidebb felezési idejű hasadási termék mára elbomlott.
- Egyéb, gamma-sugárzó hasadási és ún. korróziós termékeket sem az alapszinti, sem a vonatkoztatási szint vizsgálatokban nagyon jó kimutatási határ mellett nem lehetett mérni. Ez azt jelenti, hogy későbbi esetleges megjelenésüket – egyéb okok kizárhatósága esetén – a Paksi Atomerőmű működésének kell tulajdonítani.

Mind az alapszinti, mind a vonatkoztatási szint adatokhoz történő összehasonlítással kapcsolatban fel kell hívni a figyelmet arra, hogy egy aktuális mintamérési eredmény értelmezésében, a tekintett radionuklid származásának eldöntésében nemcsak a két adat közvetlen összehasonlítása játszik szerepet. Egy működő nukleáris létesítmény – a Paksi Atomerőmű – vonatkozásában alapvetően fontos a kibocsátási adatok, a meteorológiai, illetve hidrológiai jellemzők, a terjedési számítások és elemzések, a radionuklid összetétel és más irányú mérések adatainak figyelembe vétele, az üzemzavari események bekövetkezésének ismerete stb. Egyéb kibocsátó forrás gyanúja esetén további hasznos támpontot nyújt más intézmények, laboratóriumok adataival történő összehasonlítás, az országon belüli és a nemzetközi információcsere.

### 4.3. Hagyományos környezetállapot jellemzők

#### 4.3.1. Levegőminőség az atomerőmű létesítése előtti időszakban

##### 4.3.1.1. Bevezetés

Egy térség levegőminőségének bemutatáshoz ismerni kell a terület szennyező-forrásait, a szennyezések terjedésének lehetőségeit és ezek alapján mérések, vagy számítások útján kell az immissziós helyzetet meghatározni. A korábbi állapotra vonatkozóan igen kevés adattal rendelkezünk, ezért csak áttekintő jelleggel, az országos viszonyokat, az attól való eltéréseket figyelembe véve lehet a korábbi állapotot bemutatni.

Az Országos Immisszió-mérő Hálózat 1975-ben kezdte meg rendszeres működését. Ettől az időponttól kezdődően rendelkezünk számos település, így például a legközelebbi nagyobb város, Szekszárd levegőszennyezettségi adataival is.

A Paksi Atomerőmű négy blokkja sorrendben az 1982-től 1987-ig terjedő időszakban lépett üzembe. Pakson csak 1987-ben kezdődtek monitoring vizsgálatok. Részletes levegőszennyezettségi mérések azonban sem az atomerőmű közvetlen környezetében, sem Paks településen nem történtek sem az erőmű létesítése előtti, sem az üzemelés elindulása utáni időszakban. Hasonló települések és régiók állapotának ismeretében így becslések adhatók, mind Paks, mind a tágabb környezet levegőjének minőségéről.

##### 4.3.1.2. A létesítés előtti becsülhető levegőminőségi állapot

A **II. világháborút követően** még hosszú ideig a környezetvédelem ismeretlen fogalom volt. Szabályozás, ellenőrzés hiányában, és az igénytelen technológiák miatt az **1950-60-as években igen jelentős légszennyezettség uralkodott az országban.** Ez elsősorban a széntüzelésű, tisztítóberendezések nélkül működő erőművek, a pályaudvarok (gőzvontatás), és télen a városokban a korszerűtlen fűtés következményeként alakult ki. A szennyezettség fő összetevői a kén-dioxid és a korom voltak, a szennyezőanyagokra a redukáló tulajdonság volt jellemző. Budapesten London-típusú szmoghelyzetek fordultak elő.

**Paks térsége az ország viszonylag tiszta levegőjű területei közé tartozott.** A környéken jelentős regionális hatású forrás nem volt. A településen a gépjármű közlekedés, a vasút és a hajózás légszennyező hatása csekély volt. Ugyancsak nem volt jellemző az ipari források jelenléte sem. **Ebben az időszakban a fő szennyező forrás a település fűtése,** annak ellenére, hogy a lakosok száma a jelenleginél kevesebb volt (1970-ben ~17 000, jelenleg ~21 000 fő). A leggyakoribb szennyező anyagok ebben az időszakban a kén-dioxid, szén-monoxid, kén-hidrogén, a por, a korom és hozzá kötődő karcinogén szénhidrogének voltak.

A szennyezőanyagok koncentrációját a térségben és a városban a 4.4. táblázatban foglaltak szerint becsülhetjük az 1950-60 években.

#### 4.4. táblázat: A vizsgált térségben, az 1950-60-as években becsülhető szennyezőanyag koncentrációk

	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	ülepedő por [g/m <sup>2</sup> , <sub>30 nap</sub> ]
Háttér szennyezettség	15	8	természetes eredetű
Paks város	50	20	15

**1970 után**, a levegőtisztaság-védelmi szabályozás és a korszerűsödő ipar eredményeként **fokozatosan megszűnt az extrém nagy szennyezettség**. A szén alapú energiatermelés azonban még jelentős szennyezettséget okozott, elsősorban regionális léptékben. Ugyanakkor a közúti közlekedés hatása jó 10 évig még mérsékelt volt. A szennyezettség koncentrációit az alábbiak szerint becsülhetjük az **1970-80-as időszakra**. Összehasonlításként a 35 ezer lakosú Szekszárd adatait közöljük, ahol ekkor már mérések is folytak. (Lásd 4.5. táblázat.)

**4.5. táblázat A vizsgált térségben, az 1970-80-as években becsülhető szennyezőanyag koncentrációk**

	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	üledő por [g/m <sup>2</sup> , <sub>30 nap</sub> ]
Háttér szennyezettség	10	8	természetes eredetű
Paks város	40	20	10
Szekszárd (1974-75)	50	-	12

A vonatkozó irodalomban többféle becslést találunk a hazai légszennyezettség eredetére. Esetünkben, a vizsgált területen és időszakban (1985 előtt) a következők vehetők figyelembe:

- településeken kívül:
  - 40 % regionális (határon áterjedő és magas források, pl. erőművek),
  - 25 % ipari,
  - 20 % közlekedési,
  - 15 % lakossági és szolgáltatási fűtési.
- nagyobb településeken:
  - 40 % közlekedési,
  - 30 % lakossági és szolgáltatási fűtési,
  - 30 % ipari, erőművi.

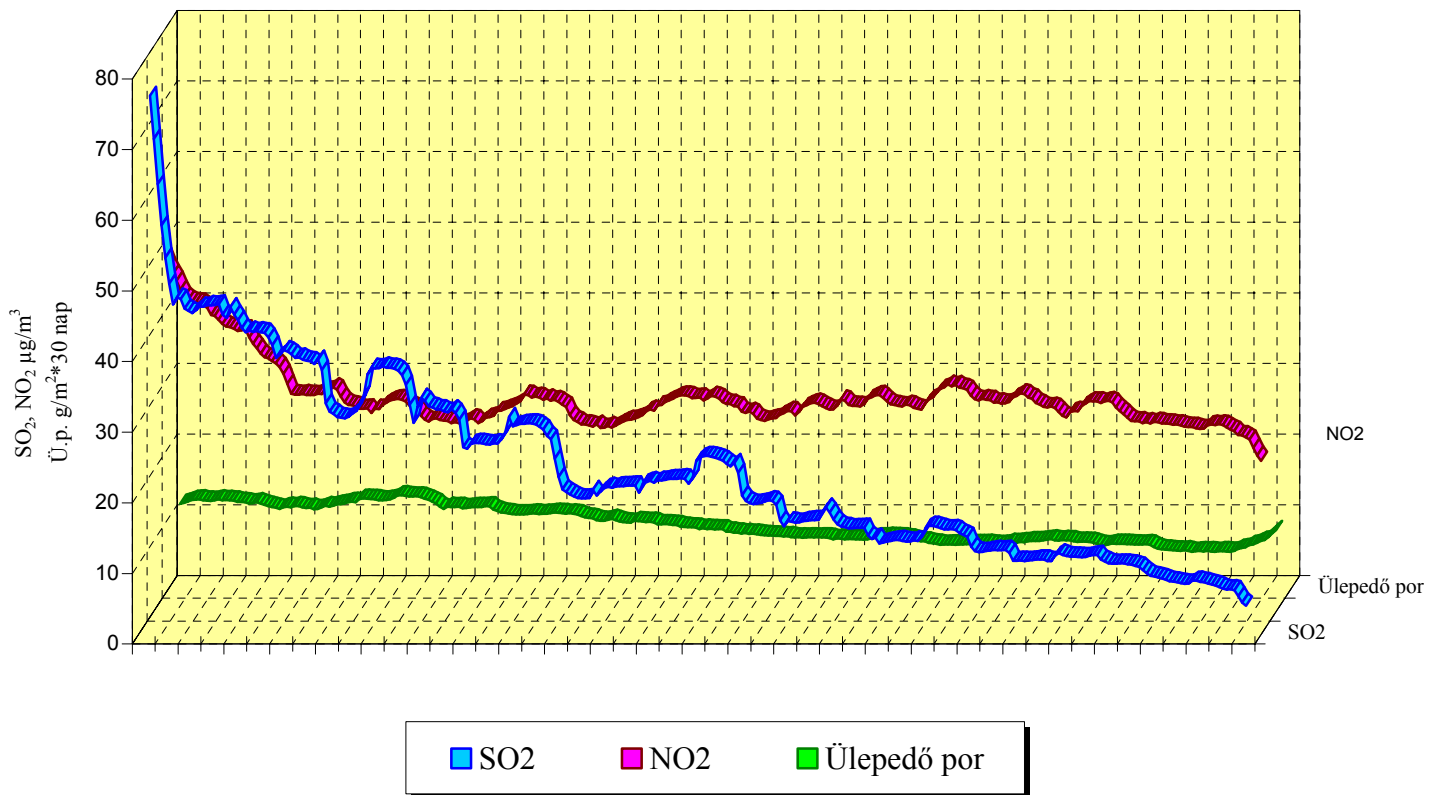
**Az 1960-80-as években a legjellemzőbb légszennyező anyag a kén-dioxid volt. Ennek fő forrása a hazai, nagy kéntartalmú szén erőművi, ipari és háztartási felhasználása volt.** Az országban egyébként a légszennyezettség jelentős hányadát éppen az erőművi emissziók okozták. Az atomenergia belépésével az általa kiváltott fosszilis energiahordozók légszennyező hatása háttérbe szorult. Napjainkra a kén-dioxid szennyezettség látványosan lecsökkent, koncentrációja az egész országban csekély. **Az atomerőmű mintegy 40 %-kal csökkentette az ország energiatermelésből származó légszennyezettségét.** További javulást eredményezett a gáz- és olajtüzelés térhódítása a szén rovására, valamint a nemzetközi környezetvédelmi megállapodások kontinentális hatása is.

Magyarországon, világviszonylatban is ritkaság számba menően, 28 éves folyamatos adatsorokkal rendelkezünk 130 település 340 mérőpontjáról. Ennek alapján **a szennyezettség országos trendjét** a 4.1. ábra mutatja be. (Forrás: OKK Országos Környezetegészségügyi Intézet adatai.)

Az ábrából jól látható, hogy a SO<sub>2</sub> folyamatosan csökkenő tendenciát mutat, a csökkenés mértéke az első időszak látványos üteme után kisebb törésekkel ugyan, de közel egyenletes üteműre állt be. A NO<sub>2</sub> tekintetében az első időszak csökkenése után szinte stagnáló adatokat regisztráltak. Az üledő por esetében szinte a teljes időszakban közel stagnálás, igen lassú csökkenés regisztrálható. (Lokális tekintetben természetesen ettől eltérő trendekkel is találkozhatunk.)

4.1. ábra: A levegőszennyezettség országos trendje

A levegő szennyezettség alakulása Magyarországon  
1978.10. - 2002.09.





### 4.3.2. Klimatikus viszonyok, meteorológiai jellemzők

Egy térség levegőminőségének elemzésénél nem elég ismerni a kibocsátásokat, tudnunk kell azt is, hogy a kibocsátott szennyezőanyagok szállítódásának, terjedésének milyen lehetőségei vannak. A terjedést több tényező együttesen befolyásolja, melyek közül ki kell emelni a meteorológiai jellemzőket, a domborzati és beépítettségi viszonyokat, valamint a terület növényzettel való borítottságát.

A klimatikus viszonyok jellemzésénél mind a regionális, mind a lokális jellemzők feltárására törekszünk. A munkába beépítjük az OMSZ regionális mérőállomásainak eredményeit, valamint a telephely jellemzési kutatás során felállított új, a lokális viszonyokat feltáró mérőállomások jelenleg rendelkezésre álló információit. [8]

Az atomerőmű térségében a meteorológiai paraméterek mérése már az erőmű megindulása előtti években elkezdődött, először ideiglenes, majd állandó mérőállomást működtettek. A mérések célja kettős volt: egyrészt információt szolgáltatni a szennyezőanyagok terjedésének számításaihoz, másrészt nyomon követni az erőműnek a mikroklímára gyakorolt hatásait. (A meteorológiai jellemzők közül a szél- és csapadékviszonyok határozzák meg a légköri kibocsátások környezeti terjedését, a hőmérséklet és páratartalom adatok pedig a hőszennyezés értékeléséhez szükségesek.)

#### 4.3.2.1. Regionális éghajlati viszonyok

Magyarország területe a kontinentális klíma gyengén nedves körzetébe tartozik, amelyet a viszonylagos kis terület ellenére éghajlatilag négy főkörzetre lehet felosztani. A felosztás alapja a befolyásoló tényezők oldaláról a domborzat, a napsugárzás, a légcirkuláció és földrajzi szélesség, illetőleg ezeknek eredményei, a jellegzetes elemkomplexumok. A négy főkörzet a következő:

- Nagyalföld,
- Kisalföld,
- Dunántúl,
- Északi hegyvidék.

A vizsgált Paks környéki terület a Nagyalföld-Mezőföld területébe tartozik, melynek a fő jellemzői a következők: Az első főkörzet a **Nagyalföld** és vele területileg összefüggő, éghajlatával hozzá csatlakozó **Mezőföld**. Az első főkörzet éghajlatának legfőbb jellemvonása a kontinentalitás. Ezen területen észlelték a legnagyobb évi és nappali felmelegedéseket, itt mutatkozik átlagban és az esetek többségében a legerősebb lehűlés is. Ezért itt adódnak mind évi, mind napi vonatkozásban a léghőmérséklet ingadozásának maximumai, egyben bármely kontinentalitási index legnagyobb értékei.

Éghajlata tipikus síksági mikroklíma, egyöntetű, területileg kevés a változatossága, a szélei közötti éghajlati különbségek lassan, fokozatosan mennek át egymásba. Az első főkörzet kapja a legtöbb besugárzást időben és energiában, de ugyanitt a legnagyobb egy-egy nap és egész év folyamán a felszín kisugárzási hővesztesége is. A késő tavaszi és kora őszi sugárzási fagyok gyakorisága itt a legnagyobb. Az uralkodó légáramlás északias. Csapadékviszonyai bizonytalanságuk mellett még szűkösek is.

#### 4.3.2.2. *Lokális jellemzők*

**Paks és közvetlen környékének éghajlata meleg, száraz, síkvidéki jellegű, a szélirányok legnagyobb gyakorisággal északnyugatiak.**

A szűkebb térség éghajlati jellemzőit a paksi telephelyen felszerelt meteorológiai állomások regisztrálták. Az első méréseket ideiglenes állomás mérte, melyet az OMSZ Csámpa-pusztán 6 éven keresztül 1967-1972 között üzemeltetett. Az értékelések a nemzetközi előírásoknak megfelelően, szabvány meteorológiai műszerekkel történtek napi három alkalommal, 7, 13 és 19 órakor. Egyes meteorológiai jellemzőket (pl. a szélesség, szélirány, léghőmérséklet, légnedvesség, a nyári félévben a csapadék) folyamatosan regisztráltak. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Paksi Főállomása 1979-ben létesült, a Világ Meteorológiai Szabványának megfelelően. A megfigyelések normál esetben óránként történnek, és a következő paraméterekre terjednek ki:

- szélirány, szélesség,
- léghőmérséklet,
- talajhőmérséklet 2-100 cm-ig,
- légnedvesség,
- légnyomás,
- csapadék,
- napfénytartam,
- felhőzet mennyisége, magassága,
- látástávolság,
- hóréteg vastagság,
- egyéb időjárási jelenségek,
- a jelenségek időtartama.

Amennyiben valamelyik fontos időjárási jellemzőben hirtelen bizonyos értéknél nagyobb változás, vagy az erőműben üzemzavar lép fel, az észlelések is sűrűbben, az adott helyzetnek megfelelően történnek. A Paksi Atomerőmű területén egy 120 m-es meteorológiai torony üzemel. A meteorológiai jellemzőket a meteorológiai torony három szintjén (20, 50 és 120 m), valamint a felszínközeli adatokat a meteorológiai mérőállomáson mérik.

Az érzékelők adataiból számíthatók a következő másodlagos mennyiségek:

- Léghőmérséklet gradiens és profil,
- Szélesség gradiens és profil,
- Szélesség fluktuáció,
- Szélirány fluktuáció,
- Függőleges szélesség fluktuáció.

**A Paksi Atomerőmű telephelyét a síkvidéki, meleg, száraz, kontinentális klíma jellemzi, így a léghőmérséklet és a csapadék nagymértékű ingadozása, az éghajlati elemek nagy változékonysága nem meglepő.**

A telephely **az ország egyik legszárazabb vidéke**, mivel a Bakony és az Északi Középhegység csapadékárnyékában fekszik. **Országos átlagban a legtöbb besugárzást kapó terület határán van**, de ennek megfelelően **nagy a kisugárzási veszteség is**. Erős nappali felmelegedés és erős éjszakai lehűlés jellemzik. A telephelyen **uralkodó szélirány az észak-északnyugati**.

A mezoklimára legjellemzőbb – a tervezett tevékenység szempontjából legfontosabb – meteorológiai adatokat a 4.1. mellékletben szerepeltetjük.

#### ***Szélesség, szélirányok***

A paksi meteorológiai állomás mérései alapján megállapítható, hogy a rosszabb hígulást eredményező kis szélességek (0-3,3 m/sec) gyakorisága legnagyobb és nagyjából egyenlő

a Dunával párhuzamos irányokban (D, DK, É, ÉNy). Nagyobb szélességeknél az É, ÉNy-i szelek gyakorisága a legnagyobb.

Paksra vonatkozóan a szélirány, szélesség és Pasquill stabilitási kategória adatok 1997 és 2004 között a 4.2. mellékletben szerepelnek.

Az erős maximális széllokések sebességének értékeléséhez a paksi meteorológiai főállomás mellett 4 másik referencia állomás adatai kerültek feldolgozásra. Ezek alapján a 10 000 éves visszatérési idejű statisztikailag prognosztizált értékek az alábbiak, melyeket az erőmű méretezési értékéhez állapítottak meg:

Széllokés max. m/s	Paks	Baja	Kecskemét	Szeged	Szarvas
Várható érték ± SD	50,4±7,4	39,5±3,3	46,1±5,6	50,6±3,5	77,1±10,5

A szarvasi adatsor vizsgálatára azért került sor, mert Magyarországon ott mérték az eddig megfigyelt legnagyobb széllokést: 44,4 m/s, 1988. augusztus 3-án. A paksi meteorológiai állomáson a szélmérő műszer magasságában mért maximális szélesség 31,6 m/s volt 1985. február 3-án.

### ***Stabilitási viszonyok***

Az atmoszféra stabilitását jellemző legfontosabb paraméter a levegő hőmérsékletének függőleges változása. A függőleges rétegződést az inszoláció (besugárzás) és a föld kisugárzásának aránya és a szélesség határozza meg. A légkör normál rétegződésének az az állapot felel meg, ha a léghőmérséklet 100 méterenként felfelé 0,65 °C-al csökken; a légrétegek semleges egyensúlyának az adiabatikus hőmérséklet gradiens felel meg (-1,0 °C/100 m). Labilis rétegződés esetén a csökkenés mértéke nagyobb (pl. erős napsütés és kis szélesség esetén). Stabil rétegződésnél a csökkenés kisebb vagy a hőmérséklet gradiens ellentétes irányú (inverzió).

A légszennyezők hígulása labilis viszonyok esetén gyorsabb, stabil rétegződés mellett lassúbb. A légköri állapotokat stabilitás szempontjából kategóriákra szokás osztani. Az atomerőművek környezetvédelmi számításaihoz a nemzetközi gyakorlatban a Pasquill féle kategorizálás terjedt el, ezt javasolja a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség is. (A hazai gyakorlatban a légköri rétegződés felmérése a Pasquill féle felosztástól eltérő osztályzással történik.)

### ***Szélesség, szélirány és légköri rétegződéstípusok együttes valószínűsége***

A radioaktív anyagok légköri terjedési számításaihoz a fenti három tényező együttes gyakoriságának megadása szükséges. Közvetlen mérések hiányában ez a feladat csak egyszerűsítve végezhető el abból a tapasztalatból kiindulva, hogy nagyobb szélességek esetén legvalószínűbb a semleges rétegződéstípusok előfordulása, a stabil vagy instabil rétegződés kis szélességeknél valószínűsíthető.

### 4.3.3. Felszíni vizek állapota

#### 4.3.3.1. *A telephely melletti Duna-szakasz általános jellemzői*

A Dunaföldvár – déli országhatár közötti 127 km hosszú Duna-szakaszt 32 kanyar alkotja. A folyó átlagos szélessége 400-600 m, esése Fajszig 6-8 cm/km, az alatt pedig 4-5 cm/km. Az árvízi meder szélessége Dunafalvánál mindössze 450 m (ez az ország egyik legkisebb árvízi keresztmetszete), de a Gemenci és a Béda-Karapancai tájegység területén eléri a 3-5 km-t.

A meder anyaga a Foktó feletti szakaszon durvább szemcséjű kavics és homok, az alatta húzódó szakaszon pedig finom szemcséjű homok és iszap. Ez a folyószakasz főleg a kanyargósság és a helyenkénti szűk keresztmetszetek miatt a jeges árvizek kialakulása szempontjából veszélyes. Ez alatt kis esésű és szintén kanyargós szakasz húzódik, amely jég helyzet szempontjából hasonlóan veszélyes.

Rendszeres vízállás észlelést Dunaföldváron, Pakson, Domborinál, Baján, Dunaszekcsőn és Mohácson folytatnak, vízhozammérést pedig Domboriban és Mohácson.

**A telephely környezetében a Duna enyhén alsó szakasz jellegű, azaz inkább feltöltődésre hajlamos,** mint medermélyülésre, bár a hordalék lerakódás mértéke és periodikus változása függ a vízhozamtól, tehát időben is változó.

#### 4.3.3.2. *A folyószabályozás és következményei*

##### *A folyószabályozási munkák*

A Dunaföldvár – déli országhatár közötti Duna-szakasz jelenleg szabályozottnak és részben szabályozottnak tekinthető. Ez azt jelenti, hogy a folyó mentén legalább az egyik parton megépültek már a szabályozási művek. A szabályozási művek (partbiztosítás, vezetőmű, keresztgátak, parti depónia) zömében vízepítési terméskőből, kisebb mértékben betonból és egyéb anyagokból épültek.

Ezen a folyószakaszon már a XVIII. század előtt végeztek kisebb szabályozási munkákat, amelyek elsősorban a meghatározó jellegű homorú partok kőszórásos vagy egyéb bevédését jelentették. A XVIII. században már kiterjedt vizsgálatok folytak a folyók, így a Duna árvizeiről is. A kanyargásra, medervándorlásra hajlamos Dunaföldvár alatti szakaszon a zátonyképződés és a zátonyvándorlás miatt kedvezőtlenek voltak az árvíz és a jéglevonulás, valamint a hajózás feltételei. Az ármentesítő társulatok a pusztító árvizek megelőzése érdekében megkezdték a védtöltések kiépítését.

A folyószakaszon az egyik legmarkánsabb változást a XIX. században előkészített és megkezdett mederátmetszések jelentették. A mederátmetszések végrehajtása után a Dunaföldvár – déli országhatár közötti szakasz 210 km-ről 127 km-re rövidült. A két világháború időszakában említésre méltó szabályozási munkák nem voltak. A II. világháború befejeződése után a legelső feladat a berobbantott hídroncok és a mederben maradt harci eszközök kiemelése volt.

A következő időszak szabályozási munkáit alapvetően az 1956. évi jeges és az 1965. évi nagy dunai árvíz határozta meg. 1980-ig a Solt-déli országhatár közötti bal parti fővédvonal a

mértékadó jeges árvízszintnek megfelelő geometriai méretekkel és az előírt biztonsággal kiépült.

A hetvenes évek végén kidolgozott szabályozási tervek szerint a folyószabályozás legfontosabb célkitűzései a következők voltak:

- A középvíz magasságára kiépített hossz- és keresztirányú szabályozási művekkel, valamint 350-400 m szélességre szűkített középvízi mederrel az egyensúlyi mederviszonyok megteremtése.
- A jéglevonulási viszonyok javítása, a jeges árvizek megelőzése.
- A kis-, közép- és nagyvizek, valamint a hordalék megfelelő levezetése.
- Az előzőekben említett beavatkozások hatásaként a nemzetközi hajóút, illetve a hajóút paraméterek javítása, a hajóút szűkületek és a gázlós szakaszok számának csökkentése.

Az elvégzett szabályozási munkák hatására javultak az árvíz és a jég levonulásának körülményei, csökkent a jégmegállásra hajlamos helyek száma. Javultak a hajózási viszonyok, csökkent a hajóút szűkületek és a gázlós szakaszok száma.

A korábbi évtizedekben befejezett legfontosabb szabályozási munkák az alábbiak voltak:

- Dunaföldvári partcsúszás rendezése (1560-1559 fkm),
- Hartai kanyar szabályozása (1552-1543 fkm),
- Siótorok környékének rendezése (1505-1490 fkm),
- Baja-Sárosparti kanyar szabályozása (1486-1460 fkm),
- Mohács alatti szakasz szabályozása (1441-1438 fkm).

#### ***A szabályozási munkák miatt bekövetkező mederváltozások értékelése***

A mederváltozások értékelése az 1970-ben és az 1999-ben kiadott Duna Atlaszok adatainak összehasonlításával, valamint a fő vízmércék 100 éves vízállás adatsorának tartóssági feldolgozásával történt.

Az 1970-es adatok szerint a jellemző küszöbök az 1554, az 1535, az 1496, az 1458 és az 1433 fkm térségében voltak. A dunaföldvári gázlót képező márgás mederanyag kikotrása, valamint a hartai és a paks-zádori kanyarok szabályozása következtében a kisvízi meder beágyazódása tapasztalható az 1560-1522 fkm között. Az 1999-es adatok szerint a barákai küszöb maradt meg markánsan az 1522-1520 fkm-nél, amelynek jelentősége igen fontos a hajózás és a Paksi Atomerőmű hűtővíz ellátása szempontjából egyaránt.

A Baráka alatti szakaszon a küszöbök kisebb mértékben süllyedtek, vagy változatlanok maradtak, az üstök néhány helyen (Bajai kikötő, Batai gázátvezetés, Mohácsi vízátvezetés térsége) nagyobb mértékben süllyedtek. A vízszintrögzítéssel meghatározott MVSz-90=LKHV vízszint az átlagos esésnek megfelelő felszín görbének felel meg. Az átlagos esés a teljes szakaszon csökkenő tendenciát mutat.

A kisvízi meder változásait az MVSz-90=LKHV vízszint alatti területek összehasonlításával lehet érzékelteni. Az összehasonlítás alapján megállapítható, hogy a hatvankettő szelvény közül ötvenegynél a szelvényterületek növekedtek, mindössze öt szelvényenél csökkentek, hat szelvényenél pedig a szelvényterületek közel azonosak. A kisvízi szelvényterületek döntő mértékű növekedése miatt a kisvizek levonulási szintje változó mértékben csökkent, ami a hossz-szelvényen is jól látható. A mederbeágyazódás legfontosabb okaiként a századfordulón

végrehajtott mederátmetszések, a folyószabályozás során létrejött mederszűkítő hatások és a korábban végrehajtott nagy volumenű ipari kotrások tekinthetők.

A középvízi mederben leginkább a keresztmetszetek kedvező átrendeződése tapasztalható a megépült szabályozási művek hatására. Az utóbbi 15 évben alacsonyabb szinttel és módosított helyszínrajzi elrendezéssel épülnek a szabályozási művek, ezzel a vízszintsüllyedési folyamatot több helyen sikerült megállítani.

A töltések közötti nagyvízi, hullámteret is magában foglaló meder csak abban a néhány szelvényben értékelhető közvetlenül, ahol a szelvény a töltéseket is tartalmazza. A hullámtereken bekövetkezett változások feltárására a közelmúltban több, egymástól független vizsgálat is készült.

Az eddigi vizsgálatok legfontosabb megállapításai a következők:

- A mezőgazdasági tevékenység során megváltoztak a lefolyást és a jéglevonulást befolyásoló művelési ágak.
- Az üdülőterületek elszaporodásával és kiterjedésük növekedésével tovább romlottak a lefolyás és a jéglevonulás feltételei.
- A nemzeti parkok létrehozásával a töltést védő és természetvédelmi erdőnek minősített területek szakszerű gondozása nehezült.
- Felmerült a hullámtéri nyárigátak fenntarthatóságának kérdése, amelyek főleg kisebb magántulajdonú területeket védenek.
- A szélesebb hullámtereken változó mértékű feltöltődés tapasztalható, leginkább parti zátóny formájában.

A mederváltozások, a mederanyag, valamint a görgetett és a lebegtetett hordalék mennyisége között szoros összefüggés van. Erre vonatkozó vizsgálatokat a VITUKI szakértői végezték el és az alábbi fontosabb megállapításokat tették:

- A 62 szelvény közül 1970-1997 között 36 szelvényben (58 %) az átlagos szemcseátmérő növekedett, 26 szelvényben (42 %) csökkent. A növekedés mértéke 7,43-szorosa a csökkenésnek (finomodás), ami a szelektív medererózió következménye.
- Az átlagos szemcseátmérő növekedés mértéke 1970-1997 között 0,26 mm (13 %).
- A szemcseátmérők átlagolt értékei 1970-ben Dunaföldvártól az országhatárig monoton csökkenő tendenciát mutattak. Ez az érték 1997-ben Bajáig monoton csökkenő, alatta pedig a határig növekvő (durvuló) tendenciát mutat.
- A folyószakaszon görgetett anyaghány tapasztalható. Folyásiránnyal lefelé haladva a görgetett hordalék szemcsemérete csökkenő (finomodó) tendenciát mutat.
- A lebegtetett hordalék átlagos szemcseátmérője és a hozzátartozó vízhozam között gyenge korrelációs kapcsolat van, a szemcsék méreteit tehát nagyobb mértékben egyéb hidrológiai, hidraulikai és hidrotechnikai hatások határozzák meg.
- A dunaföldvári belépő szelvényben a lebegtetett hordalékhozamok 10 éves átlagai monoton csökkenést jeleznek, ami felvízi hordalék-visszatartásnak felel meg.
- A vizsgált Duna-szakasz hordalékhiányos (Dunaföldvár-Baja) és hordaléktöbbletes (Baja-Mohács) részekre osztható (a többlet közel kétszerese a hiánynak).
- A vizsgált Duna-szakasz 58 %-a szelektív medererózió, 42 %-a mederkolmatáció hatása alatt áll.

***A folyószabályozási munkák hatása az erőmű közeli Duna-szakaszon***

A folyó a szabályozások előtt, valószínűleg a túlszélesedés miatt, szigeteket képzett, ágakra szakadozott. A középvízi szabályozás stabilizálta a főmedret. 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 hordalék-szállító képességének növekedésével jár, így mindkét típusú beavatkozás eredményeként medermélyülési folyamat indult el<sup>1</sup>. [13]

A Paksi Atomerőmű hűtővíz ellátására gyakorolt hatása miatt meghatározó a finom homokból és kavicsból lévő barákai gázló (1522-1521 fkm). A gázló javítása helyi duzzasztással, terelőmű, sarkantyúk építésével történik, ami a hűtővíz ellátás szempontjából is megfelelő eredményt szolgáltat. A szükséges kialakítást, a folyószabályozási művek beépítési helyét, hosszát, magasságát modellkísérlet alapján határozták meg. A jobbparti terelőmű, sarkantyúk építését 1996-97 kezdték el és 1998-ban fejezték be. A folyószabályozási művek által előidézett mederváltozások még nem fejeződtek be.

Az erőmű szelvényének környezetében 1967-ben a VITUKI folytatott részletes hidrometriai feltárást. Ennek során a kerek 500 m-es folyamszelvényekben kis-, közép és nagyvíznél részletes, pontonkénti sebességmérést végeztek.

