

KÁROLYI ZOLTÁN, a műszaki tudományok kandidátusa

## SARKANTYÚKKAL VALÓ FOLYÓSZABÁLYOZÁS

A sarkantyúkkal való folyószabályozás kérdéseiben a szakemberek véleménye sok tekintetben eltérő. Az egyes országokban, különböző vidékeken a folyók más és más sajátosságai következtében kialakult szabályozási módszerek egymástól kisebb-nagyobb mértékben eltérőek. Abból a tényből, hogy éppen a folyók természetének változatossága vezetett a különböző szabályozási módszerekre, következik, hogy nem is szabad azokat kritika nélkül átvenni, hanem vizsgálni kell azoknak a folyóknak a természetét, amelyeken a kérdéses módszer kifejlődött.

Hazánkban a külföldi tapasztalatok sokszor helytelen alkalmazása miatt a sarkantyúk tekintetében eltérő nézetek alakultak ki, ezért az egyes módszerek és tapasztalatok összevetésével és morfológiai megfontolásokkal a hazai megfigyelések alapján megkísérlem a szabályozási alapelveket összefoglalva és a jelenségek gyökereit kutatva, rámutatni a módszerek alkalmazási területeire.

### I. A SARKANTYÚKKAL VALÓ FOLYÓSZABÁLYOZÁS ÁLTALÁNOS ELVEI

A folyók, különösen hajózható folyamok szabályozása általában nagyon költséges. Ezért nagyon fontos, hogy a folyószabályozástól megkívánt eredményt: a partok megkötését, a helyes vonalvezetést és a szükséges vízmélységet a lehető legkisebb költséggel tartósan biztosítsuk. Evégből keresnünk és fejlesztenünk kell azokat a módszereket, amelyekkel ezek a kívánások a legkisebb költséggel érhetők el.

A folyámszabályozási módszerek közül talán a legnehezebb és legkényesebb a sarkantyúk helyes alkalmazása. A folyó természetének figyelembevétele nélkül, helytelenül épített sarkantyúkkal gyakran okoztak kárt, ezért a sarkantyúk alkalmazását illetően a vélemények megoszlanak.

Németországban és nagyrészt Franciaországban is a sarkantyúkat a folyószabályozás legfőbb és szinte kizárólagos eszközének tekintették. A sarkantyúkkal való kisvízi szabályozást a franciák is „német vagy porosz szabályozási módszernek” nevezik [14]. Később a franciák *Fargue* és *Girardon* elvei szerint más irányban fejlesztették ki a folyószabályozási módszerüket, a németek azonban a mai napig változatlanul kitartanak módszerük helyesége mellett, amit *Winkel* 1947-ben megjelent munkája [2] és a „*Der Rhein*” című 1951-ben napvilágot látott kötet [3] bizonyít. A Szovjetunióban, Svájce-

ban, Spanyolországban és Amerikában a sarkantyúkat ritkábban és más módon alkalmazzák. Avégből, hogy a kérdést helyesen bírálhassuk el, első-sorban a sarkantyúkkal való szabályozás fejlődését kell áttekinteni.

### 1. A sarkantyúk alkalmazásának fejlődése

Sarkantyúk építésének első nyomait az Elba folyón találjuk, ahol már 1600 után lefelé hajló benyúló művekkel próbálták a folyó sodrát a parttól elterelni. 1753-ban *Belidor* [4] említi, hogy a víz ellen hajló sarkantyúk között erős feliszapolódások állanak elő. A német, majd a francia folyókon is hamarosan általánosan elterjedt a sarkantyúk alkalmazása, de a két országban más és más volt a fejlődés útja. Mondhatjuk, hogy a nyugat-európai folyók hajózhatóvá tételének jóformán egyetlen eszköze a különféle sarkantyúk lettek.

Minek tulajdonítható, hogy éppen Német- és Franciaországban alakultak ki legkorábban a fejlett folyószabályozási módszerek, és miért éppen a sarkantyúkkal való szabályozás vált kedveltté?

A nyugat-európai folyókon a tengertől kiindulva korán kifejlődött a hajózás. Az Északi-tengerbe és az Atlanti-óceánba ömlő folyók alsó szakaszukon általában hajózhatóak voltak, de kisvízkor a vízmélység kicsi volt. A folyóvölgyek általában kötött, ellenálló talajában a folyók nem fajultak el túlságosan, viszonylag egyenes futásúak és hordalékszegények voltak. A tengeri kereskedelemmel meggazdagodott és erősen iparosodó nép a kedvező adottságokat kihasználva igyekezett a tengeren túlról érkező árukat a természetes víziutakon az ország belseje felé is hajón szállítani, mert ebben az időben ez volt az egyetlen lehetőség az áruk tömeges és olcsó szállítására. A nyugat-európai országokban a belvízi hajózás fejlődését elősegítette az az adottság, hogy folyóik torkolati szakasza mély, tölcészerű. Ezekbe a tengeri hajók is messze behaladhatnak.

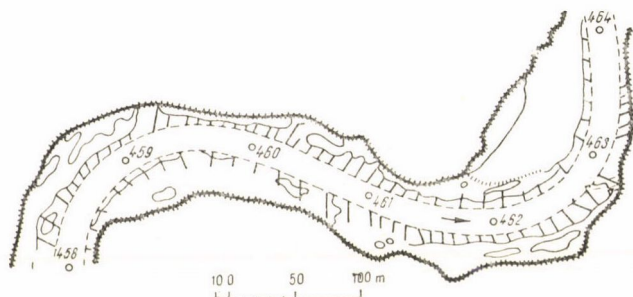
A nyugat-európai folyók alsó szakasza tehát különösebb szabályozás nélkül is viszonylag jól hajózható volt. Amelyik folyószakaszon a hajózást egyszer megkezdték, ott a gazdasági élet előbb-utóbb parancsolóan megkövetelte zavartalanságának biztosítását és más, nehezebben járható szakaszokra való kiterjesztését is. A jól jövedelmező hajózás az ehhez szükséges szabályozási munkák költségeit fedezni tudta. A vasútépítések megindulásakor a nyugati országokban már fejlett belhajózás volt. Másutt, ahol akkor a hajózás még kezdetleges volt, a vasútépítés a fejlődést visszavetette.

Nagy különbség ez a többi országokhoz képest! Nálunk például a folyókat elsősorban azért kellett szabályozni, hogy kártételeiket megszüntessék. Folyószabályozásaink jellege tehát vízrendezés-szerű.

A nyugati államokban viszont a folyók szabályozásánál a vízrendezés szükségessége mellett előtérbe nyomultak a vízhasznosítási érdekek is, és ezért tudtak költségesebb folyószabályozást végezni. Így a németek pl. a Rajnán a szabályozással erőteljesen beavatkoztak a folyó életébe, és a sarkantyúk tömegét építették ki. Sondernheim—Strassbourg között 85 km-es folyószakaszon 1556 sarkantyú és fenékküszöb épült a XIX. század óta [6]. Nem várták meg, hogy a szabályozás fokozatos fejlesztésével, a lassú feliszapolódást kihasználva, olcsóbban, az esetleges átmeneti hajózási korlátozást eltűrve ériék el a kívánt eredményt, hanem a tervezett műveket maradéktalanul megépítették. A gyors hajózhatóvá tétel sikerét nem kockáztatták [7]. Német alaposággal dolgoztak.

A németek a sarkantyúkkal való szabályozást a XIX. század első felében kezdték általánosan alkalmazni. Ebben az időben élénk elvi vita folyt a szabályozási módszerekről. *Silberschlag* és *Schemerl* a sarkantyút a folyószabályozás leghatásosabb és úgyszólván egyetlen eszközének tekintették, *Woltmann* és *Amelung* viszont elleneztek [8]. Amikor *Girardon* új folyószabá-

lyozási elveit nyilvánosságra hozta, a német folyókon a szabályozási munkák nagy részét már befejezték. Mivel ezek a munkák nem a Girardon-féle elvek szerint készültek, és a folyókat hosszú egyenesekben vezették, hibái erősen mutatkoztak. Ezért 1889–1891 körül erős sarkantyú-ellenes hangulat támadt [9]. Ekkor kezdtek beható laboratóriumi kísérletekkel vizsgálni a sarkantyúk hatását. Bár elismerték módszerük hiányosságait és a francia módszer előnyeit, mégis kísérleteik és vizsgálataik célja az eddigi módszer hibáinak kiküszöbölése volt. Más módszer kifejlesztésére nem is gondolhattak, mert a már megépített műveket nem akarták megsemmisíteni. Ez az oka annak, hogy a német szakirodalomban találjuk a sarkantyúkra vonatkozó legalaposabb vizsgálatok eredményeit, amelyeket ismerni szükséges, de egyben értékelni és bírálni is kell azokat. Véleményem szerint, hogy hazánkban a múltban több helytelenül épített sarkantyút építettek, éppen az az oka, hogy a német szakkönyvek adatait kellő kritika nélkül átvették és, alkalmazták.



1. ábra. Az Elba szabályozása Wahrenbergnél (1916) [5. a]

## 2. A sarkantyúkkal való szabályozás német módszere

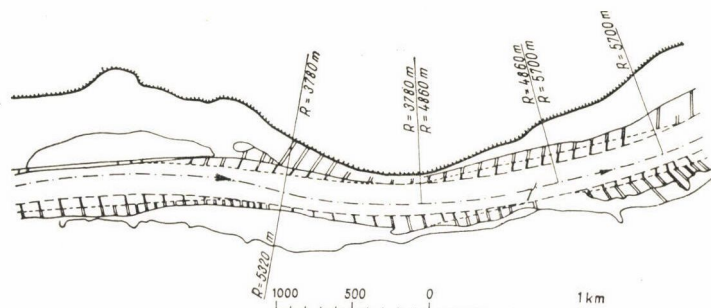
A kellő hajózó mélység elérése céljából az aránylag enyhe kanyarokkal bíró, jól beágyazott folyószakaszokon a víz összeszorításával igyekeztek az elragadó erőt növelni. *Mindkét oldalon*, általában egymással szembenálló sarkantyúk sorozatát építették, és ezekkel határolták a kis- és a középvízi medret. Tapasztalták, hogy a sarkantyúpárok közé szorított víz kisebb-nagyobb örvénylések árán tetszés szerint vezethető, irányítható, sőt az elég hosszú sarkantyúk partokat is védik, a sarkantyúk közötti tér többé-kevésbé feltöltődik, illetve kotrott anyaggal feltölthető.

