

Duna meder és partfal állapota, VITUKI jelentések 2002-2005.

Az adatgyűjtési feladatot végrehajtásához rendelkezésünkre áll a VITUKI 2001-2005 között végzett a Paksi Atomerőmű élettartam és teljesítmény növeléséhez kapcsolódó vizsgálatok jelentései. A vizsgálatok a vízsebesség, a víz hőmérséklet mérésére, és a lebegtetett hordalék és mederanyag minták vételére és feldolgozására terjedtek ki. A vizsgálatok alapvető célja egy általános állapotfelmérés és kiemelten a Dunába vezetett melegvízcsóva elkeveredési folyamatának tisztázása, a csóva dunai térségében a sebességtér, hőmérsékleti mező és a kapcsolódó hidraulikai paraméterek - vízszint, dunai és csóva vízhozam, esés, mederanyag, lebegtetett hordalék - feltárása, és ennek eredményeként adatok szolgáltatása a témában készített 2D hidrodinamika és transzport modell kalibrálásához.

A vizsgálatok csak a hőcsóva elkeveredési folyamata szempontjából mértékadónak tekintett kis- és középvízi tartományban folytak. 2001-2005 között, VITUKI által végzett sebességmérések jellemző hidrológiai és mérési adatai:

időpont	H _{Paksi}	Q _{Domb}	Q _{mért}	függvények száma a szelvényben								irány- mérés
	mBf	m ³ /s	m ³ /s	1527	1525.8	1525.5	1525	1524	1516	1506.8	1499	
2001.07.03-06	88.47	2813	2752	13	6	6	6	6	3	3	3	nem
2001.11.06-09	85.81	1303	1254	13	6	6	6	6	3	3	3	nem
2002.06.25-27	87.55	2180	2171	13	7	7	6	6	3	3	3	nem
2003.03.03-06	86.60	1650	1611	13	13	6	6	6	3	3	3	igen
2004.09.14-16	85.48	1139	1161	13	12	16	12	13	3	3	3	igen

Ahol a teljes mederszelvényben volt sebességmérés (13 függvény) meghatározták a vízhozamot, a 6-7 függvényben végzett mérések a hőcsóva határáig terjedtek ki.

A sebesség mérését OTT gyártású Delphin típusú sebességmérővel végezték. A sebességmérő a víz sebességét szokványos módon forgószárnyal méri és a forgószárny fordulatonként egy impulzust szolgáltat. A műszer az áramlási sebesség mérése mellett meghatározza az áramlási sebességvektor északhoz mért irányát, a sebességmérő tengelyvonalaiban mérhető abszolút nyomást, a csőrlőn elhelyezett mérőkerék és számláló segítségével a fenékmélységet, és egy Pt100 ellenállás-hőmérő alkalmazásával a víz hőmérsékletét. Az iránymérő, a nyomásmérő (mélységmérő) és a hőmérsékletmérő a sebességmérő szárában van elhelyezve, és mikroprocesszoros jelátalakító egységen keresztül kapcsolódik a vezérlő egységhez. A mérőjelek feldolgozását a vezérlő egységhez csatlakozó laptop számítógép végzi, amely megadja a sebességmérő mágneses északhoz mért irányeltérését, kiszámítja az atmoszferikus nyomásból és az adott helyen mért víznyomásból a sebességmérő felszíntől mért távolságát és a forgószárny kalibrálási egyenlete segítségével meghatározott áramlási sebességet és annak x, y irányú komponenseit.

A mérések feldolgozása során jelentésben megadják a függvényekben mért vízsebesség és víz hőmérséklet szelvénybeni eloszlását grafikus és táblázatos formában. A sebességábrák felső része a vízszintes tengelyen függvények balparttól mért távolságát függőleges tengelyen a függvény középsebességeket ábrázolja. Az ábra alsó része a vízmélységet mutatja a függélypontokban mért sebesség nagyságával, és a medervonulattal.