A korábbi ismeretek és a telephely-jellemzési programban végzett újabb mérések eredményei alapján az erőmű szelvényében (1527 fkm) a sebességviszonyok alakulására az alábbi következtetések vonhatók le:

- a vízfelszín átlagos esése nagyvizeknél 7 cm/km, kisvizeknél 8 cm/km,
- a középsebesség átlagos értéke 1,0 m/s, a várható maximuma 1,2 m/s, minimuma 0,75 m/s,
- a maximális sebesség a jobbpartról kb. 100 m-re lévő sodorvonalban a vízfelszín alatt 1-1,5 m-re alakul ki, nagysága a középsebességnek több mint 1,5-szerese.

Az áramlási irányok a part vonalával és egymással közel párhuzamosak, az eltérés vízszintes értelemben 20°-on, függőleges értelemben pedig 5°-on belül marad. Figyelmet érdemel az 1526,5 fkm alatti jobb parti beöblöződés áramlástanai szerepe. Az itteni zátonysziget part felőli részén egy bizonyos vízszint (85,5 mBf) felett még van áramlás, sőt nagyvíznél a zátonyt teljes egészében elborítja a víz. A folyószabályozási terv előírta a terület feltöltését. A beépített terelőművek a sodorvonalat a bal part felé szorítják.

Az erőművi szelvény (1527 fkm) jellemző hidrológiai adatai a szomszédos vízmércék mérései alapján röviden a következők:

- A szelvényhez tartozó vízgyűjtő-terület nagysága 191 412 km<sup>2</sup>;
- Az eddig észlelt legmagasabb vízállás a Paks hajóállomási vízmércén mérve az 1876. évi jeges árvíz alkalmával februárban volt. Az 1527 fkm szelvényre átszámított tetőzés szintje 94,95 mBf. A jégmentes legnagyobb víz 1965. júniusában vonult le és 93,85 mBf-i szinten tetőzött, ugyanazon szelvényre átszámítva;
- Az eddig észlelt legalacsonyabb vízállás 2003. augusztusában volt 84,42 mBf szinten, ugyancsak az 1527 fkm szelvényre átszámítva (ezt megelőzően pedig 1991. novemberében 84,65 m-es szinttel);
- A több mint 100 éves paksi adatok alapján számítható közepes vízállás az erőmű szelvényére átszámítva 88,00 mBf;

<sup>1</sup> Holland-magyar környezeti és hajózási tanulmány

- A vízállások ingadozásának megfelelően a vízhozamváltozás is igen tág határok között játszódik le. A vízállásészlelések alapján számítható eddig előfordult legnagyobb vízhozam  $8250 \text{ m}^3/\text{s}$ , a legkisebb pedig  $664 \text{ m}^3/\text{s}$ . A paksi vízmérce adatai alapján számítható közepes vízhozam  $2330 \text{ m}^3/\text{sec}$ , mely egyúttal az előbb közölt közepes vízállásnak megfelelő hozamérték is.

A szelvényen átfolyó vízmennyiségek jellemzésére három jellemző év vízhozam-összegei a 4.6. táblázatban láthatók.

**4.6. táblázat: Az erőművi Duna szelvény (1527 fkm) jellemzői**

Jellemzői	Időszaka	Vízhozam
száraz év	1947	$61,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{év}$
átlagos év	1938	$87,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{év}$
nedves év	1965	$103 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{év}$

A vízhozamok számításánál az erőmű választott szelvényéhez legközelebb lévő paksi vízmérce adatait vették figyelembe.

#### 4.3.3.3. A mederváltozást befolyásoló tényezők

##### A lefolyási viszonyok értékelése

A lefolyási viszonyok leginkább a megelőző időszak vízállásainak és vízhozamainak előfordulásával jellemezhetők. A folyószakaszt jól reprezentáló három vízmércén (Paks, Baja, Mohács) megvizsgálták az I. fokú árvízvédelmi készültségnek megfelelő vízállás feletti, illetve az ez alatt legalább 500 cm-rel kisebb vízállások előfordulását. A lefolyási viszonyok értékelésének eredményét a 4.7. táblázat szemlélteti.

**4.7. táblázat: Lefolyási viszonyok értékelése**

Vízmérce	Paks			Baja			Mohács		
Vízállás (cm)	<150	150-650	>650	<200	200-700	>700	<250	250-750	>750
Előfordulás	%			%			%		
1901-1947	4	92	4	4	90	6	5	91	4
1948-1970	14	84	2	10	85	5	13	84	3
1971-	32	67	1	16	81	3	20	79	1

A táblázat adatai szerint a nagyvizek előfordulása a múlt század első felében 4-6 % volt, amely az 1971. utáni időszakban 1-3 %-ra csökkent. Ugyanakkor a kisvizes időszakok előfordulása Paks térségében megnyolcszorozódott, Baja és Mohács térségében pedig a négyszeresére nőtt. Összességében megállapítható, hogy a kisvizes időszakok száma jelentősen növekedett a közepes és a nagyvizes időszakok számának terhére.

Ezek legfontosabb okai a következők lehetnek:

- az időjárás és vízjárás tényezők megváltozása;
- a Felső-Dunán megépült vízlépcsők kiegyenlítő és egyéb hatása;
- a mederszelvények kiegyenlítődése, a korábban előforduló túl szűk keresztmetszetek megszűnése;
- a meder érdesség csökkenése;
- a múltbeli ipari kotrások.



A mohácsi vízmércénél a vízállás észlelés mellett rendszeres vízhozam mérés is történik. A hosszú idejű adatsor alapján megállapítható, hogy a vízállások trendje csökkenő tendenciát mutat, a vízhozamok trendje viszont lényegében egy vízszintes egyenes mentén helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy lényegében ugyanazok a vízhozamok jelenleg alacsonyabb szinten és gyorsabban vonulnak le, mint a korábbi években.

Érdekes megfigyelni a kisvízszintek hosszmenti alakulását, amelyet a 4.8. táblázat szemléltet.

**4.8. táblázat: Kisvízszintek hosszmenti alakulása**

Vízmérce		Észlelt LKV (cm)		Különbség
Neve	Helye (fkm)	1947-ben	1992-ben	(cm)
Dunaföldvár	1560,6	+13	-85	-98
Paks	1531,3	+27	-22	-49
Dombori	1506,8	-28	-38	-10
Baja	1478,7	+74	+66	-8
Mohács	1446,9	+82	+103	+21
Bezdán	1425,5	-77	-58	+19
Apatin	1401,5	-49	-8	+41
Újvidék	1255,0	-68	+21	+89

Látható, hogy az 1992-ben levonult rendkívüli kisvízhozam a Dunaföldvár-Szeremle közötti 90 km-es szakaszon alacsonyabban, a Szeremle-Újvidék közötti 215 km-es szakaszon magasabb szinten vonult le, mint 1947-ben. A kisvízszintek átlagos esésének csökkenése tapasztalható a teljes Dunaföldvár-Újvidék közötti szakaszon. A kisvizek szintje tehát csak egy viszonylag rövidebb szakaszon csökkent, és egy viszonylag hosszabb szakaszon emelkedett. Az eddig bekövetkezett változásokat figyelembe véve érdemes lesz megfigyelni a következő időszakban, hogy a mélyülési tendencia folytatódik-e a folyásirányban, vagy az emelkedő tendencia a folyásiránnyal szemben. A hajózás szempontjából jellemző kisvízszintek változása a 4.9. táblázat szerint értékelhető.

**4.9. táblázat: A hajózás szempontjából jellemző kisvízszintek változása**

Vízmérce	LKHV		
	1970-ben	Jelenleg	Különbség
Dunaföldvár	+63 cm	-58 cm	-121 cm
Paks	+100 cm	-6 cm	-106 cm
Baja	+182 cm	+121 cm	-61 cm
Mohács	+211 cm	+144 cm	-67 cm

Az összehasonlításnál figyelembe kell venni, hogy az 1970-ben érvényes hajózási kisvízszintet a vízmércékre vonatkozó változó kisvízhozamot, illetve kisvízszintet figyelembe véve határozták meg, míg a jelenlegi LKHV=MVSZ-90. vízszint egységese az 1040 m<sup>3</sup>/sec vízhozamnak megfelelő felszingörbe.

A főmederben létrejött változások és a lefolyási viszonyok javulása kedvező az árvizek levonulása szempontjából is. Az árvizek döntő tömege ugyanis még a jelenlegi időszakban is a főmederben vonul le, és csak egy kisebb hányada halad a hullámtéren. Ugyanazok a nagyvíz hozamok ma már alacsonyabb szinten vonulnak le, ami kedvezőbb árvíz védekezési szempontból is.

A vízszintsüllyedések nagysága a mértékadó vízmércékre kidolgozott vízállás tartóssági görbékről is leolvasható. A kis-, közép- és nagyvizek tartományában tapasztalható vízszintsüllyedéseket a 4.10. táblázat tartalmazza.

**4.10. táblázat: A vízszintsüllyedések nagysága**

Vízmérce	Átlagos tartósság (%)		
	5	50	95
Dunaföldvár	- 150 cm	- 120 cm	- 100 cm
Paks	- 110 cm	- 140 cm	- 120 cm
Baja	- 90 cm	- 120 cm	- 100 cm
Mohács	- 70 cm	- 110 cm	- 90 cm

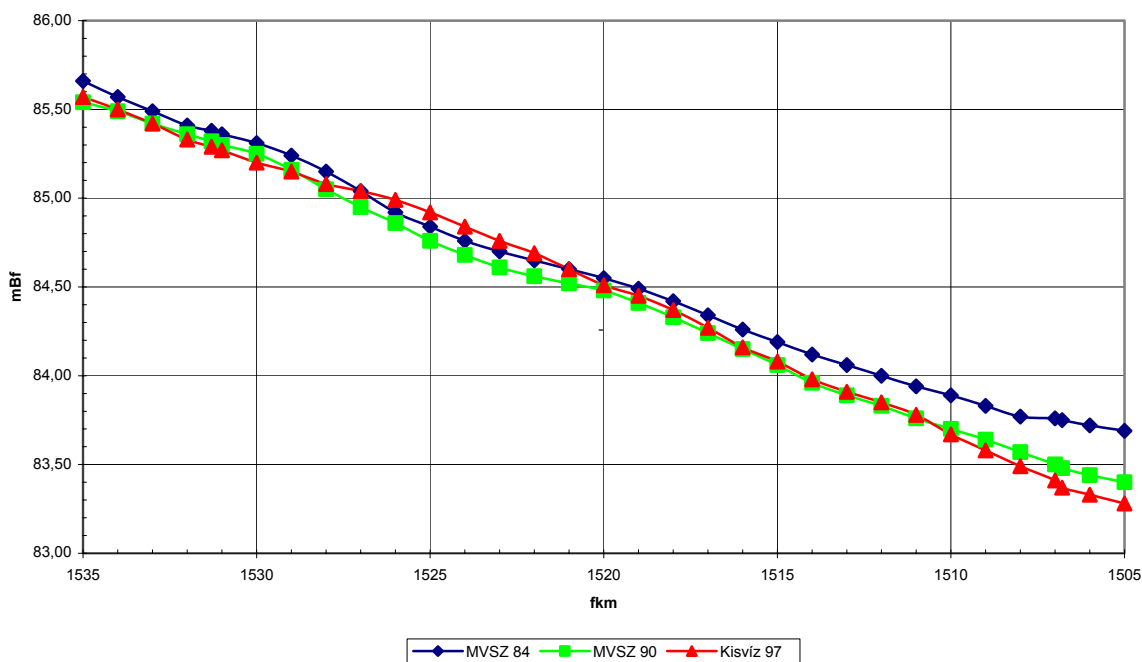
A táblázatból leolvasható, hogy a legnagyobb változások a középvíz tartományában tapasztalhatók és a kis-, illetve a nagyvizek tartománya felé haladva ezek a változások csökkennek. Kivételt képez a dunaföldvári vízmérce térsége, ahol a kisvízi (5 % tartósságú) tartományban a középvízénél nagyobb vízszintcsökkenés tapasztalható.

Más a helyzet a mértékadónak megfelelő árvizek levonulásánál. Az átlagosan 100 évenként előforduló, vagy attól nagyobb jégmentes árvizek jelenleg lényegében ugyanazon a szinten vonulnak le, mint 40 évvel ezelőtt.

#### ***Kisvizek előfordulása***

Az elmúlt 20 évben a teljes magyarországi Duna szakaszon háromszor végeztek kisvízi vízszintrögzítést. A permanens hidraulikai állapotban végrehajtott mérések során kapott vízfelszín adatokat azonos vízhozamra redukálva a 4.2. ábrán mutatjuk be.

**4.2. ábra: Kisvízszintek változása Paks térségében**



A Dunán 1983. őszen extrém alacsony vízállás következett be ami felvetette az atomerőmű megbízható működésének veszélyeztetését is. Az okokat kutatva a VITUKI és a BME

egymástól függetlenül arra a következtetésre jutott, hogy a változatlan vízhozamokat a folyam azért vezeti le a korábbi évekhez (1960-70-es évek) viszonyítva alacsonyabb vízállással, mert az ipari kotrások miatt medre 40-60 cm-rel mélyült. Az ipari kotrásokat 1985 nyarán az 1505-1536 fkm között – a nemzetközi hajóút fenntartásához szükséges eseti gázlókotrások kivételével – leállították.

Az 1985, illetve 1986 őszen elvégzett ellenőrző mederszelvényezések bizonyították, hogy az ipari kotrások korlátozása elérte célját, a felmért szelvények – az atomerőművi melegvíz-bevezetés környezetét kivéve – a mederszakasz dinamikus egyensúlyát, illetve enyhe töltődést mutattak. A hidegvíz csatorna feletti szakaszon 1984-hez viszonyítva a vízszintek mintegy 10-15 cm-es süllyedése figyelhető meg, a korábbi kotrások és a folyószabályozás művek hatásaként. A hidegvíz csatornától a barákai gázlóig (1527 - 1521 fkm) tartó szakaszon kezdetben a vízszint csökken majd növekszik. A csökkenést a kotrások elhúzó hatása miatt láthatjuk még 1990-ben is (ez az egész magyarországi Duna-szakaszra jellemző), a növekedést az indokolhatja, hogy a barákai gázló szintjét nem engedték kotorni és a meder a kotrások hatásának elmúltával kismértékben töltődni kezdett. 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 kisvizekre vonatkozó, statisztikailag értékelt adatokat a 4.11. táblázat tartalmazza.

**4.11. táblázat: Az erőmű hidegvíz csatornájának szelvényére átszámított kisvízi statisztikai adatok**

Az adott szintet meghaladó vízállás valószínűsége	1969-1985		1979-1988 GUMBEL Eloszlás (mBf)
	GAMMA	GUMBEL	
	Eloszlás (mBf)		
0.5000	85.44	85.43	85.27
0.9000	85.05	85.07	84.78
0.9900	84.83	84.85	84.52
0.9990	84.73	84.74	84.35
0.9999	84.66	84.65	84.23

A paksi vízmércénél 1970 és 2004 között mért vízállás adatokat a 4.3. ábra mutatja be.

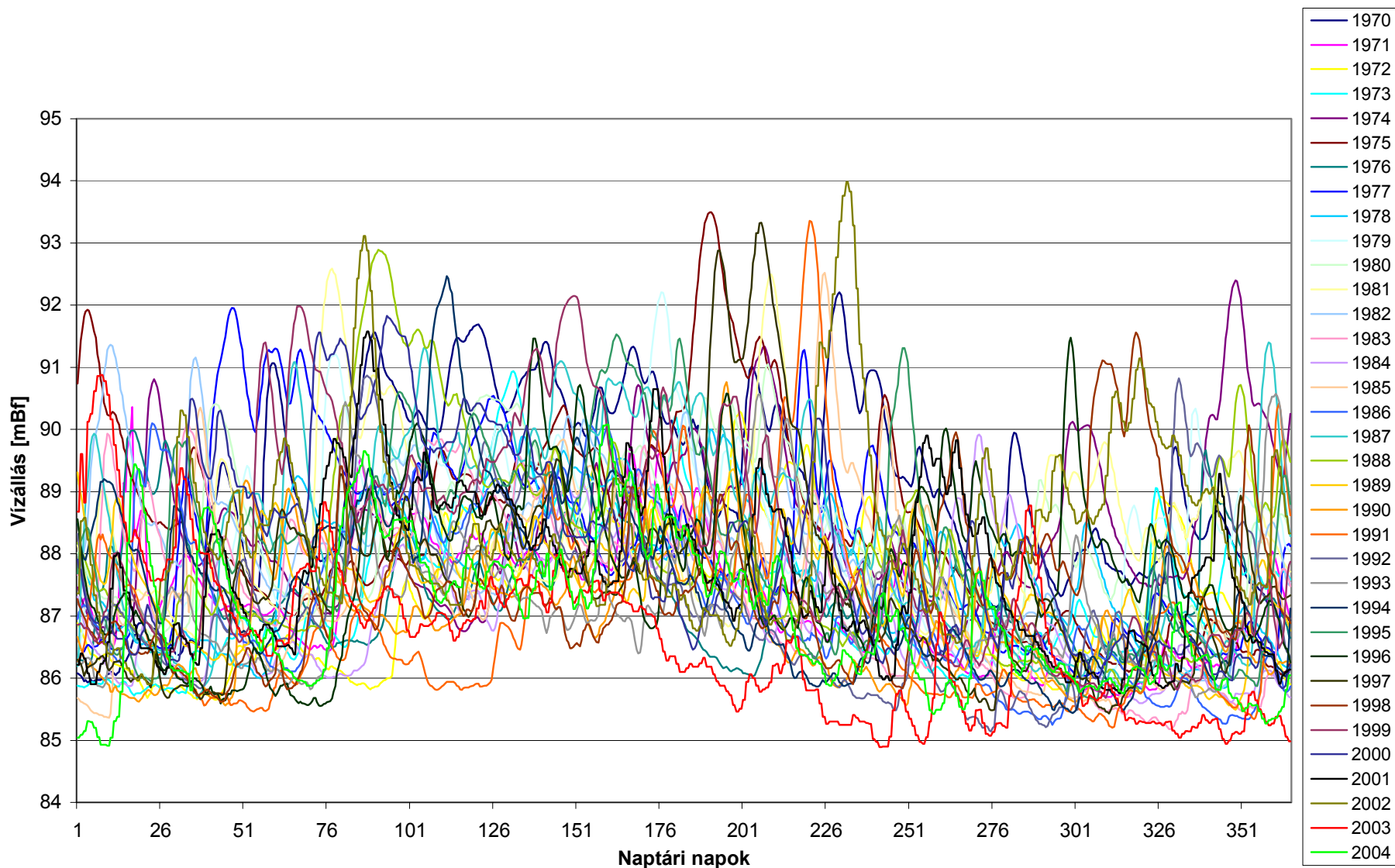
### **Áradások**

Az atomerőmű szelvényéhez legközelebbi (1527 fkm), hosszú időtartamra vonatkozó észlelési adatsorral rendelkező mérőállomás a paksi vízmérce. Ennek főbb jellemzői:

- vízállásészlelés folyik a Duna 1531,3 fkm szelvényében 1869 óta,
- vízhozammérési adatok csak szórványosan állnak rendelkezésre,
- a szelvényhez tartozó vízgyűjtőterület nagysága 191 412 km<sup>2</sup>,
- a vízmérce "0" pontjának magassága 85,38 mBf.

A paksi vízmércén rendelkezésre álló adatsorokat transzformálni kell az erőmű hidegvízcsatorna szelvényére (1527 fkm). A két szelvény közötti mércekapcsolatot felszín görbe mérések és számítások alapján határozták meg. Az adatsorok ismertetése esetén mindig feltüntetjük, melyik szelvényre vonatkoznak (fkm).

4.3. ábra: A paksi vízmércénél 1970-2004 között mért vízállás adatok



A paksi vízmércén 1916-1985 között mért maximális vízállások idősorait (1531,3 fkm) a 4.12. (jeges vízállás) és a 4.13. (jégmentes vízállás) táblázatok tartalmazzák. A vizsgált időtartam alatt a legmagasabb jeges vízállás 975 cm = 95,13 mBf, a legmagasabb jégmentes vízállás pedig 872 cm = 84,10 mBf volt a paksi vízmércén mérve. A táblázatok adatainak összehasonlításából megállapítható, hogy a vizsgált 70 év alatt 14 esetben tértek el az évi jeges és jégmentes vízállás értékei.

#### 4.12. táblázat: Az évi legnagyobb vízállások idősora 1916-1985

Duna 1531,3 fkm

Sorszám	Észlelés időpontja		Vízállás a vízmércén* (cm)	Sorszám	Észlelés időpontja		Vízállás a vízmércén* (cm)
1	1916.	I.13.	652	36	1951.	V.16.	610
2	1917.	I.10.	755	37	1952.	IV.7.	670
3	1918.	VII.12.	687	38	1953.	VII.15.	458
4	1919.	I.5.	666	39	1954.	VII.20.	816
5	1920.	I.23.	798	40	1955.	VII.18.	680
6	1921.	VI.6.	510	41	1956.	III.12.	972
7	1922.	III.1.	773	42	1957.	VIII.1.	666
8	1923.	II.11.	800	43	1958.	VII.5.	670
9	1924.	V.16.	773	44	1959.	VII.21.	680
10	1925.	IX.4.	685	45	1960.	VII.31.	594
11	1926.	VII.3.	793	46	1961.	V.21.	534
12	1927.	IV.14.	624	47	1962.	V.31.	590
13	1928.	I.20.	700	48	1963.	III.17.	578
14	1929.	III.22.	618	49	1964.	XI.25.	562
15	1930.	XI.9.	656	50	1965.	VI.18.	872
16	1931.	X.1.	556	51	1966.	VIII.2.	729
17	1932.	VI.5.	584	52	1967.	VI.15.	612
18	1933.	II.7.	589	53	1968.	I.20.	660
19	1934.	I.26.	528	54	1969.	I.20.	514
20	1935.	VI.7.	617	55	1970.	VIII.18.	683
21	1936.	VI.14.	636	56	1971.	I.17.	500
22	1937.	III.19.	664	57	1972.	VII.19.	491
23	1938.	I.19.	732	58	1973.	V.12.	556
24	1939.	XII.8.	721	59	1974.	XII.15.	702
25	1940.	III.21.	955	60	1975.	VII.10.	811
26	1941.	II.18.	975	61	1976.	VI.8.	514
27	1942.	III.17.	786	62	1977.	II.17.	657
28	1943.	VI.22.	605	63	1978.	VII.10.	460
29	1944.	IV.25.	778	64	1979.	VI.26.	682
30	1945.	II.12.	940	65	1980.	VII.27.	562
31	1946.	VII.16.	592	66	1981.	III.18.	718
32	1947.	III.26.	724	67	1982.	I.11.	598
33	1948.	I.11.	674	68	1983.	II.3.	470
34	1949.	VIII.23.	688	69	1984.	IX.29.	454
35	1950.	II.14.	522	70	1985.	VIII.13.	710

\*"0" pont = 85,38 mBf

## 4.13. táblázat: Az évi jégmentes nagyvízállások időszora 1916-1985

Duna 1531,3 fkm

Sorszám	Észlelés időpontja		Vízállás a vízmércén* (cm)	Sorszám	Észlelés időpontja		Vízállás a vízmércén* (cm)
1	1916.	I.13.	652	36	1951.	V.16.	610
2	1917.	I.10.	755	37	1952.	IV.7.	670
3	1918.	VII.12	687	38	1953.	VII.15.	458
4	1919.	I.5.	666	39	1954.	VII.20.	816
5	1920.	I.5.	798	40	1955.	VII.18.	680
6	1921.	VI.6.	510	41	1956.	VI.28.	532
7	1922.	III.1.	773	42	1957.	VIII.1.	666
8	1923.	II.11.	800	43	1958.	VII.5.	670
9	1924.	V.16.	773	44	1959.	VII.21.	680
10	1925.	IX.4.	685	45	1960.	VII.31.	594
11	1926.	VII.3.	793	46	1961.	V.21.	534
12	1927.	IV.14.	624	47	1962.	V.31.	590
13	1928.	II.22.	634	48	1963.	III.25.	550
14	1929.	V.21.	492	49	1964.	XI.25.	562
15	1930.	XI.9.	656	50	1965.	VI.18.	872
16	1931.	X.1.	556	51	1966.	VIII.2.	729
17	1932.	VI.5.	584	52	1967.	VI.15.	612
18	1933.	VII.22	558	53	1968.	X.8.	532
19	1934.	IX.8.	429	54	1969.	VI.12.	457
20	1935.	VI.7.	617	55	1970.	VIII.18	683
21	1936.	VI.14.	636	56	1971.	VI.16.	432
22	1937.	III.19.	664	57	1972.	VII.19.	491
23	1938.	I.19.	732	58	1973.	V.12.	556
24	1939.	XII.8.	721	59	1974.	XII.15.	702
25	1940.	IV.1.	802	60	1975.	VII.10.	811
26	1941.	III.16.	696	61	1976.	VI.8.	514
27	1942.	III.28.	652	62	1977.	II.17.	657
28	1943.	VI.22.	605	63	1978.	VII.10.	460
29	1944.	IV.25.	778	64	1979.	VI.26.	682
30	1945.	II.21.	660	65	1980.	VII.27.	562
31	1946.	VII.16	592	66	1981.	III.18.	718
32	1947.	III.26.	724	67	1982.	I.11.	598
33	1948.	I.11.	674	68	1983.	II.3.	470
34	1949.	VIII.2	688	69	1984.	IX.29.	454
35	1950.	XI.23.	374	70	1985.	VIII.13	710

\* "0" pont = 85,38 mBf

A rendelkezésre álló mérési adatokból statisztikai vizsgálatokkal meghatározták a különböző vízmagasságok előfordulási valószínűségeit. Az 1916-1985 közötti időszak évenkénti mértékadó maximális vízállásadatainak felhasználásával statisztikai vizsgálatokat végeztek. A vizsgálatokat a táblázatokban feltüntetett adatsorokra végezték el, külön a maximális jeges és a jégmentes vízállásokra vonatkozóan.

A statisztikai vizsgálatok eredményeit a 4.14. táblázat szemlélteti. A maximális árvízszinteket transzformálták az erőmű szelvényére (1527 fkm). Az így kapott adatokat a 4.15. táblázatban foglaltuk össze. Az eredményekből megállapítható, hogy

- a legnagyobb előfordulási valószínűségű alacsony vízállásoknál a jégmentes magasvizek a magasabbak,

- kb. 99 % előfordulási valószínűségű vízállásnál a kétfajta adatsorból számított értékek megegyeznek,
- a legkisebb előfordulási valószínűségű vízállásmagasságok felé haladva a jeges magasvizek egyre nagyobb különbséggel lesznek magasabbak a jégmentes magasvizekből számított értékeknél.

#### 4.14. táblázat: Árvizek statisztikai vizsgálata 1916-1985

##### Duna 1531,3 fkm

Előfordulási valószínűség (%)	Jeges magasvizekből számított vízállások (cm) *	Jégmentes magasvizekből számított vízállások (cm) *
0,01	1113	1040
0,1	1036	971
1,0	994	888
2,5	900	848
10,0	818	774
20,0	765	726
50,0	663	634
80,0	561	541
90,0	508	494
97,5	425	420
99,0	381	380
99,9	288	296
99,99	212	228

\*"0" = 85,38 mBf

#### 4.15. táblázat: A maximális árvízszintek az erőmű szelvényében 1969-1985

##### Duna 1527 fkm

Előfordulási valószínűség (%)	Jeges nagyvizekből számított vízállások (mBf)	Jégmentes nagyvizekből számított vízállások (mBf)
0,01	96,36	95,62
0,1	95,58	94,91
1,0	95,15	94,06
2,5	94,18	93,65
10,0	93,34	92,89
20,0	92,80	92,40
50,0	91,76	91,46
80,0	90,71	90,51
90,0	90,17	90,03
97,5	89,32	89,27
99,0	88,87	88,86
99,9	87,92	88,00
99,99	87,14	87,30

Az elmúlt mintegy 80 évben előfordult árvizek az árvízcsúcsok, az árhullám tartósságok és a készültségben évente eltöltött összes napok rangsorolásával jellemezhetők. A bajai vízmérce adatai alapján ez az alábbiak szerint alakult, a 800 cm-t meghaladó árvízcsúcsokat figyelembe

véve. A 4.16. táblázatban a készütségben évente eltöltött összes napoknál csak azok szerepelnek, amikor a vízállás meghaladta az I. fokú készütségnek megfelelő szintet.

**4.16. táblázat: A készütségben évente eltöltött napok**

Rangsor	Árvízcsúcsok		Árhullámok tartóssága		Készütségben évente eltöltött összes nap	
	év	vízállás (cm)	év	nap	év	nap
1.	1956	1037 (jeges)	1965	63	1965	84
2.	1965	976	1926	39	1926	55
3.	1945	958 (jeges)	1975	25	1975	31
4.	2002	943	1988	25	1970	26
5.	1954	912	1940	22 (jeges)	1988	25
6.	1975	906	1944	19	1999	24
7.	1940	894 (jeges)	1947	17	1997	23
8.	1997	886	1926	16	1940	22
9.	1926	876	1954	16	2002	21
10.	1991	875	1945	14 (jeges)	2000	20
11.	1944	869	1997	14	1944	19
12.	1988	845	1970	13	1947	17
13.	2002	844	2002	13	1981	17
14.	1965	841	1956	12 (jeges)	1954	16
15.	1926	837	1966	11	1945	14
16.	1947	827	1941	10	1956	12
17.	1997	826	1999	10	1941	11
18.	1966	825	2000	10	1966	11
19.	1939	812	2000	10	1995	10
20.	1981	809	1965	9	1939	9
21.	1941	808	1981	9	1994	9
22.	1994	805	1994	9	1937	8
23.	1981	804	1997	9	1991	8

A 2002. augusztusi árvíz a nyári árvizek között az eddig előfordult második legnagyobbnak számít az árvízcsúcsok rangsorolása szerint, az árhullámok tartóssága szerint azonban csak a 13. helyre szorul. A II. fokú készütségnek megfelelő bajai 943 cm-es tetőzés mellett a solt-déli országhatár közötti bal parti árvízvédelmi fővédvonalon olyan káros jelenségek jelentkeztek /buzgár, szivárgás, csurgás, töltésláb fellazulás stb./, amelyek a III. fokú készütségnek megfelelő beavatkozásokat igényeltek. Az ADUVÍZIG kezdeményezésére a KvVM külön rendeletben megváltoztatta az árvízvédelmi készenlét szempontjából mértékadó bajai és paksi vízmérce készütségi szintjeit a 4.17. táblázat szerint.

**4.17. táblázat: A védelmi fokozatok**

Védelmi fokozatok	Bajai vízmérce (cm)		Paksi vízmérce (cm)	
	2003.03.05-ig	2003.03.06-tól	2003.03.05-ig	2003.03.06-tól
I. fok	700	700	650	600
II. fok	850	800	800	700
III. fok	950	900	900	800



***A jéglevonulási viszonyok értékelése***

A dunai jeges események jellege, ezen belül az igen veszélyes állójeges időszakok előfordulása különösen az utolsó évtizedekben jelentősen megváltozott. A mohácsi szelvényre vonatkozó adatok alapján 1901-1956 között 35 télen állt meg a jég (63 %-os gyakoriság), 1957-2000. között csak 8 télen (19 %-os gyakoriság), ezen belül 1971 óta mindössze egyszer (1985-ben) keletkezett jégmegállás.

A nyolcvanas évek második felében végzett vizsgálatok szerint a Duna mentén elhelyezkedő erőműi és településkörnyezeti (szennyvíz, melegvíz) hőterhelések közül a hőerőművek 14-18 %-kal, a paksi atomerőmű pedig 28 %-kal csökkenti a jégzajlás sűrűségét. Az elvégzett szabályozási munkák és a fenti kedvező hatások következtében javultak a lefolyás, és ezzel együtt a jéglevonulás feltételei, csökkent a jégmegállás veszélye. Korábbi forrásmunkák szerint a Dunaföldvár-déli országhatár közötti szakaszon 1970-ben 19 jégmegállásra hajlamos helyet tartottak nyilván. A hóháztartási és a vízminőségi tényezők változása, valamint az elvégzett folyószabályozási munkák együttes hatására a jéghelyzet javult, azonban a veszély még jelenleg is fennáll. Ezen a folyószakaszon ugyanis még jelenleg is legalább 7 jégmegállásra hajlamos hely található. A jelenleg is fennálló veszélyeztetettség miatt indokolt a szabályozási munkák folytatása, valamint a jégtörő hajópark fenntartása, évenkénti rendszeres felkészítése és melegen tartása.

***A hajózási viszonyok értékelése***

Az 1560-1433 fkm közötti Duna-szakasz az EGB IV. osztályba sorolt természetes víziút, ahol a Duna Bizottság ajánlása szerinti hajóút paraméterek a következők az MVSZ-90=LKHV (legkisebb hajózási vízszint) felszínigörbére vonatkoztatva.