Számítással meghatározták azt a középvízi mederszélességet, amelynél a kívánt vízmélység kialakul. A sarkantyúkkal való ún. német szabályozási módszer, amelyet a franciák az Arve-on, Rhône-on is alkalmaztak, valamint az osztrák és a magyar Felső-Dunán, a kétoldali párhuzamművekkel való szabályozás, az *állandó mederszélesség és a normális szelvény* (profil) megállapításán alapult.

A sarkantyúk fejeit a víz erősen támadja, ott örvénylések, kimélyülések keletkeznek, azért azokat különösen erősre kell készíteni, és kővel kell borítani. A sarkantyúk többi része a költségcsökkentés érdekében a folyó esésétől és a jégjárástól függően gyengébb kivitelben, rőzseművekből vagy rőzseborításos kavicsbetétekből is készíthető. Nagy gondot kell fordítani a sarkantyúk tövé-

nek a partba való bekötésére is, nehogy az árvíz a sarkantyúkat megkerülje (4. ábra).

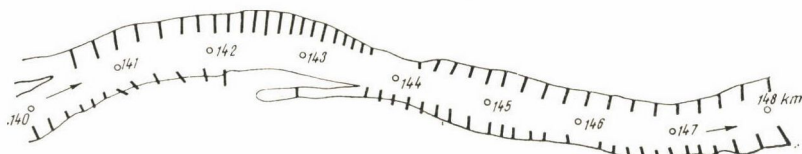
A mederfeneket a túlságos kimélyülés ellen a sarkantyúk meghosszabbításában épített fenékküszöbökkel védték. Ilyen módon a teljes keresztmetszelyt rögzítették.



2. ábra. Az Elba szabályozása Barförde-nél (1934) [5. a]

Látva az elért jó eredményeket, ugyanezzel a módszerrel azokat a folyószakaszokat is hajózhatóvá tették, amelyeken korábban alig hajózhattak. Így például a Rajna helyenként feltöltődő, sok ágra szakadó, helyenként pedig vándorló zátonyos Strassbourg—Mannheim közötti nagyobb esésű szakaszát.

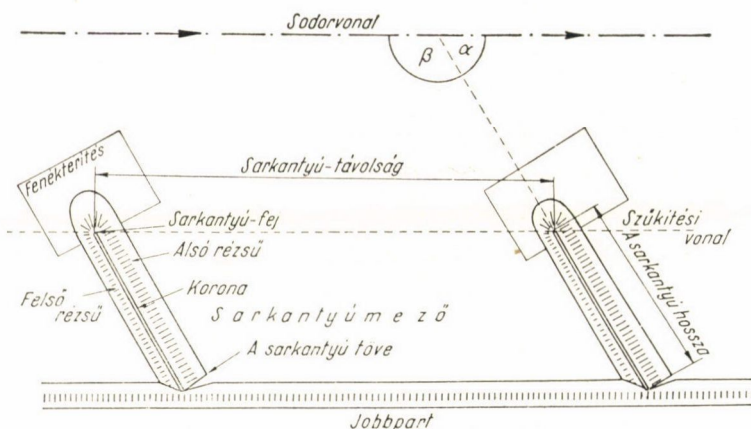
A német szabályozási módszer szerinti sarkantyú elrendezést az 1., 2. és 3. ábrák szemléltetik. A sarkantyúk hajlása a sodorvonalhoz képest felfelé, víz ellen hajló (inklináló). Gyakori a merőleges sarkantyú, sőt találunk a sza-



3. ábra. A Visztula 8 km-es szakaszának szabályozása (1901) [13]

bályozás előtti meder tengelyére merőleges sarkantyúsorozatokat is, amelyek közt a kisvízi meder enyhe ívekben kanyarog. A sarkantyúknak a sodorvonalhoz viszonyított  $\alpha$  hajlását (4. ábra) Hagen  $70^\circ$ -ban állapítja meg. Schlichting szerint [8] a célszerű hajlás egyenesben  $70-75^\circ$ , homorú oldalon  $78-80^\circ$  és domború oldalon  $80-90^\circ$ . A sarkantyúk hajlása a német folyókon  $72-90^\circ$  között változik, de leggyakoribb a  $90^\circ$ .

Lényeges a sarkantyú magasságának helyes megállapítása. Megfigyelték, hogy a sarkantyú hatása annál erősebb, minél kevésbé lepi azt el az árvizek. A sarkantyúk koronáját tehát igyekeztek minél magasabbra építeni és ezzel biztosabb vezetést adni a víznek. Leggyakoribbak a középvíz fölé érő sarkantyúk, de van árvízszintig érő is. Újabban azonban már csökkentik a magasságot, mert a magas sarkantyúk sok helyen medermélyülést okoztak.



4. ábra. A sarkantyúk részei

A fejtől kiindulóan a partok felé a korona gyengén emelkedik. A sarkantyúfej meder felőli része kialakulásától szintén sok függ. Meredek részü esetén a fejnél erős kimélyülés keletkezik. Ez a sarkantyú állékonyságát veszélyeztetheti, a fenékmélységek kialakulását pedig szabálytalanná teszi. Ezért fokozatosan a minél laposabb hajlásra tértek át. A sarkantyúk fejének megállapított magasságát és hajlását az egyes második világháború előtt szabályozott folyókön az I. táblázat tartalmazza [6], [10].

I. táblázat

| A folyó neve | A sarkantyú fejének                        |                    |
|--------------|--------------------------------------------|--------------------|
|              | magassága a kisvízszinthez viszonyítva, cm | víz felőli hajlása |
| Rajna        | 0*                                         | 1 : 10—1 : 20      |
| Visztula     | +30                                        | 1 : 5              |
| Odera        | +10                                        | 1 : 8              |
| Elba         | +14                                        | 1 : 4—1 : 3        |
| Weser        | 0                                          | 1 : 4              |
| Bajor Duna   | 0**                                        | 1 : 6—1 : 20       |

\* helyenként középvízszint, \*\* legkisebb hajózási vízszint

A sarkantyúk egymástól való távolsága a kialakult szabály szerint egyes helyeken a szabályozási szélesség ( $B$ )  $1/4—4/4$  része, más helyeken a sarkantyúkoronának  $1,0—1,5$ -szöröse.

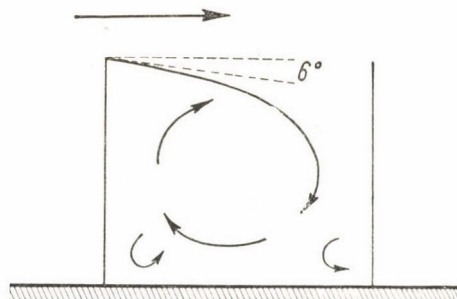
*Winkel* szerint [2] a sarkantyúk egymástóli távolsága

- a gázlónál .....  $l = 0,5 \ B—0,75 \ B$
- a homorú oldalon .....  $l = B$
- a domború oldalon .....  $l = 1,5 \ B—2,0 \ B$

A megengedhető legnagyobb sarkantyútávolság

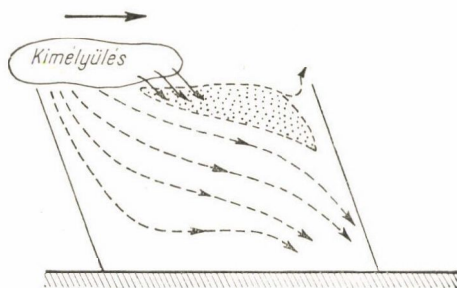
$$l = 9,35 \frac{B' - B}{2},$$

ahol  $B'$  a teljes mederszélesség. Az így kapott távolságnak azonban csak a felét szokták venni.



5. ábra. Örvény kialakulás a sarkantyúk között

A sarkantyúk közötti térben kétféle örvénylevés keletkezik. A meg nem merülő sarkantyúnál egy függőleges tengelyű nagy örvény észlelhető, amely a vízfolyástól a tapasztalat szerint a folyásiránnyal  $6^\circ$ -os szöget bezáró egyenessel határolható el (5. ábra). A megmerülő sarkantyúkon átbukó víz víz-



6. ábra. Hordalék behatolása a sarkantyúk közé

szintes tengelyű örvény-hengert alkot. Ez a kétféle örvény a sarkantyúk közti tér más és más részein idéz elő lerakódásokat. A hordalék általában a 6. ábrán szaggatott vonalakkal jelzett úton hatol be a sarkantyúk közé, és a legnagyobb feliszapolódás az alsó sarkantyú feje fölött áll elő. A sarkantyúk közötti tér fokozatosan feltöltődik. A feltöltődést iszapoltató művekkel gyorsítani is szokták, azonban a sarkantyúmezők teljes feltöltődése sohasem következik be. A magas sarkantyúk közei lassan iszapolódnak [11]. Ezért gyakran kotrott anyaggal teljesen feltöltik azokat, a feltöltést pedig partvédezzel védik. Ez tulajdonképpen már a szabályozás befejezését jelenti, a sarkantyúk a feltöltött mederrész gerincét képezik csak.