A mérési szelvényekben a vízhozamot a függély-részhozamok összegeként számolták:

$$Q = \sum v_{köz i} \cos \alpha_{átl i} F_i$$

ahol, Q - a szelvényben meghatározott vízhozam
 $v_{köz i}$ - a i-dik függélyben számított középsebesség (pontbeli sebességek integrál-átlaga)
 $\alpha_{átl i}$ - a i-dik függélyben számított, szelvényre merőleges iránytól való szögeltérés átlaga
 F_i - az i-dik függélyhez tartozó kétoldali részfelület

$$F_i = \frac{(b_i - b_{i-1})(3h_i + h_{i-1})}{8} + \frac{(b_{i+1} - b_i)(3h_i + h_{i+1})}{8}$$

ahol, b_i - az i-dik függély balparttól mért távolsága
 h_i - az i-dik függélyben mért vízmélység

A szelvények helyét az összehasonlíthatóság érdekében a korábbiakban, 1998-2001 években végzett mérések mérőszelvényeiben jelölték ki, és a helyszínrajzi térképek alapján azonosították. A függélyek távolságának meghatározása, a mérési szelvény és a függély kitűzése Geodimeter típusú lézeres távmérővel történt.

A sebességméréssel egyidőben a 0.5 m-es mélységben mérték a víz hőmérsékletét. A vízhőmérséklet mérése a Delphin hőmérőjével történt, oly módon, hogy a mért hőmérsékletet a felszínen egy tizedes beosztású laboratóriumi higanyos hőmérővel ellenőrizték.

A lebegtetett hordalék mintavétele a sebességmérő úszótestére felszerelt szivattyús mintavevővel történt. A minták számozása fentről lefelé növekszik. A függélyben a mintavételi pontok megegyeztek a sebességmérési pontokkal, a pontokban vett 1 literes minták egyesített gyűjtőtartályba kerültek. A fenékmintát a harang alakú mintavevő edény fenéken történő húzásával gyűjtötték. A laboratóriumi feldolgozás a minták szárazanyag-tartalmának, azaz a lebegtetett hordalék töménységének (koncentrációjának), valamint mindkét minta-sorozat szemösszetételének meghatározására irányult. A lebegtetett hordalék és mederanyag eloszlását szemeloszlási diagramon szemléltetve ismertetik.

2001-2002 évi mérések

2001.-ben az első sebesség és hőmérsékleteloszlás mérésre és a minták vételezésére 2001. július 3.-7 között került sor jellemzően középvízinek tekintett hidraulikai állapotban. A második mérési sorozatot 2001. november 6-9. között végeztük kisvízi hidraulikai állapotban. A középvízi mérés ideje alatt a Dunát, az 1999 évi méréshez hasonlóan kisebb árhullám utáni lassú apadás jellemezte, nem haladta meg a 0,5 m szintkülönbséget. 2002. évben egy középvízi mérésre került enyhén apadó vízszintek mellett. Mindhárom mérésnél a sebességméréssel egyidőben lebegtetett hordalékmérésre, valamint az így kitűzött függélyekben mederminta vételére került sor.

A csóva mentén mérési szelvényekben a mérési függélyek helyét a melegvíz-csóva helyzete döntötte el. A melegvíz csóva bevezetését erőteljes makroturbulens jelenségek kísérik, ezért a csóva határa időben és térben egy meghatározott vonallal nem jelölhető ki. A csóvahatár a becsatlakozás környezetében a felszíni jelenségek alapján jól követhető, de a határon a mérések csak az adott időpontban véletlenszerűen kialakult állapotot rögzítik.

Paksi és Dombori pusztai vízmércéken leolvasott vízszinteket, a Dombori pusztai vízmérce $Q=f(H)$ görbe alapján meghatározott vízhozamot az alábbi táblázatokban ismertetjük:

Középvízi mérés					
időpont	Paks		Dombori-pusztá		
	h	H	h	H	Q
	[cm]	[mBf]	[cm]	[mBf]	[m ³ /sec]
2001.07.03	309	88,47	339	86,91	2866
2001.07.04	290	88,28	323	86,75	2768
2001.07.05	285	88,23	310	86,62	2690
2001.07.06	268	88,06	297	86,49	2612