<b><i>Minimális mélység:</i></b>	LKHV-25 dm
<b><i>Minimális szélesség:</i></b>	
– lazatalajú mederszakaszon	min. 180 m
– lazatalajú gázlós szakaszon	min. 150 m
– sziklás és gázlós szakaszon	min. 100 m
<b><i>Minimális kanyarulati sugár:</i></b>	
– lazatalajú mederszakaszon	min. 1000 m
– geomorfológiailag kedvezőtlen szak.	min. 750 m

A vízrajzi nyilvántartási szelvények összehasonlításával és a helyi mérések alapján megállapítható, hogy az LKHV-re vonatkoztatott hajóút paraméterek legtöbb helyen javultak 1970 és 2004 között. A hajóút paraméterek abban az 5 szelvényben sem lettek rosszabbak a normatívánál, ahol a kisvízi keresztmetszeti területek csökkenése tapasztalható.

Korábbi forrásmunkák szerint 1970-ben ezen a folyószakaszon 7 gázlót és 7 hajóút szűkületet tartottak nyilván. A jéglevonulás javítása érdekében elvégzett szabályozási munkák kedvezőek voltak a hajóút méretek javulása szempontjából is. A rendelkezésre álló adatok szerint 2000-ben mindössze 2 gázló és 8 hajóút szűkület nehezítette a hajózást.

***4.3.3.4. A meder alakulása***

A Paksi Atomerőmű által felhasznált hűtővíz mennyisége, a Duna kisvízi hozamához képest jelentősnek mondható, a vízkivétel és visszavezetés módja ugyanakkor befolyásolja a Duna áramlási viszonyait, hatással van a meder alakulására. A változások nyomon-

követhetőségének érdekében már a tervezés fázisában részletes helyszíni meder és áramlási vizsgálatokat és modellkísérleteket végeztek el.

Az építés előtt, 1967-ben végzett helyszíni mérések a kiinduló állapot felmérése mellett, geometriai és modellarányosítási adatokat szolgáltatottak a Duna és hidegvízcsatorna környezetét vizsgáló hidraulikai kisminta számára. A modellkísérletek során részletesen vizsgálták a biztonságos vízkivétel feltételeit, a vízkivétel hatását a Duna áramlási viszonyaira, a meder alakulására, és javaslatot tettek a tervezőnek a hidegvízcsatorna kitorkolásának hidraulikailag legkedvezőbb kialakítására.

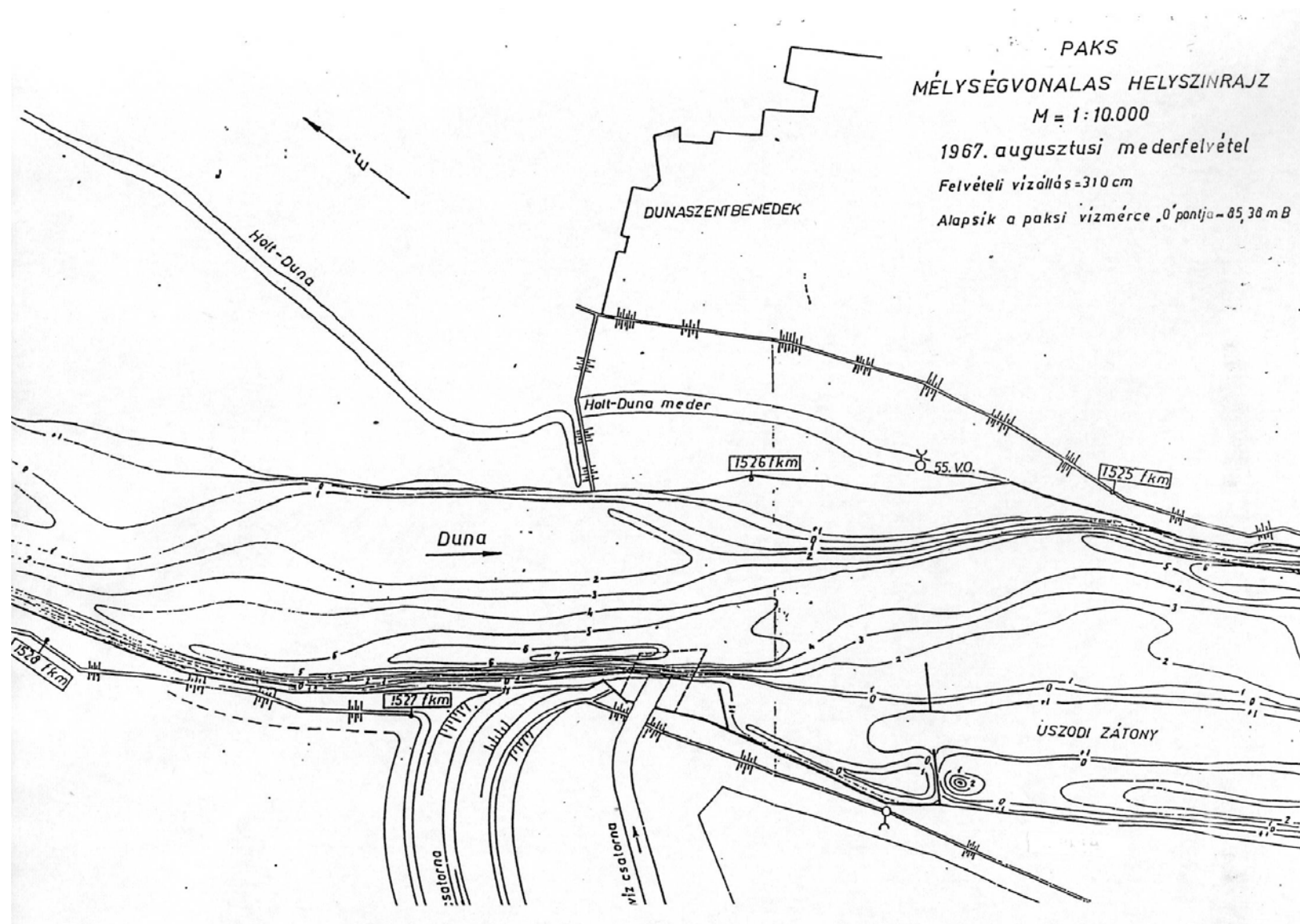
Az 1967. évben végzett mederfelvétel alapján készült mélységvonalas helyszínrajz szerint (4.4. ábra) az akkor még csak tervezett paksi műtárgyak környezetében a sodorvonal teljesen rászorul a jobbpartra és a felső uszódi zátonynál lévő sarkantyú vonalában a meder közepe felé tolódik. A vízkivételi mű helyével szemben a bal parton 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 atomerőművi vízkivétel helyétől É-ra, közvetlenül Paks város fölött a Duna nagy kanyarral K-i irányból D-i irányba fordul. Emiatt a sodorvonal a jobb part felé kilendül és az itteni mederszabályozás előtt a jobb partot alámosással bontotta. Jelenleg a város mellett végighúzódó partvonal mentén és az alatt is e homorú partot kőburkolat védi az omladozó erózió ellen. Ez a partbiztosítás az 1528 fkm fölött 1906-ban készült, ettől lefelé az 1526,5 fkm-ig 1887-ben, még az 1525,5 - 1526,5 fkm közötti szakaszon 1926-1927 között épült ki. Ezzel a partbiztosítással a folyó középvízi medre a homorú oldalon Pakstól Dunaszentbenedekig stabilizálva van.

Az atomerőművi telephely vízkivétele alatt a jobb part közelében Dunaszentbenedek magasságában kb. 2 km hosszú zátonysziget húzódik, ott ahol a jobbparti hullámtér fokozatosan kiszélesedik. Ezt a hajózás szempontjából kedvezőtlen jobbparti zátonyosodást már több évtizeddel ezelőtt sarkantyúkkal olyképpen szabályozták, hogy a beöblösödés folyamatos természetes feltöltődését biztosítsák, ezáltal a közép- és kisvízi medret összeszorítva, a meder állandósága és a kellő hajózási mélység biztosítva van. A jobbparti partbiztosítással egyidejűleg a szemben lévő parton kb. 400 m-enként sarkantyúkat építettek. Ezek folyamatos kiépítésével a kisvízi meder leszűkült, s ez egyúttal a bal part vonalát is, a meder mélységviszonyait is teljes mértékben stabilizálta.

Az atomerőművi vízkivétel helyén a sodorvonal a jobb part felé közelít, majd az 1525-1527 fkm-ek között átvált a bal part felé, s az inflexiós pont kb. az 1526 fkm + 500 m-be esik. A meder átlagos mélysége a kisvízszint alatt 4 m, a sodorvonalban 5-6 m. Ez a jellegzetes kisvízszint, melyhez a mélységet hasonlítjuk, a Duna Bizottság által meghatározott hajózási vízszint (DB-vízszint), amelynek abszolút magassága az 1527 fkm-nél 86,72 mBf. A folyószakasz általában jól szabályozott állapotban van, átfogó folyamszabályozási terv áll rendelkezésre a további munkálatokra. A mederváltozásról, és ebben az atomerőmű tevékenységének szerepéről részletesebben az 5.4.3.1.2. pontban szólnunk.

4.4. ábra: Az 1967. évben végzett mederfelvétel alapján készült mélységvonalas helyszínrajz



#### 4.3.3.5. *A Duna vízhőmérséklete*

A Duna vizének hőmérsékletét a telephelyhez legközelebb a Paks hajóállomásnál lévő vízmérce-szelvényben, az 1531,3 fkm-nél mérik rendszeresen. A mérési szelvény közelsége miatt az adatok a vízkivételi helyre is érvényesek. A vízhőmérséklet egyenes arányban növekszik a léghőmérséklet, valamint a napsütés időtartamának értékével és fordított arányban áll a vízhozam nagyságával.

Az atomerőmű telepítését megelőző évek legmagasabb vízhőmérséklete 25,2 °C (1971. VIII. 8.) volt, az üzemeltetési időszak alatt 1994 nyarán 25,9 °C. A vízhőmérséklet a hőterhelés vizsgálatának alapvető paramétere. Az 1956-85. közötti időszak július, szeptember és december hónapok összetartozó napi vízhozamait és vízhőfokait feldolgozva Paksnál az alábbi jellemző megállapítások tehetők.

- Júliusban a vízhőmérséklet átlagosan 23 napon át 17-22 °C között volt. Ugyanakkor a vízhozam 11 napon át 2000-2800 m<sup>3</sup>/s között mozgott. A 30 év alatt összesen 20 napot meghaladó együttes előfordulás az 1700 m<sup>3</sup>/s – 22 °C és 2500 m<sup>3</sup>/s – 19 °C érték párok között határozott tendenciát mutat (kisebb vízhozam – nagyobb vízhőfok és fordítva).
- Szeptemberben átlagosan 17,3 napon át 16-19 °C közötti vízhőmérséklet volt, míg a vízhozam 7,5 napon át 1300-1600 m<sup>3</sup>/s között járt. Az egybeesés az 1400-1600 m<sup>3</sup>/s és a 17-19 °C között a leggyakoribb.
- Decemberben a vízhozam átlagosan 9,5 napon át 1000-1300 m<sup>3</sup>/s és a vízhőfok 18,8 napon át 2-5 °C között volt. A 30 év alatt összesen 20 napnál többször tartozott össze 2900 m<sup>3</sup>/s-nál nagyobb vízhozam és 3 °C vízhőfok, illetve 900-1200 m<sup>3</sup>/s vízhozam és 0-1 °C vízhőmérséklet. Az utóbbi általában a jeges, jégzajlásos időszakra jellemző állapot.

#### 4.3.3.6. *A vízminőség*

A Duna vízminőségének értékelését a törzshálózati vizsgálatok alapján a VITUKI Rt. Vízminőségvédelmi Intézet Hidrobiológiai Osztálya végezte, a Dunaföldvár-Hercegszántó közötti szakaszon, öt szelvényben hét mintavételi helyen. A vizsgált időszak az 1979-2004 közötti évekre terjedt ki. Az összehasonlíthatóság kedvéért jelen paraméternél nem bontottuk szét az erőmű létesítése előtti és a létesítés utáni időszakot. Jelen fejezetben az adatok számszerű bemutatására törekedtünk, a részletesebb értékelést és a mérési eredményekben mutatkozó tendenciák grafikus értékelését az 5.4.3.2. pont tartalmazza.

A vízminőség értékelésére az 1994-ben életbe lépett MSZ 12749 szabványt alkalmazták, amely öt vízminőségi osztályt különböztet meg és a 90 %-os tartósságú értéket tekinti mértékadónak. Az MSZ 12749 szabvány alapján történő minősítésnél alkalmazott határértékrendszert a 4.18. táblázat tartalmazza komponens családonkénti bontásban.

Az MSZ 12749 szabvány szerinti minősítés a 90 %-os tartósságú értékek és a vízminőségi osztályok meghatározásában testesül meg. Az előbbi értékeket a 4.19. táblázat, az utóbbiakat a 4.20. táblázat tartalmazza a három értékelt rész időszak (1979-1982, 1983-1990 és 1991-2004) bontásában. Az értékelt időszak ily módon történő szétbontása lehetővé teszi a Paksi Atomerőmű üzembe lépése előtti és utáni vízminőségi viszonyok összehasonlítását. Látható, hogy a legtöbb jellemzőnél a vízminőség nem változott, vagy javult.

Az 5. mellékletben a 90 %-os tartósságú értékek és a vízminőségi osztályok meghatározásához az alapértékeket táblázatos formában részleteiben is megadjuk.

4.18. táblázat: Minősítésnél alkalmazott határértékek (MSZ 12749:1993)

Vízminőségi jellemzők	Mértékegység	Határértékek a vízminőségi osztályokban				
		I. Kiváló	II. Jó	III. Tűrhető	IV. Szennyezett	V. Erősen szennyezett
Oxigén háztartás						
Oldott oxigén	mg/l	7,0	6,0	4,0	3,0	<3,0
Oxigéntelítettség	%		70-80	50-70	20-50	<20
BOI <sub>5</sub>	mg/l	4,0	6,0	10,0	15,0	>15,0
KOI <sub>ps</sub>	mg/l	5,0	8,0	15,0	20,0	>20,0
KOI <sub>k</sub>	mg/l	12,0	22,0	40,0	60,0	>60,0
Szaprobítási index	-	1,80	2,30	2,80	3,30	>3,30
Tápanyag háztartás						
Ammónium-N	mg/l	0,20	0,50	1,00	2,00	>2,00
Nitrit-N	mg/l	0,01	0,03	0,10	0,30	>0,30
Nitrát-N	mg/l	1,0	5,0	10,0	25,0	>25,0
Ortofoszfát-P	µg/l	50	100	200	500	>500
Összes foszfor	µg/l	100	200	400	1000	>1000
Klorofill-a	µg/l	10,0	25,0	75,0	250,0	>250,0
Mikrobiológia						
Coliformszám	i/ml	1	10	100	1000	>1000
Szerves és szervetlen mikroszenyezők						
Kőolaj és termékei	µg/l	20	50	100	250	>250
Fenolok	µg/l	2	5	10	20	>20
Anionaktív detergenssek	µg/l	100	200	300	500	>500
Alumínium (oldott)	µg/l	20	50	200	500	>500
Cink (oldott)	µg/l	50	75	100	300	>300
Higany (oldott)	µg/l	0,10	0,20	0,50	1,00	>1,00
Kadmium (oldott)	µg/l	0,50	1,00	2,00	5,00	>5,00
Króm (oldott)	µg/l	10,0	20,0	50,0	100,0	>100,0
Nikkel (oldott)	µg/l	15,0	30,0	50,0	200,0	>200,0
Ólom (oldott)	µg/l	5,0	20,0	50,0	100,0	>100,0
Réz (oldott)	µg/l	5,0	10,0	50,0	100,0	>100,0
Radioaktív anyagok						
Összes β aktivitás	Bq/l	0,17	0,35	0,55	1,10	>1,10
Egyéb jellemzők						
pH	-	6,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0	9,0-9,5	>9,5
Fajlagos vezetés	µS/cm	500	700	1000	2000	>2000
Vas (oldott)	mg/l	0,10	0,20	0,50	1,00	>1,00
Mangán (oldott)	mg/l	0,05	0,10	0,10	0,50	>0,50

4.19. táblázat: Időszakok 90 %-os\* tartósságú értékeinek összehasonlítása (1979-1982, 1983-1990 és 1991-2004)

Vízminőségi jellemző	Mértékegység	Dunaföldvár (bal part)			Dunaföldvár (közép)			Dunaföldvár (jobb part)			Fajsz			Baja			Mohács			Hercegszántó		
		79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04
I. Határértékkel rendelkező komponensek																						
Oxigén háztartás																						
Oldott oxigén	mg/l	7,8	8,5	9,0	8,0	8,7	9,0	8,2	8,6	8,8	8,0	8,6	9,1	8,1	8,4	8,9	7,9	8,4	8,9	7,9	8,2	8,8
Oxigéntelítettség	%	72	75	87	72	77	87	75	75	85	73	77	87	74	78	86	74	76	85	74	77	86
BOI <sub>5</sub>	mg/l	7,5	6,6	5,7	7,2	6,3	5,8	7,0	6,4	6,1	7,2	6,2	6,0	7,1	6,6	5,9	6,5	5,9	5,8	6,4	5,8	5,9
KOI <sub>p</sub>	mg/l	9,5	8,5	6,4	9,4	8,4	6,3	8,6	8,3	6,3	9,6	8,2	6,2	8,9	7,9	6,0	9,3	8,2	5,8	9,3	8,0	5,6
KOI <sub>d</sub>	mg/l	29,0	27,6	24,4	27,7	27,7	24,3	29,3	28,7	23,9	29,6	27,7	23,6	27,7	27,1	23,9	28,4	27,8	23,2	27,9	28,4	22,1
Szaprobítási index	-	<b>2,88</b>	2,76	2,66	<b>2,88</b>	2,69	2,64	<b>2,91</b>	2,76	2,69	<b>2,84</b>	2,67	2,63	<b>2,83</b>	2,67	2,60	2,79	2,67	2,57	2,77	2,63	2,57
Tápanyag háztartás																						
Ammónium-N	mg/l	0,85	0,77	0,29	0,80	0,76	0,29	0,78	0,71	0,31	0,82	0,71	0,30	0,90	0,87	0,33	0,92	0,90	0,30	0,86	0,76	0,27
Nitrit-N	mg/l	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Nitrát-N	mg/l	2,68	3,12	3,15	2,82	3,16	3,16	2,76	3,12	3,22	2,65	3,14	3,16	2,87	3,10	3,14	2,65	3,10	3,15	2,84	3,11	3,15
Ortofoszfát-P	µg/l	<b>232</b>	<b>201</b>	95	<b>228</b>	197	91	<b>245</b>	<b>209</b>	90	<b>244</b>	<b>205</b>	92	<b>238</b>	<b>201</b>	98	<b>245</b>	<b>218</b>	91	<b>244</b>	198	91
Összes P	µg/l		245	208		255	195		258	187		292	198	390	334	198		342	199		<b>426</b>	205
Klorofill-a	µg/l			83,8		<b>125,3</b>	<b>109,1</b>			82,2		<b>124,6</b>	<b>112,4</b>		<b>129,3</b>	<b>107,7</b>		<b>125,9</b>	<b>112,2</b>		<b>126,6</b>	<b>103,4</b>
Mikrobiológia																						
Coliformszám	i/ml			<b>412</b>			<b>363</b>			<b>241</b>						<b>170</b>						<b>180</b>
Szerves és szervesetlen mikroszennyezők																						
Kőolaj és termékei	µg/l	<b>545</b>	<b>497</b>	<b>196</b>	<b>528</b>	<b>505</b>	<b>221</b>	<b>595</b>	<b>626</b>	<b>224</b>	<b>493</b>	<b>555</b>	<b>168</b>	<b>490</b>	<b>540</b>	<b>214</b>	<b>433</b>	<b>574</b>	<b>159</b>	<b>432</b>	<b>541</b>	<b>206</b>
Fenolok	µg/l	8	6	5	8	6	5	8	7	5	7	6	5	8	6	5	7	5	4	7	6	5
Anionaktív detergens	µg/l	178	141	53	167	168	52	209	161	50	195	163	50	160	155	50	155	149	50	153	140	51
Alumínium (oldott)	µg/l			64,8			57,9			60,8		71,5			65,4			70,2			63,9	
Cink (oldott)	µg/l			25,6			21,9			31,4		34,6			24,2			27,3			25	
Higany (oldott)	µg/l			0,20			0,20			0,20		0,25			0,20			0,20			0,20	
Kadmium (oldott)	µg/l			0,30			0,28			0,22		0,18			0,27			0,33			0,19	
Króm (oldott)	µg/l			1,3			0,9			1,0		1,2			1,4			1,5			1,3	
Nikkel (oldott)	µg/l			2,1			1,9			2,0		2,0			2,0			2,3			4,0	
Ólom (oldott)	µg/l			1,6			1,7			1,8		1,8			1,8			1,5			2,1	
Réz (oldott)	µg/l			6,6			7,7			8,4		6,5			7,3			6,7			6,7	
Radioaktív anyagok																						
Összes β aktivitás	Bq/l			0,17			0,18			0,17					0,17			0,16			0,17	

4.19. táblázat: Időszakok 90 %-os\* tartósságú értékeinek összehasonlítása (1979-1982, 1983-1990 és 1991-2004) (folytatás)

Vízminőségi jellemző	Mértékegység	Dunaföldvár (bal part)			Dunaföldvár (közép)			Dunaföldvár (jobb part)			Fajsz			Baja			Mohács			Hercegszántó		
		79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04
Egyéb jellemzők																						
pH	-	8,4	8,6	8,7	8,3	8,6	8,6	8,4	8,6	8,6	8,4	8,6	8,6	8,3	8,5	8,5	8,4	8,5	8,6	8,4	8,6	8,5
Fajlagos vezetés	μS/cm	450	480	449	446	481	449	443	477	461	450	489	449	461	499	465	471	490	456	467	492	457
Vas (oldott)	mg/l	0,30	0,23	0,10	0,38	0,24	0,10	0,32	0,25	0,10	0,29	0,24	0,10	0,29	0,24	0,10	0,37	0,27	0,10	0,35	0,25	0,10
Mangán (oldott)	mg/l	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
II. Határértékkel nem rendelkező komponensek																						
Tápanyag háztartás																						
Ásványi nitrogén	mg/l	3,64	3,80	3,46	3,69	3,76	3,40	3,50	3,79	3,50	3,48	3,81	3,45	3,77	3,81	3,39	3,63	3,85	3,41	3,59	3,80	3,37
Egyéb jellemzők																						
Levegő hőmérséklet	°C	19,1	19,5	21,1	19,0	19,4	21,1	19,3	19,5	21,0	19,9	20,1	21,7	19,9	20,3	21,8	20,0	20,2	21,8	20,5	20,4	21,7
Víz hőmérséklet	°C		21,3	24,2		21,1	24,5		21,2	24,6		22,1	25,0	21,8	23,3	25,0	22,0	23,2	25,5	22,1	23,2	25,5
Vízhozam	m <sup>3</sup> /s	3375	3094	3536	3375	3094	3536	3375	3094	3536	3420	3301	3657	3690	3275	3641	3663	3184	3702	3653	3178	3727
Átlátszóság (írás pőba)	mm	352	375	494	380	362	494	360	391	494	372	366	494	383	359	494	382	367	494	381	367	495
Metilorange lúgosság	mval/l	3,6	3,7	3,5	3,6	3,7	3,5	3,5	3,7	3,6	3,5	3,7	3,5	3,7	3,8	3,7	3,7	3,8	3,6	3,6	3,8	3,6
Kalcium	mg/l	66,9	67,8	64,0	66,8	67,6	64,0	66,9	67,5	64,1	66,3	67,9	64,0	67,4	67,9	65,8	67,2	68,0	64,1	68,0	67,8	64,0
Magnézium	mg/l	16,3	17,4	16,4	16,5	17,6	16,8	16,8	18,4	17,3	16,8	17,5	16,6	18,0	18,5	17,4	17,8	18,5	17,0	17,4	18,4	17,1
Nátrium	mg/l	18,3	23,7	16,9	18,4	23,7	16,8	19,2	23,9	17,9	18,5	23,6	16,7	19,2	25,2	19,1	18,7	24,8	17,6	18,9	24,4	17,0
Kálium	mg/l	4,5	4,3	3,4	4,4	4,3	3,5	4,5	4,3	3,8	4,5	4,2	3,4	4,8	4,3	3,5	4,7	4,3	3,5	4,7	4,3	3,4
Nátrium százalék	%	15	18	15	15	18	14	15	18	15	15	18	14	16	19	16	15	19	15	15	18	14
Magnézium százalék	%	30	32	34	31	32	34	31	33	35	30	32	34	32	33	34	32	33	33	31	32	34
Összes kem. (CaO)	mg/l	132	134	127	132	134	128	132	134	130	132	134	128	136	136	130	135	137	127	136	136	129
Karbonát kem. (CaO)	mg/l	100	103	98	100	103	98	99	103	100	99	103	99	103	106	103	103	105	101	102	105	100
Klorid	mg/l	28,0	30,5	26,0	28,5	30,2	26,2	28,0	30,6	27,7	28,2	30,5	26,0	28,8	31,3	27,6	28,4	31,1	26,9	28,6	30,7	26,0
Szulfát	mg/l	62,7	68,0	49,9	62,5	69,3	50,5	63,9	69,1	51,9	63,6	68,1	50,8	66,3	70,9	50,9	63,9	71,1	51,8	63,2	69,5	51,2
Hidrokarbonát	mg/l	217	224	212,4	217	224	212,6	216	225	215,5	217	224	212,7	223	230	219,1	224	227	217,7	222	226	213,4
Összes lebegő anyag	mg/l	60	58	49	57	53	47	49	50	47	48	49	49	49	47	47	48	44	42	43	44	41

\* Oldott oxigén esetén 10%-os. **Kövé**r : IV. osztály; **kövé**r+**dől**t: V. osztály.

4.20. táblázat: Időszakok vízminőségi osztálybasorolásának (minősítésének) összehasonlítása (1979-1982, 1983-1990 és 1991-2004)

Vízminőségi jellemző	Mértékegység	Dunaföldvár (bal part)			Dunaföldvár (közép)			Dunaföldvár (jobb part)			Fajsz			Baja			Mohács			Hercegszántó		
		79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04
Oxigén háztartás																						
Oldott oxigén	mg/l	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	
Oxigéntelítettség	%	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	
BOI <sub>5</sub>	mg/l	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	II.	III.	II.	III.	II.	III.	II.	
KOI <sub>p</sub>	mg/l	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	
KOI <sub>d</sub>	mg/l	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	
Szaprobítási index	-	IV.	III.	III.	IV.	III.	III.	IV.	III.	III.	IV.	III.	III.	IV.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	
Tápanyag háztartás																						
Ammónium-N	mg/l	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	
Nitrit-N	mg/l	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	
Nitrát-N	mg/l	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	
Ortofoszfát-P	µg/l	IV.	IV.	II.	IV.	III.	II.	IV.	IV.	II.	IV.	IV.	II.	IV.	IV.	II.	IV.	IV.	II.	IV.	III.	
Összes P	µg/l		III.	III.		III.	II.		III.	II.		III.	II.		III.	II.		III.	II.		IV.	
Klorofill-a	µg/l			IV.		IV.	IV.			IV.		IV.	IV.		IV.	IV.		IV.	IV.		IV.	
Mikrobiológia																						
Coliformszám	i/ml		IV.	IV.			IV.		IV.	IV.						IV.					IV.	



**4.20. táblázat: Időszakok vízminőségi osztálybasorolásának (minősítésének) összehasonlítása (1979-1982, 1983-1990 és 1991-2004) (folytatás)**

Vízminőségi jellemző	Mértékegység	Dunaföldvár (bal part)			Dunaföldvár (közép)			Dunaföldvár (jobb part)			Fajsz			Baja			Mohács			Hercegszántó		
		79-82	83-90	91-00	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04	79-82	83-90	91-04
Szerves és szervetlen mikroszennyezők																						
Kőolaj és termékei	µg/l	V.	V.	IV.	V.	V.	IV.	V.	V.	IV.	V.	V.	IV.	V.	V.	IV.	V.	V.	IV.	V.	V.	IV.
Fenolok	µg/l	III.	III.	II.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	II.	III.	III.	II.
Anionaktív detergensek	µg/l	II.	II.	I.	II.	II.	I.	III.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.	II.	II.	I.
Alumínium (oldott)	µg/l			III.			III.			III.			III.			III.			III.			III.
Cink (oldott)	µg/l			I.			I.			I.			I.			I.			I.			I.
Higany (oldott)	µg/l			II.			II.			II.			II.			II.			II.			II.
Kadmium (oldott)	µg/l			I.			I.			I.			I.			I.			I.			I.
Króm (oldott)	µg/l			I.			I.			I.			I.			I.			I.			I.
Nikkel (oldott)	µg/l			I.			I.			I.			I.			I.			I.			I.
Ólom (oldott)	µg/l			I.			I.			I.			I.			I.			I.			I.
Réz (oldott)	µg/l			II.			II.			II.			II.			II.			II.			II.
Radioaktív anyagok																						
Összes β aktivitás	Bq/l			II.			II.			I.					II.			I.			I.	
Egyéb jellemzők																						
pH	-	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	II.	III.	III.	II.	III.	III.	II.
Vezetőképesség	µS/cm	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.
Vas (oldott)	mg/l	III.	III.	I.	III.	III.	I.	III.	III.	I.	III.	III.	I.	III.	III.	I.	III.	III.	I.	III.	III.	I.
Mangán (oldott)	mg/l	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	II.	I.	I.	I.	I.	I.

**kövér:** IV. osztály

**kövér+dólt:** V. osztály

#### 4.3.4. Geológiai és hidrogeológiai képződmények

A fejezet elkészítésekor támaszkodunk az általános geológiai-hidrogeológiai irodalom információira, a korábbi kutatások, kutatófúrások eredményeire, és a monitoring hálózatban végzett mérésekre. A telephely jelenlegi talajviszonyait, a talajok és talajvizek szennyezettségére vonatkozó adatokat, valamint annak elemzését, hogy szükséges-e kiegészíteni az erőmű talajra gyakorolt hatásának vizsgálatára rendelkezésre álló monitoring rendszert, az 5. fejezetben mutatjuk be.

##### 4.3.4.1. Geológiai képződmények

###### *A telephely geológiai jellemzése*

Az erőmű térségében az alaphegység mélysége a Paks-2 sz. fúrás és a geofizikai vizsgálatok szerint a felszínhez viszonyítva mintegy 1600-1700 m. A kőzetfejlődésről rendelkezésre álló információk köre nem teljes, a mai ismeretek szerint a területen a mélymedence-aljzatot a Mecsek-környéki területekről ismert, gránitosodott metamorf képződmények, valamint a Görcsönyi-hátság területéről ismert muszkovit-biotit gneisz alkotja. A kétféle kifejlődés kapcsolatára vonatkozó adat a területről nem került elő.

A medencekitöltő üledékek megfelelően ismertek. Az alaphegységen jelentős vastagságú, részben törmelékes üledékekből, részben vulkanitokból álló, mintegy 1000 m vastagságú miocén képződménysor települ, amelynek egy része szárazföldi, egy része tengeri eredetű. A fő kőzettípusok a riolit, riolittufa, andezit, agyagmárga, mészmárga, homokkő, mészkő. A képződmények változó mértékben tektonizáltak, egyes esetekben 30°-os dőlésadatok is megfigyelhetők, helyenként a miocén képződménysor hiányos, s szerkezeti vonal mentén érintkezik a fedőjével.

A pannóniai képződmények alsó része (kb. 12 millió éves) a területen viszonylag egységes kifejlődésű. Főként kőzetlisztes agyagmárgából, agyagmárgás kőzetlisztből felépített réteg-együttesük részben víz alatti elmosás okozta réteghiánnyal, részben tektonikusan következik az idősebb (első esetben szarmata vagy bádani, második esetben bádani) képződményekre. A pannóniai képződmények felső részének üledékei mindenütt folyamatosan fejlődnek ki a fekvő képződményekből, legtöbb esetben a homokrétegek mennyiségének ugrásszerű növekedése jelzi a megváltozott fáciesviszonyokat. A felső-pannóniai rétegsor az egész területen átlagos kifejlődésű, különböző vastagságú homok-, agyagmárga-, márgás kőzetliszt-rétegek váltakozásában áll, s felső része minden esetben csonka; eróziós diszkordanciával települnek rajta a negyedidőszaki képződmények. A felső-pannóniai képződmények vastagsága a területen 500 m körüli. Településüket nyugodt, közel vízszintes dőlésadatok jellemzik, azonban egyes fúrásokban jelentős szerkezeti hatások nyomai figyelhetők meg a képződményeken. A felső-pannon képződmények kora 5-6 millió év.