*Winkel* szerint [2] a sarkantyúk — mivel az általuk előidézett örvénylés az eleven erő egy részét felemészti — kissé csökkentik a víz sebességét. Mivel a kisebb sebességhez nagyobb átfolyási szelvényterület szükséges, a víz jobban kimélyíti a hajózó medret. A sarkantyúk tehát fékező hatásúak. Ha azonban a sarkantyúk közeit feltöltik, és a feltöltést partbiztosítással védik, a fékező hatás megszűnik, a gázlómélyiségek pedig csökkennek. *Winkel* szerint tehát kedvezőbb, ha a sarkantyúmezők nem töltődnek fel teljesen.

A kétoldalú sarkantyúkkal való szabályozás előnyeit és hátrányait vizsgálva nézzük először, hogyan nyilatkoznak hátrányairól a német szakírók:

*Kreuter* szerint [8] a sarkantyúk az egyenes és az enyhe görbületű szakaszokon kedvezőek, de éles kanyarnál a homorú oldalon kerülendők. Rövid, egymástól távoleső sarkantyúk inkább károsak, mint hasznosak. Az Elbán megállapították, hogy a hosszanti művek a szabályozás céljainak elérésére a sarkantyúknál alkalmasabbak. Sötétben a sarkantyúk ugyanis gyakran hajózási balesetet okoznak. *Kreuter* azt is megállapítja, hogy erősen hordalékos, hegyi folyóknál a sarkantyúk nem váltak be, a fenéksarkantyúk és a küszöbök pedig éppen annyira alkalmatlanok a tenékesés kiegyenlítésére, mint a sarkantyúk a szabályos partvonal kialakítására.

*Marquardt* szerint [12] a lapos rézsűjű, mélyen benyúló sarkantyú-fejeket és fenékküszöböket a hajósok nem kedvelik.

*Engels* [13] a következőt írja (449. o.): „A sarkantyúk hátránya, hogy nagyon nyugtalan vízmozgást okoznak, amely a hajózás szempontjából különösen a homorú oldal mellett hátrányos. A hajók a mélységeket követve kénytelenek a homorú oldalt megközelíteni, ezért veszélyes közelségbe kerülhetnek a sarkantyú-fejekhez. Ez a kellemetlenség annál érzékenyebb, minél erősebb a folyás, tehát minél nagyobb az esés. Ez annál inkább aggasztó, mert a szabályozás eredménye csak jóval a sarkantyúépítés után, a feltöltődés megtörténtével mutatkozik.” (A hajósok lassanként megszokták a sarkantyúk okozta örvényeket.)

*Neger* [10] és *Winkel* [2], [9], a sarkantyúkkal való szabályozás legnagyobb hívei is megállapítják, hogy a sarkantyúk által okozott örvénylés és a sarkantyú mezőkbe irányuló áramlás hátrányos a hajózásra. A sarkantyúk ezenkívül gyakran a jéglevonulást is akadályozzák. Szerintük a sarkantyúk legnagyobb előnye a hosszanti szabályozó művekkel szemben — a kisebb költségeket nem tekintve —, hogy a szabályozási szélesség — ha az utólag túl szélesnek vagy túl szűknek bizonyulna — egyszerűen és olcsón a sarkantyúk megnyújtásával vagy rövidítésével megváltoztatható.

Véleményem szerint ez az előny nem döntő, mert a kombinált szabályozási módszernél az egyoldali sarkantyúk rövidítésével vagy hosszabbításával a szabályozási szélesség minden nehézség nélkül helyesbíthető.

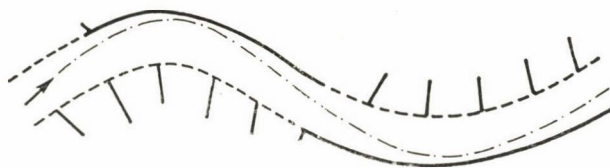
Kétségtelen előnye a sarkantyúknak a jó iszapoltató hatásuk, valamint az, hogy építésük és karbantartásuk legtöbb esetben olcsóbb, mint a vezetőműveké.

Nem hajózható folyóknál szűkítésre nincs szükség, itt a sarkantyúk szerepe alárendelt. *Schoklitsch* [1] szerint a heves hordalékmozgású folyókon a sarkantyúk egyáltalában nem váltak be. Ez a megállapítás meggondolásra késztet.

*Neger* szerint [10] 1000 m-nél kisebb sugarú íveknél a partvédmű gazdaságosabb a sarkantyúknál.

### 3. A kombinált szabályozási módszer

A homorú oldali sarkantyúknak káros hatásán okulva *Schlichting* (*Zeitschrift für Bauwesen*, 1878. évf. 171. o.) új, kombinált szabályozási módot javasol. Ő a kanyarulatok homorú oldalán vezető művet (partvédezetet vagy párhuzamművet), a domború oldalon pedig sarkantyúkat épített. Amint



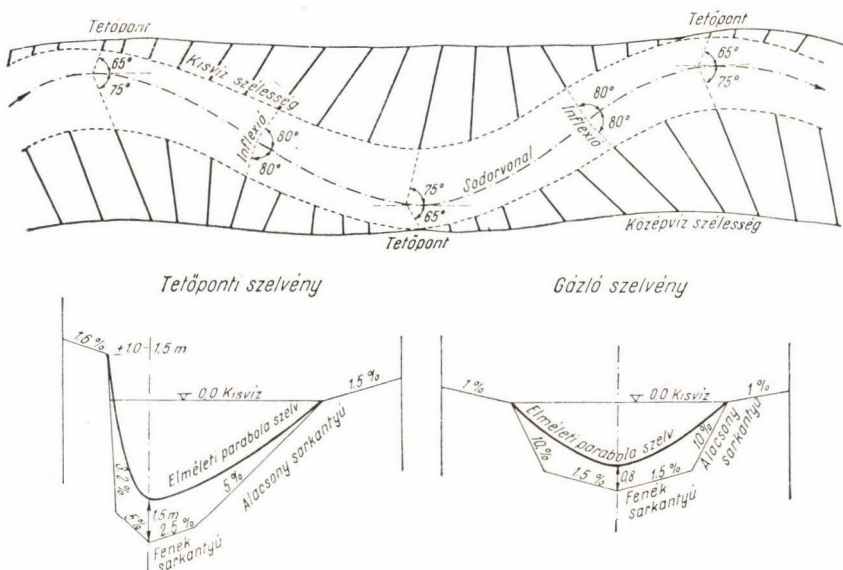
7. ábra. Kombinált folyószabályozás

a 7. ábrából látható, módszere még a normális szelvény, az állandó szabályozási szélesség elvén alapul. Ezzel a módszerrel szabályozták a Rajna egyes szakaszait.

*Schlichting* gondolata nem új, mert pl. a Duna torkolati szakaszának szabályozására az 1856. évben alakult Európai Dunabizottság *Harley* vezetésével 1862-től a Sulina-ágat homorú oldali vezető művekkel és domború oldali sarkantyúkkal szabályozta [15].

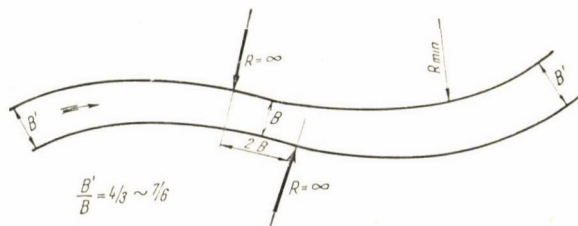
### 4. A francia szabályozási módszer

*Fargue* és *Girardon* előtt a franciák is a német módszer szerint, a normális szelvény elvét alkalmazva szabályozták folyóikat. A normális szélességet párhuzamművekkel (Arve, Rhône), vagy sarkantyúkkal (Loire, Rhône) [16] biztosították (8. ábra).



8. ábra. A Loire szabályozása Angers és Nantes között. Helyszínrajz és mintakereszt-szelvények

*Fargue* és *Girardon* fellépése fordulatot jelentett a folyószabályozásban. Az egészséges mederszakaszok tüzetes megfigyelése alapján ők alakították ki a klasszikus francia folyószabályozási módszert, amelyet *Bogdánfy Ödön* [17], [15] magyar nyelven részletesen ismertetett. Erről tárgyunk szempontjából csupán annyit kívánok leszögezni, hogy lényeges része a homorú oldalon a víz sima vezetése partvédezzel, vagy vezető művel. Sarkantyúkat csak a domború oldalon, vagy az inflexióban alkalmaz, ahol azok nem örvénykózzók, hanem iszapoló (zátonyképző) hatásúak. További jellemzője a változó átfolyási szelvény, a szabályozási szélesség a görbületi tetőponton nagyobb, mint az inflexióban. A mederszélességre vonatkozó *Fargue*-féle [18] szabályt a 9. ábra mutatja.



9. ábra. A kanyarulatok vonalozásának *Fargue*-szabálya

Mivel az éles kanyarulatokban kialakuló nagy mélységek miatt a kisvízi hajóút túl szűk, *Girardon* a mélységek csökkentése és ezzel a szélesség növelése érdekében a túlmélyült kanyarulatokban fenékküszöbököt épített. Ilyeneket még az 1‰ esésű folyószakaszokon is sikerrel alkalmaztak.

A franciák a sarkantyúk fejeit általában a kisvíz szintjére építik, a sarkantyúk egymástól való távolsága pedig nem haladja meg a fél mederszélességet.

A francia módszerből fejlődött ki a korszerű kisvízszabályozás. Azokon a folyókon, amelyeket normális szelvénnel középvízre szabályoztak, a kisvíz a széles mederben szabadon kalandozhat, és így gázlók keletkezhetnek. Ezért a középvízi medret alacsony sarkantyúkkal szűkítik, és a nagy költségek miatt már meg nem változtatható középvízi medren belül igyekeznek a kisvízi sodorvonalat és a kívánatos szelvényt *Girardon* elvei szerint kialakítani.