Kisvízi mérés					
időpont	Paks		Dombori-pusztá		
	h	H	h	H	Q
	[cm]	[mBf]	[cm]	[mBf]	[m ³ /s]
2001.11.06.	43	85,81	39	83,96	1303
2001.11.07.	43	85,81	37	83,94	1287
2001.11.08.	46	85,84	38	83,95	1289
2001.11.09.	43	85,81	37	83,94	1282

Középvízi mérés					
időpont	Paks		Dombori-pusztá		
	h	H	h	H	Q
	[cm]	[mBf]	[cm]	[mBf]	[m ³ /sec]
2002.06.25	217	87,55	232	85,84	2180
2002.06.26	211	87,49	229	85,81	2170
2002.06.27	193	87,31	212	85,64	2070

A sebességmérés eredményeit értékelve megállapítható, hogy az 1527+000 fkm szelvényben a sebesség nagysága és eloszlása a két állapotnál közel azonos és csak a vízmélység növekedése okozza a több mint kétszeres vízhozam különbséget. Az 1525+800 fkm szelvényben a melegvíz csatorna betorkolása alatti első sarkantyú illetve az ide betorkoló melegvíz együttesen kisvíznél markáns sebességnövekedést okoz. Középvíznél a sarkantyú kis geometriai mérete miatt a sebességeloszlásban nincs jelentős változás. A sebesség csúcscímértéke tovább növekszik a második sarkantyúnál az 1525+500 fkm szelvényben mindkét állapotnál és mintegy 20-25 %-kal haladja meg az 1527+000 fkm szelvény sebességmaximumát. Az 1525+500 fkm szelvényben lévő sarkantyú a nagy sebesség csúcs, iránytörés és turbulencia jelentős medermélyüléssel jár együtt. Az sarkantyú alatti szelvényekben a főáramba bevezetett melegvízcsóva áramlásra gyakorolt hatása nem mutatható ki.

Megállapítások

A három áramlásmérés, lebegtetett hordalék és mederanyag mintavétel-sorozat a Duna Paks és a Sió-torkolat közötti szakaszán az 1300 és 2800 m³/s vízhozam tartományban történt, a mérések vízhozam tartománya eléggé kicsiny. Az eddigi mérések számos olyan eredményt szolgáltatottak, amelyek a további vizsgálatok számára hasznos következtetések levonását tették lehetővé:

- *A hőcsóva gyors elkeveredésében a betorkolást követő két sarkantyúnál fellépő sebességnövekedés, iránytörés és az ehhez kapcsolódó turbulens jelenségek játszanak alapvető szerepet.*
- *A hőcsóva aktív elkeveredésének folyamata a betorkolás alatti első 1 km-en belül döntő mértékben lezajlik, a teljes elkeveredési hossz a Duna átlaghőmérsékletének növekedésével az eddigi mérési sorozatok szerint csökken.*
- *A lebegtetett hordalék szemcseösszetétele nem változik lényegesen a vízhozammal, egyes minták durvább szemösszetétele inkább helyi eséstörések, illetve turbulencia-növekmények hatásának tulajdonítható.*
- *A lebegtetett hordalék töménysége a külső, helyi hatásokat leszámítva a vízhozammal arányosan növekszik, azonban a lebegtetett hordalékhozam növekedési üteme ennél nagyobb. Például kétszer nagyobb vízhozamhoz háromszor akkora hordalékhozam tartozott.*
- *A mederanyag szemösszetételi változásai nemcsak a vízhozam növekedésével, illetve csökkenésével függenek össze, hanem jól mutatják a többnyire nyugalomban lévő durva kavics felett mozgó finom kavics és homok kimosódását és lerakódását is.*
- *A mérési vízhozam tartomány szűk volta ellenére is bebizonyosodott, hogy még a közepes árhullámok is számottevő mértékben alakítják a medret, amennyiben az zömmel finom kavics és homok anyagú. Az eredmény főleg a kanyarulatok homorú partja melletti „üst” kimélyítésében és a kimosott anyagnak a gázlótetőkön való lerakásában nyilvánul meg.*
- *A tartós kisvizek mederalakító munkája sem hanyagolható el, mivel a nagyvizek mederalakító hatását igyekszik kiegyenlíteni: tölti a kimosott mélyedéseket és koptatja a lerakódások miatt megmagasodott gázlókat. Ennek során finomítja a kimosott meder-részek mederanyagát és durvítja a korábbi lerakódásokkal finomodott mederanyagot.*
- *A mederpáncélozódás fékezi a medereróziót, így a gázlótetők kopását is. A vízkivétel stabilitása szempontjából különösen fontos küszöbök magasságának fenntartását ez a folyamat segítheti még homokmeder esetén is, mivel kisvizek idején durvább szemszerkezetűvé teszi a mederanyagot annak koronáján.*
- *A PAV üzemvízellátása szempontjából tudomásul kell venni a folyómeder ciklikus emelkedését és süllyedését, a gázlók épülését és kopását, amely mindaddig tart, amíg megfelelő mennyiségű hordalék-utánpótlás érkezik a vízfolyás szerint felülről. Ezt a természetes mederdinamikai folyamatot, amely kedvező esetben egy elfogadható egyensúlyi helyzet körül ingadozik, csak egy-egy rendkívüli vízjárási helyzet, vagy nagyarányú mederkostrási beavatkozás fenyegetheti.*