Az erőmű környezetének egészét negyedidőszaki, pleisztocén és holocén üledékek borítják. E képződmények részben folyóvízi, részben eolikus, részben lejtőüledékek, vagy ezek kombinációi. Maga az erőmű a Duna ártéri síkján települt, alatta és környezetében a pannóniai képződményeken mintegy 30 m vastagságú folyóvízi üledéksor települ, túlnyomórészt aprókavicsos homok és homok kifejlődésben; helyenként foszlányokban idősebb pleisztocén lösz-jellegű üledékek roncsai is megtalálhatók. A C14 kormeghatározás szerint e felső 30 m vastag réteg kora nem több 45000 évnél. A pleisztocén képződmények nyugodt településűek, szerkezeti hatásokra utaló nyomokat csak az erőműtől jelentős távolságra lehet a negyedkori

képződményeken megfigyelni. A geológiai és hidrogeológiai képződmények részletes jellemzését a 6. melléklet tartalmazza.

### ***Geomorfológia, felszínképződés***

A gátakon kívüli széles ártéren a főfolyó időszakos aktivitását megszüntették, s ott a felszínfejlődés irányára elsősorban az antropogén tevékenység, a talajképződés és kis részben az organogén szukcesszió folyamata hat. A Duna Paks környékén ma kanyarogva bevágó szakaszjelleggel folyik. Pakstól É-ra a meder fenekén fekvő kavicsstakaró akadályozza a folyó bevágódását és szabad kanyarulat fejlesztését, Pakstól D-re már nincs ilyen akadály, a kavicsréteg 10-15 m-rel a mai meder alá süllyedt, így szabadon fejlődhetnek a Duna kanyarulatai.

A vizsgált térségben, a jelenkorban a korábbi folyóvízi homokos üledékekből felépült térszíneken klimatikus és antropogén hatásra több fázisban fokozott deflációs tevékenységre, futóhomok-mozgásra került sor, aminek eredményeként sajátos, félig kötött futóhomok területekre jellemző forma-együttesek alakultak ki.

A telephely környezetében elsősorban újholocén és holocén egykori ártéri képződmények, valamint jórészt futóhomokkal fedett hordalékkúp- és teraszfelszínek jellemzőek.

A Paksi téglagyár és Tengelic-szőlőhegy ívében húzódnak a típusos lösszel, homokos lösszel fedett és a Dél-Mezőföldre tartozó löszplató és széles völgyközi hátság területei.

Recens tömegmozgások a Dunamenti síkot kísérő löszplató dunai oldalán hosszan elhúzó merőleges, löszakadási frontokra jellemzőek. A pusztulásukban a természeti tényezőknek és az antropogén hatásoknak egyaránt szerepük van.

Csuszamlás-veszélyes lejtőket a peremi területeken a magasparti szakaszokat leszámítva nem térképezték. Aktív csuszamlásos lejtők 5 km-es körzeten belül gyakorlatilag nincsenek.

A telephely és közvetlen környezete a középső pleisztocén végéig (80-100 ezer évvel ezelőtt) szervesen kapcsolódott a Paks-Dunaszentgyörgy-Tengelic környéki löszterülethez. Ekkor alakultak ki a Mezőföldről az Alföld felé ENy-ról DK-re lefutó völgyek. Ezeknek a felső-pannóniai üledékek szárazulattá vált felszínébe vágódott és az erózióbázishoz – az ún. levantei tóhoz – lefutó eróziós völgyeknek a harántmetszete rekonstruálható a dunaföldvári Öreg-hegy, a dunakömlői Sánc-hegy előterében mélyített vagy az atomerőmű és a KKÁT telephely alatti fúrások alapján. E völgyek részben áthalmazott, részben a CaCO<sub>3</sub> horizonttal jellemezhető vöröstasyag talajsorozatokkal vannak kitöltve.

A fúrásadatok alapján szerkesztett eróziós völgyek szélessége 50-70 m, mélységük pedig 3-10 m. Ilyen néhány fokos lejtőjű mélyedések, völgyek számos helyen előfordulnak, s néhány esetben, mint pl. Dunaföldvár, Dunaújváros vagy Dunakömlőd térségében fúrásokkal igazolható volt, hogy a Duna-Tisza közti hátság területén folytatódnak, s a kelet felé gyengén lejtő pannóniai-pliocén felszínen is követhetők.

### ***Alapvető tektonikai és szeizmológiai jellemzés***

A régió tektonikája komplex, amelyet az Afrikai tábla Dinári hegységgel való szubdukciója és az alpi régióban az Eurázsiai táblával való ütközése jellemez. Ezen folyamatok következtében keletkezett a Pannon medence, amely egy elvékonyodó extenziós terület a Kárpátok mentén a medence alá süllyedő Eurázsiai táblával. Közel 60 millió évvel ezelőtt a medence keleti

irányban kiterjedt és kb. 12 millió évvel ezelőtt elérte jelenlegi méreteit. Mára a szubdukciós zóna Vrancea térségében maradt aktív.

A Pannon medencében a feszültség irányok viszonylag konzisztensek és illeszkednek lemeztektonikai irányokhoz. A magyarországi ismert fészekmechanizmusok legtöbbször strike-slip jellegű. A Pannon medencében az alapkőzetet neogén üledék fedi (23 millió évnél fiatalabb), ami elérheti a 6 km vastagságot. A neogén réteget jelentősen töredezett és gyúrt alsó és közép miocén (23-12 millió év) üledék és vulkanikus eredetű feltöltés és az ezt takaró, a 12 millió évesnél fiatalabb Pannon üledék képezi. A Pannon üledékben NyDNy-KÉK irányú strike-slip vetők vannak az alsóbb rétegekhez hasonló módon. A Pannon medence (egy lehetséges) neogén tektonikai térképét a 4.5. ábrán láthatjuk.

A Pannon medencében jelenleg is van feszültség-felhalmozódás, mely bizonyos, többé vagy kevésbé ismert szerkezeti vonalak mentén időnként kioldódik. A keletkező földrengések nagysága attól függ, hogy a feszültségek hatására az egyes szerkezeti elemek milyen könnyen tudnak egymáshoz képest elmozdulni. A lineamensekből és a sok elszórt kis földrengésből arra következtethetünk, hogy a medencealjzat nagymértékű töredezettsége miatt nagy feszültség nem halmozódhat fel. Ezzel magyarázható az 5,5 magnitúdónál nagyobb rengések ritkasága és az eddig tapasztalt 6,0 magnitúdó körüli felső korlát is.

Magyarország egészének szeizmicitása alacsonynak mondható, ennek ellenére erős rengések (MSK 8<sup>o</sup> körüli epicentrális intenzitásértékkal) kis számban, de előfordulnak, meglehetősen rendszertelen területi eloszlásban. A szeizmikus aktivitás területi eloszlása nem teljesen homogén, vannak az átlagnál egyértelműen aktívabbnak nevezhető területek (Komárom, Móri-árok, Kapos-vonal, Eger, Jászság, Zala megye északi része). Földrengések szempontjából nyugodt területnek nevezhető viszont Somogy déli része, a Mezőföld, és az alföld Tiszától keletre eső része, eltekintve Békés térségétől. A Pannon medencében a szeizmicitás diffúz jelleget mutat (Gracsov, 1986), vagy másképpen megfogalmazva az ismert szeizmicitás nehezen hozható kapcsolatba az ismert tektonikával (ARUP, 1992).

Összességében Magyarország földrengés veszélyeztetettsége moderált, lényegesen nagyobb, mint például a Brit-szigeteké, csekélyebb, mint a környező országoké és hasonlít az USA keleti részének veszélyeztetettségéhez.

A telephely szeizmicitása volt az elmúlt évtized egyik legtöbbet kutatott és az atomerőmű telepítése, létesítése óta alapjaiban ártértékelt, az erőmű biztonságát befolyásoló telephelyi jellemző. A mértékadó földrengés meghatározásán túl a közelmúlt kutatásainak legfontosabb eredménye volt felszínre kifutó elvetődés lehetőségének kizárása és a telephely alkalmasságának igazolása.

A neotektonikai modell megújításának [14] eredményeképpen elkészült a Paksi Atomerőmű környezetének új neotektonikai térképe (4.6. ábra). Az erőmű környékén bizonyos területek intenzíven deformáltak, másutt viszont nem mutatkozik jele neotektonikus aktivitásnak. A fiatal törések egymáshoz viszonylag közel helyezkednek el, meglehetősen bonyolult lefutású és belső szerkezetű nyírási övekbe csoportosulva. Paks környezetében az alapvetően balos eltolódások sorozata néhány szélesebb nyírási övet jelöl ki. Ezek legfontosabbika a már régebben is azonosított Kapos-vonal és az abból ÉK-i irányban leágazó ág, amely az erőmű mellett és részben alatt halad el.

A földtani felépítés miatt Paks közvetlen környezetében a neotektonikus vetők korának megállapítása csak igen tág határok között lehetséges: a szerkezetek 5-6 millió évnél fiatalabbnak tekinthetők.

A szeizmicitás adatok és a GPS-es mozgásvizsgálatok eredményei alapján a jelenkori aktivitás mérsékeltnak tekintendő. A szeizmikus szelvények tanúbizonysága szerint a törések a Duna allúviumát nem harántolják. Ennek alapján megállapítható, hogy a Duna alatt az utóbbi néhány 10 ezer év során felszínig hatoló vetődés nem történt, legalábbis annak nyomai nem mutatkoznak.

A mértékadó földrengés okozta maximális szabadfelszíni vízszintes gyorsulás értéke 0,25 g, míg a függőleges komponensé 0,2 g.

### ***Felszínre felnyíló törések***

Az elvégzett elemzések alapján a kvarter aktivitás kizárására a közvetett és közvetlen bizonyítékok az alábbiak: HORVÁTH F. és társai 1995-ben a Dunán felvett szelvényei igazolták, hogy a Pannon rétegekben meglévő törésvonal nem harántolja a fiatal rétegeket, egyetlen szeizmikus szelvényen sem hatolnak be ezek a törésvonalak a felső, legalább 45000 éves negyedkori rétegbe. A telephelyet borító negyedkori üledék fiatal kora miatt azonban nem lehet végérvényesen igazolni, hogy a törésvonalak nem aktívak, hiszen a definíció szerinti „jelen tektonikai rezsim” jóval meghaladja a 45000 évet.

Az érzékelési küszöböt tekintve a területen lévő törésvonalakon 0,05 mm/év és 0,1 mm/év közötti mozgási sebesség a geológiai és geofizikai adatok alapján nem kizárható, ugyanakkor semmilyen regionális geomorfológiai adat ezt nem igazolja. Jóllehet kevés adat áll rendelkezésre, de a telephelytől nyugatra lévő idősebb löszben sem találunk negyedkori töréseket. Ugyanakkor tekintettel a lösz kb. 0,9 millió évre tehető korára a negyedkori mozgási sebességek nem lehetnek nagyobbak, mint 0,02 mm/év.

A telephely körzetében, illetve a telephelyen végzett részletes geológiai, geofizikai vizsgálatok azt mutatják, hogy nincs nyilvánvaló jele a területen a negyedkori elvetődésnek. Ott, ahol adatok állnak rendelkezésre, a negyedkori üledék zavarmentes.

Egyetlen Pannon szerkezethez sem volt kapcsolható semmilyen mérhető aktivitás (bár a kevés adat alapján ezt akkor teljesen kizárni sem lehet, itt a jelenleg folyó mikroszeizmikus monitorozás adott érdemi információt).

A Pannon rétegben a telephelyen feltárt szerkezetek nem egyediek, számos ilyen létezik a telephelytől északi és déli irányokban 30 km-en belül. A telephely 150 km-es körzetében megvizsgált negyedkori üledékekkel fedett pannon vetők nem harántolják a negyedkori rétegeket.

Következtetésként megállapítható, hogy a paksi telephelyen és környezetében a pannon rétegekben lévő szerkezetek igen nagy valószínűséggel nem aktívak, következésképp igen nagy valószínűséggel nem okoznak felszínre kifutó elvetődést.

4.5. ábra: A Pannon medence (egy lehetséges) neogén tektonikai térképe

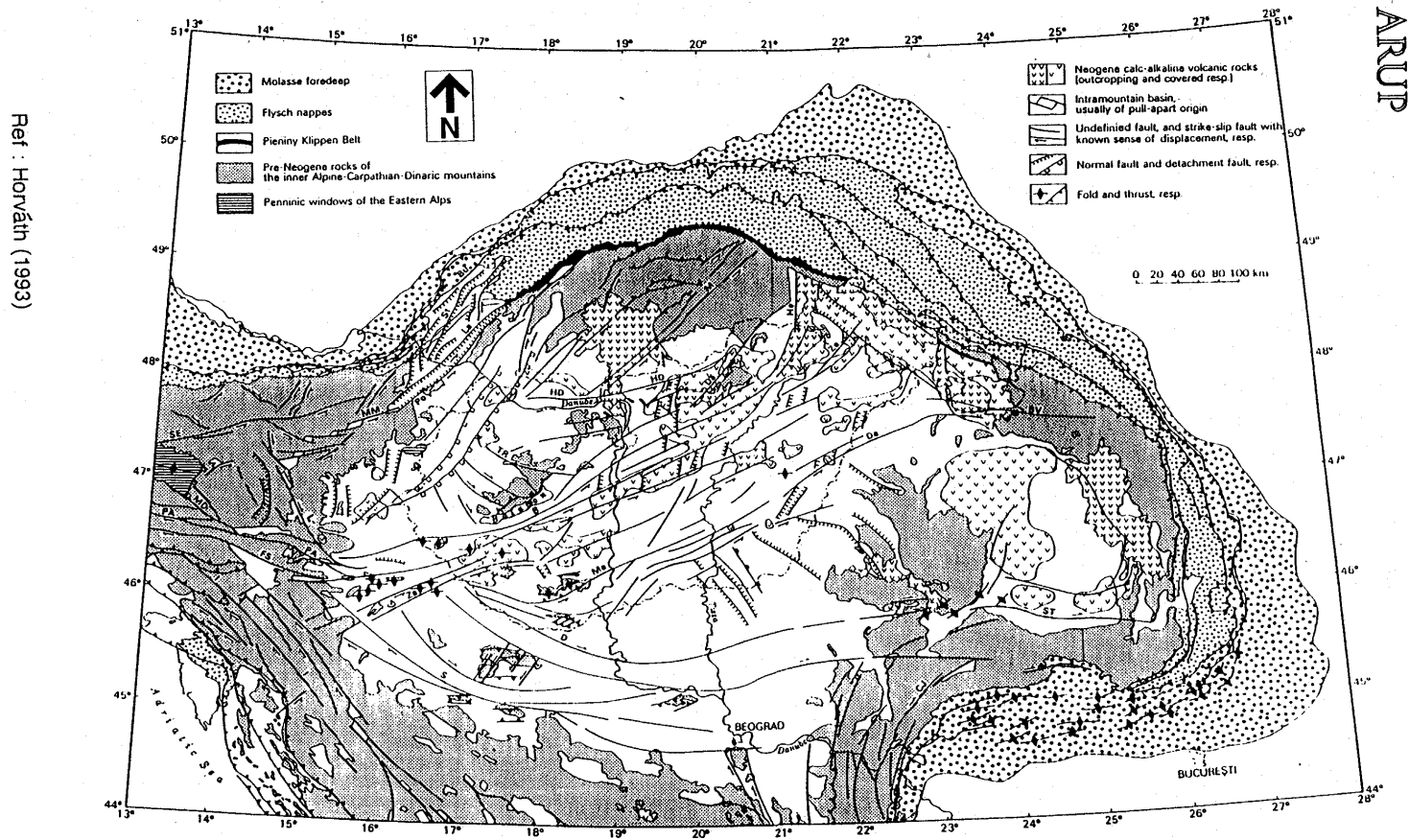
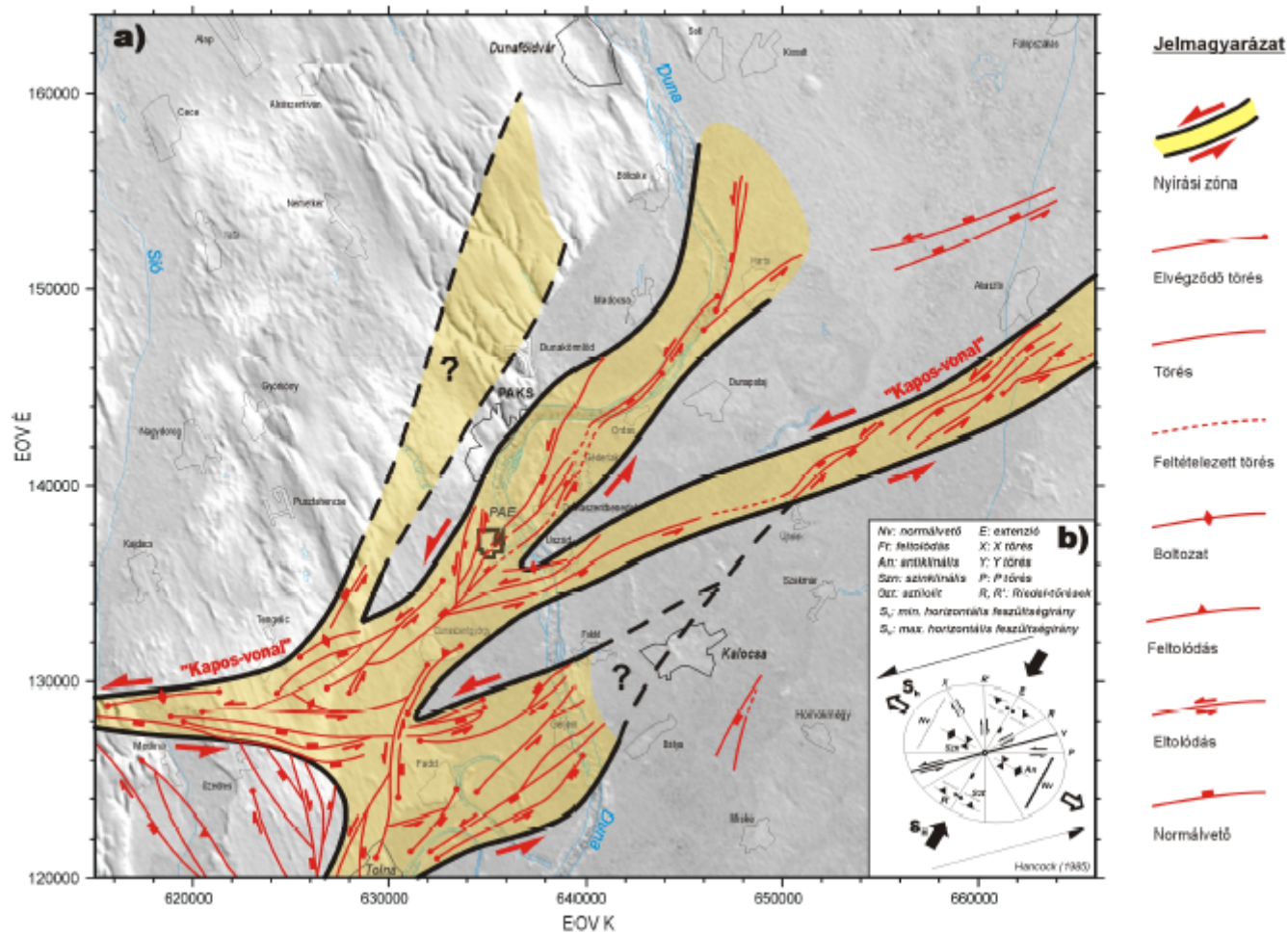


Fig. 4. Miocene tectonic map of the Pannonian basin and the surrounding Alpine–Carpathian–Dinaric mountains. Abbreviations assigning some of the main faults are as follows: *B* = Balaton line; *Bu* = Bulhary line; *BV* = Bogdan Voda line; *CJ* = Cerna–Jiu line; *D* = Dráva line; *Da* = Darnó line; *De* = Derecske line; *FS* = Fella–Sava line; *HD* = Hurbanovo–Diósjenő line; *He* = Hernáci line; *I* = Idrija line; *K* = Kapos line; *L* = Lavanttal line; *La* = Lab line; *M* = Muráň line; *Ma* = Mecsekalja line; *MD* = Mölltal–Drautal line; *MM* = Mur–Mürz line; *PA* = Periadriatic (Insubric) line; *Po* = Pottendorf line; *S* = Sava line; *SE* = Salzachtal–Ennstal line; *St* = Steinberg line; *ST* = South Transylvanian line; *TR* = Telegdi–Roth line; *Za* = Zagreb line; *Ze* = Zemplén line.

4.6. ábra: A Paksi Atomerőmű környezetének neotektonikai térképe (2005)



**A mikroszeizmikus monitorozás összefoglaló értékelése**

A Paksi Atomerőmű mikroszeizmikus megfigyelő hálózata elsősorban a magyarországi, illetve a határ menti területek földrengéseit van hivatva megfigyelni, de fókuszálva a telephely 100 km-es körzetére. Ez a terület a 45.5–49.0 északi szélességi és 16.0–23.0 keleti hosszúsági koordinátákkal határolható. Paks tágabb környezetében – történelmi szeizmicitását figyelembe véve – várható volt, hogy átlagosan évente legalább 6-30 olyan méretű földrengés pattan ki, melynek magnitúdója  $M \geq 2$ . A mikroszeizmikus megfigyelő hálózat által detektált szeizmikus eseményeket a 45,5-49,0N, 16,0-23,0E szélességi és hosszúsági koordináták által határolt területen a 4.21. táblázat tartalmazza.

**4.21. táblázat: A rengések évenkénti száma**

év	szeizmikus esemény/ természetes eredetű földrengés száma db	esemény mérete lokális magnitúdó	szélességi és hosszúsági koordináták által határolt területen
1995	9/	$1,6 \leq ML \leq 3,7$	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1996	18/	$1,8 \leq ML \leq 3,2$	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1997	51/	$0,6 \leq ML \leq 3,4$ (3,3 és 3,4 Ausztria-Magyarország és Szlovákia-Magyarország határán)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1998	55/	$0,2 \leq ML \leq 3,9$ (3,9 Croatia)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1999	81/68	$0,5 \leq ML \leq 3,8$	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2000	150/81	$0,6 \leq ML \leq 4,4$ (4,4 K-Ausztriában)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2001	110/78	$0,1 \leq ML \leq 3,8$ (3,8 K-Ausztriában)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2002	112/101	$0,1 \leq ML \leq 3,7$	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2003	131/103		45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2004	116/73		45,5-49,0N, 16,0-23,0E

A monitorozás eredményeképpen lényegesen pontosított  $\log N = a - bM$  reláció ugyanakkor világossá teszi, hogy a 6-os magnitúdójú esemény visszatérési gyakorisága két-háromszáz év.

A rendszer az elmúlt tíz évben közel 700 földrengést regisztrált Magyarországon és közvetlen környezetében. A rengések nagy része ismert forrászónához köthető. Figyelembe véve, hogy a mérőhálózat észlelési képessége Paks környékére fókuszált, nagy biztonsággal kijelenthető, hogy a megfigyelési időszak alatt Paks közvetlen környezetében nem volt olyan földrengés, melynek magnitúdója elérte volna az  $M_L$  1.0 értéket. Ily módon az itteni szerkezetek esetleges aktivitása (capability) egyre növekvő valószínűséggel zárható ki.

Megállapítható, hogy a rengések döntő többsége az 5-15 km-es mélységtartományban keletkezett. A hálózat érzékenységének köszönhetően lehetővé vált a kisebb méretű földrengések fészekmechanizmusának meghatározása. Megállapítható, hogy a vizsgált terület egészére nem jelölhető ki egyetlen jellemző feszültségirány vagy feszültségtér-jelleg, mindhárom vetőtípus (normálvető, harántvető, feltolódás) előfordul.

A monitorozás eredményeképpen lényegesen megbízhatóbbá vált a földrengések gyakoriságára vonatkozó  $\log N = a - bM$  reláció. A hosszú visszatérési idejű rengések tekintetében pedig a paleorengések kutatása nyújt kiegészítő információt. Az eddigi megfigyelések alapján az erőmű 100 km-es körzetén belül nyomozható a paleoszeizmikus tevékenység, és legalább három negyedkori eseményt sikerült azonosítani.



### ***A telephely mérnökgeológiai és talajtani viszonyai***

A telephelyre vonatkozó geotechnikai adatok három forrásból származnak:

- A létesítést megelőzően, illetve az építés során részletes talajmechanikai geotechnikai feltárás történt. Ez a feltárás az építés akkori igényeit kielégítette. Az épületek mozgását, süllyedését rendszeresen és módszeresen ellenőrizték és ellenőrzik, amiből lényegében megállapítható, hogy az akkori talajmechanikai adatfelvétel és az arra támaszkodó alapozás-tervezés korrekt volt.
- Jórészt hagyományos, a magyar építési gyakorlatnak és követelményeknek megfelelő talajmechanikai vizsgálat történt a KKÁT területén.
- A telephelyi szeizmicitás újraértékelése, a maximális méretezési földrengés jellemzőinek és a talajfolyósodás lehetőségének értékelése, valamint a talaj-épület kölcsönhatás miatt kiterjedt talajmechanikai vizsgálat történt, mindenekelőtt az alakváltozástól függő dinamikai jellemzők meghatározására.

### **Az alapvető rétegrend:**

A humuszos felső réteg alatt mintegy 25-30 m vastag pleisztocén rétegegyüttes, melynek felső 12-15 m-es része árvízi elöntésből származó finomabb szerkezetű, jól osztályozott homok. Alsó része homokos kavics, kavicsos, kavicsszórványos homok. Ennek vastagsága 15-20 m. A felső szintet a Duna a holocén időszakban átmosta és ismét homokot, öntésiszapot, öntésagyagot rakott le. A 7-9 m közötti mélységben a régi holtágak mocsárlápjait lokálisan előforduló szerves iszapok, tőzeglencsék jelzik. A pleisztocén rétegek alatt tavi eredetű, változatos kifejlődésű felsőpannon rétegek találhatók. Finomszemű homokból, kőzetlisztből, agyagból, agyagmárgából állnak, rendszertelenül homokkő padok által tagoltak. E padok változóan cementálódtak, fél-kőzetnek tekinthetők.

Homok feltöltést és humuszos homokot csak lokálisan észleltek 0,2-5,2 m vastagságban. A 74-82 mBf szintig feltárták az ártéri szintet alkotó változatos színű homokréteget, mely szemcsemérete alapján finom- és közepes homok. A homokba közbetelepülve nagy kiterjedésben észleltek szerves, szerves-nyomos és puha rétegeket. A közbetelepült rétegek: Puha állapotú agyag, iszap, homokos iszap, iszapos homokliszt 0,2-1,4 m vastagságban. 0,2-1,2 m vastagságban szerves-nyomos, szerves homok, kompresszibilis, puha szerves agyag és iszap. A durva szemcséjű teraszüledéket kavicsos homok és homokos kavics képviseli. Felszíne nem egyenletes, a felszínét a fúrások 74-82 mBf szintek között tárták fel. A paksi tapasztalatoknak megfelelően a szemcseösszetétel a térben erősen változik, a kavicsstartalom erős szórást mutat. A 30-50 m mélységű fúrások egyértelműen tisztázták a pannon rétegegyüttes felszínének helyzetét. Felszíne a terepszint alatt 21-28 m mélységek között, 69-73 mBf szinten van. A rétegegyüttesről alkotott korábbi képpel egyezően itt is a finom rétegzettség, a különféle kifejlődésű rétegek gyors váltakozása jellemző a tavi üledékképződési körülményeknek megfelelően. Közvetlenül a telephelyen a löszfrakció jelenlétéről nincs tudomásunk.

### ***A talajfolyósodás lehetőségének és a talaj stabilitásának vizsgálata***

Tekintettel arra, hogy a talajfolyósodás utólagos kiküszöbölése nehezen képzelhető el, ezért a leginkább korszerűnek tekinthető eljárással részletesen meg kellett vizsgálni a problémát. A választott eljárás a talajfolyósodás lehetőségének valószínűségi értékelését adja a talajfolyósodás visszatérési idejének (return period), illetve éves gyakoriságának meghatározásával.

Megállapítható, hogy a 10-20 m mélység közötti réteg hajlamos csak folyósodásra. A 10 m mélyen lévő rétegre 11.900 éves, a 12,5 m-en lévőre 11.300 éves, a 15 m-en lévőre pedig

11.700 éves best estimate talajfolyósodási visszatérési periódus jellemző. A részletes érzékenységi vizsgálatok szerint, pl. a 15 %, illetve 85 % konfidencia szinten vett periódus 8.000 és 33.000 év.

A főépület 130 kPa talpnyomása módosítja a talajfolyósodási potenciált. A -10 és -20 m közötti rétegekben a best estimate talajfolyósodási visszatérési periódus 14.800 év -15 m-en, az alaplemezhöz legközelebbi -10 m-es rétegben pedig 18.300 év.

A legújabb eredmények szerint sekély alapozás sérülésével nem kell számolni, ha a megfolyó réteg felett megfelelő vastagságú stabil fedőréteg van. Megállapítható, hogy a főépület alatt globális talajfolyósodással –  $10^{-4}$  éves valószínűséget véve – nem kell számítani. A legjobb becslés ennél szignifikánsan kisebb valószínűséget ad, a  $10^{-4}$  érték jó 85 %-os konfidenciaszintű becslésnek felel meg. Ugyanakkor a szabad területre legjobb becslésként kapott talajfolyósodási éves valószínűség alulról közelítve, de igen közel van a  $10^{-4}$  éves értékhez, míg a 85 %-os konfidenciai szintű becslés kb.  $2 \cdot 10^{-4}$  éves valószínűséget ad. Ebből következik, hogy az egyéb, földrengésbiztonsági szempontból első kategóriás épület esetében a talaj-épület kölcsönhatás figyelembevételével lehet konkrét ítéletet alkotni.

### **Az erőmű környezetében elvégzett mérnökgeológiai és geotechnikai vizsgálatok és a jelenleg hatályos szabványok összevetése**

A telephely kutatása, minősítése és a mértékadó földrengés meghatározása 1986 és 1996 között a nemzetközi gyakorlatot és az akkori NAÜ szabályozást követte.

A telephely kutatását és a földrengés-veszélyeztetettség újraértékelését 1994 - 96-ban az OVE ARUP koordinálta illetve végezte el. Az általuk készített zárójelentést a NAÜ felülvizsgálta, és megállapította, hogy a munka a NAÜ vonatkozó előírásai alapján teljes, és az eredmények megfelelően konzervatívok ahhoz, hogy az erőmű földrengés-biztonsági értékeléséhez és a szükséges megerősítésekhez alapul szolgáljanak.

Magyarországon az atomerőmű biztonsági kérdéseivel foglalkozó szabványok 1996-tól léptek életbe. Mivel ezek alapja is a hatályos NAÜ szabványok voltak, ezért megállapítható, hogy a vizsgálati módszerek, következtetések az érvényes hazai szabályozásnak is megfelelnek.

Az első vizsgálat óta eltelt közel tíz év alatt kipattant földrengések során számos talajfolyósodással kapcsolatos jelenséget tapasztaltak és vizsgáltak meg, ami maga után vonta az előrejelzésre szolgáló módszerek fejlődését. Elfogadták az Eurocode 7 és Eurocode 8 európai szabványok végleges változatait, és a NAÜ vonatkozó korábbi szabványait is újak váltották fel (NS-G-3.3, NS-G-3.6) 2002-2004-ben.

A telephelyen elvégzett geofizikai és geotechnikai méréseket, számításokat (a hatvanas évek közepétől 1993-ig, az 1994-1995 között végzett vizsgálatok, az OVE ARUP 1996-os vizsgálata a negyedidőszaki rétegsor mértékadó földrengést módosító hatásáról, amely  $10^{-4}$ /év valószínűségi szintre vonatkozott, a GeoRisk Kft. 2000-es vizsgálatait, melyek  $10^{-4}$  –  $10^{-6}$  /év valószínűségi szintre vonatkozott) a szabvány előírásaival összevetve a következő megállapítások tehetők:

- A telephelyen elvégzett geofizikai és geotechnikai mérések és kutatások nagyrészt kielégítik az új szabvány előírásait, helyenként inkább túlteljesítik azt.

- A helyi módosító hatás vizsgálati módszerére vonatkozó előírást az elvégzett számítások messzemenően kielégítik.
- A talajfolyósodási potenciálra vonatkozó vizsgálatok módszerei is kielégítik a szabványban előírtakat.

Össességében megállapítható, hogy az elvégzett geotechnikai méréseket és az alkalmazott számításokat az akkori legkorszerűbb eljárások segítségével hajtották végre, és lényegében kielégítik a NAÜ legújabb szabványainak előírásait is.