##### 5. Más országokban kifejlődött szabályozási módszerek

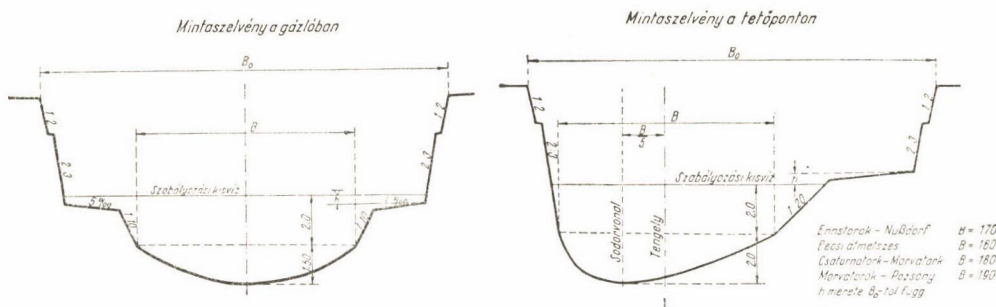
Azok a nagy folyók, amelyek alsó szakaszukon széles, megállapodott mederben folynak, olyan bővizűek, hogy bennük minden szabályozás nélkül általában megvan a kellő hajózó mélység.

A *Szovjetunióban*, különösen a Volgán, a gázlós szakaszokon kotrással biztosítják az előírt hajózó mélységet. *Timonov*, *Ljaknitszkij*, *Pancsurin*, *Konovalev* és *Makkavejev* [5e] szerint az orosz folyókat nem célszerű sarkantyúkkal szűkíteni, mert ezáltal a folyók vízjárása is megváltozhat. Kisebb folyókon helyenként építettek sarkantyúkat [19], de a kotrással való gázlójavítás túlsúlyban volt. *Domanevszkij* és *Mjasznyikov* azonban megállapították [20], hogy a háborús események miatt elmaradt kotrások következtében a hajózási viszonyok sok helyen megromlottak. A romlás azonban kevésbé

következett be az olyan szakaszokon, ahol állandó jellegű szabályozási művek voltak. Ezért a második világháború óta az állandó jellegű műveket, köztük a sarkantyúkat is, mind gyakrabban alkalmazzák. Ezeket *Poljakov* ismertette részletesen [21]. Különösen a Don felső szakaszán építettek 1948—51-ben terméskőből gázlórendezési sarkantyúkat. A sarkantyúk feje 0,4—0,6 m-rel ér a szabályozási kisvíz fölé, a korona szélessége 1,0—1,5 m, az oldalrészük hajlása felfelé 1 : 1, lefelé 1 : 1,5, a fej részűje pedig 1 : 3 hajlású. A majdnem vízszintes korona a part felé 1 : 100 lejtésű. A sarkantyúk a sodorvonalhoz 45—50°-kal hajlanak. Más szovjet folyókon a rőzséből készült sarkantyúk építése terjedt el.

A vízierőhasznosítás korszakában a hajózó mélységeknek szabályozási művekkel való biztosítását a folyócsatornázás mindjobban háttérbe szorítja. A szabályozó művek azért itt inkább helyi jelentőségűek (elfajulások helyreállítása, duzzasztási határ körüli szabályozások).

Hasonló vélemény alakult ki az *Egyesült Államokban* is, a Mississippi és Missouri szabályozásával kapcsolatban. *Ockerson* szintén a nagyteljesítményű kotrógépekkel tartja legkönnyebben megjavíthatóknak a rossz gázlókat. *Snow* [5c] szerint az amerikai nagy síkvidéki folyók jellege egészen más, mint a nyugat-európai folyóké, általában nagyon laza, medrük vándorló, vízjárásuk hevesebb, a nagy vízjáték és a kis esés jellemzi őket. Ezért inkább a homorú partokat megkötve jó vonalvezetéssel igyekeznek a szabályos vízmélységeket biztosítani. A laza talaj miatt általában nem szívesen használják a sarkantyúkat, mivel nagy kimélyüléseket (kimosásokat) okoznak. Kiszélesedéseknél, elfajulásoknál áteresztő szerkezetű (cölöpös) sarkantyúkat készítenek, amelyek erősen iszapoltak.



10. ábra. Kisvízszabályozás mintakeresztmetszései az osztrák Dunán. [5. c]

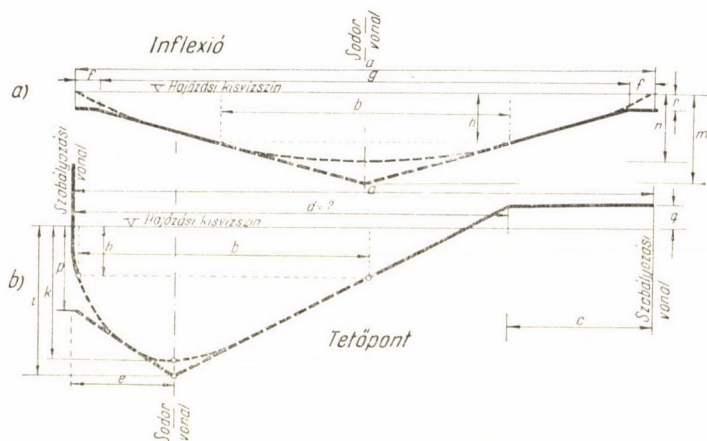
Kisebb vízfolyások szabályozásánál *Snow* helyteleníti az egymással szemben elhelyezett sarkantyúkat. Szerinte is elegendő az egyik oldalon középvíz alá érő, iszapoltató hatású sarkantyúkat építeni, a szemben levő oldalt pedig partvédezzel kell védeni. A jó sodorvonalvezetés döntő fontosságát hangsúlyozza.

*Olaszországban* a Pó alsó szakaszának hajózhatóvá tételénél nagy óvatossággal kezdtek sarkantyúkat alkalmazni, nehogy az árvízveszélyt növeljék.

*Az osztrákok* — német hatásra — ugyancsak kedvelik a sarkantyúkat. A Duna kisvízszabályozását helyenként kétoldali sarkantyúkkal való szűki-

tésével oldották meg [5b] (10. ábra). Ausztriában a nem hajózható folyókon is alkalmaztak kétoldali sarkantyúkat, éppúgy, mint Németországban. Ilyenkor természetesen nem olyan erős az összeszorítás, inkább a víz vezetése, és a kiszélesedések feliszapoltatása a cél. *Kreuter* közli [8], hogy *Linder* 1890-ben az Inn-en Kufstein és Innsbruck között, egy csaknem egyenes szakaszon, jó iszapoltató hatást ért el olyan kétoldali sarkantyúrendszerrel, hogy minden harmadik sarkantyúpárt teljes hosszban, a köztük levőknek pedig csak a víz felőli fejszonkjait építette meg.

*Hazánkban* a Felső-Duna kisvízszabályozását az ép kanyarulatok tüzetes megfigyelése alapján szigorúan *Fargue* és *Girardon* elvei szerint tervezték meg. A kisvízi sodorvonalat a meglevő párhuzamművek által megengedett egymást követő kanyarulatokban vezették. A homorú oldalon nem építettek sem sarkantyút, sem fenékküszöböt (11. ábra). Hasonló módon szabályozták



11. ábra. Kisvízszabályozás mintakeresztmetszévei a magyar Dunán

a Gönyü—Budapest közötti gázlós szakaszokat is. A mintakeresztmetszvények szükséges területét számítással határozták meg, azon az alapon, hogy a tetőpontnál a tapasztalat szerint kisebb, gázlónál pedig nagyobb esést tételeztek fel [34].

A felső-dunai kisvízszabályozásnál legfontosabb elv a költségekkel való takarékoskodás volt annál is inkább, mert itt csak a teljesen kőből épült művek váltak be. Az évenkénti részletes mederfelvételek alapján a mederváltozások és a művek hatásának állandó éber figyelése tette lehetővé, hogy a szabályozás költségei a külföldi hasonló munkák költségeihez viszonyítva kicsinyek voltak. A felső-dunai kisvízszabályozás részleteit l. [14], [34].

A tiszai gázlórendezések *Iványi Bertalan* [32] által kialakított rendszere iskolapéldája annak, hogyan kell *Girardon* elveit a folyó természetéhez alkalmazni. *Iványi* kizárólag könnyű, iszapoltató keresztirányú műveket használt, a fűsúlyt a sodor helyes, sima vezetésére és a jó iszapoltató hatásra helyezte. Az *Iványi*-rendszerű kisvízszabályozás rendkívüli olcsóságával tűnik ki. A külföldi szabályozások mind sokszorosan drágábbak nála.