2003. évi mérések

A morfológiai modellhez felépítéséhez szükségessé vált a Duna 1528-1523 fkm szakaszának és a hidegvíz csatorna 100 méterenként felvett szelvényeinek ismerete. Az adott folyószakasz mederadatait az Alsó-Duna-völgyi VIZIG bocsátotta rendelkezésünkre. A 1996 évi mederfelvétel EOVS koordinátában és mBf szintben szolgáltatott, nyers mérési adatait a modellezés igényei szerint feldolgoztuk.

A hidegvízcsatorna sebességmérési és mederadatait a VITUKI Consult bocsátotta rendelkezésünkre. Az elmúlt években a hidegvíz-csatornában végzett mérések közül a 2000. évi mederfelvétel szolgáltatta a legteljesebb medret. A mérési szelvények végpont koordinátáit helyi mérőrendszerben adták meg, ezért a szelvénypontokat EOVS koordinátába áttranszformáltuk és a hidrodinamikai modell igényei szerint feldolgoztuk.

A hidegvízcsatorna torkolati részének modellezéséhez szükségessé vált a hidegvízcsatorna csomópont sebességviszonyainak részletesebb feltárása, ezért a korábbi mérőszelvényekhez a mérésbe bevontuk a torkolat

alatti szelvényt, így a csomóponti vízhozam- és sebességeloszlás meghatározására 3 szelvényben, szelvényenként 13 függélyben végeztünk áramlási sebesség-, sebességirány-, lebegtetett hordalék- és mederanyag mérést:

- a hidegvíz csatorna betorkollása felett, az 1527+000 fkm szelvényben
- a hidegvíz csatorna és melegvíz csatorna között, az 1526+300 fkm szelvényben
- a meleg vízcsatorna alatti 1525+800 fkm szelvényben

A korábbi mérési sorozatokhoz illeszkedően az 1525+500, 1525+000 és az 1524+000 fkm szelvényben 6-6 függélyben történt mérés. A mérés alatt a Duna hidrológiai adatai:

időpont	Paks		Dombori pusztá
	h [cm]	H [mBf]	Q [m ³ /sec]
2003. 03. 03	122	86,60	1650
2003. 03. 04	116	86,54	1620
2003. 03. 05	118	86,56	1620
2003. 03. 06	162	87,00	1780
2003. 03. 11	246	87,84	2350

A hidrodinamikai csomóponti modell kalibrálásához szükségessé vált a kisvízi vízfelszín rögzítése. Az 1528-1498 fkm Duna szakaszon a vízszint rögzítését 2003. 03. 03-án 500 méterenkénti gyakorisággal, az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság bevonásával végeztük. A vízfelszínhez tartozó vízhozamot, az 1527+000 fkm szelvényben a VITUKI határozta meg, a vízhozam $Q = 1617 \text{ m}^3/\text{s}$ -ra adódott. A vízszint rögzítés során a 1516 fkm szelvényben mért vízállás minimálisan változott, a vízszintváltozást a teljes mérési szakaszon kiegyenlítettük és a vízszintváltozás okozta eltérést korrigáltuk. Az elmúlt 3 év középvízi és kisvízi tartományban végzett mérései alapján az alábbi megállapítások tehetők:

- Az 1527+000 fkm szelvényben a sebességeloszlás aszimmetrikus, a sodor rászorul a jobbpartra. Annak ellenére, hogy a vízhozam több mint kétszeresére növekszik, csak a vízmélység változik, a függély középsebességek növekedése minimális.
- Az 1525+800 fkm szelvényben, a nagy impulzussal bevezetett melegvízcsóva a sodorvonalat a mederközép felé tolja, de a sodor a jobbparton marad. A kisvízes tartományban a sarkantyú és a betorkolló melegvíz együttes hatása markáns sebességnövekedést okoz, jelentős irányváltozással. Az irányváltozás értéke eléri 20-25 °-t. A középvízi tartományban a sarkantyú hatása mérsékelt.
- Az 1525+500 fkm szelvényben lévő keresztgát és melegvíz csóva turbulencia növelő, áramlásterelő hatása a vizsgált szakaszon itt a legjelentősebb. A sebességek csúcserőke 20-25 %-kal haladja meg a hidegvíz csatorna feletti szelvény sebességmaximumát. Az irányváltozás elérheti a 20-25 °-t, a melegvíz csóva és keresztgát együttesen a sodorvonalat a meder közepe felé tereli. A melegvíz elkeveredése gyakorlatilag megtörténik. A keresztgátnál kialakuló nagy sebességek, csavaráramlás miatt a meder a keresztgát alatt kimélyült
- Az 1525+000 fkm szelvény környezetében alakul ki az inflexió, a sodor átvált és fokozatosan a balpart felé tolódik
- 1542+000 fkm szelvényben a sodor a balpartra szorul, a meder az adott folyószakasz legnagyobb kimélyülésével.

A lebegtetett hordalék és mederanyag mintavételek értékelése

Az elmúlt öt évben kapott mérési eredményekből levonható következtetéseket annak ellenére érdemes összefoglalni, hogy a Duna vízjárási tartományából csupán kis- és középvizek esetén folytak mintavételek és hogy részletes mederfelmérési adatok nem állnak rendelkezésre. Táblázatban foglaljuk össze az 1999. óta folytatott helyszíni mérések, illetve mintavételek idején érvényesült vízjárási helyzetek jellemzőit.

Év	Mérési időszak	Vízhozam [m ³ /s]	Apadás	Áradás
1999	november	1811 - 1533	+	
2001	július	2750	+	
2001	november	1230	-	
2002	június/július	2980 - 1970	+	
2003	március	1610 - 2300		+

A mintavételek között esetenként hosszabb idő is eltelt, így az eredmények összehasonlítása ezen hosszabb időszak alatt lezajlott vízjárási események hatásának eredőjét jelenti, így a mederanyag minták szemcseösszetételi változásai a közben eltelt időszak vízjárásának összegezett hatásait tükrözik. A mérésekkel átfogott vízhozam-tartomány 1230-tól 2980 m³/s-ig terjedt. A tartomány szűkösnek látszik, azonban megállapítható, hogy benne foglaltatik a Duna közép-vízhozama, sőt az u. n. „mederképző vízhozam” is. Ez utóbbi alig nagyobb, mint a közép-vízhozam, de tartóssága valamivel hosszabb, így hosszú távon hathatósabban alakítja a középvízi medret, mint a ritka és kis tartósságú árvizek. A mintavételek eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le:

- A lebegtetett hordalék töménysége egyértelműen növekszik a vízhozammal, bár mindegyik mintavétel sorozatnál akadtak kiugróan nagy töménységek. Ezek természetesen mérési/feldolgozási hibákból is keletkezhetnek, azonban a vízhozam-hordaléktöménység kapcsolatok igen hasonló vízhozamok esetén is eltérők lehetnek, attól függően, hogy az adott időszak áradó, vagy apadó vízjárású volt-e? A vízhozam növekedésével nemcsak a minták átlagos töménysége nőtt, hanem a töménységek ingadozási tartománya is szélesebbé vált.
- Bebizonyosodott, hogy kisebb árhullámok is durvábbá tehetik a lebegtetett hordalék szemösszetételét, érdemes tehát ezeket a folyamatokat ismételt mintavételek segítségével követni és az eredményeket a vízkivételek tervezésénél/üzemeltetésénél figyelembe venni.
- A lebegtetett hordalék szemeloszlásának durvábbá válása azért lehet érdekes a PAE hűtővízkezelése számára, mert rámutat arra, hogy árhullámok levonulása esetén nemcsak a töménység megnövekedése okozhat gondot, hanem a szemösszetétel megváltozása is. Amennyiben ugyanis a homokfrakciók részaránya a kivett hűtővízben jelentősen megnövekszik a finomszemcsés lebegtetett hordalék rovására, az ülepítés szerepe is megnő a szűréséhez képest. A nagyobb homoktartalom természetesen a vízkivételi csatornában is megnöveli a lerakódás esélyét, fokozott karbantartási feladatokat téve szükségessé.
- A mérési vízhozam-tartomány szűk volta, valamint az első és a második mérés-sorozat nagy időbeli távolsága ellenére is bebizonyosodott, hogy még a közepes árhullámok is számottevő mértékben alakítják a medret, amennyiben az zömmel finom kavics és homok anyagú. Az eredmény főleg a kanyarulatok homorú partja melletti „üstök” kimélyítésében és a kimosott anyagnak a gázlótetőkön való lerakásában nyilvánul meg.

- A fenti táblázatban feltüntetett mérések között eltelt időszakokban számos jelentős és két igen nagy árhullám is levonult a Dunán. Megállapítható, hogy ezek *mederalakító hatása nem bizonyult maradandónak*. A „köztes” időszakokban végzett méréseink eredményei szerint sem a sebességeloszlás, sem a lebegtetett hordalék és a mederanyag szemcseösszetétele nem változott meg számottevően. A mederanyag szemösszetételi görbéinek alakja sehol nem vall nagyarányú hordalék lerakódásra, vagy kimosódásra.
- A mederpáncélozódás fékezi a medereróziót, így a gázlótetők kopását is. A vízkivétel stabilitása szempontjából különösen fontos küszöbök magasságának fenntartását ez a folyamat segítheti még homokmeder esetén is, mivel kisvizek idején durvább szemszerkezetűvé teszi a mederanyagot annak koronáján. Például a Barákai gázló esetében az 1- 2 mm átmérőjű durvahomok frakciók részarányának megnövekedése a tartós *szelektív erózió* folyamán jelenősen növelheti a zátonytető erózió elleni stabilitását.

2004. évi mérések

Az Paksi Atomerőmű térségében 1999-2002. közötti végzett állapotfelmérés, elsősorban az erőmű által a Dunába visszavezetett melegvíz-csóva tágabb környezetének sebesség- és hőmérséklet viszonyait kívánta feltárni és a mérések eredményeiből kívánt következtetni a módosult állapotra. Az állapotfelmérés alapján világossá vált, hogy a mérési sorozat eredményeiből nem tudunk megbízható módon, teljes körűen következtetni az erőmű élettartam meghosszabbítás és teljesítménynövelése során előálló állapotra. A felmerülő kérdésekre a megoldást egy, a hőmérsékletmező számítására alkalmas matematikai modell elkészítése jelentette. A modell két önálló részből áll, egy csomóponti kétdimenziós hidrodinamikai modellből és a hidrodinamikai modellel meghatározott bemeneti paraméterekkel számoló kétdimenziós hőtranszport modellből. A hidrodinamikai modell 2003-ban elkészült, a hőtranszport modell elkészítésére 2004-ben került sor. A modellek kalibrálásához kisvízi sebesség- és hőmérsékleteloszlás mérésekre került sor. A 2003-ban végzett mérések a hidrodinamikai modellhez kapcsolódóan a hidegvíz-csatornában és a csatorna betorkolás környezetében kialakuló sebességeloszlások részletes feltárására irányultak. A 2004-ben végzett kalibrálási mérésekre, a hőtranszport modellhez kapcsolódva, kisvízre jellemző hidraulikai állapotban, maximumhoz közeli hőterhelés mellett került sor. A mérés a hőcsóva jellemzőinek és a hőmérsékleti mező részletes feltárását tűzte ki célul.