További vizsgálatok finomítanak, de érdemben nagy valószínűséggel nem befolyásolják a negyedidőszaki rétegsor módosító hatásáról és a talajfolyósodás kialakulásáról, valószínűségéről alkotott képet. [15]

#### **4.3.4.2. A Duna völgy földtani és vízföldtani összefüggései**

##### *4.3.4.2.1. A Duna völgy morfológiája és földtana*

A vizsgált térség a középső pleisztocén végéig, 80-100 ezer évvel ezelőttig, szervesen kapcsolódott a Paks-Dunaszentgyörgy-Tengelic környéki löszterülethez. Ekkor alakultak ki a Mezőföldről az Alföld felé ÉNY-ről DK-re lefutó völgyek. A felső-pannoniai üledékek szárazulattá vált felszínébe vágódott és az erózióbázishoz – az ún. levantei tóhoz – lefutó eróziós völgyek részben áthalmozott, részben karbonátos horizonttal jellemezhető vörösagyag talajsorozatokkal vannak kitöltve. Ezen a felszínen a Duna-folyam közelítően a pleisztocén végén, holocén elején foglalta el jelenlegi medrét.

A Kalocsai-medence felső-pleisztocén korú szerkezeti aktivitása a rétegtani-üledékföldtani adatok alapján régóta ismeretes. A Duna ezt a mélyedést hamarosan feltöltötte, majd a terület Ny-i részén Dunakömlőd, Paks és Tengelic között a felsőpannon térszínbe mélye bevágódva, oldalazó erózióval a vörösagyagos, idős löszösszletből álló lejtőt elrombolva széles völgysíkot alakított ki magának. A süllyedő mozgás 2-3 ritmusban játszódott le, amit a katlan 30-60 m vastag folyóvízi összletében 2-3 szintben kimutatható 6-10 m vastag kavics horizontok igazolnak.

A mozgásfázis első szakaszában, az utolsó interglaciális alatt, a terület kb. 20-25 m-t süllyedt, míg a felsőpleisztocén közepén - 40-50 ezer évvel ezelőtt - Paks és Tengelic között, további mintegy 20-25 métert. Egyes részeken a süllyedés mértéke ezt az értéket meg is haladhatta, így a Duna a korábbi üledékeire újabb 15-20 m-es vastagságú hordalékanyagot rakott le.

Az erőmű területének és közvetlen környékének geomorfológiai adottságai és földtani viszonyai végül is azt látszanak valószínűsíteni, hogy ezen az északabbi területen a felső pleisztocén befejező szakaszától kezdve nem mutathatók ki lényeges szerkezeti változások. Erre az eredeti, építés előtti állapotból is következtetni lehet. Az 1967-68. évi feltárások 3-7 m vastagságú, szélfújta homokról tanúskodtak. Ezt az összletet 2-3 fosszilis talaj tagolta. Közülük a legalsó volt a legkifejlettebb, és ez azonosítható volt az erőműtől NY-ra lévő homokbányánál feltárt alsó fosszilis talajjal.

Ezek az adatok azt támasztják alá, hogy a Duna a felső pleisztocén befejező szakaszában a területet már elhagyta, fő- és mellékágai K-felé tolódtak el, feltételezhetően azért, mert a K-i rész tovább süllyedt. Az erőmű területének és környékének süllyedő mozgása megállt, ez a

terület szárazra került, és így a dunai üledékeken több szakaszban szélfújta homok halmozódhatott fel.

A  $C^{14}$ -es vizsgálati eredmények alapján Paks környékén szakaszos, gyors süllyedéssel jellemezhető periódus valószínűsíthető, amely után a mozgás lelassult, majd leállt. Ezt igazolják azok a fúrási eredmények, amelyek a Paks és a Sió közötti Duna-parton mélyültek. Ezekben a fúrásokban 2-3 szintben jelentkeztek **durvaszemcsés, kavicsos rétegek, amelyek fölfelé fokozatosan finomodtak, s az egyes ilyen feltöltődési periódusokat iszap vagy homokos iszap zárta le.**

A süllyedési folyamat legfiatalabb eredménye az ún. Sárközi-medence. A  $C^{14}$  adatok szerint a süllyedés 11 ezer évvel ezelőtt vonzotta erre a Duna Ny-i ágait, majd magát a bővizű folyót is. A vizsgálatok szerint ezen a területen a felsőwürm végétől a holocénen át is még erős, kb. 20 méteres volt a süllyedés. A morfológiai környezet változása, tehát a regionális süllyedés által okozott medermozgásokon túlmenően a folyó saját, a hordalékszállító képessége által szabályozott vándorlása is jelentős volt a térségben.

**Pakstól É-ra a mederfenéken lévő kavicsstakaró akadályozza a folyó bevágódását és a szabad kanyarulatok kialakulását, Pakstól D-re viszont nincs ilyen akadály, mert a kavicsréteg 5-10 m-rel a mai meder alá süllyedt.** Így felette szabadon fejlődhettek a Duna kusza kanyarulatai. Egy-egy ilyen nagy meder kialakulásától a természetes lefűződésig Somogyi S. (1974.) vizsgálatai alapján 150 - 200 évre volt szükség.

Az 1735-1750. közötti években készült Mikovinyi-féle térképet a dunai meanderek szerkezeti irányítottságának megállapítása céljából megvizsgálva, jellemzőnek találtuk az ÉNy-DK-i és az erre merőleges már elhagyott mederirányokat, de ezen belül világosan észleltük az É-D-i, ill. a K-Ny-i egykori meandereket is. A Paks és Szekszárd közötti Duna-szakaszt ábrázoló térkép szerint az egykori medrek szinte az egész területet behálózzák, legsűrűbben Kalocsa környékén mutatkoznak.

Magassága szerint a holocén ártér általában két szintre osztható. Az alacsonyabb részek (lefűzött medrek, erodált laposok) az árvízmentesítés előtt közepes vízszint emelkedés következtében egy évben többször is víz alá kerülhettek (alacsony ártér, újholocén felszín), míg a nagyobb kiterjedésű, magasabb felszínt csak a legmagasabb árvizek önthették el. Ilyen árvizek a folyót csak igen ritkán duzzasztották fel annyira, hogy az a magasabb szintet (magas ártér, óholocén terasz) is rövid időre teljesen elárassza.

A Duna-meder szabályozásával, a partvédművek és az árvízgátak megépítésével az ártér fejlődését jelentősen befolyásolták. Az árvizeket gyorsabb lefolyásra és jelentősen szűkebb ártérre kényszerítették, a mederkanyarulatok elburjánzását, a meder és partjai gyors eltolódását, ill. feltöltődését megakadályozták, ill. lecsökkentették.

A pleisztocén képződmények két nagy fácies típusra bonthatók, a szél és folyóvízi tevékenység hatása a legjelentősebb. Az eolikus képződmények legelterjedtebbje a lösz, melynek hidrogeológiai vizsgálataink szempontjából áramlástanilag jelentősége nincs. Vízföldtani szerepe a beszivárgási viszonyok alakításában van. Területünkön jellegzetes pleisztocén teresztrikus képződmény a vörös-agyag, amely a pannóniai képződmények eróziós felszínére települ azokon a helyeken, ahol folyóvízi anyagszállítás nem volt, és ott maradt csak meg, ahol az erózió nem távolította el. A pleisztocén folyóvízi képződmények hidrogeológiai szempontból igen fontosak.

A Duna-völgyben jelentős vastagságú nem dunai eredetű, idős pleisztocén kavics van (Erdélyi M 1955.), és ahol az idős pleisztocén finomabb szemű üledékei hiányoznak, nem dönthető el minden esetben, hogy a kavics dunai eredetű, vagy sem.

A pleisztocén kavics felett nagy tömegű dunai üledékként folyóvízi homok települt. A Duna-völgyben egyes helyeken e homok helyettesítheti is a homokos kavics rétegeket. A regionális vizsgálatok azt mutatták ki, hogy a folyóvízi homok vastagsága északról dél felé növekedő. A folyóvízi homokot elterjedésének nagy részén agyag, homokliszt borítja későbbi elöntések üledékeként, máshol a szél áthalmazta, futóhomok formák jöttek létre.

A folyóvízi homok általában apró és közepes szemű. Durvaszemű homok ritkán fordul elő. A holocén képződmények között a futóhomok a Duna-völgyben és a Dunától nyugatra jellegzetes képződmény. Maximális vastagsága 3 m és ma is mozgásban van, ha természetes vagy telepített növénytakaró nem védi.

A legfiatalabb alluviális képződmények a folyóvízi homok-agyag a jelenkori ártereken. Hidrogeológiai vizsgálataink fő iránya a talajvíz tartó alluviális összletre terjedt ki.

#### 4.3.4.2.2. *A Duna völgy alluviális összlet elterjedése és mélységi viszonyai*

A Duna által a pleisztocénban lerakott kavics, homokos-kavics, helyenként finom szemcsés szerkezetű, homokos, iszapos összletek elterjedése, mélységbeli helyzete és kialakulása mindig szoros összefüggésben volt a folyó vízmozgásával és a térség felszínét befolyásoló süllyedésekkel és kiemelkedésekkel.

A pleisztocén összlet fekvését a felső pannon agyagos homokos iszap rétegek alkotják.

A vizsgált területünkön a Dunavölgy lehatárolását a kavics vastagsági térkép alapján végeztük. A völgy határát a mindenkori élővízfolyás jelenlétét igazoló kavics hordalék eltűnéséből határoztuk meg. A vizsgált terület NY-i része meglehetősen adathiányos volt és a szerkesztési munka mindig tartalmaz bizonytalanságokat, ezért a Duna völgyének a határát a 0-1 m-es vastagságban található kavicsösszlet sávjában becsültük.

A Duna völgye Pakstól ÉK-re a Madocsai öblözet DNY-i részénél a Duna DNY-i irányba történő kanyarulatánál beszűkül, gyakorlatilag megegyezik a jelenkori Duna határával. Paks város közepétáján egy kismérvű kiöblösödése figyelhető meg NY-i irányba, majd Pakstól D-re ismét beszűkül, keskeny sávra szorítva a Duna jobb parti hordalékát. Ettől a beszűküléstől D-re öblösödik ki NY felé a völgy, itt vált irányt a folyóvíz is DK-felé. (Uszód alatt lesz csak D-i folyású). A NY felé történő kiöblösödés DNY-i irányba Pusztahencse felé történik. Ez az öblösödési irány a Tengeliczi Szőlőhegy vonalában DK felé megtörik és megkerüli a települést. Innentől ~ 20 km-es sávban követi a Duna bal parti vonalát, ez már a Szekszárdi öblözet É-i része. Szekszárd város térségében a határvonalat a Szekszárdi-dombság jelenti, amelyet a 6-os és az 56-os számú főközlekedési útvonalak nyomvonala jelez.

A Duna völgy NY-i határa Bátaszék alatt Dunafalva és Mohács között, a Duna és az 56-os számú főközlekedési útvonal közötti keskeny sávra szűkül le, majd Mohácstól délre Kőlked irányába, az országhatár térségében ismét kiszélesedik.

Duna völgyének K-i határát a bal parton, a kialakult süllyedések K-i határa alkotja. Kalocsától D-re kiszélesedik a Duna-völgyi főcsatorna vonaláig. Sükösdtől Bajáig, illetve

Bajától D-re a Délbácskai terasz, azaz megközelítően az 51-es főközlekedési út nyomvonala jelzi a határát.

A pleisztocén összlet (a Dunavölgy területén a pleisztocén kavicsösszlet) fekü lejtésének általános iránya az Ordas-Paks-Tengelic Szőlőhegy vonalában ÉNY-DK-i. Ez az uralkodó lejtési irány a Kalocsai süllyedék térségében (Uszód-Foktó-Gerjen-Bátya vonalában) K-i irányúvá válik.

A feküterképen is láthatóak a dunai hordalékképződést befolyásoló mikrosüllyedések és kiemelkedések nyomai. Ilyen anomáliák figyelhetők meg a Duna bal partján Dunaszentbenedek, Uszód és Gerjen térségében, ahol a fekü lokálisan magasabb abszolút szinten található. Jelentősebb földtani mozgásra utaló jelek a süllyedéseknél mutathatók ki. A Kalocsai süllyedék, melynek NY-i szélére (Uszód és Foktó között) lett telepítve Kalocsa vízbázisa, Géderlak-Dunaszentbenedek-Uszód vonalában DK-i irányban erőteljesen lesüllyed, Uszód-Foktó-Bátya vonalában K felé már kisebb mértékben jelentkeztek ugyanezek a hatások. K felé ez a süllyedés folyamatos, a Duna-Tisza köze alatt több száz méter mélyen lévő pleisztocén rétegekkel való kapcsolata a szakirodalom szerint régóta bizonyított.

A Duna bal parton a kavicsösszlet feküjének abszolút szintjei É-on (Ordas térsége) 70-75 mBf, D-n (Bátya térségében) 40-45 mBf, a Kalocsai vízbázisnál 40-45 mBf, ettől K-re a 25-20 m-es balti szintre süllyed le. A kavics összlet vastagsága É-on még csekély 5-15 m, a Kalocsai süllyedékben meghaladja 40-50 m-es átlag vastagságot (a kavicsösszlet itt két rétegben található).

A Dunai bal parthoz képest bizonyos fokú eltérések mutatkoznak a jobb parti területén. A kavicsösszlet feküjének felszíne nyugodtabb morfológiai képet mutat. A NY-i térségben, Mezőföld irányából, a fekü DK felé fokozatosan süllyed, de Csámpa-Dunaszentgyörgy-Fadd vonalában ez a süllyedés mérséklődik. Kis mérvű anomáliák, kiemelkedések Paks térségében láthatóak, de ezek értelmezése a rétegsorok leírásaiban lévő ellentmondások miatt csak regionálisan lehetséges.

Dunaszentgyörgy térségének felszíni kiemelkedését a fekü felszínalatti domborzatában is nyomon követhetjük. A fekü DK-i süllyedésének irányában K felé- kismértékű változás mutatható ki. Az eltérést és a felszínalatti formát, a kavicsösszlet vastagságának változása kifejezőbben mutatja.

#### 4.3.4.2.3. *A Duna-völgy talajvíz viszonyai*

A Duna völgyében a talajvizet a pleisztocén holocénkorú dunai alluviális, kavicsos, homokos összlet tárolja. A talajvíz összefüggő rendszert képez, közvetlen kapcsolatban áll NY felől a Duna-völgy határát képező holocénkorú, Mezőföld löszplatóin csapadékból beszivárgott és a vályogszinteken összegyülekezett magasabb fekvésű talajvízszinttel. Ez a területrész biztosítja NY felől a Duna-völgy talajvíz készletének mindenkori utánpótlását.

A talajvíz általános áramlási iránya – a Duna jobb partján ÉNY-ről DK felé –, a bal parton K-ről NY felé történik. Áramlási viszonyait a Duna erózió bázisa, részben pedig a süllyedések területi elhelyezkedése határozza meg.

A Duna élővízfolyásának a hatása a talajvízre kétirányú: kisvízi időszakban megcsapolja, nagyvízi időszakban viszont táplálja (feltölti) talajvízkészletét. Ezt a hatását a hidrodinamikai

hatásterületen belül érezteti, amely a talajvízszint változását eredményezi a mindenkori dunai vízállásoknak megfelelően. A változó dunai vízszintek a háttér felé nyomáshullámok formájában terjednek és a talajvízszintben növekedést vagy csökkenést eredményeznek. A nyomáshullámok terjedését a kavicsösszlet közvetíti a háttér felé. A Duna természetes hatásterületét ezért a nyomáshullámok terjedése alapján lehet meghatározni.

A talajvíz részecskék tényleges mozgása a Duna-meder által harántolt finom homokos, illetve a porózusabb homokos kavics összletben történik. A talajvíz áramlási iránya a Duna élővíz folyásának közvetlen térségében a Dunára merőleges.

Partiszűrésű vízbázisok vizsgálatánál tapasztaltuk, hogy különböző természetes szivárgási helyzethez tartozó talajvíz felületek egymáshoz képest párhuzamosan mozognak. Az áramlási kereszt-szelvények felvételénél az látható, hogy a különböző áramlási zónák hidraulikus grádiensei a különböző szivárgási helyzetekben nem változnak. Kis és nagy dunai vízállások hatására ez az adott partszakaszt jellemző talajvíz áramlási profilt önmagával párhuzamosan mozditja el. Alacsony dunai vízálláskor mélyen, tartósan nagy vízálláskor magasabb helyzetben mérhetjük ki az áramlási szelvény adott pontjában ugyanazon hidraulikus gradiens értékeket. Ez a szivárgási helyzet viszont nem áll fenn a Dunától számolva a mintegy 400-700 m-es távolságon belül. Itt a hidraulikus gradiens nagysága és iránya a mindenkori dunai vízállások a függvényében változik.

Trícium vizsgálatok alapján a vízáadó összlet alján 35 évnél idősebb tárolt víz helyezkedik el, mely természetes körülmények között nem vesz részt a függőleges talajvízmozgásban vagy legalább is csak több évtizedes, több nagyságrenddel lassúbb mozgás jellemzi, mint a finomhomokos összletben mozgó vízrészecskét. A vízáadó összlet tetején szivárgó vízrészecske keveredik a csapadékból beszivárgó, illetve a Duna mindenkori árhullámai során az összletbe történő betáplálásból származó vízzel.

A Duna völgy talajvíz készletének utánpótlását a NY felől, Mezőföld térségéből szivárgó, csapadékból utánpótlódó talajvíz biztosítja. A magasabb szinten lévő mezőföldi talajvíz hidraulikus gradiense több lépcsőben NY-ról K-felé csökken.

A térségben jelenleg folyó<sup>2</sup>, valamint korábban folyt vízbázis-diagnosztikai munkák méréseire (Kalocsa-Baráka, Gerjen Észak, Gerjen Dél), valamint az országos törzshálózathoz tartozó figyelőkutak észlelési adataira alapozva, a talajvízszinteket Csámpa térségében 92-93 mBf; Tengelic Szőlőhegy ÉK-i része 97-99 mBf; Dunaszentgyörgy 90-91 mBf; Fadd-Domborinál 86-87 mBf; az a Paksi Atomerőmű térségétől D-re 90-87 mBf; a Dunai parti sávban 87 mBf szintre valószínűsíthetjük a tárgyalt időszakban.

Az erőmű területén a korábbi tanulmányok a maximális talajvízszintet 92.0-93.0 mBf, a minimális talajvízszintet 84.0-85.0 mBf abszolút szintre becsülték.

A háttérvízi talajvízszint itt is magasabb fekvésű mint a folyó völgyénél, ezért az általános áramlás iránya K-ról NY felé, azaz a Duna irányába történik. É-D-i irányban a hidraulikus gradiens nagyságrenddel kisebb, mint K-NY-i irányban. A természetes áramlásnál a hidraulikus gradiensek kisebb értéket mutatnak a bal parti állapothoz képest.

<sup>2</sup> A talajvízszintek pontosítására a „Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési program” keretében végzett vízföldtani modellezés (2005. április) archív adatfeldolgozása alapján került sor.

A magasabb háttérvízi helyzet miatt mindkét parton tapasztalhatjuk, hogy a Duna vízállása rövid időszakokra változtatja csak meg a talajvíz uralkodó áramlás irányát. Tartós nagy dunai vízállások idején a dunai nyomáshullámok csökkentik a talajvíz Duna felé történő áramlásának mértékét, illetve, egy viszonylag szűk, 500-700 m-es sávban a háttér felé történő áramlással meg is változtatják annak szivárgási irányát. A hidraulikus gradiens nagysága és iránya ebben a térségben a mindenkori dunai vízállások függvénye.

#### 4.3.4.2.4. 3D földtani – hidrogeológiai modell készítése az erőmű környezetére

A Paksi Atomerőmű környezetének viszonylag magas színvonalú megkutatottsága ellenére eddig nem állt rendelkezésre 3D földtani – hidrogeológiai modell, mely elengedhetetlen a környezeti hatástanulmány elkészítéséhez és (többek között) a hidrogeológiai hatásviselő közötti lehatárolásához. A térmodellt a Geomega Kft. készítette el. [16]

A modellalkotó munka során az alábbi adatbázisokat használták fel:

- **Szeizmikus adatbázis:** a mélyföldtani képződmények térképezéséhez szeizmikus reflexiós szelvényeket használtak fel.
- **Fúrás adatbázis, mely** 1989 fúrásból áll. Legnagyobb része a MÁFI által a Paksi Atomerőmű megbízásából készített térinformatikai adatbázisból származik.
- **Földtani adatbázis:** A földtani térmodell felszínközeli részének megalkotásához alapvető fontossággal bírt a MÁFI térinformatikai adatbázisának részét képező digitális földtani térkép és 10 földtani szelvény. A pleisztocén folyóvízi összlet térképezésénél az 1975 óta szerkesztett kavicsvastagság és kavics fekü térképeket használták alapadatként. A földtani térmodellt felülről határoló felszínt a Bada et al. (2005) által készített nagyfelbontású digitális terepmodell képviseli.

A fenti adatbázisok alapján térképezési módszerekkel megalkotható a geometriai modell. Ezt követi a modell parametrizálása: a földtani képződmények releváns hidrogeológiai paramétereinek a modell megfelelő rétegeihez történő hozzárendelése.

A legfontosabb adat a vízvezető-képesség, melynek számításához ebben az esetben szemcseméret-eloszlási adatokat használtak. Ezért létre kellett hozni egy **szemcseméret adatbázist**, mely alapján a hidrogeológiai paraméterek származtatását elvégezhetnék.

#### Hidrogeológiai paraméterek:

Rétegzett földtani képződmények esetében a rétegzéssel párhuzamos és az arra merőleges **vezetőképesség** nagyon eltérő lehet, egy adott összlet **hidraulikai anizotrópiáját** a vízszintes és a függőleges vízvezető-képesség hányadosa definiálja. Számítását olyan adatsorok esetében végezték el, ahol az adott összlet teljes vastagságában álltak rendelkezésre adatok.

Az egyes földtani egységek litológiai összetétele igen változatos, az egyes szemcseméret-komponensek eloszlásai sokszor igen nagy szórásúak, ami a számított vízvezető-képességek pontosságára is kihat.

A képződmények közül a felsőpannon Tihanyi és Toronyi formáció, valamint a pleisztocén – holocén folyami homok anizotrópiája jelentősnek mondható.



A munka utolsó fázisában azon hidrogeológiai egységek térképezésére került sor, amelyek befolyással bírnak a helyi folyadékáramlásra illetve az erőműhöz kapcsolódó tevékenységek hidrogeológiai hatásviselő közzettését képviselik.

A térképezett képződmények a következők:

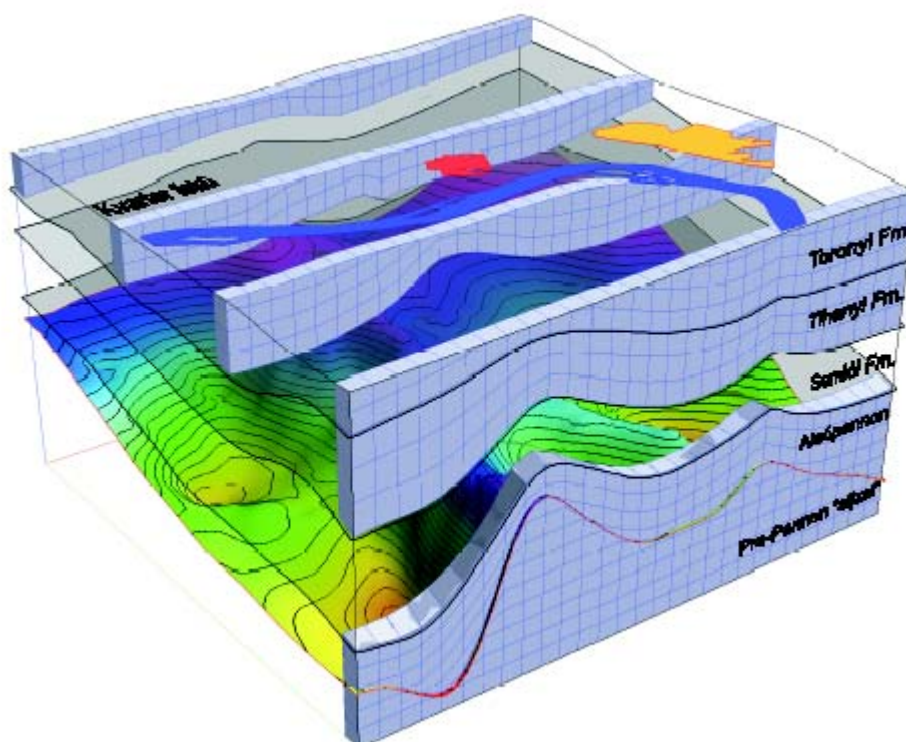
- Neogén képződmények:
  - Alsópannon sorozat;
  - Felsőpannon Somlói Formáció;
  - Felsőpannon Tihanyi Formáció;
  - Felsőpannon Toronyi Formáció.
- Negyedidőszaki képződmények
- Löss összlet
  - Folyóvízi kavicsos összlet;
  - Folyóvízi homokos összlet.

Ez a hét közzettést viseli a legnagyobb részben az erőmű környéki folyadékáramlások hatásait.

A fenti képződmények fekvő és fedő horizontjainak térképezését követően geológiailag konzisztens 3D digitális geometriai modellt állítottak elő, melyhez a szemcseméret-eloszlási adatokból származtatott hidrogeológiai paramétereket rendelték hozzá. A neogén képződmények 3D sztratigráfiai-hidrogeológiai modelljét a 4.7. ábra mutatja.

#### **4.7. ábra: Az erőmű környéki neogén képződmények 3D sztratigráfiai-hidrogeológiai modellje**

Az erőművet a piros sokszög jelöli. A pannon rétegek, melyek az intra-pannon vezérhorizontok között párhuzamosak diszkordánsan települnek az aljzatra, míg felülről erodálva vannak. A dunai kavicsos összlet fekvésén kibukkanó pannon rétegfejek fontos szerepet játszhatnak az erőmű környéki fluidumáramlásban.



#### 4.3.4.2.5. Hidrológiai és szennyeződésterjedési modell

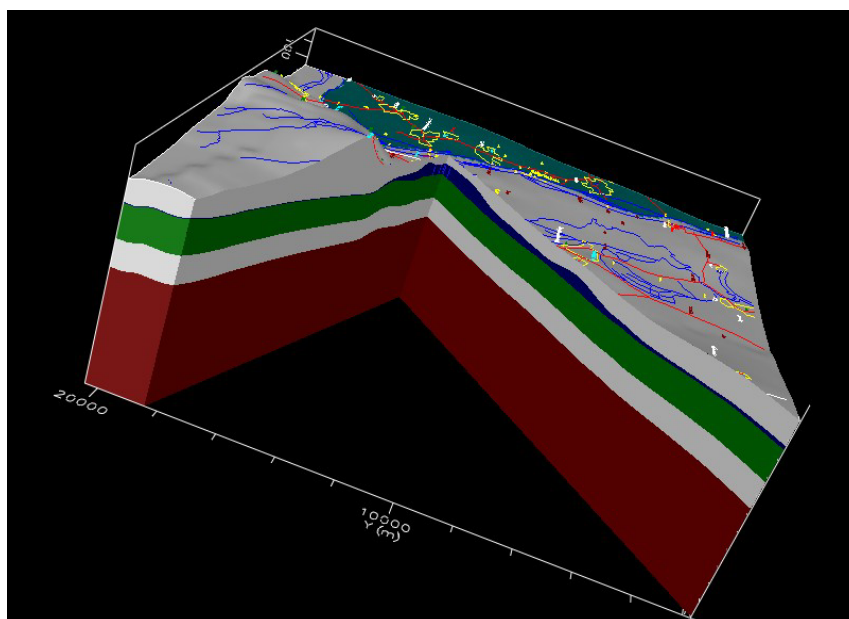
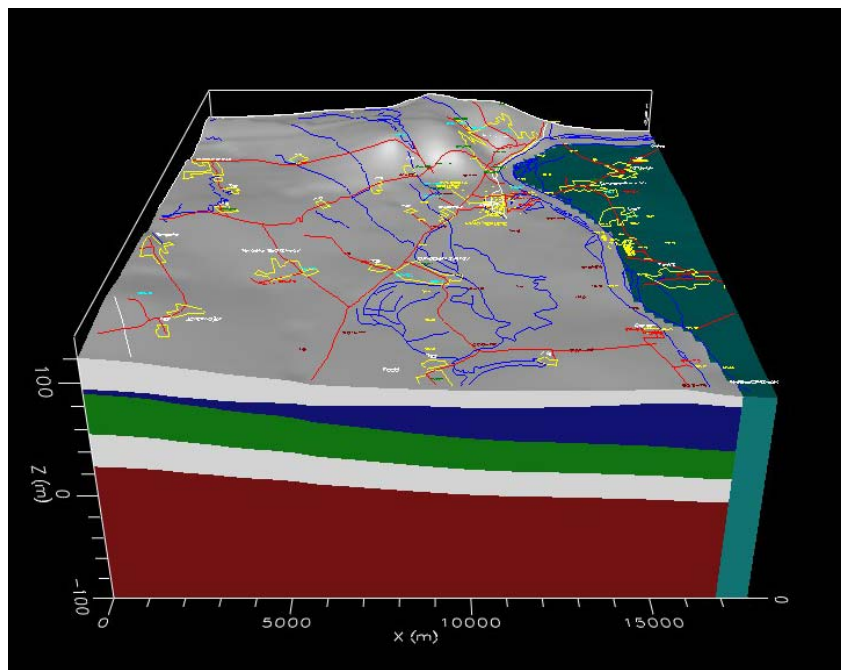
1996-ban az ATOMKI elkészített egy hidrológiai és szennyeződésterjedési modellt, amely csak az erőmű közvetlen környezetét foglalta magába. A modell célja az erőmű monitoring kútjaiban észlelt trícium szivárgás mértékének, helyének és a „trícium-felhő” terjedési irányának becslése volt. A modellt 1997-ben 102 figyelő kút csaknem másfél év heti vízszintmérései és ugyanezen időszak csapadék és Duna-vízállás adatai alapján kalibrálták. A későbbi trícium vizsgálatok (ISOTOPTeCH, 1999-2004) részben megerősítették a modellszámítások eredményeit („jóslásait”), részben a modell segítette a mérési eredmények értelmezését. A modell nem keresett és nem adott választ arra a kérdésre, hogy a környező települések rétegvízre telepített termelő kútjait elérheti-e az erőműből kijutó trícium szennyezés. 2005-ben került sor a modell térbeli kiterjesztésére. [17] Az erőmű környezetében lévő települések a pannon víztartó rétegekre telepített kutakból nyerik ivóvízszükségletüket. A modell annak eldöntését tűzte ki célul, hogy az erőmű ellenőrizetlen kibocsátásai elérhetik-e ezeket a kutakat.

Az elkészült modell (4.8. ábra) sok önkényes feltevést tartalmaz, azonban már ez alapján levonható néhány fontos következtetés:

- A talajvíz általános áramlási iránya ÉNY-ről DK felé mutat.
- A talajvíz összefüggő rendszert képez, közvetlen kapcsolatban áll a Duna-völgy határát képező Mezőföld löszplatóin csapadékból beszivárgott talajvízzel. Ez a terület rész biztosítja a Duna-völgy talajvíz készletének utánpótlását.
- A talajvíz áramlása a kavicsrétegben történik, az áramlás iránya a Duna felé mutat.
- Duna vízállása befolyással van az elérési időkre. Az elérési idők alacsony vízállás mellett lerövidülnek, míg a tartósan magas vízállás megnöveli azokat, de az útvonalakat és terjedési irányokat hosszabb távon nem változtatja meg.
- Az erőműből kiszivárgó szennyezés a kavicsrétegbe lejutva a Duna felé halad, a mélységgel növekvő nyomásértékek megakadályozzák a szennyezők lejutását. Ahol a féligáteresztő felső pannon réteg elvékonyodik, inkább a rétegvíz feláramlása várható.
- A fokozott vízkitermelés nyomáscsökkenést okoz a pannon vízadóban, a vízkitermelés fokozása az áramlási viszonyok megváltozásához vezethet.

**4.8. ábra: A modellben szereplő rétegek**

Felső homokréteg és pannon víztartó (—), kavics (—), vízrekesztő pannon összlet (—), vízzáró (—)

**4.3.4.2.6. A Duna-völgy parti szűrésű vizei**

A talajvíz természetes szivárgását lokálisan befolyásolja a vizsgált térségben üzemelő regionális vízbázisok, a Kalocsa-Barákai, a Baja városi és a Pécs-Mohács RV Mohács-szigeti partiszűrésű vízbázisok üzemeltetéséből eredő hatások. Ezért röviden ezekre is kitérünk a „Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési program” keretében végzett vizsgálatok alapján.