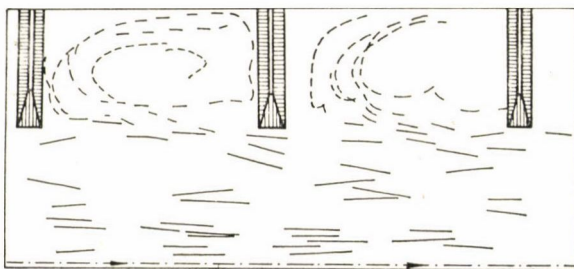
A magyar Dunán használt kis-, ill. középvízi sarkantyúk mintakeresztzelvényeinek méretei (m-ben)  
Betűjelek a 11. ábra szerint

| Vízügyi igazgatóság | A szabályozás jellege | A szakasz határai, fkm | a   | b tetőp. infl.                         | c                                      | d                                        | e   | f    | g   | h    | i     | k     | m                                          | n     | p    | r      | q    |
|---------------------|-----------------------|------------------------|-----|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|-----|------|-----|------|-------|-------|--------------------------------------------|-------|------|--------|------|
| Győr                | kisvízi               | 1850—1820              | 300 | 150                                    | 75                                     | 225                                      | 50  | 15   | 270 | 2,25 | 6,75  | 6,00  | 3,75                                       | 3,00  | 3,70 | — 0,75 | 1,00 |
|                     |                       | 1819—1810              | 325 | 150                                    | 100                                    | 225                                      | 50  | 27,5 | 270 | 2,25 | 6,75  | 6,00  | 3,75                                       | 3,00  | 3,70 | — 0,75 | 1,00 |
|                     |                       | 1809—1805,5            | 325 | 167                                    | 75                                     | 250                                      | 70  | 12,5 | 300 | 2,25 | 6,75  | 6,00  | 3,75                                       | 3,00  | 3,70 | — 0,75 | 1,00 |
|                     |                       | 1804,5—1803            | 325 | 190                                    | 40                                     | 285                                      | 70  | 0    | 325 | 2,25 | 6,75  | 6,00  | 3,75                                       | 3,00  | 3,70 | — 0,75 | 1,00 |
|                     |                       | 1800—1794              | 380 | 190                                    | 95                                     | 285                                      | 70  | 15   | 350 | 2,25 | 6,75  | 6,00  | 3,75                                       | 3,00  | 3,70 | — 0,75 | 1,00 |
| Győr                | kisvízi               | 1794—1783              | 400 | $\begin{cases} 175 \\ 200 \end{cases}$ | 100                                    | 300                                      | 75  | 20   | 360 | 3,00 | 6,75  | 6,00  | 5,20                                       | 3,80  | 3,80 | — 0,75 | 1,00 |
|                     |                       | 1783—1767              | 400 | 200                                    | $\begin{matrix} 68 \\ 50 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 332 \\ 350 \end{matrix}$ | 90  | 20   | 360 | 3,00 | 7,00  | 6,00  | $\begin{matrix} 5,00 \\ 5,50 \end{matrix}$ | 4,00  | 3,75 | — 1,00 | 1,00 |
|                     |                       | 1767—1692              | 400 | 200                                    | 64                                     | 336                                      | 120 | 20   | 360 | 3,25 | 6,50  | 5,50  | 6,00                                       | 4,50  | 3,50 | — 1,00 | 1,00 |
| Bpest               | kisvízi               | 1692—1657 (Váci ág)    | 340 | 180                                    | 30                                     | 310                                      | 68  | 15   | 350 | 2,75 | 7,50  | 5,50  | 5,00                                       | 3,50  | 1,50 | — 0,50 | 1,50 |
|                     |                       | 1643—1560              | 400 | 240                                    | 0                                      | 400                                      | 100 | 20   | 360 | 3,50 | 14,00 | 8,00  | 12,00                                      | 6,70  | 3,00 | + 0,50 | 2,00 |
| Baja                | középvízi             | 1560—1531              |     | $\begin{cases} 242 \\ 219 \end{cases}$ | 0                                      | 400                                      | 60  | 0    | 400 | 3,50 |       | 8,90  |                                            | 8,00  |      | 2,06   | 2,06 |
|                     |                       | 1531—1523,8            |     | $\begin{cases} 250 \\ 234 \end{cases}$ | 0                                      | 400                                      | 60  | 0    | 400 | 3,50 |       | 9,30  |                                            | 8,40  |      | 2,15   | 2,15 |
|                     |                       | 1523,8—1508,4          |     | $\begin{cases} 270 \\ 242 \end{cases}$ | 0                                      | 400                                      | 60  | 0    | 400 | 3,50 |       | 10,60 |                                            | 9,20  |      | 2,35   | 2,35 |
|                     |                       | 1508,4—1482            |     | $\begin{cases} 278 \\ 250 \end{cases}$ | 0                                      | 400                                      | 60  | 0    | 400 | 3,50 |       | 11,10 |                                            | 9,70  |      | 2,28   | 2,28 |
|                     |                       | 1482—1435,2            |     | $\begin{cases} 290 \\ 270 \end{cases}$ | 0                                      | 400                                      | 60  | 0    | 400 | 3,50 |       | 12,10 |                                            | 10,60 |      | 2,32   | 2,32 |

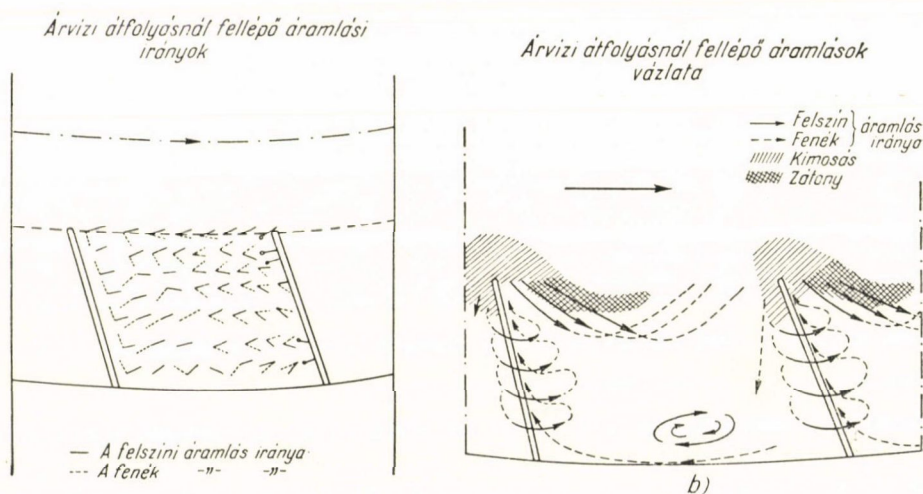
## II. A SARKANTYÚK HATÁSÁRA VONATKOZÓ LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK

Amint már említettük, a németek szabályozási módszerük megvédése, illetve hibáik kiküszöbölésére a sarkantyúk hatását sok laboratóriumi kísérlettel vizsgálták. Ezek főbb eredményeit kívánom röviden összefoglalni.

*Hagen* kísérletei szerint [8] a lefelé hajló sarkantyúk partkimosást idéznek elő, mert a rajtuk átbukó víz a part felé irányul. Az iszapoló hatásuk kisebb, viszont alig okoznak zavaró örvénylest, így hajózási szempontból kedvezőek. A meg nem merülő sarkantyúk esetén hatás tekintetében nincs



12. ábra. Sarkantyúmezőkben fellépő felszíni sebességek. (1 másodpercig megvilágított úszó gyertyák) [23]



13. ábra. Felszíni és fenéksebességek sarkantyúk feletti árvízi átfolyásnál [24]

különbség a merőleges és a felfelé hajló sarkantyúk között. A megmerülő sarkantyúk közül a felfelé hajlók a leghatásosabbak.

A kísérletek másik csoportjában — egyenes szakasz és merőleges sarkantyúkat tételezve fel — a sarkantyúfejeknél és a sarkantyúk közti mezőkben előálló áramlási viszonyokat vizsgálták. *Rehbock* [23] a felszíni sebességeket úszó gyertyák 1 másodpercig tartó exponálásával fényképezte le (12.

ábra). Riepe pedig [24] a megmerülő sarkantyúk között a felszíni és fenék-sebességek irányviszonyait rögzítette (13. ábra) és a fejnél keletkező kimosás és feltöltődés helyét állapította meg. Ezekkel és számos más kísérlettel a sarkantyúk távolságának és hosszának megállapítására kerestek támpontot. Ezek eredménye a folyás szélét határoló és a sarkantyúfejtől kiinduló 6°-os hajlású választóvonal megállapítása (5. ábra). Schaffernak szerint [22] meg nem merülő sarkantyúk esetén a sarkantyúk fejei közötti áramlás iránya független a mederszélesség és a sarkantyútávolság viszonyától, csupán a sarkantyúk hosszának és távolságának viszonyától függ.

Ehrenberger [25] ugyanerre a megállapításra jutott. Szerinte a legkedvezőbb, ha a viszony:

$$\frac{\text{sarkantyú-hossz}}{\text{sarkantyú-táv}} = 1:1 - 1:2$$

Szerinte nagyobb sarkantyútávolságnál az örvények egységét a sarkantyúfejnél bekövetkező örvényleválások zavarják. Ehrenberger a fenékküszöbnél nem kívánatos keresztfolyást észlelt, aminek megállítására a keresztirányú küszöbre merőleges hosszanti gerinc beépítését javasolja.

A feliszapoló hatást vizsgálva megállapították, hogy kisvíznél, amikor a sarkantyú kiáll a vízből, a sarkantyú fölött keletkezik iszapolás, nagyvízkor pedig inkább a partmenti sáv töltődik.

Rehbock a sarkantyúk között észlelt elég nagy sebességből arra következtet, hogy ott az energia bizonyos része felhasználódik, és ez adja a sarkantyúk kedvező, kimélyítő hatását. Szerinte a mezők feltöltése nem előnyös, ezzel csökkennek a hajóút mélységi viszonyai.

Krey és Winkel [23] Berlinben az Elba szabályozására nagyméretű modellkísérleteket végeztek. A kísérletsorozat megmutatta, hogy a sűrű sarkantyúk és fenékküszöbök ellenére is jelentkeznek időnként kedvezőtlen mélységű gázlók, amelyeket csak a sarkantyúfejek különleges, parabolikus kiképzésével lehetett némileg enyhíteni.