2004-ben a nyár végén a 2. paksi erőműblokk sikeres üzembe helyezése után, az atomerőmű teljes terhelése mellett folytattunk sebesség- és hőmérsékletméréseket az elkeveredés és hőcsóva terjedés paramétereinek meghatározásához. A mérés 3 napja alatt a paksi hidegvízcsatorna vízkivétele $Q_{\text{napiátlag}} = 111 \text{ [m}^3/\text{s]}$ volt, és nem változott. A mérési helyszínek nem változtak, de a modellezni kívánt folyószakaszon a melegvíz csóva szakaszán a mérési függélek számát jelentősen megnöveltük.

A vizsgált szakaszon az áramlási viszonyok jellemző kisvízi hidraulikai állapotot jelentettek:

- a melegvíz visszavezető műtárgy merülőfala a vízfelszín fölé került, és energiacsillapító hatása megszűnt, így a melegvízsugár nagyobb sebességgel és iránytörés nélkül keveredhet a dunai áramlással
- a 1525+800 fkm lévő sarkantyú szárazra került, turbulens keverő hatása nem érvényesülhetett.
- a melegvíz csatorna kitorkollása környezetében a balparton a parttól kb. 100-150 m-re szárazra került, folyásirányban elnyúló zátony a medret leszűkítette.
- az Uszódi-zátonysziget mellékága ennél a vízállásnál teljesen lezáródott, csak a főmederben volt áramlás.

A mérésekre 2004. szeptember 14-17. között került sor, permanensnek tekinthető hidraulikai állapot mellett. A korábbiaktól eltérően egy szelvény helyett 3 szelvényben határoztuk meg a vízhozamot, a 3 különböző napon mért vízhozam átlagtól való eltérése kisebb 2.5 %-nál. A mérések során minden egyes mérési függvényben méréssel meghatároztuk a függvények EOY koordinátáit. A paksi vízmércén mért vízállások és a hozzá tartozó vízszintek, valamint az általunk mért vízhozamokat az alábbi táblázatban ismertetjük:

Időpont	Paks-vízállás [cm]	Paks-vízszint [mBf]	Q _{mért} [m ³ /s]
2004. 09. 14.	10	85.48	1139
2004. 09. 15.	4	85.42	1187
2004. 09. 16.	11	85.49	1173

A melegvíz csatorna kitorkolása és az 1525+500 fkm szelvény között a felszínközeli hőmérséklet mérésével és GPS-szes helyszínmeghatározással részletesen megmértük a melegvízcsóva keresztirányú kiterjedését, határát. Mint már korábbi jelentéseinkben említettük a csóva elkeveredése makroturbulens jelenségekkel, jelentős leválásokkal jellemezhető, ezért a csóva határa időben, helytől függően 10-31 m-es becsült tartományban folyamatosan változik. Az általunk megadott csóvahatárt a térbeli és időbeli átlagnak megfelelően igyekeztünk meghatározni.

A sebességméréssel egyidőben 2004. szeptember 15.-én a VITUKI Hidrológiai Intézete kisvízi felszínrögzítést végzett a paksi Duna-szakaszon, 4 cm-es paksi vízmérce állás mellett.

2005-ben nem végeztünk méréseket, de sor került a morfológiai modell adatainak frissítésére a VITUKI 2004. évi medermérése alapján. A mederszelvények összevetése azt mutatta, hogy a két mérés között eltelt 8 évben az 1525+500 fkm-ben lévő keresztgát felett a meder, kismértékű átrendeződés mellett, lényegében nem változott. A keresztgát alatt jellemzően feltöltődés figyelhető meg, a meder szintje 0,5-1 m-t emelkedett. Az áramlás jellegét mutató mélyvonulatok helye és mélysége nem változott.

A 2001-2004 években végzett mérésekhez kapcsolódó táblázatokat és ábrákat a csatolt .. file-okban ismertetjük.