***A vizsgált partszakasz hidrogeológiai jellemzői***

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

A kitermelt parti szűrészű 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 sávja. A vízkészlet tartós termelés esetén igen gyorsan megújul, ezért a felszíni vizekben jelentkező havária jellegű szennyeződés a termelés szabályozásával jól távol tartható.

A parti szűrész megvalósító rendszer, amely Pakstól D-re, a Duna-völgyében is települt, jellemzően két szakaszból áll. A folyó finom üledéke, döntően a mederüledék határfelülete, 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 a felső finomhomok összlet vastagsága nem számottevő. Az 1522 fkm-től D-re, az 1481 fkm-ig 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 kivastagodással 10-20 m között változik. A Mohács-szigeten, a Duna bal partján ez a vastagsági érték 15 m körüli.

A bal partra jellemző, hogy a dunai allúviumban a Dunával közel párhuzamos süllyedékek alakultak ki, a homokos kavics összlet fektüje (Kalocsa-Baráka és bajai vízművek) terep alatt 50 m mélyen húzódik, a jobb parton a fektü szintek ennél magasabban helyezkednek el.

Az élővízfolyás medre többnyire még a finom homokos üledékben mélyült és az alatt húzódik a porózus, a vízművek által igénybe vett homokos kavicsos összlet.

Az élővízfolyásból a felszínalatti vizek felé áramló víz tényleges tisztítása 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 vízbázisok telepítésének hatása***

A mindenkori vízbázisok és a Duna élővízfolyásának kapcsolatát meghatározza a termelőutak 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 vízrészecske szűrési úthossza lecsökken, így várható, hogy ezen a szinten a biológiai aktivitás és a szerves szennyeződésből eredő hatások erőteljesebbek lesznek.

Hasonlóan jelentkeznek ebben a rétegben a háttérvízi hatások is. A Duna kisvízi időszakában a háttérvizet érintő dunai megcsapoló hatás ezen a réteggösszleten keresztül fejt ki hatását.

A 30-50 m mélységre kiépített és a porózus kavicsos összletre telepített termelőkutak termelése közvetlen mederkapcsolatú. Ebben a mélységtartományban a termelt vizek utánpótlódása a mindenkori partéltől távolodva az élővízfolyás sodorvonala alól történt.

A vizsgált szakaszon három működő bal parti vízbázis üzemel (Kalocsa-Baráka, Baja, Mohács-sziget) amelyek hidrogeológiai adottságaikból eredően eltérő körülmények között lettek kiépítve.

A kalocsai és bajai vízmű 50 m-es kútmélységekkel a dunai allúvium süllyedékére települt. Kalocsa esetében a Duna élővízfolyásától 150-200 méterre, Baján közvetlen a Duna parton attól mintegy 50 m-re települtek a termelőkutak.

Eltérő a helyzet a Mohács-szigeti vízbázis termelőkútjainál, ahol a termelőkutak 30 m-es alsó szűrőzési mélységre, 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 jelent.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a vízbázisok hatása, a dunai élővízfolyás felszínalatti vizekre gyakorolt mindenkori hatását intenzifikálják.

A Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési programjának keretében telepített monitoring rendszer vertikális mederszondái lehetővé tették a különböző mélységszintek és ezzel egyidejűleg az élővízfolyás partéltől távolodó mederszakaszok vízminőség változásainak megfigyelését. A különféle mélységszintre telepített mederszondák és figyelőkutak a felső finomhomok és a porózusabb homokos kavics alluviális víztartó összlet közötti fizikokémiai és vízbiológiai körülmények eltérését is vizsgálják. (A kutatási eredményekről részleteiben az 5. fejezetben számolunk be, mivel az utóbbi években elvégzett vizsgálatok a jelen, azaz az atomerőmű által befolyásolt állapotot mutatják.) [18]

### **Paks alatt a Duna-völgyben lévő meglévő és potenciális vízbázisok**

Paks alatt, a Duna jobb partján tervezett potenciális vízbázisok helye:

		fk m	EOV Y	EOV X
1	Gerjen Észak	1520-1517	638127	130467
2	Gerjen-Dombori (Gerjen Dél)	1512-1508.5	639980	122860
3	Bogyiszló Dombori	1506-1502	637249	117298
4	Gemenc-Gerebec	1492.5-1489.5	639893	105964
5	Gemenc-Koppány	1485-1481.5	639071	98408
6	Gemenc-Cuha fok	1473-1470	634718	92337
7	Báta	1467-1465.5	632510	87390

Paks alatt, a Duna bal partján tervezett potenciális vízbázisok helye:

	fkm	EOV Y	EOV X
1 Bátya	1519.5-1517	638819	130266
2 Fajsz	1515-1514	640421	127185
3 Sükösd Észak	1502-1498	638479	113928
4 Sükösd Dél	1495-1493	639697	108900
5 Mohács-É Dunafalva	1463-1459	629265	83515

Paks alatt üzemelő regionális vízművet ellátó vízbázis a Duna bal partján három helyen található:

	fkm	EOV Y	EOV X
<b>1 Kalocsa-Barákai vízbázis</b>	1522.4-1521	638706	133753
<b>2 Baja partiszűrészű vízbázis</b>	1481.5-1480.5	640380	95503
<b>3 Pécs Mohácsi regionális vízbázis Mohács-sziget</b>			
D1-es kúttelep, vízbázis	1451.6-1452.6	622555	74760
D2-es kúttelep, vízbázis	1453	623545	76074
É-i, vízbázis	1459-1455	625823	77050

#### 4.3.4.3. A felszín alatti vizek minősége

Az atomerőmű és térségének talajvizei az atomerőmű építését előkészítő nagyszámú talajmechanikai feltárás során vett vízmintákból, ill. a kifejezetten a talajvíz megfigyelésére létesített figyelőkutak vizsgálatából ismertek. A későbbiekben még számos geotechnikai feltárásból származó vízminta minőségvizsgálata készült el. A vizsgálatok döntő részében a vonatkozó műszaki előírásoknak megfelelően a kalcium, magnézium, nátrium, kálium, ammónium, nitrát, lúgosság, hidrogénkarbonát, klorid, szulfát, pH, valamint a szabad és mészagresszív széndioxid, ill. az oldott oxigéntartalom került meghatározásra.

A rétegvizek minősége az 50-200 m közötti rétegekben beszűrözött vízműkutak vizsgálatából ismert.

#### A pleisztocén homokos kavicsrétegek talajvízminősége

A talajmechanikai feltárások során vett vízminták vizsgálatai alapján a talajvíz minősége kisebb-nagyobb helyi eltérésektől eltekintve egységesnek tekinthető.

- a pH enyhén lúgos, 7,0-8,01 között változik, de jellemzően 7,5-7,9 közötti,
- az oldottanyag-tartalom alacsony vagy közepes, 270-926 mg/l között változik, jellemzően 300-400 mg/l,
- az összes keménység 11,8-43,2 nk° , átlagosan 15-25 nk° ,
- nátrium 0-104 mg/l,
- kálium 0-19 mg/l,
- kalcium 55,7-145,3 mg/l,
- vas 0,17-10 mg/l, átlagosan 0,5-1,0 mg/l,
- mangán 0,3-1,9 mg/l, átlagosan 0,3-0,8 mg/l,
- ammónium 0-14 mg/l, átlagosan 0,1-0,3 mg/l,
- nitrát 0-125 mg/l,
- klorid 3,2-70 mg/l, jellemzően 20-30 mg/l,

- szulfát 10-400 mg/l, jellemzően 100-150 mg/l,
- hidrogénkarbonát 229,9-495 mg/l,
- szabad CO<sub>2</sub> 20-108 mg/l, jellemzően 40 mg/l,
- mészagresszív CO<sub>2</sub> 0,0 mg/l,
- oldott oxigén 0-2,5 mg/l.

#### ***A pannon rétegvizek vízminősége***

A rétegvizek minőségét a Csámpa 64.-65. kataszteri számú vízműkutak vízminőség vizsgálataiból ismerjük:

- a sekélyebb 50-76 m mélységben szűrőzött 64. sz. kút vize alacsony oldottanyag-tartalmú magnézium-kalcium hidrogénkarbonátos típusú,
- klorid-ion koncentrációja csekély, szulfát csupán nyomokban fordul elő,
- pH 7,8,
- kalcium 5,71 mg/l,
- magnézium 60,8 mg/l,
- vas 1,58 mg/l,
- mangán 0,05 mg/l,
- nitrát nyomokban,
- klorid 15,5 mg/l,
- szulfát nyomokban,
- hidrogénkarbonát 164,7 mg/l,
- szabad CO<sub>2</sub> 8,31 mg/l,
- mészagresszív CO<sub>2</sub> 0,0 mg/l,
- oldott oxigén 0,0 mg/l.

A pannon rétegben mélyebben, 149-211 m között beszűrőzött 65 sz. vízműkút vize már magasabb oldottanyag-tartalmú, nátrium-hidrogénkarbonátos típusú. A klorid koncentráció közel tizenkétszerese, a hidrogénkarbonát több, mint négyszerese a 64. sz. kútnál tapasztaltnak. A jellemző paraméterek a következőképpen alakultak:

- pH 7,9,
- kalcium 28,6 mg/l,
- magnézium 10,9 mg/l,
- vas 5,70 mg/l,
- mangán 0,15 mg/l,
- nitrát 0,0 mg/l,
- klorid 188,5 mg/l,
- szulfát 0,0 mg/l,
- hidrogénkarbonát 720,0 mg/l,
- szabad CO<sub>2</sub> 0,0 mg/l,
- mészagresszív CO<sub>2</sub> 0,0 mg/l,
- oldott oxigén 2,01 mg/l.

A pannon rétegvizek korának meghatározását trícium és C 14 izotópvizsgálatokkal a VITUKI vizsgálta. A vizsgálati eredmények a rétegvíz korát 6000 évre teszik.

#### **4.3.5. Élővilág – életközösségek**

Az élővilág – életközösségek bemutatása két nagy munkarészt foglal magába:

- szárazföldi életközösségek (beleértve a vízparti élővilágot is),
- vízi ökoszisztémák.

#### 4.3.5.1. Szárazföldi élővilág

A tágabb és szűkebb térség szárazföldi élővilágára vonatkozó, az erőmű létesítése előtti állapot feltárása nehézségekbe ütközött az üzemeltetés előtti rendszeres és tematikus terepi vizsgálatok hiányában. E nélkül becsléseinket a következő információkra alapozzuk:

- a térségre vonatkozó irodalmi adatok,
- az erőmű korábbi építési periódusában végzett hatásvizsgálatok élővilágra vonatkozó munkarészei,
- a Magyar Természettudományi Múzeum gyűjteményében lévő, a területről korábban gyűjtött anyagok és előfordulási adatok,
- az erőmű környezetében két éve folyó minta értékű monitoring vizsgálatok előfordulási adataira, az ezek alapján kialakult vegetáció térképre és értékességi jellemzőkre.

#### Növényvilág

A Paksi Atomerőmű Rt. telephelyének egykori helyén és ennek szűkebb környékén – tudomásunk szerint – a 2000-es évek elejéig rendszeres botanikai kutatás nem folyt. Tágabb kitekintésben, Tolna és Bács-Kiskun megye környező vidékeit nézve rendelkezünk szórványos florisztikai és vegetációs adatokkal, melyek nagyrészt az idő közben megalakult Dél-Mezőföld Tájvédelmi Körzet területeiről származnak.

Az erőműhöz legközelebb eső ilyen, országosan védett terület a paksi Űrge-mező. A „*Paksi határ növényvilága*” /VOIGT–FARKAS, 1996/ sem tárgyalja az erőmű szűkebb környékét, majd a „*Paks határának védett növényei*”-t felsorakoztató kötet /FARKAS S., 1999/ sem tekinti át e terület botanikai értékeit. Ennek oka részben a meglehetősen nagy és változatos paksi határ más területeken is gazdag növényvilága, illetve az a tény, hogy az erőmű kiemelten őrzött ipari objektum, így a szűkebb környékbeli kutatómunka (főként a fotódokumentáció) engedélyhez kötött.

A részletes és alapos kutatás tehát egy csaknem ismeretlen és feltáratlan területen kezdődött meg 1999-ben. A vizsgált terület az erőmű 6 km-es sugarán belül, a Dunántúlon nagyrészt Paks város, kistrészt Dunaszentgyörgy határába, a Duna keleti oldalán Ordas, Géderlak és Dunaszentbenedek határába esik. E vidék – bár növényzetének tekintetében egészében „Alföld” – tájféldrajzi, növényföldrajzi, de erdőgazdálkodási szempontból is két jól elkülönülő részre oszlik, a Mezőföldhöz sorolható Tengelici-homokvidékre, illetve a Dunamenti-síksághoz tartozó Tolnai- és Kalocsai-Sárközre.

#### ***A távoli múlt (azaz a térség potenciális vegetációja)***

A szűkebb környék, a vizsgálat tárgyát képező kutatási terület – így az erőmű területének egykori környezete is – elsősorban a Duna folyam által befolyásolt ártér, az árvizek által meghatározott terület volt. Ez főként – a most is jól elkülöníthető, mélyebben fekvő – öntésterületekre igaz. Az ÉNy-i rész magasabban fekvő homokterületeit (homokbuckáit) szintén folyami hordalékból (az Ős-Sárvíz medre volt itt) a szél alakította ki. A vegetáció képe valószínűleg már a régmúlt időkben is kettősséget mutatott: elkülönült a magasabban fekvő homoki területek, valamint a jóval mélyebben fekvő ártér növényvilága. Ezekben a területeken az egykori növényzet minden bizonnyal nagyon közel állt ahhoz, amit ma, mint „potenciális vegetáció” határozunk meg.



Egykor e tájat valószínűleg sokkal inkább egybefüggő erdőségek jellemezték. (Az itt évtizedek, sőt talán évszázadok óta meghatározó ligetes, mozaikos táj nagyrészt az emberi tevékenység következménye.) A számos keskenyebb, kanyargós mellékág jellemezte ártér magasabb pontjain keményfaligetek (tölgy-kőris-szil ligetek), a mélyebben fekvő, rendszeresen elöntött területeken puhafaligetek (fűz-nyár ártéri erdők), a folyton változó partokon és szigeteken bokorfüzesek uralkodtak. Ezek között kisebb foltokban jelent meg beljebb a mocsári növényzet, a partokon az iszapnövényzet. A régi idők növényzetére bizonyos mértékig a máig fennmaradt dülönevekből következtethetünk. A terület egykori vizezebb jellegére a *Nádlás*, *Bászi tó* és *Kondor-farok* (egykori Dunaág) dülönév utal; az erdősültségre a viszonylag nagy kiterjedésű *Szilhát*, *Kis Töles*, *Öreg Töles* (utóbbiak a hangzás alapján talán „tölgyes”-ek lehettek), *Makkos* (dunaszentgyörgyi érintkező terület).

A magasabb, víz által már el nem ért homokterületek talán valamivel ligetesebb képet mutattak. Itt a homoki tölgyesek dominálhattak, néhol teret engedve homoki nyárasoknak, a bucketetőkön és délies oldalakban kisebb nyílt homoki gyepeknek.

### ***A közelmúlt (azaz az erőmű előtt valószínűsíthető állapot)***

Az itt évtizedekkel ezelőtti növényvilágra ma már csak régi, művelési ágakat is tartalmazó térképek tüzetes tanulmányozásából következtethetünk. Kettő ilyen térképsorozatot vizsgáltunk meg: az első 1914-es állapotokból kiinduló térképszelvényekből, a másik (erre épülve) 1961-es alaphelyzetű szelvényekből állt. Valójában mindkét térképsorozat inkább bizonyos időintervallumok közötti (1914-1961 és 1961-1972) folyamatokat tükrözött, mivel a földhivatalban e térképekre mindig fölvezették az aktuális változásokat. (A térképek – főként a fekete-fehér másolatok – jelöléseinek értelmezése ezért néhol nem volt teljesen egyértelmű, illetve a kopottság miatt a leolvasás is nehézkes volt.) A vizsgált terület lehatárolása a következő volt (É-K-D-Ny irányban haladva): Paks lakott területének déli határa – az árvízvédelmi gát – Paks közigazgatási határa – Csámpai-csatorna, majd a régi 6-os út a településig).

A északi homokterületek és a déli öntéstalajú területek művelési ágaiban, tájhasználatában e térképeken is jól érzékelhető volt a különbség, így ezt az alábbiakban célszerűen kettéválasztva tárgyaljuk:

#### ***1. Az egykori öntésterületek természetes növényzetének alakulása a múlt század elejétől az erőmű építéséig***

A területre a „nadrágszíj parcellás” művelés volt jellemző; itt már ekkor is kétharmad részben megművelt szántókat találunk. Nyílt, állandó vízfelület ekkor már csak mindössze a Kondor- tó és néhány keskeny lecsapoló árok volt. Gyakorlatilag az összes mélyebben fekvő területen (ezek sokszor keskenyek, szalagformák) rétgazdálkodás folyt, minden bizonnyal itt kaszálók voltak. A rendszerint ezekkel mozaikoló, viszonylag nagy kiterjedésű nádasokban feltehetően ekkor még állandó vízállások voltak. Az erdőterület ekkor itt már kevés volt, kisebb, elszórt foltokból és a *Régi Brinyó* dülőben néhány érintkező nagyobb erdőtömbből állt. Valószínűleg a *Régi-* és *Új Brinyó* területén nagyobb kiterjedésű, kismértékben cserjésedő sásosok, mocsarak lehettek.

A földek tagosítása (a „tsz-esítés”) után a művelési ágakban itt alapvető változás nem állt be. A terület szárazodott, a rétek aránya számottevően csökkent, kisebb mértékben a nádasoké is. Néhol fásítások történtek (vagy spontán fásodás is lehetett), így az erdőterületek aránya kismértékben nőtt.

## 2. A homoki területek természetes növényzetének alakulása a múlt század elejétől az erőmű építéséig

A régebbi térképre ránézve azonnal szemet szúr a kisparcellák mellett egy nagy, osztatlan tömb. Ez a legelőterület – a *Paksi Magyar* dűlön, nyúlványai nélkül is – közel 3,5 km hosszú és a közepe táján 1,4 km széles. Becsülhetően a terület nagyrészt szárazabb homoki legelő volt, de a DK-i sarkában üdébb foltok is lehettek. A területről szinte teljesen hiányoznak a rétek, kevesebb a szántó, ugyanakkor viszonylag sok az erdőként jelzett folt. A szórvány gyümölcsösök mellett, a *Váczi*, *Veiner felső*, *Csámpa* dűlőkben kiterjedt szőlőültetvények voltak. A természetes vegetáció milyenségére, főleg annak minőségére nehéz biztosat mondani, de valószínűleg (a legeltetés intenzitásának függvényében) nagyobb értékes homoki gyepek és talán kisebb értékes homoki erdőmaradványok is voltak itt a múlt század elején, ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy a terület kétharmada már ekkor is megművelt volt.

A 60-as évekre a szőlőültetvények, gyümölcsösök száma valamelyest tovább nőtt. Az erdőterületek aránya nagyjából változatlan, de egyes erdők eltűntek, máshova pedig telepítések történtek. Mindez valószínűleg a természetes erdők arányvesztése az ültetvényekkel szemben. A *Paksi Magyar* dűlő nagy legelőjét feldarabolták, a déli részeken szántók, másutt „üzemi területek”, épületek létesültek; de még így is jelentős itt a legelőterület, ami értékesebb homoki gyepeknek is teret adhatott.

Összegezve tehát a régmúlttól az erőmű létesítéséig eltelt időszak vegetációtörténetét a következő mondható el: **Az emberi tevékenység e vidéken már évszázadok óta meghatározó, jelentős tájtalakító tényező.** A **nagyarányú erdőirtások** következtében nagyobb összefüggő nyílt területek keletkeztek, melyek alkalmassá váltak mezőgazdasági művelésre, állattartásra. Ehhez természetesen nagymértékben hozzájárult a folyamszabályozás, illetve az árvízvédelmi gátak emelése is. A mélyebben fekvő részek öntéstalajain már száz éve is nagy kiterjedésű szántókat találunk; a magasabban fekvő, szárazabb, soványabb homoktalajokon inkább a juhtartás, illetve később a tájidegen fafajú erdők (elsősorban akácerdők) telepítése volt a jellemző. Néhol, főként a homokterületen tanyákat, mezőgazdasági telephelyeket építettek. Kis- és nagyüzemi keretek között is folyt szőlőtermesztés, de gyümölcsösöket is többfelé telepítettek. Ezek nyoma itt-ott még ma is fellelhető. Valószínűleg a terület legalább kétharmados művelése mellett is lehettek itt értékes homoki gyepek, melyek a város melletti, védett Ürge-mező „fénykorához” hasonlíthatnak. Szántók közé ékelődve és elveszítve az évi akár többszöri elöntés hatásait, az idők során az öntéstalaj növényzete is átalakult. Évszázadokkal, de talán évtizedekkel ezelőtt is a talajvíz valószínűleg jóval magasabban állt a mostaninál, így egész évben és szinte minden mélyedésben csillogott a víz. A szárazodás hatására e vidék lassan elmocsarasodott, sőt néhol a láposodás is megindult. Az egykor kiterjedt rétgazdálkodás fokozatos megszűnése, a kaszálások elmaradása többfelé cserjésedéshez, erdősődéshez vezetett.

### *Állatvilág*

Egy térség állatvilágának rekonstrukciója csak akkor végezhető el viszonylag nagy pontossággal, ha korábbi florisztikai és faunisztikai feltárások eredményei rendelkezésre állnak. **A tágabb körzet** (nagyjából 30 km sugarú kör: a tolnai Mezőföld, a Kiskunság legnyugatibb részei, valamint a kettőt elválasztó Duna-völgy) **kutatottságáról** a következők mondhatók el:

- **Gerinctelenek:** A vizsgált Paks környéki területek gerinctelen állatvilága az ország számos más területéhez viszonyítva kifejezetten kevésbé kutatottnak minősíthető. (A hazai

faunakutatás bő két évszázada során elsősorban a hegyvidékek, továbbá az Alföld bizonyos karakterisztikus tájegységei élveztek prioritást, míg más területek hosszú időn át – sok esetben egészen napjainkig – háttérbe szorultak).

Ez a helyzet a tolnai Mezőföld túlnyomó többségével is. Pillich Ferenc gyógyszerész Simontornya környékének kutatását a 19. és a 20. század fordulóján végezte, majd a terület rovarvilágáról írott könyve 1914-ben látott napvilágot. Rajta kívül ezen a változatos országrészen átfogó faunisztikai felmérést nem végeztek, de még egy-egy nagyobb résztáj regionális faunisztikai elemzése, a hozzáférhető (publikált vagy leközöletlen, gyűjteményi) adatok összegzése sem történt meg.

Csupán két lepkészeti munka jelent kivételt: Kovács Lajos nagy faunaművében (1953-56) mintegy tucatnyi Paks környékéhez tartozó lelőhelyről közöl elterjedési adatokat. Szeőke Kálmán (1978) 11 mezőföldi fénycsapda által gyűjtött lepkefajok sokéves adatait dolgozta fel. Sajnos ezek a csapdák a Mezőföld északi, túlnyomó többségükben Fejér megyei részén működtek, így a Déli-Mezőföld faunájára nézve kevésbé informatívak.

További, a terület faunaképét tükröző adatokat találhatunk a Kiskunsági Nemzeti Park faunáját ismertető könyv (Mahunka Sándor szerk., 1986-1987) vonatkozó fejezeteiben. A fentiekben túlmenően nagyobb mennyiségű, döntően publikálatlan adat található az országos növényvédelmi és erdészeti fénycsapdahálózat jegyzőkönyveiben (Tolna, Fácánkert), illetve a Magyar Természettudományi Múzeum Állattárának gyűjteményeiben és magán-gyűjteményekben. A kutatás hiányossága tulajdonképpen a vonatkozó adatok összefoglalásának, faunisztikai és természetvédelmi szemszögű értékelésének hiányát jelenti.

- **Gerincesek:** A helyzet a gerinces állatvilág tekintetében kedvezőbb. Bár publikációk tekintetében ezen a téren sem állunk jól, a jelentősen kisebb fajszámú és egyben a legtöbb gerinctelennél sokkal nagyobb termetű gerinces állatok hazai elterjedését illetően a fehér foltok száma és mérete sokkal kisebb. Így, noha ismereteink többsége a terület madárvilágára vonatkozik, a többi szárazföldi és kétlábú gerinces nagyobb léptékű elterjedéséről is – a gerinctelen faunával összevetve – sokkal pontosabb tudomásunk van.

#### ***A térség faunaképe a következőkben foglalható össze:***

A faunakép felvázolása során gondot jelent a valamikori természetes társulások átalakulásának nyomkövetése. Minthogy nem egy elképzelt természetes állapot, hanem az atomerőmű létesítését közvetlenül megelőző időszak állattani képét kell(ene) rekonstruálni, így kiemelt fontosságú (lenne) azoknak a fajoknak, fajegyütteseknek ismerete, amelyek túlélték a folyószabályozási, erdőirtási, szántóföldi használatba vételi periódusokat, és mind a mai napig megtalálhatóak az atomerőmű körzetében. Feltételezve azt, hogy a mezőgazdasági használati módok, illetve a mezőgazdasági területek kiterjedése nem változott nagymértékben az elmúlt harminc esztendő alatt, az akkori és mai időkből származó adatok érdemben felhasználhatóak a tájegység állattani jellemzésére. Noha ez a fejezet a „múlttal” foglalkozik, szövegünk jelen időben íródott, hiszen a hajdani állatvilág felidézése a ma is meglévő fajok extrapolációjával történt.

Az eddigi zoológiai ismeretek rövid összefoglalását célszerűbbnek tartjuk élőhelytípusok szerinti csoportosításban tárgyalni, mint azok konkrét földrajzi előfordulása szerint bemutatni. Következésképpen, a főbb természetes (természetközeli) és antropogén élőhelytípusok általános zoológiai ismertetését próbáljuk megadni, legfontosabbnak tartott karakterfajaik

megnevezésével együtt. Elsőként a fás (erdős) élőhelyeket tárgyaljuk, ezeket követik a gyepek, majd az ember által nagymértékben vagy teljesen átalakított élőhelyek.

- **Természetes és természetközeli erdők:** A természetesnek vagy ahhoz közeli állapotúnak nevezhető erdős társulások a tolnai Mezőföldön az alábbi öt nagy csoportba oszthatóak:
- ligeterdők (puha- és keményfaligetek);
  - láperdők és mocsárerdők;
  - síkvidéki tölgyesek;
  - dombvidéki elegyes tölgyesek;
  - szubmediterrán hársas tölgyesek és bokorerdők.

A **ligeterdők** elsősorban a Duna mentén, illetve kicsiny foltokban más vízfolyások mentén jelennek meg. Teljes kifejlődésükben azonban a 20. század második felében már csak igen kevés helyen, illetve kis állományokban fordultak és fordulnak elő. A magasabb térszínnek valamikor kiterjedt tölgy-kőris-szil keményfaligetei túlnyomó többsége már elpusztult, vagy apró fragmentumokként létezik.

A **fűz-nyár puhafaligetek** jellemző rovarfajai a diófacincér (*Megopis scabricornis*) és a pézsmacincér (*Aromia moschata*), a mezei futrinka (*Carabus granulatus*), a kis és a magyar színjátszólepké (*Apatura ilia* és *A. metis*) továbbá két övesbagolyfaj, legnagyobb hazai bagolylepkénk, a kék övesbagoly (*Catocala fraxini*) és kisebb termetű, kizárólag fűzeken élő rokona, a fűzfa-övesbagoly (*Catocala electa*).

Az idős fűzfákban zöld küllő (*Picus viridis*), fekete harkály (*Dryocopus martius*), nagy fakopáncs (*Dendrocopos major*) költenek, elhagyott odvaikban fészkel a nyaktekeres (*Jynx torquilla*). A fekete gólya (*Ciconia nigra*) is előszeretettel fészkel hatalmas, öreg fűzfákon. A puhafaligetek jellemző madara a függőcinege (*Remiz pendulinus*).

A maradvány **tölgy-kőris-szil keményfaligetek** faunája nagyon kevésé ismert. Legérdekesebb rovarfaunisztikai adat az Európa-szerte igen lokális és ritka keskenyszárnyú fabagoly (*Lithophane semibrunnea*) dunaföldvári előfordulása.

A **láp- és mocsárerdők** a mélyebben fekvő, pangó vizes területek jellemző erdőtársulásai, főképpen a valamikor igen kiterjedt alföldi árterek reliktumai. A kiskunsági és tiszántúli láp- és mocsárerdők igen sok, többségében posztglaciális relikturnak tekinthető rovarfajnak adnak otthont még napjainkban is. Nagy valószínűséggel ezek valamekkora hányada a Mezőföld hasonló élőhelyein is honos (volt?), azonban kutatottságuk olyan kismértékű, hogy ilyen fajok előfordulásáról nincs adatunk. A tolnai Mezőföld láp-és mocsárerdeinek általunk ismert rovarritkaságai az *Acronicta leporina*, *Mesogona oxalina*, *Lamprotes c-aureum*, *Orbona fragariae* bagolylepkék.

Az öreg láp- és mocsárerdők nagyszámú értékes madárfajnak biztosítanak fészkelő- és táplálkozóhelyet. A költő, ill. időszakosan megjelenő madárvilág jellemző képviselői a nyíltvízi élőhelyeken a vöcskök; ludak és récék; a nádasokban-gyékényesekben a barkós cinege (*Panurus biarmicus*); a nádasok-sásosok fészkelő madarai a poszáták, a nádírigó (*Acrocephalus arundinaceus*), a nádi sármány (*Emberiza schoeniclus*), a guvat (*Rallus aquaticus*), a barna rétihéja (*Circus aeruginosus*), stb. Alacsony vízálláskor gázlómadarak jelennek meg nagy számban a sekély víz nyújtotta bőséges táplálék vonzására. Az itt honos madarak többsége a vízparti nádas állományokban, illetve azok szegélyén növő fákon fészkel, míg mások – pl. az énekesrigó (*Turdus philomelos*), a csilpcsalp fűzike

(*Phylloscopus collybita*), a berki tücsökmadár (*Locustella fluviatilis*) vagy a macskabagoly (*Strix aluco*) – a zártabb, idősebb fák alkotta erdőrészekben költenek.

A kis foltokban még fellelhető **maradvány tölgyesek** jellemző rovarfajai a jól ismert szarvasbogár (*Lucanus cervus*), orrszarvúbogár (*Oryctes nasicornis*) és hőscincér (*Cerambyx cerdo*), valamint a tölgyfaszender (*Marumba quercus*); fészkelő madarai a fekete gólya (*Ciconia nigra*), a darázsölyv (*Pernis apivorus*) és a fekete harkály (*Dryocopus martius*).

A Dunántúl dombvidéki elegyes erdei faunisztikai szempontból igen gazdagok. A területről rendelkezésünkre álló kisszámú adat alapján a legérdekesebb lepkefajok a nagy pávaszem (*Saturnia pyri*), a tölgyfaszender és a gyertyán-tavasziaraszoló (*Trichopteryx polycommata*).

Hasonló a helyzet a szubmediterrán hársas tölgyesek és bokorerdők esetében, melyek változatos rovarfaunáját a Mecsekben és a Villányi-hegységben igen jól ismerjük, a Tolnai-dombságban azonban csak nagyon kevésé. Két faj adatai mindenképp említésre érdemesek, ezek a *Phyllophila obliterata* bagolylepke (Fácánkert) és a *Scopula laevigata* araszolólepke (Simontornya).

- **Telepített erdők:** A telepített erdők egy része – főként a telepített nyárasok – ugyan nem kifejezetten flóraidegen fafajokból áll (bár az is akad közöttük), de szerkezetük a természetes állományok lágyszárú vegetációjától olymértékben eltér, hogy csupán magukon a fákon élő, azok leveleit, virágzatait (illetve fáját magát) fogyasztó rovarfajok egy része nevezhető állandó társulásalkotónak. Döntő többségük általánosan elterjedt és gyakori, sok esetben erdészeti kártevőnek is minősül.

A **telepített nyárasok** rovarfajai közül csupán néhány képvisel említésre méltó faunisztikai értéket, ilyenek bizonyos övesbagoly-fajok (pl. a *Catocala fraxini* és a *C. puerpera*). A **telepített fenyvesek** a Mezőföldön minden tekintetben idegen növényzeti típust képviselnek, melynek állatvilága – a talajfaunától eltekintve – gyökeresen eltér a telepítést megelőző időben e területen honos faunától. A fenyvesek rovarvilága természetes körülmények között is erősen specializált, nagyon kevés olyan növényevő rovarfaj van, amely képes alternatív tápnövényként fenyőfélék valamely részét elfogyasztani. Ez egyben azt is jelenti, hogy a telepített fenyveseket behurcolt, illetve távolabbról bevándorló fenyőfogyasztó fajok, valamint az ezeket fogyasztó ragadozók népesítik be. A Mezőföld telepített fenyveseinek jellemző lepkefajai a fenyőbagoly (*Panolis flammea*), a fenyőpohók (*Dendrolimus pini*), a fenyőaraszoló (*Bupalus piniarius*), a *Thera* genuszba tartozó egyes araszolólepke-fajok, valamint a fenyves-tövissescincér (*Rhagium inquisitor*).