További tárgyalásunk szempontjából legfontosabbak Riepenek [24] azok a kísérletei, amelyekben a kanyarulatok homorú oldalain épített sarkantyúk hatását vizsgálta. Megállapította, hogy míg az egyenesekben és a kanyarulatok domború oldalain a víz a felszínen a közép, a fenéken pedig a part felé áramlik, így a hordalékot a sarkantyúk közé hajtja, addig a kanyarulatok homorú oldalain a felszíni és a fenékáramlás iránya fordított, ezért hordalék a sarkantyúk közé alig juthat. A sarkantyúmezők feltöltődése a homorú oldalon sokkal kisebb mérvű, mint egyenesben. Árvízi, vagyis megmerülő sarkantyúknál a hordalékmozgást befolyásoló fenékhenger alakja és helye attól függ, hogy a sarkantyú fölött átbukó víz áramló vagy rohanó (13. ábra). Riepe szerint a sarkantyúmezőkbe árvízkor is csak annyi hordalék jut, amennyi a sarkantyúfejnél keletkező kimélyítésből származik (laboratóriumban!). A sarkantyúk feje alatt mindig erős kimosás, ez alatt pedig feltöltődés keletkezik. A kimosás felett vízszintes tengelyű vízhenger áll elő, és ez a lebegő hordalék egy részét visszaküldi a mederbe. A sarkantyúk hosszát és távolságát változtatva megállapította, hogy a sarkantyúk hosszánál 1,0—1,2-szerre nagyobb távolságok esetén a függőleges tengelyű henger kitölti a mezőt, ennél nagyobb távolság esetén pedig annak csak alsó részét, míg felső részén zavaros örvénylést találunk. Háromszoros sarkantyúhossznak megfelelő távolságnál

a víz már a partot is támadja, tehát csupán a kisebb távolságban épített sarkantyúk védik a partot.

Mindezekből, valamint az előző fejezetben mondottakból azt a következtetést kell levonni, hogy a kanyarulatok homorú oldalain épített sarkantyúk nem célszerűek. A sarkantyúk előnyei ilyen elrendezésnél megszűnnek: nem iszapolnak, és még csak nem is olcsóbbak, mert a homorú oldalon nyilván nagy mélységekben kell őket megépíteni, ezzel szemben a hátrányai fokozottabban jelentkeznek: erősebb a kimélyülés, veszedelmesebbek az örvénylések. *Éles kanyaroknál a homorú oldali sarkantyúk alkalmazását különösképpen kerülni kell.*

Újabb Pakisztánban végzett a sarkantyúkkal való szabályozás érdekében kísérleteket *Mushtaq Ahmad* [36]. Behatóan vizsgálta a sarkantyúk fejénél keletkező kimosásokat, eredményeit dimenzió nélküli paraméterekkel igyekezett kifejezni. A várható kimélyülés ismerete megkönnyíti ugyanis a tervezést, mert a sarkantyúkhöz szükséges kőmennyiség meghatározható.

Ha a  $t$  idő alatti kimélyülést  $D_t$  és  $q$  az 1 m szélességre eső vízhozam, akkor a kimélyülés dimenzió nélküli paramétere

$$K = \frac{D_t}{q^{2/3}} = 1,616 - 0,908 (2/3)^{\beta/15},$$

ahol  $\beta$  a 4. ábra szerinti hajlás, fokokban értendő.

A kismintakísérleteket 0,2–0,6 mm szemnagyságú homokkal végezték, és azt tapasztalták, hogy finomabb anyagban az üst gyorsabban kimélyül, de végső mérete alig függ a szemnagyságtól. Megállapította, hogy éles kanyarban, a homorú oldalon levő sarkantyúk fejénél a kimélyülés 100 %-kal nagyobb, mint az egyenes szakaszon építetteknél. A kísérleti és a természetes folyókon megfigyelt eredmények egymással jól egyeztek.

Kísérleteket végzett ezenkívül *Mushtaq Ahmad* a homorú oldali partvédezetet helyettesítő sarkantyúk minimális távolságának megállapítására is [37]. A német kísérletekkel egyezően arra az eredményre jutott, hogy a sarkantyú vízbe nyúló hossza 3–5-szörösének megfelelő távolságra épített sarkantyúk már megvédik a partot az elmosástól.

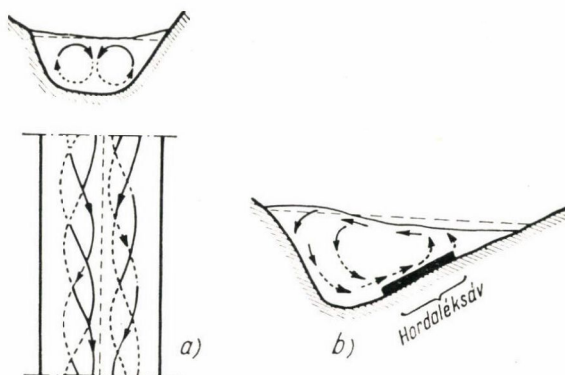
### III. A SARKANTYÚK HELYES ALKALMAZÁSÁNAK ELVEI

#### 1. A sarkantyúk hatása a mederben elfoglalt helyzetük szerint

Az eddig ismertetett módszerek és vizsgálatok általában kevés figyelmet fordítottak arra, hogy a sarkantyú a meder mely szakaszán fekszik: egyenesben vagy a kanyarulatban, homorú vagy domború oldalon, vagy pedig az inflexió közelében. Az eddigiekből csupán azt a megállapítást szűrhattuk le, hogy a homorú oldalon a sarkantyú hatása kedvezőtlenebb, mint a domborún, de azért itt is gyakran alkalmazzák. Az elmondottak között olyan szempontok is vannak, amelyek arra mutatnak, hogy a kérdést morfológiai szemszögből kell vizsgálni, és azt is szem előtt kell tartani, hogy a sarkantyú miként hat a mederben mozgó hordalékra. Hogy ezt megtehesük, a sarkantyúk hatását az egyenesben, illetve kanyarulatban való víz- és hordalékmozgással kapcsolatban kell vizsgálni.

### a) Egyenes szakaszon levő sarkantyúk

Egyenesben a fenék és a rézsűk közelében mozgó vízrészecskék sebessége a súrlódás hatására a meder közepén haladó vízrészecskééhez viszonyítva csökken. Ezért a víz színe a keresztshelvényben felülről nézve homorú. Ennek eredményeképpen a felszínen a víz a szélektől a közép felé áramlik, a fenéken pedig ellenkező értelmű mozgást végez. Az egyenes szakaszon tehát kettős csavarvonalú mozgás keletkezik (14a ábra). Ezt a mozgást Möller kísérletileg igazolta [26]. A hordalék a mederközéptől a szélek felé húzódik, ezért a meder közepén a fenék mindig mélyebb, mint a széleken. Az ilyen szakaszon a két-



14. ábra. Csavarmozgás a) egyenesben és b) kanyarban [26]

oldali sarkantyúk között a part felé irányuló hordalékmozgás következtében jó iszapoló hatás várható. (Lásd a felső Inn-ről mondottakat.) Egyoldali sarkantyúk az ilyen szakaszon csak úgy tarthatók fenn, ha az ellenkező oldalt partbiztosítással védik. Ennek hiányában a sarkantyúk szűkítő hatása következtében a víz a partot elmossa.

Jó példa erre a tiszapalkonyai gázlórendezés, amelyről Iványi is említést tesz [32].

Itt a jobboldali rőzsésarkantyúk hatására a védtelen bal partot a víz elmosta, a meder újból elszélesedett, a sodor balra tolódott, de a gázló megmaradt.

### b) Kanyarulat homorú oldalán levő sarkantyúk

Kanyarulatban a víz — mint ismeretes — a centrifugális erő hatására csavarvonalú mozgást végez (14b ábra): a felszínen a közép felől a homorú part felé, a fenéken pedig ellenkezőleg a közép, illetve a domború part felé áramlik. A homorú part mentén a vízmozgás tehát leszálló. Ennek eredménye, hogy a víz a homorú partot és a feneket is kimossa, így keletkezik a kanyarulat üstje.

Míthogy a víz eleven ereje a homorú oldalon a legnagyobb, az ideépített sarkantyú erős örvényképződést okoz, amely a feneket, illetve a partokat megtámadja, kiöblösíti. A felszínen folyó víz a víz ellen hajló sarkantyún átbukva, kissé a domború oldal felé terelődik, tehát a felszínt figyelő valóban

úgy látja, hogy a sarkantyú a meder közepe felé löki a sodrot, és úgy véli, hogy a sarkantyú hatása kielégítő. Az ilyen megfigyelések vezettek a sarkantyúk helytelen alkalmazására.

A hordalékmozgásra és mederalakulásra azonban nem a felszíni, hanem a fenék közelében fellépő sebességek nagysága és iránya a mértékadó. A fenék közelében folyó víz a sarkantyúban nagy akadályt talál maga előtt, amelyet kénytelen megkerülni. A hirtelen irányváltozás örvénylést és csavarmozgást idéz elő, ami leszálló vízmozgással és a meder kimélyítésével jár. A sarkantyúnál keletkező örvénylés és vízkitérités más a kisebb és más a nagyobb vízállásoknál, ez a mederalakulás változékonyságára, nyugtalanságára vezet. A sarkantyúval szemben — a szűkítés következtében — kimosást, meder-bővítést várunk. Ez azonban csak a kis vízállásoknál következik be, amikor a szűkítés viszonylag a legnagyobb. Ilyenkor valóban kénytelen a víz magának valamire utat mosni, de ekkor is inkább a meder kimélyítése, mint kiszélesítése következik be. Magasabb vízállásnál pedig a sarkantyú mint egy fenék-küszöb működik. Fölötte — miként az laboratóriumi kísérletekkel igazolható — a víz nagyobb sebességgel folyik át, tehát nincs szüksége nagyobb átfolyási szelvényre, de utána annál nagyobb örvények nyugtalanítják a folyást.

A fenéken mozgó víz a sarkantyúba ütközve kénytelen a közép felé folyni, de utána nem tud eredeti irányába visszatérni, hanem a sarkantyú mögött szabálytalanul folyik tovább. Ennek következtében erős vízhenger keletkezik, amely szintén kimélyítést okoz. A homorú oldalra épített sarkantyú tehát mindenképpen káros, vele a célt elérni, a sodort eltéríteni csak akkor lehet, ha a sarkantyúkat sűrűn, egymáshoz közel és magasságukat legalábbis a középvíz szintjét megközelítő koronával építjük, végül ha a kanyarulat nem túlságosan éles. A célt az ilyen esetekben is — a nagy mélységek miatt — csak aránytalanul nagy költséggel lehet úgy, ahogy elérni.

Hazánkban az első világháború előtt, de szórványosan még később is, kanyarulatok erősen támadott homorú oldalait előszeretettel kísérelték meg sarkantyúkkal biztosítani és a sodrot az alámosással fenyegetett árvédelmi töltés, híd vagy egyéb mű mellől eltávolítani. Különösen a Közép-Tiszán építettek szép számmal ilyeneket. *Malina Gyula* volt az első, aki rámutatott arra, hogy a homorú oldali sarkantyúk a Tiszán nem válnak be [38].

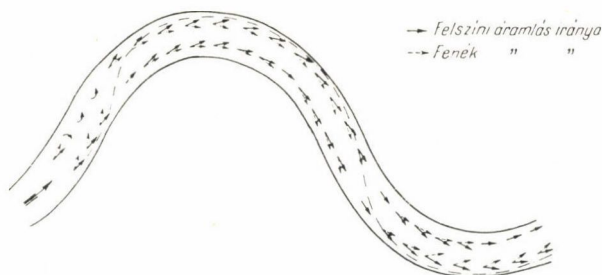
Ilyen sarkantyúk építése vándorló, teljesen meg nem kötött medrű folyókon különösen veszedelmes. A lefelé vándorló kanyarulat az ilyen sarkantyúknál egyre élesebbé, a sodornak a sarkantyúkkal bezárt szöge pedig kedvezőtlennek válik. Eddigi gyakorlatomban három ilyen elrontott szakasz helyreállításának a tervét volt alkalmam elkészíteni és kivitelét vezetni, kettőt a Tiszán Tiszafüred fölött és egyet a Felsődunán az Ásvány alatti mellékágban. Mindegyik esetben a sarkantyúkat és az egyéb kiszögelléseket teljesen eltávolítva és sima partvédezzel pótolva szabályos, állandó medret sikerült kialakítani. Legtanulságosabb példa a Tiszafüred fölötti partvédezet volt. Itt a folyó lefelé vándorol, és így a sodorvonalnak a sarkantyúkhöz való viszonya annyira megváltozott, hogy a víz végül csaknem teljesen a sarkantyúk irányába folyt, a meder pedig rendkívül elfajult.

*Megállapítható tehát, hogy a kanyarulatok homorú, a víz támadásának kitett oldalán a sarkantyúk építése kerülendő.*

### c) Kanyarulat domború oldalán levő sarkantyúk

A domború oldalon a felszínen folyó víz a parttól a közép felé, a fenéken mozgó víz és hordalék pedig a közép felől a part felé áramlik. A hordalék tehát a domború oldali zátony enyhe lejtőjén felfelé mozog. A zátony lábánál mindig

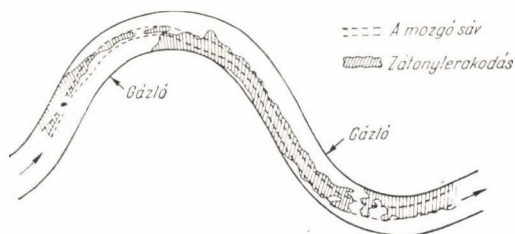
van egy mozgó hordaléksáv, amely a vízállás emelkedésével a zátony részsűjére is kiterjed. Többek között *Mühlhofer* [30] is megállapította, hogy a hordalékmozgási sávok a keresztirányú áramlások következményeiként alakulnak ki, ha ilyenek nem volnának, a hordalék a meder egész szélességében eloszolva mozogna. Mivel a természetes vízfolyásokon keresztirányú áramlások mindig vannak, hordalékméréseknél az egy függőlegesben észlelt hordalékmennyiség, a víz sebessége és mélysége között összefüggést találni nem lehet.



15. ábra. Csavarmozgás kanyarban [26]

A víz fenék közelében tapasztalható keresztfolyását a svájciak árvíz esetére is beigazolták [31]. A zátonyokon nagy köveket festettek meg, és megfigyelték, hogy azok ferde irányban elmozdultak. A fedőréteget alkotó kavicszemek is ferdén helyezkednek el a zátonyokon (15. ábra).

Abból, hogy a hordalék a zátony lejtőjén ferdén felfelé mászik, következik, hogy a víz a hordaléket emeli. Ebből következik, hogy a nagyobb



16. ábra. Hordalékmozgás kanyarban [29]

kavicsokat hamarabb otthagya, a kisebbeket pedig magasabbra emeli. Ennek eredménye a hordalék szétkeveredése, ami bekövetkezik, akár megáll a hordalék, akár mozgásban marad.

Egymást követő kanyarulatokban a hordalék útját és lerakódásának helyét a 16. ábra szemlélteti. Az ábrából szembetűnő *Fargue* által megállapított az a törvényszerűség, hogy a sodoralakulás és hordalékmozgás jelenségei a medervonalozáshoz képest mindig lefelé tolódnak. Tehát :

1. a víz támadáspontja és a legnagyobb mélység nem a görbületi tetőponton, hanem attól lejjebb alakul ki ; *Wittmann* úgy találta [29], hogy a

legnagyobb mélységek a domború part feletti egyenes meghosszabbításának a homorú parttal való metszéspontjától egy mederszélességgel lejjebb helyezkednek el.

2. Hasonlóképpen a legnagyobb hordaléklerakódás sem a tetőponttal szemben, hanem attól lejjebb következik be.

3. A sodor ellenkező oldalra való átváltása nem a meder inflexiós pontjánál, hanem lejjebb következik be, amikor a keresztfolyás megszűnik, és a víz már erősen belép az ellenkanyarba.

*Humphreys* és *Abbot* a Mississippin kimutatták, hogy a gázló valóban az inflexió alatt, az ellenkanyar kezdeténél van. Ezt minden folyón észlelni lehet.

Nézzük mármost a domború oldali sarkantyú esetét. A domború oldalon a víz eleven ereje kisebb, a fenékáramlás pedig legtöbbszörre bőséges hordalékkal a part felé és felfelé irányul. A sarkantyú a fenék közelében mozgó vizet még erősebb felemelkedésre készíti, s mivel a hordalék nem tud a vízzel együtt felemelkedni, lerakódik. *A domború oldalra épített sarkantyúk tehát a zátonyképződést elősegítik.* Az ilyen sarkantyú addig, amíg ki nem alakult körülötte a zátony, a meder közepe felé tereli a vizet, később ez a hatás csökken, végül eltűnik, és a sarkantyú a képződött zátony gerincévé válik.

A sarkantyúkat a természetes zátonyok megfigyelése alapján úgy kell megtervezni, hogy azok valóban a zátony gerincét képezhessék. Tehát a görbületi tetőpontnál koronájuk a legmagasabb és esésük a legmeredekebb, az inflexiónál pedig a legalacsonyabb és hajlásuk a legenyhébb (*11. ábra*).

Ezek a sarkantyúk a *Girardon* elvei szerinti szabályozásnak, az ún. kisvízszabályozásnak fontos eszközei, velük lehet a hajózás részére szükséges mederszűkítést és a kívánt mélységek kialakulását viszonylag kis költséggel elérni.

A domború oldalon épített sarkantyúk tehát a természetes fenékáramlás irányával szembe, a homorú oldalon építettek pedig azzal megegyező irányba terelik a fenék közelében mozgó vízrézszececskéket. Ezzel magyarázható, hogy a domború oldali sarkantyúk hatására lerakódás, a homorú oldaliakéra pedig kimélyülés következik be.

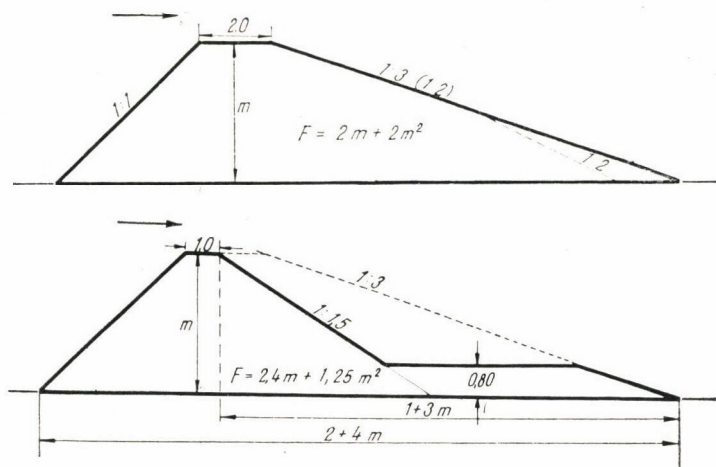
#### d) *Inflexióban levő sarkantyúk*

Az inflexióban, vagy annak közelében a víz éppen irányt változtat, mondhatjuk, hogy labilis egyensúlyi helyzetben van, ezért aránylag kis beavatkozással kitéríthető irányából. Az inflexióban és attól lefelé valóban érvényesül a sarkantyúk terelő hatása. Ilyen helyeken a sarkantyúk csakugyan a szabályozás gazdaságos és hathatós eszközei.

Az ilyen sarkantyúkkal végezzük mindenekelőtt a gázlók rendezését. Egy vagy mindkét oldali, aránylag alacsony sarkantyúkkal kedvező gázló-mélységeket érhetünk el. A gázló kimélyülése egyrészt a rossz helyen levő mélységek feltöltődése, másrészt a víz összeszorítása következtében alakul ki. A Felső-Dunán a sarkantyúkat 2,0 m széles koronával, 1 : 1 és 1 : 3, illetve nagy mélységeknél az alsó részen 1 : 2 hajlású rézsúvél építjük (*17a ábra*). Köbtartalmuk a mélység növekedésével közel négyzetes arányban nő, ezért nagy mélységekben lehetőleg nem építünk sarkantyút, hanem inkább megvárjuk, míg a szomszédos sarkantyúk hatására a meder kissé feltöltődik. Sekély helyeken viszont a sarkantyú nem elég hatásos és nem elég állékony.