A telepített erdők harmadik nagy csoportját az **akácok** képezik. Az akác (*Robinia pseudacacia*) maga nem őshonos növényfajunk, de számos olyan őshonos, más pillangósvirágúakon élő rovarfaj ismert, mely alternatív tápnövényként elfogadja az akác virágait és terméseit (leveleit csak kivételesen fogyasztja hazai rovar, de gerincesek sem eszik azokat!), ideértve a mézelő méheket és azok mézgyűjtését is. Ezek azonban kivétel nélkül nagy elterjedésű, sokszor polifág, faunisztikai szempontból kevésé érdekes állatok.

- **Száraz gyepek:** A mezőföldi (és a nyugati kiskunsági) táj huszadik századi képének igen jellemző elemei (voltak) a különböző társulásokba tartozó száraz gyepek. Ezek jelentős hányada mezőgazdasági művelés alá került, de még jelenleg is nagyobb foltokban

megtalálhatóak a korábbi idők emlékeit őrző kisebb-nagyobb sztyepmozaikok. Ezek igen gazdag és jellegzetes rovarfaunája őrzi a Kárpát-medence belső területeire oly jellemző zonális erdőssztyep-fauna emlékét, melynek számos tipikus képviselője megtalálható (volt) a Paksi Atomerőmű tágabb körzetében.

A száraz gyepek botanikai értelemben igen sokfélék, a Mezőföld Paks környéki részein az alábbi négy fő típusba sorolhatóak:

- Homokpusztagyeppek (nyílt, félig nyílt és zárt);
- Homokbuckások;
- Löszpusztagyeppek (nyílt, félig nyílt és zárt);
- Degradálódott (másodlagos és harmadlagos gyepek).

Mint hogy ezek a gyepek rendszerint erősen mozaikosak, egy-egy kisebb területen is gyakran együtt fordulnak elő, így rovarfaunájuk – főképpen a jól repülő fajok – éles határok szerint nem választható szét, noha egyes fejlődési alakjaik sokszor kategorikusan meghatározott élőhelyigényűek.

A homokpuszták, pusztagyeppek, homokbuckások rovarfaunája számos védett és Vörös Könyves fajjal jellemezhető, ilyenek az egyenesszárnyúak közül a sisakos sáska (*Acrida hungarica*), a recésszárnyúk között több hangyalesőfaj.

Az igen gazdag lepkefauna védett tagjai az aranyos kéneslepke (*Colias chrysotheme*), a díszes medvelepke (*Arctia festiva*), a csonkaszárnyú medvelepke (*Ocnogyna parasita*), a pöszörszender (*Hemaris tityus*), a szarkalábbagoly (*Periphanes delphinii*) és a keserűgyökér-nappalibagoly (*Schinia cardui*). További jellemző sztyepfajok a nagy busalepke (*Pyrgus fritillarius*), a *Chelis maculosa* és *Hyphoraia aulica* medvelepkék, valamint a *Simyra nervosa*, *Euxoa segnilis*, *Cucullia argentea*, *Oxicesta geographica* és az *Euchalcia consona* bagolylepkék.

A nyíltabb gyepek igen feltűnő megjelenésű, védett pókfaja a bikapók (*Eresus cinnabarinus*), míg főként a keményebb, kötöttebb talajú helyeken építi földbevéjrt lakócsöveit legnagyobb hazai pókunk, a védett szongáriai cselőpók (*Lycosa singoriensis*).

A nagyobb kiterjedésű, nyíltabb gyepekben helyenként gyakori a zöld gyík (*Lacerta viridis*), és még sokfelé él nagyobb telepekben az ürge (*Spermophilus citellus*).

Nyílt gyepek fölött vadászik a vörösvércse (*Falco tinnunculus*), a kerecsensólyom (*Falco cherrug*) és az egerészölyv (*Buteo buteo*), itt honos az ugartyúk (*Burhinus oedicnemus*) is. Ezek a madarak többségükben bokros(abb) helyeken, illetve a rétek szélén növény fákön fészkelnek. Ezeken a bokrosabb részeken él számos más védett és értékes madárfaj is, pl. a parlagi pityer (*Anthus campestris*), a mezei pacsirta (*Alauda arvensis*), a töviszúró gébics (*Lanius collurio*), a kis örgébics (*Lanius minor*), a búbosbanka (*Upupa epops*), a zöld küllő (*Picus viridis*) és a kabasólyom (*Falco subbuteo*).

A gyepes-bokros mozaikok rovarvilágának jellemző, védett fajai az imádkozó sáska (*Mantis religiosa*) a kis ökörszemlepke (*Pyronia tithonus*), a nagyfoltú hangyaboglárka (*Maculinea arion*), a kis tűzlepke (*Lycaena thersamon*), a szilfa-csücskösllepke (*Satyrion w-album*), a halálfejes lepke (*Acherontia atropos*) és a tavaszi gyapjasszövő (*Eriogaster lanestris*).

A löszfalak, löszmélyutak oldalába vájják fészkelőcsöveiket a gyurgyalagok (*Merops apiaster*), legszínpompásabb hazai madarunk helyenként még nagy telepekben fészkel a Mezőföldön. Hasonló fészkeket épít a jégmadár (*Alcedo atthis*) és a partifecske (*Riparia riparia*) is, ez utóbbi faj homokos falakban is. Mindenképpen említésre érdemes a fokozottan védett haragos sikló (*Coluber caspius*) egy kicsiny populációjának honossága a Paks fölötti löszfalán.

- **Nedves rétek és kaszálók:** A nedves rétek, mindenekelett a láprétek, a láp- és mocsárrétekhez hasonlóan számos posztglaciális reliktum fajnak adnak otthont. A terület botanikai kutatása komoly természetvédelmi értékű növényfajok honosságát mutatta ki, melyek közül sok mind a mai napig megtalálható a Mezőföld Pakshoz közeli területein (lásd Kalotás é.n., Voigt & Farkas 1996). A kiskunsági láprétek faunisztikai érdekességeit a KNP faunáját bemutató munkában részletesen megtalálhatjuk (Mahunka 1986, 1987), a szóba jöhető reliktum fajok közül azonban – feltehetően nem kis részben a kutatások hiánya miatt – egyetlenegy sem sikerült eddig megtalálni a tolnai Mezőföldön.

A nedves rétek főbb csoportjai az alábbiak:

- láprétek, turjánosok;
- mocsárrétek;
- nedves és mezofil rétek;
- magaskórósok.

Az eddigi faunakutatások eredményeképpen a jellemző lápréti lepkefajok közül a nagy tűzlepke (*Lycaena dispar*) és a galajszender (*Hyles gallii*), továbbá a *Lamprotes c-aureum*, *Lygephila pastinum*, *Calyptra thalictri*, *Diachrysia zosimi* bagolylepkék honossága bizonyított. A gerincesek között jóval kevesebb láprétekhez kötődő fajt ismerünk, melyek közül a fürge gyík vöröshátú változata (*Lacerta agilis* var. *rubra*), a sárga billegető (*Motacilla flava*) és a rozsdás csaláncsúcs (*Saxicola rubetra*) tenyészik a Mezőföld déli részének láprétein. A turjánosok természetvédelmi szempontból jelentős lepkefajai a *Celaena leucostigma*, *Photedes minima*, *Chortodes pygmina*, *Archanara geminipuncta*, *A. neurica* bagolylepkék.

Mocsárréteken költ és táplálkozik a sárszalonka (*Gallinago gallinago*), a nedves és mezofil rétek karakterfajai a védett fakó gyöngyházlepke (*Clossiana selene*), valamint a helyenként még gyakori törpe nappalibagoly (*Panemeria tenebrata*). A réteket szegélyező magaskórósokban fejlődik a füzikén (*Epilobium*-fajokon) élő, védett törpeszender (*Proserpinus proserpina*).

- **Vízparti vegetáció és kisebb állóvizek:** Állatviláguk az aktuális patak-, folyó- és tóparti zonáció szerint alakul, a Mezőföldön különösebben ritkának mondható gerinces fajok nem fordulnak elő. A lápok, mocsarak jellemző, védett vízi gerincesei a mocsári teknős (*Emys orbicularis*), tarajos göte (*Triturus cristatus*), vöröshasú unka (*Bombina bombina*) és az ásóbéka (*Pelobates fuscus*).

A nádas-magassásosoknak viszonylag fajszegény, specialista rovarfaunája van, melyek egy része komoly faunisztikai értéket képvisel. Ezek közül a Paks környéki területekről ismeretes a legnagyobb hazai gyökérrágólepke-faj, a komlólepke (*Hepialus humuli*), továbbá a *Chortodes pygmina*, *Archanara geminipuncta*, *Archanara neurica*, *Sedina buettneri* bagolylepkék. E társulások legfeltűnőbb növénye a sárga nőszirm (*Iris*

*pseudacorus*), amelyen gyakorlatilag mindig megtalálható a kizárólag rajta élő egykarú ormányos (*Mononychus punctumalbum*).

- **Antropogén élőhelyek:** Az ember által nagymértékben (olykor teljességgel) átalakított élőhelyeknek is megvan a maguk olykor nem is kifejezetten fajszegény állatvilága. Ezek összetétele azonban sokkalta inkább esetleges, mint a természetesnek nevezhető élőhelyek faunája, és az itt élő állatok döntő többsége igen gyakori, olykor tömeges, néha kártevő, vagy egyenesen az emberre nézve veszélyes fajokból áll. Kivételek természetesen itt is akadnak, az alábbi összeállítás ezekből mutat be néhányat, élőhelytípusok szerinti csoportosításban.
  - **Szántók és szegélyeik, parlagok:** ilyen helyeken él a szarkalábon (*Consolida regalis*) fejlődő védett szarkalábbagoly (*Periphanes delphinii*), és a ruderalis helyeken növe, pionír gyomnak tekinthető keserűfűvön (*Picris hieracioides*) táplálkozó, szintén védett keserűgyökér-nappalibagoly (*Schinia cardui*).
  - **Gyümölcsösök:** a kevésbé vegyszerezett, ún. szórvány gyümölcsösök, gyümölcsfásorok (pl. utcák meggyfásorai, diófásorok) tipikus faja a legnagyobb magyarországi lepke, a védett nagy pávaszem (*Saturnia pyri*), továbbá a kisszámú hazai ragadozó lepkefaj egyike, a pajzstetveket fogyasztó pajzstetűfaló bagoly (*Calymma communimacula*).
  - **Halastavak:** fészkelő madárviláguk jelentős lehet, ilyen volt pl. a dunaföldvári halastó mára már megszűnt dankasírálytelepe, illetve a költő ill. időszakosan megjelenő madárvilág (nyílt víz: vöcskök; ludak és récék; nádasok-sásosok: poszáták, nádírigó, nádi sármány, guvat; alacsony vízállásakor, lecsapoláskor gázlómadarak, stb.).
  - **Parkok:** számos kistermetű énekesmadár talál időleges vagy tartós fészkelőhelyet parkok csendesebb, elhagyatottabb részein, ilyenek pl. az ökörszem (*Troglodytes troglodytes*), a vörösbegy (*Erithacus rubecula*), vagy a királyka (*Regulus regulus*, a tengelici kastélyparkban), de parkok idősebb fáiban, esetleg kúriák padlásán előszeretettel tanyáznak baglyok is, pl. macskabagoly (*Strix aluco*) vagy a gyöngybagoly (*Tyto alba guttata*).
  - **Konyhakertek és virágúgyások:** a védett halálfejes lepke (*Acherontia atropos*) alkalmanként megtelepszik a burgonyaveteményekben, míg a szarkalábbagoly (*Periphanes delphinii*) hernyója a kertekben ültetett nagyvirágú szarkalábfajokat (pl. *Delphinium ajacis*) is szívesen elfogyasztja.

### Védett értékek

Magyarországon a természetvédelmi területek védetté nyilvánítása már az 1940-es években elkezdődött, és az '50-es években is továbbfolyt, ám ekkor még csak elvétve egy-egy kiemelkedő értékű és igen veszélyeztetett terület vagy faj tekintetében. (Lásd pl. Aggteleki vagy Pálvölgyi barlang, Budai Sashegy, Fenyőfői ősfenyves, Kámoni arborétum.) Nagyobb számú és kiterjedt terület védetté nyilvánításával a '70-es évek végétől, a '80-as évek első felétől kezdődően találkozhatunk.

A Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetében a 70-es 80-as évek fordulóján csak **egy országos védelem alatt álló terület volt, a Szelidi tó**. Ezzel szemben az ugyanezen területen belül található helyi (települések hatáskörébe tartozó) **védelem alatt álló értékek túlnyomó része már ekkor is védett volt**. A 30 km-es körzetben nyilvántartásunk szerint található 17 ilyen értékből 1977-ig 13 védetté nyilvánítása megtörtént, a maradék 4-é pedig 1984-ben.



(A Szelidi tó rövid leírását és a helyi védett értékek felsorolását az 5. fejezetben, a jelen állapot leírásánál végezzük el.)

#### 4.3.5.2. *Vízi ökoszisztémák*

A Duna vízminőségét és a vizének élővilágát az atomerőmű létesítése előtt is vizsgálták. Ennek oka, hogy a hűtővíz felhasználás technológiai problémái már ekkor is súlyponti kérdés volt az engedélyezési eljárás során. Itt tehát nem az atomerőmű vízi környezetre gyakorolt hatását vizsgálták, hanem fordítva, a környezet, a vízi élővilág hatásait az erőmű működésére. A Paksi Atomerőmű üzembehelyezése előtt végzett állapotfelmérő hidrobiológiai vizsgálatok legfontosabb eredményeit az alábbiakban foglaltuk össze:

A **hőszennyezés, mint vízterhelési** probléma a 60-as évek végén jelentkezett először hazánkban. A Vízgádálkodási Tudományos Kutató Intézetben 1970-ben kezdtek e témakörrel foglalkozni. Első tevékenységük olyan irodalmi szemlék elkészítése volt, amelyek megismertetnek a hőszennyezés fogalmával, annak fizikai, kémiai és hidrobiológiai hatásaival. [19], [20]

Az irodalmi adatok alapján elemezték az élővilág különböző csoportjaira (bakterio-, fito-, zooplankton, bentosz, gerinctelen állatok, halak, élőbevonat, vízi növényzet) gyakorolt hőhatást, az egyes élőlénycsoportok által adott válaszok lehetőségeit. Ez alapján bemutatták az élővizekben beálló változásokat, és néhány olyan jellegzetes láncreakciót, amelyen át a hőmérséklet emelkedése az emberi vízhasználatot, vagy környezetet közvetlenül befolyásolhatja. A feldolgozott többszáz munka eredményei azt mutatták, hogy **a különböző vizekben élő élőlényekre megállapított hőmérsékleti értékek nem általánosíthatók, a határértékeket saját kutatómunkával kell megállapítani vízfolyásonként külön-külön.**

Megállapították továbbá azt is, hogy **a hőszennyezés világszerte nem okoz olyan mértékű károkat, mint a kommunális vagy az ipari vízszennyezés**, de az irodalomból kicseng az az óvatosság, hogy **a terhelésnek bizonyos jól megállapítható határa van, ami fölött a vízi élővilágnak a víz minőségét létrehozó és fenntartó része megsemmisül.**

Az irodalomkutatás mellett a Paksi Atomerőmű hidegvízcsatornájában a blokkok üzembehelyezése előtt **részletes hidrobiológiai vizsgálatokat végeztek**, melyek eredményeként **mintegy 60 bevonatképző állatfajt és 30 gyakoribb algafajt találtak**. Ez utóbbiaknak három típusát különböztették meg, melyek közül technológiai problémákat csak az ún. szakállszerű bevonatok jelentenek. Ezekre jellemzőek a 30-40 cm hosszúságot is elérő fonalak, amelyek nagy tömegben leszakadva például a szűrők eltömődését okozhatják. A planktonikus algák közül elsősorban a kovaalgák okozhatnak technológiai problémákat különösen a tavaszi és az őszi alacsony vízállású időszakokban, amikor nem ritkák a literenkénti 50-60 milliós egyedszámok sem. Az élőbevonatot alkotó állatok közül a szivacsok, mohaállatok és a puhatestűek okozhatnak a vízellátásban technológiai nehézségeket, illetve üzemzavarokat. A dunai szivacsok kis, puha telepeket képeznek, ezért különösebb veszélyt nem jelentenek. A VITUKI szakértői jelentése alapján az erőmű tervezésekor felkészültek a mohaállatok és a vándorkagylók várható elszaporodására is.

### 4.3.6. Épített elemek, települési környezet

Az atomerőmű léte jelentősen befolyásolja Paks település életét, fejlődését. Ezért fontos a települési környezet jellemzőit is összefoglalni a hatástanulmányban.

#### 4.3.6.1. Általános településkörnyezeti jellemzők

##### *A város természetföldrajzi pozíciója*

Paks természeti földrajzi helyzetének és fekvésének meghatározó eleme a **Duna menti elhelyezkedés**. A település a Duna jobb oldalán, magasparton fekszik. Ez a domborzati elhelyezkedés azzal járt, hogy a folyó ugyan sok tekintetben meghatározta a város fejlődését, de mégsem épült be – mindenre kiterjedően – a település életébe. A paksi szakaszon a bal part felé a **Duna sokkal inkább elválasztott, semmint szorosan összekötött volna**.

**Paks** – topográfiai értelemben – **a Dunántúl és Alföld határán fejlődött**. Mindkét nagytáj természeti földrajzi karakterének elemei megjelennek a város kiterjedt közigazgatási területén belül. (A város közigazgatási területe egészében véve több mint 15 ezer ha.) A közigazgatásilag Pakshoz tartozó terület mind nagyságrendjét, mind tájföldrajzi adottságait illetően inkább alföldi, semmint dunántúli jellegű, ugyanakkor a városi lakosság egy része számára inkább a topográfiai jellegű dunántúliság az elfogadott és megélhető.

Paks nem vált minden tekintetben sem sajátos dunai, sem klasszikus dunántúli, sem pedig tipikus alföldi jellegű településsé. A természeti földrajzi fekvés történetileg a leginkább a Dunához kapcsolódó térszerkezeti elem megélésére serkentette a település erőit. Paks térszerkezeti kapcsolati rendszerének így történetileg kialakult egy dominánsan észak-déli meghatározottsága, irányultsága, melyhez képest a kelet-nyugat jellegű kapcsolatok mindig másodrendűek voltak.

##### *A város térszerkezeti pozíciójának történeti változásai*

A Duna nemcsak természeti földrajzi tekintetben, hanem történeti szerepét illetően is domináns tényezője volt Paks fejlődésének. A Duna egyértelmű tájékozódási vonalat, kapcsolattartási lehetőséget teremtett, a tágabb környezetben sokszor nemzetközi jellegű és jelentőségű hatásokat hordozott, közvetített. A paksi rév, majd motoros komp a mikrotérségi kapcsolatok szempontjából jelentős volt, de igazi nagytérségi kapcsolatok kialakítására és fenntartására – részben Dunaföldvár közelsége miatt – sohasem volt képes.

Paks történeti fejlődésében megjelentek mind a dunántúli, mind pedig az alföldi nagytáj gazdasági-gazdálkodási sajátosságai, társadalmi, életmódi, építészeti stb. elemei.

A XIX. századtól kezdve **Paks kisvárosként** (időnként környezete egyik legnagyobb lélekszámú városaként), mégpedig **többfunkciós** (mezőgazdasági, kisipari, kereskedelmi, szolgáltató) **mezővárosként illeszkedett be a magyar településállományba**, s Tolna megye, valamint a határos területek települési szövetébe.

A szerves fejlődés és többfunkciós jelleg bázisán alakította Paks **kistérségi kapcsolatait** a szűkebb értelemben vett térség városaival. Dunaföldvár felé az együttműködés és verseny erős kölcsönhatása jelent meg, Szekszárd felé részben megyei igazgatási, szolgáltatási kapcsolat, részben adminisztratív függés révén kapcsolódott, Kalocsa felé pedig a táji munkamegosztás eltérése alapján viszonylag gyenge kapcsolatokat épített ki.

Paks **nagyterségi kapcsolatainak** alakulására történetileg Budapest viszonylagos közelsége és nagypiaci jellege nyomta rá a bélyegét. A fővárossal rendkívül szoros gazdasági, mezőgazdasági áruellátói kapcsolatokat alakított ki a város. A fővárossal ápolta szoros kapcsolatait miatt – mint ahogy az egész Duna-mente – Paks viszonylag korán modernizálódott nagyon sok szempontból.

A történetileg kialakult belső társadalmi, gazdasági, etnikai struktúrákat, majd részben annak változása következtében a területi szerkezetet is tragikus módon felszámolta a II. világháború. A város izraelita lakosságának elhurcolása nem csak a kereskedelem területén, hanem szinte minden rész-struktúrában jelentős törést okozott.

A történetileg kialakult térszerkezeti kapcsolatok működésében később Dunaújváros felépítése további „zavaró” hatást jelentett. A Budapest és Paks között létrejött szoros politikai, gazdasági kapcsolat révén Paks évtizedeken keresztül favorizált gazdasági-települési központtá vált, így részben magához vonzotta a szűkebb értelemben vett térség funkcionális kapcsolatainak jelentős részét.

Az **atomerőmű telepítésével** (melyben meghatározó szerepet játszott a Duna, mint hűtővízbázis, szállítási útvonal, valamint azon biztonságpolitikai szempont, hogy Paks a magyarországi észak-déli Duna szakaszt tekintve az ország közepén helyezkedik el) **Paks** rövid idő alatt népességszámát tekintve jelentősen megnövekedett, de egyben meghatározóan **egyfunkciós várossá alakult**.

#### *A települési környezet általános jellemzői*

A XIX. és XX. századok fordulójának tájékára Paks, a járási székhely, a nagyközség számottevő iparral, színvonalas kereskedelemmel rendelkezett. A hajókikötő és posta mellett a millennium évében – 1896-ban – felavatták a vasútállomást is. Ezt a fejlődést törte meg az első világháború, amely utáni lassú felemelkedést ismételt és drasztikusan megtörte a második világháború. A háború után a konzervipar az átlagosnál gyorsabban indult fejlődésnek, ez lendületet adott az élethez. Ezzel párhuzamosan jött létre a Ruhaiipari Szövetkezet őse, a Háziipari Szövetkezet, amely a környék mesterembereit a településre koncentrált. Az 1960-as években a konszolidálódó mezőgazdaság következtében viszonylagos jólét alakult ki a településen az erősen megcsappant lakosság és a nehéz életkörülmények ellenére.

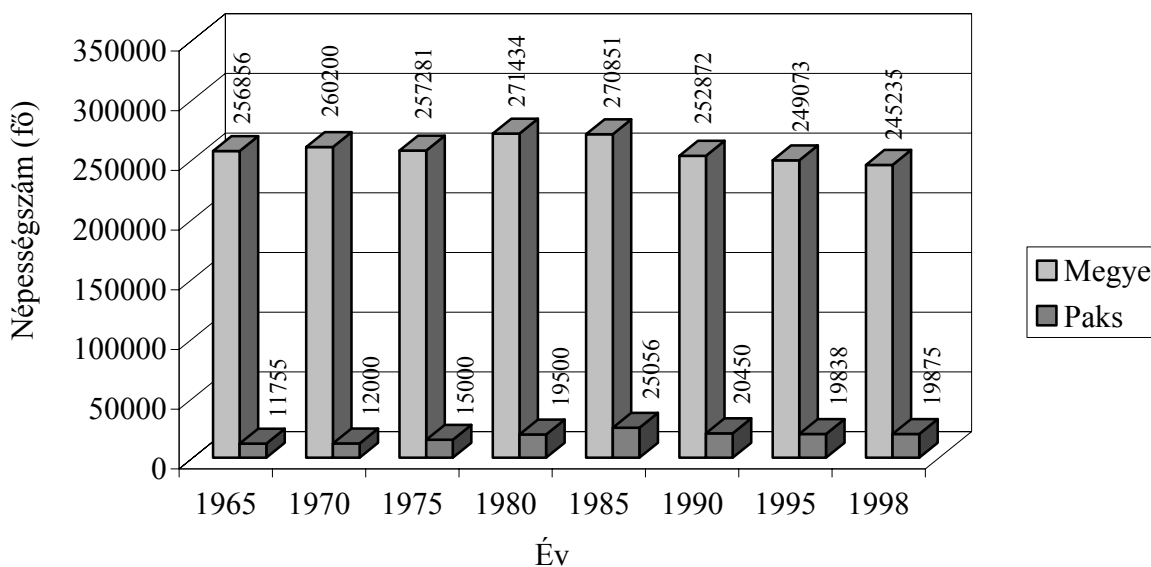
#### – **Demográfiai helyzet**

A település virágkorát az 1820-as – 1830-as évektől élte, a fejlődés csúcspontja a XX. század fordulójára tehető. A népességszám az I. világháborútól indul csökkenésnek, mely a település további gazdasági fejlődését is visszafogta. A második világháborúban teljesen elpusztult az a zsidó-polgárréteg, akik megalapozták a városka kereskedelmi életét. 1948 és 78 között mint az országban mindenütt, itt is leáldozott a helyi kezdeményezéseknek, szétverődött ezek intézményi és társadalmi háttere. Ez egyben azt is jelentette, hogy további népesség csökkenésnek, a korosztályi összetétel romlásának és így a gazdasági jellemzők további kedvezőtlen változásának lehetünk szemtanúi a településen. Ezt a lassú sorvadást állította meg a 70-es évek elejétől felgyorsult erőmű tervezési folyamat. 1974-től már fokozatosan növekedett a nagyközségben az erőmű kivitelezésén dolgozók száma. 1970-80 között lényegében csak a kivitelezők és beruházók települtek ide, a népességszám egyre növekedett az erőművi blokkok fokozatos üzembeállítása következtében. Az állandó lakosok száma 1980-ra elérte a századforduló lakosságának a szintjét. A város a 70-es 80-as években olyan lakóhelynek tűnt a nemzeti térben, amelyet a lakosok preferálnak. E

téren előnye a kilencvenes években már csökkent. 1965 és 1998 között Tolna megye és Paks lakosságának változását a 4.9. ábra mutatja.

A városban a korábbi gyors majd lassuló népességnövekedést a kilencvenes években a csökkentés váltotta fel, amelynek mértéke 1990 és 1998 között 2 %-os, elmaradt mind az országos, mind a megyei mind a kistérségi mutatóktól. A kistérség és a város relatív pozitív demográfiai jellemzői mögött a természetes népmozgalom és a vándorlás átlagosnál kedvezőbb alakulása áll. A lakosság korszerkezete nemcsak a természetes szaporodást befolyásolja, hanem a települések, térségek versenyében is pozitív tényezőként értékelhető a fiatalos korstruktúra.

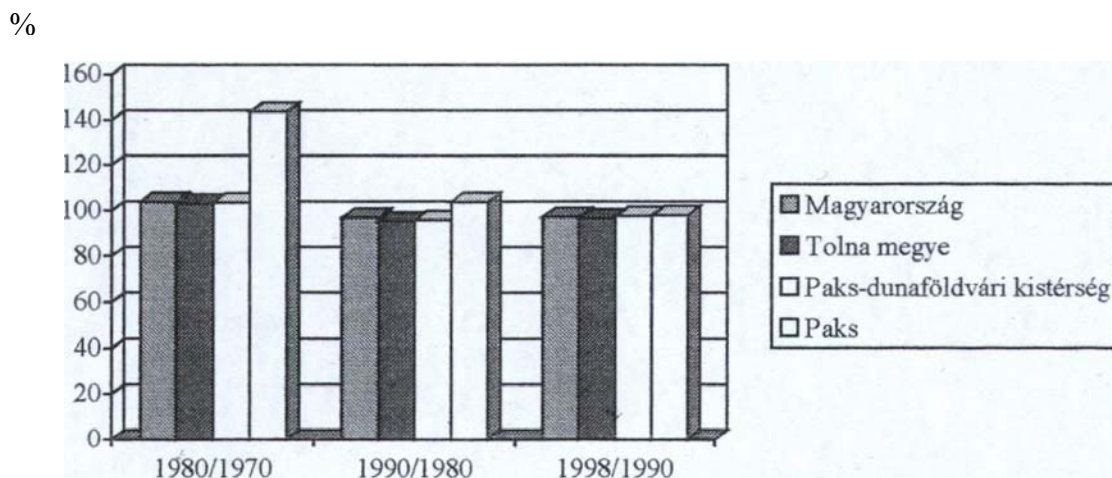
**4.9. ábra: Tolna megye és Paks népességszám változása (fő) 1965 és 1998 között**



Forrás: Tolna megye statisztikai évkönyve 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 1998, KSH, Bp.

A 4.10. ábra az 1970-től 1998-ig terjedő időszak lakosság változását arányaiban ábrázolja, összehasonlítva a megyei és országos és kistérségi hasonló tárgyú adatokkal [11].

**4.10. ábra: A népességszám változása 1970-1998 között (%)**



Forrás: Tolna megye statisztikai évkönyve 1970, 1980, 1990, 1998, KSH, Bp.

Az erőmű megépítésével új szakembergárdára volt szükség, amelynek kvalifikáltságával szemben igen magas követelményt támasztottak, s ezt az igényt, különösen a korai időszakban nemhogy a térség, de az ország sem teljesen tudta kielégíteni. Több száz egyetemi diplomásra volt szükség, akiket részben külföldről, részben az ország más területeiről hívtak ide. A magasan képzett szakemberek csoportja a városban más minőségként jelentkezett. A minőségi szakemberképzés igénye mentén hozták létre a Energetikai Szakközépiskolát.

#### – **Közlekedés**

A település több évszázados térségi terménygyűjtő, gabonakereskedő funkcióval kiegészülő **mezővárosi korszakában** a nagyteljesítményű vízi út meghatározó szerepet kapott. Paksot a Duna adta kiváló távolsági szállítási lehetőségek emelték ki (Dunaföldvár, Tolnával, Moháccsal stb. együtt) Kelet-Dunántúl agrár-települései sorából, gyorsították meg gazdasági szerkezetének diverzifikálódását (a helyi igényeket meghaladó változatos kisipar, szolgáltatások kibontakozását) és ezzel szoros összefüggésben urbanizációját.

A **vasútkorszakban** (a XIX. sz. második felében, a XX. sz. első felében) Paks közlekedési helyzete viszonylagos értelemben kedvezőtlenebb lett azáltal, hogy a vízi szállítás veszített jelentőségéből, miközben elkerülték a vasúti fővonalak, be kellett érje egy szárnyvonal vicinálissal, amely csupán lassú, kisteljesítményű és egyirányú közlekedést tett lehetővé, így nem válhatott igazi településfejlesztő tényezővé.

A **gépkocsi közlekedés** által uralt legújabb korszakban a **6. sz. főközlekedési útnak** az 1950-es évek elején (részben hadászati megfontolásból) történt **kiépítése** olyan **potenciális fejlesztő tényezőnek bizonyult**, amelynek volt ugyan bizonyos szerepe a város közelmúltbeli fejlődésében, azonban a fő fejlesztő erő az atomerőmű telepítése és üzemeltetése mellett már csak harmadlagos szerepet tulajdoníthatunk a főútnak. Mindent egybevéve, **Paks utóbbi fél évszázadbéli fejlődésében a közlekedés már nem bizonyult kiemelkedő jelentőségű tényezőnek.**

Az **autóbusz közlekedés** 1928-ban indult meg a Szekszárd-Paks-Dunaföldvár vonalon, majd az 1930-as évektől a MAV Rt., illetve a MAVAUT közlekedtetett járatokat. A második világháború után, 1947-ban egy fővárosi székhelyű magáncég üzemeltette a vonalon a járatokat, 1948-tól pedig az ugyancsak Budapesti székhelyű Tolna megyei Autóbusz Vállalat végezte szolgáltatásait.

#### – **Mérnöki infrastruktúrák**

A település mérnöki infrastruktúrákkal való ellátottságának változását az 5. fejezetben mutatjuk be. Az már itt jelezhető, hogy az atomerőmű létesítését megelőzően, az 1960-as évek közepén jelentős elmaradottság figyelhető meg a vízhálózatba kapcsolt lakások, a villamosenergia ellátás és a csatornázottság terén. A fejlődés a 1970-es évek elején indul el, mikoris a vízellátás és az energiaellátás szinte teljeskörűvé válik. A csatornahálózat fejlesztése csak a 1970-es évek végén indul el. A másik két mérnöki infrastruktúra elemmel ellentétben azonban a mai napig sem teljeseedik ki. Az ezredfordulóra is a lakások csak mintegy fele kapcsolódott rá a hálózatra.

#### – Zaj- és rezgésterhelés

A Paksi Atomerőmű mai területe beépítetlen, mezőgazdasági művelésű terület volt. (Létesítése mai szóhasználatnál zöldmezős beruházásnak tekinthető.) A telephelyen és környékén zajterhelésről az eredeti állapotban nem lehetett beszélni.

Az erőmű felépítése és működése megváltoztatta ezt a helyzetet, az érintett területen nőtt a zajterhelés. Zajszempontból közvetett hatásterületnek a szállítási útvonalak – a 6. sz. főközlekedési út, és az abból az erőműhöz vezető utak környezete –, valamint azok a települések tekinthetők, amelyekről az építkezéskor és a működéskor a dolgozók bejártak. Az atomerőmű megépítése következtében jelentősen megnőtt Paks lakossága, ennek zajhatását is – közvetlen hatásként – az erőmű szempontjából kell vizsgálni.

A 6. sz. főközlekedési úton már az erőmű építésének megkezdésekor is jelentős forgalom bonyolódott, ezt a megvalósítás szakaszában az anyagszállítás csak kisebb mértékben befolyásolta. A szállítási útszakaszok általában nem településeken belül voltak, így lakóterületeken ill. más zaj elleni védelmet igénylő létesítmények környezetében nem lehet a zajterhelés növekedéséről beszélni. Fokozottan igaz ez a működés időszakára, azaz az erőmű okozta forgalomművekedés elhanyagolható a 6-os út azóta bekövetkezett jelentős mértékű forgalomművekedése, és az ebből származó nagyobb zajkibocsátás mellett. A bekötőutak korábban nem léteztek, így az alapállapotban környezetükben zaj nem volt.

Paks megnövekedett lakossága a településen természetesen növelte a zajterhelést, ennek hatása azonban egyrészt nem számszerűsíthető, másrészt nem választható el a település természetes fejlődésének zajhatásától. Az alapállapotban – éppen ezen okok miatt – zajvizsgálatokat nem végeztek, így számszerű összehasonlításra és a változások megállapítására nincs lehetőség.

#### **4.3.6.2. Védett és védendő értékek (épített környezet, zöldterületek)**

Paks több műemléki, illetve műemlék jellegű épülete árulkodik arról, hogy 1820-30 körül a település számára a reformkor milyen prosperitást jelentett. A jelentős klasszicista iskolaépület, és több középület arról árulkodik, hogy a Dunával akkor még szerves egységben élő Paksot élénk kereskedelmi élet jellemezte, amely talán a századfordulón érte el csúcspontját, de a prosperitás egészen a második világháborúig tartott. Erről tanúskodnak még a városközpont egykori kereskedőinek a lakóházai, az egykori szálloda és számos vendéglő léte, pincesorok, a leírások a forgalmas révről, a kikötőben horgonyzó mintegy száz csónakról, az uszoda, stb. A település védett műemlékekeit, a település közigazgatási területén számon tartott régészeti értékeket és védett, vagy védelemre javasolt természeti értékeket a következő táblázatok tartalmazzák [12]. (Lásd: 4.22. – 4.25. táblázatok.)

#### **4.3.6.3. Általános településkörnyezeti minősítés**

Összefoglalóan megállapítható, hogy az erőmű létesítése előtti állapotban Paks élhetősége a hasonló nagyságú településekkel gyakorlatilag azonos. A műszaki infrastruktúra ellátottság jelentős hiányosságokat mutat. Ezzel szemben a földrajzi adottságok, a viszonylagos csendesség, a környezeti ártalmak alacsony volta vonzó lehetett az itt élők számára. Ugyanakkor a gazdasági stagnálás a demográfiai viszonyokban hátrányos folyamatokat indított el, ami további leépüléshez vezethetett volna. Az új létesítmény e települési környezetben alapvető változásokat idézett elő, melyeket az 5. és a 11. fejezetben mutatunk be részletesebben.

## 4.22. táblázat: Paks város műemlékei

Sor-szám	Megnevezés	Cím	Hrsz	Nyilvánt. szám
M.01	volt Erzsébet Szálló (ma Paksi Képtár)	Paks, Szent István tér	22	4181
M.02	volt Daróczi-kúria (ma Bezerédi Általános iskola épülete)	Paks, Anna utca 16.	1029	4170
M.03	Szent Vendel Kápolna	Paks, Dózsa Gy. u.	3332	4172
M.04	volt római Katolikus Fiúiskola (ma katolikus iskola)	Paks, Kossuth L. u. 2.	863	4173
M.05	volt Cseh – Vigyázó, később Mádi Kovács – kúria (ma Városi Múzeum)	Paks, Deák F. u. 2.	1017/1	4175
M.06	Deák - ház, volt Szeniczey - kúria (ma lakóház és orvosi rendelő)	Paks, Deák F. u. 4.	1021	4176
M.07	volt Korniss – kúria, később Polgári Fiú- iskola (ma Bezerédi Általános Iskola épülete)	Paks, Deák F. u. 6.	1029	4177
M.08	volt Novák – kúria (ma iskola)	Paks, Deák F. u. 11.	13	4180
M.08/A	műemlék telekkel összevonva	Paks, Deák F. u. 9.	15	
M.09	Római Katolikus Szent Rókus Kápolna	Paks, Rókus u.	1147	4185
M.10	Szentháromság szobor	Paks, Szentháromság tér	1028	4186
M.11	volt Szeniczey – ház, később Neumann kékkfestő háza (ma lakóház)	Paks, Szentháromság tér 5.	1741	4187
M.12	Kálvária temetőkápolna	Paks, Kálvária temető	1536	4191
M.13	Református templom	Paks, Templom tér	950/1	4186
M.14	Római Katolikus templom	Dunakömlőd	8267	4164
M.15	Római Katolikus kápolna	Paks, Újtemető	2292	4190
M.16	volt Kurcz-kúria (ma Tüdőbeteg Gondozó Intézet)	Paks, Deák F. u. 22.	1055	10146
M.17	volt Szegényház (ma önkormányzati bérlakások)	Paks, Anna u. 17.	1064/1	4171
M.18	volt lakóház (ma Egészségügyi Alközpont)	Paks, Deák F. u. 7.	16	4178
M.19	volt lakóház (ma Egészségügyi Alközpont)	Paks Deák F. u. 7/a.	16	4179
M.20	volt Katolikus Ifjúsági Kör és Legényegylet (ma Cipőüzem)	Paks, Kossuth L. u.	895	4189
M.21	Bazársor	Paks, Szent István tér 7.	980	4184
M.22	volt Zárda (ma Balogh Antal Katolikus Iskola épülete)	Paks, Templom tér 6.	964/1	4189
M.23	volt református iskola (ma étkezde)	Paks, Sas u. 5.	1011	

**4.23. táblázat: Paks közigazgatási területén található régészeti értékek elhelyezkedése**

Sor-szám	Megnevezés	Sor-szám	Megnevezés
1.	Bezerédi Általános Iskola	32.	Dunakömlőd-r.k. templom
2.	Dózsa Gy. u. (középkori település)	33.	Dunakömlőd (római őrtorony)
3.	Hegyhát u.	34.	Dunakömlőd-Szabadság u.
4.	Malomhegy (Rókus-Gárdonyi u.)	35.	Dunakömlőd-Szalmás dűlő
5.	Nagydorogi elágazás	36.	Dunakömlőd-Űrgehegy
6.	Pincevölgy (ismeretlen korú temető)	37.	Dunakömlőd-Űrgehegy DK
7.	R.k. plébánia (török temető)	38.	Faluhely
8.	R.k. templom	39.	Felsőbiritó (őskori telep. ism. korú temető)
9.	Sánchegy	40.	Felsőbiritó-pusztai épületek
10.	Szöllő utca	41.	Guga temető
11.	Topáz Étterem (Kossuth u.)	42.	Gyapa (őskori telep)
12.	Atomerőmű	43.	Gyapa-Kanacsi út keleti partja
13.	Atomerőmű-transzform.áll	44.	Gyapa-Templomdomb
14.	Csámpa-pataktól délre	45.	Gyapa-Új szarvasmarha telep
15.	Csámpa (római őrtorony)	46.	Gyapa-bronzkori telep
16.	Csámpa-Püspökomb	47.	Gyapa-római telep
17.	Csámpa-Rác temető	48.	Hegyespuszta (római település)
18.	Csámpa-Sáfrány tanya	49.	Irsósi rom
19.	Cseresznyés-akalacs, Bibichegy	50.	Öregforrási dűlő
20.	Cseresznyés-Fenyves	51.	Páskum-dűlő
21.	Dunakömlőd Ált. Isk.	52.	Téglagyár
22.	Dunakömlőd-Béke u. mellett	53.	Vizes-dűlő I. árpádkori telep
23.	Dunakömlőd-Bartók B. u.	54.	Vizes-dűlő II. Páli falu
24.	Dunakömlőd-Sánchegy-erőd	55.	Űrgehegy alja (forrás)
25.	Dunakömlőd-Sánchegy-vicus	56.	Vörös-malom völgy
26.	Dunakömlőd-Sánchegytől DNy-ra	57.	Vörös-malmi középső tó észak
27.	Dunakömlőd-dögműt	58.	Vörös-malmi középső tó DNy
28.	Dunakömlőd-fitrift	59.	Vörös-malmi árok mellett
29.	Dunakömlőd-imsósi erdészház	60.	Vörös-malmi árok felső folyás I.
30.	Dunakömlőd-imsósi erdő	61.	Vörös-malmi árok felső folyás II.
31.	Dunakömlőd-Juhász völgy		



**4.24. táblázat: Paks város helyi védett természeti értékei**

Sorszám	Cím	Hrsz
<b>Egyedi értékek</b>		
H-TV.1.	Duna-parti gesztenyefasor 1820 m <sup>2</sup>	08 hrsz-ból
	520 m <sup>2</sup>	09 hrsz-ból
H-TV.2.	Anna utcai általános iskola udvarán lévő tiszafa	
H-TV.3.	Római katolikus templomtól délre lévő fásított köztér örökzöldjei	
H-TV.4.	2072 hrsz.-ú (Kalap u. 6.) ingatlan előkertjében lévő örökzöld	
H-TV.5.	Vörösmarty utcai gesztenyefák	
H-TV.6.	Fehéreperfa ( <i>Morus Alba</i> ) Paks, Szent István tér	1017/1
<b>Védett területek</b>		
H-TV.7.	Prelátushoz tartozó szőlőterület Paks, Rókus u.	1117
H-TV.8.	Városi Múzeum kertje	
H-TV.9.	Deák Ferenc utcai általános iskola előkertje	
H-TV.10.	A római katolikus templom kertje	

**4.25. táblázat: Paks város helyi védelemre javasolt természeti értékek**

Sorszám	Cím	Hrsz
H-TV.1.	Paks, Laktanya utca gesztenyefasor	2327/2
H-TV.2.	Dunakömlőd gesztenyefasor	8267
	Cseresznyés láprétek és a Csámpa patak mentén a vízkedvelő növények élőhelye	
	Vörösmalmi-völgy (értékes flórája miatt)	
	Paksi löszfal (geológiai érték, a teljes pleisztocén kori rétegsort megőrizte, a téglagyári bányaudvarban különösen jól tanulmányozható)	
	Imsósi erdő a 6-os út és a Duna medre között (értékes őshonos fafajai révén)	

**4.3.7. Az erőmű környezetében élő lakosság környezet-egészségügyi jellemzői**

A lakosság általános bemutatása (lakosság, összetételi jellemzők, stb.) a településkörnyezeti fejezetben olvasható. A környezetegészségügyi jellemzők feltárására célzott vizsgálatokat folytattunk le. Első lépésben e vizsgálatokat Tolna megyei mintaterületen kifejezetten annak feltárására indították, hogy az ionizáló sugárzással elvben kapcsolatos biológiai hatások, azaz a daganatos halálesetek előfordulási gyakorisága a hatásterületen élő népesség körében milyen, illetve, hogy az atomerőmű beüzemelése után felismerhetők voltak-e változások. A munkát úgy végezték el, hogy az összegyűjtött adatok, valamint a kapott eredmények a későbbiekben bázisadatként is szolgálhassanak a jövőbeli változások értékeléséhez. Második lépésben a vizsgálatokat kiterjesztették a Duna másik oldalán elhelyezkedő potenciális hatásterület részre is.

Ez a vizsgálat szorosan az erőmű hatásainak feltárására koncentrál, ezért a vizsgálat eredményeit az 5. fejezetben foglaltuk össze. (Az atomerőmű beüzemelése előtti állapot leválasztásának és önálló bemutatásának ebben az esetben nincs értelme.)

### 4.3.8. Táj

#### 4.3.8.1. A vizsgálat célja és területi kiterjedése

A „természet védelméről” szóló 1996. évi LIII. sz. törvényben rögzített meghatározás szerint a **táj** a földfelszín térben lehatárolható, jellegzetes felépítésű és sajátosságú része, a rá jellemző természeti értékekkel és természeti rendszerekkel, valamint az emberi kultúra jellegzetességeivel együtt, ahol kölcsönhatásban találhatók a természeti erők és a mesterséges (ember által létrehozott) környezeti elemek. A táj hasznosítása, a természeti értékek felhasználása során – a törvény szerint – meg kell őrizni a tájak természetes és természetközeli állapotát, gondoskodni kell a tájak esztétikai adottságait és a jellegét meghatározó természeti értékek, természeti rendszerek és az egyedi tájértékek fennmaradásáról.

A természetvédelmi törvény értelmében tehát a táj védelme egyrészt a tájhasznosítás, tájszerkezet harmóniájának a megóvását, másrészt a vizuális-esztétikai (tájképi) értékek megőrzését jelenti. A tájvizsgálat ezért az atomerőmű környezetének területhasználatait, tájszerkezetét, tájképi jellemzőit és tájpotenciálját kell, hogy bemutassa.

A táji hatások értékelésekor vizsgálandó területnek a környezeti elemek és rendszerek hatásterületei közül a táji szempontból is megjelenő kedvezőtlen hatások eredő területét kell tekintenünk. Az elemenkénti hatásterületek összességén túl azonban mindig figyelembe kell venni a tájhasználati és a vizuális-esztétikai változások megjelenési területeit is. Tájhasználati változással jelen esetben a telephelyen, annak védőterületein (valamilyen területhasználati korlátozással érintett területek), valamint Paks város belterületének kiterjedése miatt a település környékén is számolnunk kell.

Vizuális értelemben hatásterületnek azok a tájrészletek tekinthetők, ahonnan a létesítmények látszanak. És itt nemcsak a szigorúan vett erőművi épületekre, hanem a kapcsolódó létesítményekre, pl. távvezeték hálózat is gondolnunk kell. Az esztétikai hatásterület a tájszerkezeti-morfológiai adottságok következtében a különböző irányokban természetesen eltérő lesz, de az atomerőmű magas létesítményei, pl. kémények akár több 10 km-ről is észrevehetőek. Ez azt jelenti, hogy ebből a szempontból érdemes a – már korábban értelmezett, és biztonsági szempontból lehatárolt – 20-30 km-es, legtágabban értelmezett hatásterületet alapul venni. (Nem jelenti ez azt, hogy ez a teljes terület valós hatásterületté is válik esztétikai szempontból, hiszen pl. a 6.-os útról a véderdő részben kitakarja a létesítményt.)

#### 4.3.8.2. Területhasznosítás, tájszerkezet

A területszerkezet, tájpotenciál vizsgálatát korábban készült űr- és légifotók segítették. Ezek alapján tártuk fel a területhasználat jellemzőit és ennek időbeni változását. Az atomerőművet környező tájat értékeltük a táj típusa, sokoldalúsága, eredetisége, egészségessége szempontjából is, valamint a biológiai aktivitás és az antropogén befolyásoltság változása alapján az atomerőmű előtti állapotban, majd az 5. fejezetben a létesítmény megépülte utáni állapotban.

Az atomerőmű mintegy 15-20 km-es körzetére értelmezett, különböző időszakokban készített űrfelvételek összehasonlításán alapuló területszerkezet vizsgálatnál – ugyanúgy mint pl. a környezetegészségügyi munkarésznel – elsődlegesen a változáskövetésre koncentráltunk. Így

ennek bemutatását is az 5. fejezetben végezzük el. (Ott ismertetjük a vizsgált terület pontos lehatárolását, bemutatjuk az elemzett felvételeket és a vizsgálat módszerét is.)

A területhasználat, tájszerkezet legfontosabb jellemzői az erőmű létesítése előtti állapotban a következőkben foglalhatók röviden össze:

- Mind a tájhasználatban, tájszerkezetben, mind a tájképben meghatározó a Duna melletti, közel síkvidéki elhelyezkedés és a mezőgazdasági, azon belül is a **nagytablás művelés**. Így Paks település környékét a '70-es években a természettájak közé sorolhatjuk. A település maga is illeszkedik ehhez a tájtípushoz, a csendes, stagnáló nagyközségben még az ipari tevékenységben is az élelmiszerfeldolgozás (konzervgyár) a meghatározó.
- Jelentős kiterjedésű területhasználati forma még a **lombhullató erdő** (10 % felett), valamint a **legelő** és a **természetes gyepek** (6 % felett) is. Az erdőfoltok egyrészt a Duna mellett húzódnak, másrészt mozaikosan gyepekkel keverve a dombhátakon jelennek meg.
- Az előzőekhez hasonlóan viszonylag kiterjedt a **folyók, csatornák** területe (6 % körül), valamint a **családiházas 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 meghatározó. Ugyanakkor elmondható, hogy ezekből a kisebb foltokból viszonylag sok van tehát a terület tagoltnak, változatosnak tekinthető.

#### 4.3.8.3. A legfontosabb táji jellemzők

A táji jellemzők közül a legfontosabbnak adott térség természetföldrajzi adottságait tekinthetjük, hiszen ezek a tájpotenciált meghatározzák. A természetföldrajzi adottságokat a 4.1. alfejezetben már részletesen bemutattuk, itt csak rövid összefoglaló elemzést adunk. A vizsgált térségről elmondható, hogy:

- mind a tágabb térség, mind az atomerőmű szűkebb környezete a folyóvizek által kialakított, tagolt, jellemzően különböző ártéri szintű síkság;
- a pannon alapkőzetre általában homokos, kavicsos üledékek települtek. A talajszintben is sok helyen meghatározók a réti jellegű talajok, melyek termékenysége általában közepes, vagy annál rosszabb;
- a terület mérsékelt meleg és száraz, igen jellemzők itt a meteorológiai szélsőségek. A terület csapadékszegény, felszíni vizekben azonban mégis gazdag;
- potenciális növényvilágában a különböző tölgyesek (gyertyános, gyöngyvirágos tölgyesek, keményfa ligeterdők) a jellemzőek.

A táji-tájképi adottságok jellemzésénél a sokoldalúságot, az eredetiséget és az egészségességet szoktuk vizsgálni. Ezen tényezőket elsősorban a szegélyek és a növényállományok léte vagy hiánya, mennyisége és milyensége (minősége) határozza meg. E tényezők szerint az atomerőmű létesítése előtt a vizsgált térség visszamenőleg becsülhető táji jellemzői a következők:

- Paks település környéke a **tájtípus besorolás szerint természettáj**, a település maga mezőváros jellegű.

- A településkörnyezetről szóló fejezetben már leírtuk, hogy a vizsgált térség földrajzi adottságait tekintve inkább az Alföld sajátosságait mutatja, **sokoldalúság** szempontjából azonban területszerkezete már az atomerőmű létesítése előtt is változatosabbnak, tagoltabbnak és színesebbnek tekinthető, mint az átlagos alföldi táj. Ennek egyik fő oka a vízfelület és az erdő, azaz a Duna és partmenti növényzetének megjelenése. Ezek a táji élmény legmeghatározóbb elemei. Ezek mellett hangsúlyos elem a parton húzódó település maga, a Duna partján húzódó főút, illetve a települést nyugatról határoló dombok. A vizsgált Paks környéki táj fő **szegélyeit** is az előbb felsorolt, főként észak-déli irányultságú ún. látvány szegélyek határozzák meg. (A látványban is karakteresen megjelenő szegélyek túlsúlya adja a terület változatoságát.) A telephely és környékének megjelenése a telepítés előtt természetesen a jelenleginél kevésbé volt sokoldalúnak tekinthető, elsősorban a nagyzemmi mezőgazdaság jellemezte.
- A fentieket figyelembe véve elmondható, hogy a terület már az erőmű telepítése előtt is jelentős antropogén befolyásoltság alatt állt. A tájkép, tájszerkezet **eredetiségét** szinte egyedül a Dunapart képviseli (bár az emberi átalakító tevékenység, pl. partalakítás, folyószabályozás itt is nyomkövethető). E mellett természetközeli területnek tekinthető a nyugati, elsősorban szőlővel, gyümölcsfel beültetett dombvonulat.
- A térség táji szempontú **egészségessége** csak igen közelítőleg becsülhető ennyi év távlatában. Valószínűsíthető, hogy a már ekkor is jelenlévő nagyfokú emberi zavarás miatt a növény- és állatvilág már az erőmű létesítése előtt is degradált volt. Nagyrészt már ekkor is hiányoztak a természetes növényzettel fedett, nagyobb részben teljes évben borított felületek. Ezt az élővilággal foglalkozó fejezet is jelezte, mikoris a potenciális társulások visszaszorulásáról, erdőirtásról beszélt. Valószínű azonban, hogy beteg növényállománnyal, erózióval, devasztált-rontott felületekkel a vizsgált területen nem vagy alig találkoztunk volna ebben az időszakban. (Ezek később az ipari funkció hatására kiterjedtek a vizsgált területen. Lásd pl. a távvezetékek alatti gyepek, vagy a véderdőben található nagyfokú gyomosodás.)
- A vizsgált Paks közeli térség **biológiai aktivitása** szintén valamivel mindenképpen nagyobb volt az erőmű létesítése előtti állapotban, hiszen a létesítményt zöldmezős beruházással, korábban biológiailag részben aktív, a vegetációs időszakban növényzettel borított mezőgazdasági területen alakították ki. Ugyanakkor az **antropogén befolyásoltság** alacsonyabb volt, hiszen a létesítmény nemcsak a telephelyen hanem a környezetében is jelentős tájalakító tevékenységgel járt együtt. (Lásd pl. hideg- és melegvizes csatornák, távvezetékek, véderdő, stb.)

#### 4.3.8.4. Az atomenergia előállítását befolyásoló tájhasználatok

Az atomerőmű környezetében található olyan területhasználatok, melyek hat(hat)nak, esetlegesen veszélyeztethetik az erőmű normál működését. Lásd itt veszélyes létesítmények és tevékenységek (ipari tevékenységek, közlekedés-szállítás, katonai tevékenység). Ezek közül a legfontosabbak a következők:

- **Veszélyes ipari tevékenységek:** A Paksi Atomerőmű telephelyének közvetlen környezetében jelentősebb ipari létesítmény nem található. Nincs petrokémiai üzem, finomító, nincs bánya, nincs országos gáz- vagy olajvezeték, nincs földalatti gáztermelés. A környező nagyobb településeken (pl. Kalocsa, Paks, Szekszárd, Tolna) azonban található olyan ipari tevékenységek, melyek során veszélyes anyagok tárolása ill. feldolgozása folyik. Természetesen a telephelyen belül vannak

olyan résztvevők, melyek potenciális veszélyt rejtenek. Lásd pl. nitrogén- és hidrogénüzem, vegyszerlefejtő, vízelőkészítő, vegyszer- és gázpalack tároló.

- **Közlekedés, szállítás:** Elvben mind a szárazföldi (vasúti és közúti), mind vízi, mind a légi közlekedés rejthet veszélyeket az atomerőműre nézve.

Az erőmű megközelíthetősége **vasúton**, **közúton** és a Dunán, mint nemzetközi **vízi úton** egyaránt jó. Ezen közlekedési módok esetén elsősorban a veszélyes áruk szállításából esetleg bekövetkező balesetek hatásai szerepelhetnek a veszélyeztető tényezők között. Egy korábbi vizsgálat során a közúti forgalmi és baleseti adatok elemzésével megállapították, hogy az erőmű közelében a veszélyes áruk aránya a szállított áruk összes mennyiségéhez viszonyítva 1 %, és anyagkiömlést is előidéző baleset a súlyos balesetek legfeljebb 10 %-ában fordulhat elő. A számítások szerint veszélyes anyag kiszabadulásával járó közúti baleset valószínűsége a kiömlött anyag térfogatára vonatkoztatva  $2.9 \times 10^{-4}$  1/a.

A 6. sz. főútvonalon az ország legnagyobb olajfinomítójának közelsége (MOL Dunai Finomító, Százhalombatta) és a szállítási irányok miatt a veszélyes árut elsősorban a kőolaj és a kőolajipari termékek képviselik. Ezenél adott esetben nagyobb veszélyt jelenthetnek a sokkal ritkábban szállított mérgező anyagok (foszgén, hidrogén-fluorid, klórgáz, sósavgáz, kén-dioxid, ammónia, szén-szulfid), amelyekből balesetnél képződő gázfelhő az erőművi telephely távolságában is mérgező lehet. Főként a foszgén, hidrogén-fluorid és klór esetében kell kiemelt veszéllyel számolni. A robbanóanyagok közül az etilént tartalmazó gázfelhő a legveszélyesebb, mert egy tartálykocsi mennyiségű etilén kiáramlásakor az esetleg bekövetkező robbanás lökeshulláma a számítások szerint még 2400 m távolságban is okozhat ablaktörést és 368 m-re részleges épületrongálást. A közúti balesetek esetleges tűzhatásából származó hőeffektusok távolsága nem éri el a PA Rt. telephelyének területét.

A Duna a hazai és nemzetközi vízi szállítás útvonala. A belföldi és az export-import szállításán kívül jelentős a tranzitforgalom. Ehhez a forgalomsűrűséghez képest az erőművi forgalom nem számottevő. Paks térségében a Duna szakasz könnyen hajózható, lassú folyású. A hajóút kitézése jó. Egyedül az országos átlagnál nagyobb számú ködös nap nehezíti a zavartalan hajóforgalmat. A vízi szállításnál bekövetkező balesetek hatását elsősorban az erőmű vízkivételi rendszerének meghibásodása szempontjából vizsgálták. Megállapították, hogy még jelentős hajósérüléssel járó balesetknél sem került rakomány a vízbe. A becslések szerint a vízi balesetek szempontjából biztonság-növelő intézkedést igénylő korlát számértéke  $10^{-4}$  1/a. A hajózási balesetekből eredő erőművi meghibásodási események kockázata ezek szerint minimális.

A polgári repülés légifolyosói ugyan megközelítik a telephelyet, de a telephely maga repülési tilalmi övezetként szerepel a megfelelő távolsági és magassági védőtávolságokkal. Másrészt a polgári légiközlekedésből adódó veszélyeztetettség elhanyagolható a lezuhanási gyakoriság alapján is ( $10^{-5}$ - $10^{-6}$  lezuhanás/év/km<sup>2</sup>), ahol a nagyobb gyakoriság a le- és felszállási manőverek által meghatározott. Katonai repülőterek a – a távolsági elven történő szűrés határán túl – távol vannak, ezért a fel- és leszálló repülőgép nagyobb gyakoriságú lezuhanásával nem kell számolni. (A

légiforgalomból becsülhető veszélyeztetés az erőmű létesítése óta csökkent, hiszen a környezetben több repülőtér megszűnt.)

Az erőmű közvetlen ill. tágabb környezetében katonai és közforgalmi reptér illetve fel- és leszállási védőzóna nem található. Sport- és egyéb polgári célú működő repülőtér az erőmű tágabb környezetében Dunaujvárosban (ARP koordináta: N = 46°53,72', E = 18°55,17') és Ócsényben (ARP koordináta: N = 46°18'42,8'', E = 018°45'47,8'') található.

- **Katonai tevékenység:** Katonai tevékenységgel az erőmű létesítésekor még a vizsgált környezetben több helyütt számolni kellett. Lásd pl. Kalocsai, Madocsai katonai repülőtér, melyeket azóta bezártak, így veszélyeztető hatásuk is jelentősen csökkent.

**IRODALOMJEGYZÉK**

- [1] Magyarország kistájainak katasztere (Szerk. Marosi S. – Somogyi S., 1990.)
- [2] Environmental Radioactivity in Hungary, Bulletin No. 1., Ed. by J. Kovács and T. Predmerszky, Budapest, 1975
- [3] Environmental Radioactivity in Hungary, Bulletin No. 2., Ed. by J. Kovács and T. Predmerszky, Budapest, 1979
- [4] Az atomerőművek létesítésével kapcsolatos környezetvédelmi vizsgálatok:
- I. A környezeti sugárzás és radioaktivitás jelenlegi szintje az épülő Paksi Atomerőmű környezetében (Státus-riport), NIMDOK, Budapest, 1980
  - II. A radioaktív anyagok légköri terjedése, a környezeti aktivitáskoncentrációk megállapítására és az ebből eredő dózisterhelés becslésére alkalmas számítási modellek összefoglalása és értékelése, NIMDOK, Budapest, 1980
  - III. Tipikus szárazföldi tápláléklánc vizsgálata  $^{131}\text{I}$  és  $^{137}\text{Cs}$  radioizotópokra, NIMDOK, Budapest, 1980
  - IV. A környezeti sugárzás és radioaktivitás alapszintje az épülő Paksi Atomerőmű környezetében (1981-1982), PRODINFORM, Budapest, 1985
- [5] Paksi Atomerőmű Környezetellenőrzés – Nullszint felmérés, MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest, 1979
- [6] Németh I., Zombori P., Koblinger L., András A., Germán E., Kemenes L.: A környezeti dózisteljesítmény üzemeltetés előtti helyzetének vizsgálata a Paksi Atomerőmű környezetében, Budapest, KFKI 1982-93
- [7] International studies on the radioecology of the Danube river, IAEA-TECDOC-219; IAEA-TECDOC-229 (1976-1979); IAEA-TECDOC-311 (1980-1982)
- [8] Meteorológiai információk a Paksi Atomerőmű tervezéséhez és üzemeltetéséhez (tanulmány), OMSZ, Budapest, 1980. január
- [9] Környezetvédelmi kutatások a Paksi Atomerőmű körzetében; Élelmiszerek radioaktivitásának vizsgálata – Szárazföldi tápláléklánc vizsgálata 1., 2., 36-3. 13-6 354/K MFO 80 (Kutatási jelentés), MÉM ÉVK, Budapest, 1980
- [10] Tóth A.: A lakosság természetes sugárterhelése (A sugárvédelem újabb eredményei), Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983
- [11] Tolna megye Statisztikai évkönyvei (1965., 1970., 1975., 1980., 1985., 1990., 1995., 1998. KSH Bp.)
- [12] Paks Város Települési Rendezési Terve, Egyeztetési terv, Pécs, 2003. aug., AEDIS Kft.
- [13] 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)

- [14] A Paksi Atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbítására vonatkozó Részletes Környezeti Hatástanulmányt (RKHT) előkészítő földtani, szeizmotektonikai és geotechnikai értékelés (Kutatási jelentés), II. kötet, A tíz éve folyó mikroszeizmikus monitorozás eredményeinek szeizmológiai értékelése és a neotektonikai modell megújítása, GeoRisk Kft., 2005.
- [15] A Paksi Atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbítására vonatkozó Részletes Környezeti Hatástanulmányt (RKHT) előkészítő földtani, szeizmotektonikai és geotechnikai értékelés (Kutatási jelentés), III. kötet, A telephely mérnökgeológiai adatainak összefoglalása, geotechnikai értékelés, GeoRisk Kft., 2005.
- [16] A Paksi Atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbítására vonatkozó Részletes Környezeti Hatástanulmányt (RKHT) előkészítő földtani, szeizmotektonikai és geotechnikai értékelés (Kutatási jelentés), I. kötet, 3D földtani-hidrogeológiai modell készítése a Paksi Atomerőmű környezetére, Geomega Kft., 2005.
- [17] Jelentés a Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési programjának keretében a tágabb környezetre vonatkozó hidrogeológiai modell elkészítéséről, ETV-ERŐTERV Rt., 2005.
- [18] Jelentés a Paksi Atomerőmű telephely-jellemzési programjának keretében elvégzett dunai vízgazdálkodási tevékenység jellemzéséről. Vízbázisvédelem modellezés, elérési idők meghatározása, ETV-ERŐTERV Rt., 2005.
- [19] A hőszennyezés I. – Irodalmi szemle Tsz.: 791/4/1969. (VITUKI, Budapest)
- [20] „Biológiai vizsgálatok a Duna Paksi Atomerőművi szelvényében – Zárójelentés” (VITUKI, Budapest, 1974)