Nem hatásos, mert aránylag kicsiny a teste, tehát a szűkítés is, és nem állékony, mert kimélyülés esetén hamar beomlik, és eltűnik.

Újabban a dunai sarkantyúknál 2 m-nél nagyobb mélységek esetén ún. takarékszelvényt alkalmazunk. A fenekete tervezett szelvény széléig 80 cm vastag kőterítéssel védjük, a szelvényt pedig csökkentett méretekkel építjük meg (17b ábra). Ezzel a módszerrel 20–30 %-os kőmegtakarítást érhetünk el. Ha később a jég a koronát letúrná, az bármikor kiegészíthető. Az eddig megépített ilyen sarkantyúk jól beváltak.



17. ábra. Felsődunai sarkantyúk méretei. a) eredeti, b) takarékszelvény

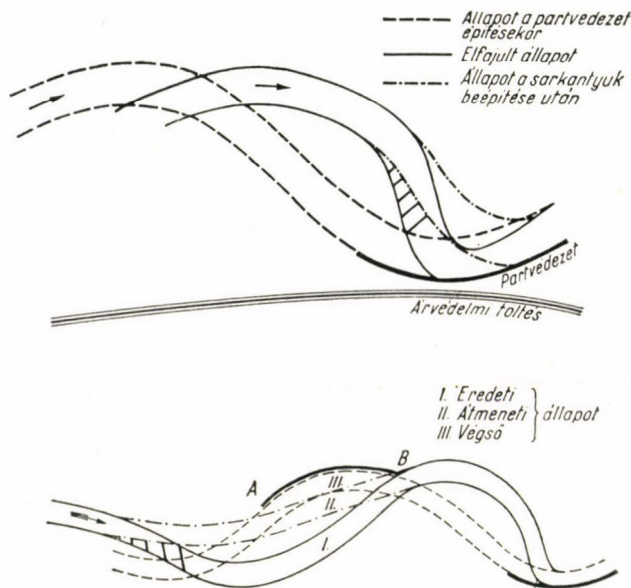
## 2. Folyószabályozás terelő sarkantyúkkal

Az inflexióban elhelyezett sarkantyúknak egy másik alkalmazási területe is van: nevezetesen a mozgó medrű folyók terelő sarkantyúkkal való szabályozása olyankor, amikor a folyót gyors irányváltozásra akarjuk kényszeríteni. Árvédelmi töltést vagy hasonló művet veszedelmesen megközelítő vándorló medrű folyónál gyakran előfordul, hogy a kanyarulat túl élessé válik. A védett partnál a partvédezet ellenáll, a felette levő folyószakasz azonban vándorol, és végül a víz csaknem merőlegesen támadja a partot. A támadó pontnál kimélyülés áll elő, ezért a partvédezetet folyton ki kell egészíteni. Ilyen helyen a kanyarulatot feltétlenül enyhíteni kell, amit az inflexióban épített sarkantyú-csoporttal érhetünk el (18a ábra). A meder áterelése természetesen csak fokozatosan, lépésről lépésre hajtható végre. Először a felső 3–4 sarkantyút építjük meg. Ezek hatására alattuk azonnal feliszapolódás keletkezik; a további terelő sarkantyúk tehát már kisebb költséggel építhetők meg. Ezenközben állandóan figyelni kell, hogy az egyes művek beépítésére hogyan reagál a folyó.

A Felső-Duna egyik mellékágában igen jól sikerült ilyen szabályozást hajtottunk végre. Az inflexióban 3 rőzsefonásból készített sarkantyúval eltereltük a sodrot az árvédelmi töltéstől. A sarkantyúk beépítése után csakhamar

tapasztaltuk, hogy a víz a szemben levő zátonyt erősen szaggatja, a homorú oldalon pedig, az eddigi támadásponton, az 5—6 m-es mélységek helyén a meder feltöltődik, és fél év múlva a zátony már a vízből is kilátszott. A víz támadáspontja jóval lejjebb húzódott, ereje — mivel a görbületi sugár nőtt — lényegesen gyengült.

Előfordult, hogy a vízfolyás vonalozása miatt az elfajult kanyarulat ilyen módon nem enyhíthető. Ilyen esetben esetleg célra vezet az, hogy először az elfajult kanyarulat fölötti ellenkanyart próbáljuk az inflexió közelében



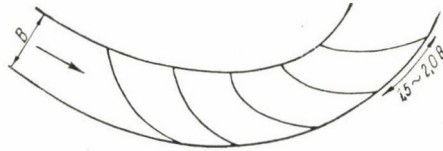
18. ábra. Terelő sarkantyúk alkalmazása

épített terelő sarkantyúkkal legalább megközelítőleg a régi mederbe visszaterelni (18b ábra). Egyidejűleg az  $A-B$  vonalon a partvédezetet (depóniát) is megépítjük. Az ábra az építkezés első ütemét tünteti fel. Később további sarkantyúkkal a medret fokozatosan az  $A-B$  ív mellé szorítjuk. Ha ez megtörtént, akkor a folyó a következő kanyarban is rendszerint magától tér vissza a régi helyére. Ha nem, akkor kis vezérárkot ásva, könnyű terelő párhuzammúvel és néhány olesó sarkantyúval könnyen odaterelhető.

A dolog természetéből folyik, hogy a terelő sarkantyúk olesó, könnyű rőzseművek, ha feladatukat teljesítették, megsemmisülhetnek. Ilyen módon a kívánt cél egyszerű eszközökkel és kis költséggel elérhető, mivel a szabályozási munka legnagyobb részét a vízzel végeztetjük. Ha a folyó természetének megfelelő műveket alkalmazunk, a folyó könnyen, szinte önként engedelmeskedik akarataunknak. De ha a művekkel nem alkalmazkodunk természetéhez, ellenszegül, sőt néha bosszút is áll a folyó. A folyó természetének megismerése az eredményes szabályozás előfeltétele.

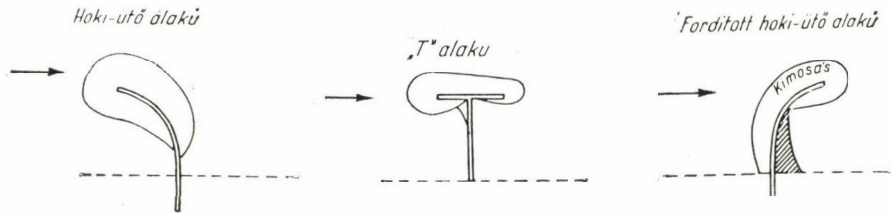
### 3. Különleges sarkantyúk

Éles kanyarulatokban — mint már említettük — a homorú oldalon nagy mélységek, a domború oldalon pedig hatalmas zátonyok alakulnak ki. Ilyen helyeken a hajóút túlságosan összeszűkül. A túlmélyülések csökkentésére már *Girardon* is fenéksarkantyúkat épített. Ezeket a németek is szívesen használják. Hátrányuk, hogy a mederfeneket nagyon nyugtalanná és szaggattá teszik, és örvényeket okoznak.



19. ábra. Görbe vonalú fenéksarkantyúk [29]

*Wittmann* [29], laboratóriumi kísérletei alapján olyan széles koronájú, görbe vonalú fenéksarkantyúkat javasolt, amelyek nagyjából merőlegesek a fenéksebességek irányára (19. ábra). Kísérletei szerint ezek a sarkantyúk a homorú oldal felé terelik a hordalékot, és számottevő feltöltődést okoznak. Egyenes feneket ezekkel sem lehet elérni, azonban az egyes fenéksarkantyúkhöz képest, mivel az üstök mélysége 40%-kal csökken, javulást jelentenek. A sarkantyúk javasolt távolsága a mederszélesség 1,5—2,0-szerese.



20. ábra. Különleges alakú sarkantyúk [36]

*Mushtaq Ahmad* [36] ugyancsak kísérletezett — ún. hoki-útő és fordított hoki-útő alakú — görbe vonalú sarkantyúkkal (20. ábra).

Az angolok is beszámolnak ilyenfajta kísérletekről [47]. Véleményem szerint az ilyen különleges alakú sarkantyúk bizonyos esetekben előnyösek lehetnek, de hazai alkalmazásuk csupán kisminta kísérletek alapján javasolható.

### IV. MORFOLÓGIAI MEGFONTOLÁSOK

Újabban — különösen a Dunával kapcsolatban — végzett morfológiai vizsgálódások [39] annak felismerésére vezettek, hogy a folyók szakaszjellegét a hordalékviszonyok és a mederanyag tulajdonságai, különösképpen a mederanyag és a hordalék szemösszetétele közti különbség, vagy egyezés

döntően befolyásolja, ill. meghatározza. Kézenfekvő tehát, hogy az eltérő jellegű folyószakaszokon épített sarkantyúk egymástól nagymértékben eltérő hatásának okát a hordalékviszonyok különbözőségében keressük.

A Duna Komárom és Gerjen közötti szakaszán,\* ahol a meder feneke ellenálló, a múltban alkalmazott ún. „T”-művek jól beváltak. Erről a szakaszcól megállapítható, hogy kanyargásra nem nagyon hajlamos, a folyó tehát jól tűri a sarkantyúk szűkítő hatását, és nem fajul el. (A „T”-művek sem egyebek, mint középvízi sarkantyúk.)

Az észak- és nyugat-európai folyók legtöbbször medre ellenálló, viszonylag kevés hordalékot szállítanak, nem nagyon kanyargósak. Ezeken a sarkantyúkkal való szabályozás általában bevált. Hasonló elbírálás alá esnek a felsőszakasz jellegű, kanyargásra nem hajlamos bevágódó folyók. Ilyen folyókon elég gyakran találunk partvédezetet helyettesítő sarkantyúkat (Albánia). Legújabbán Észak-Tirolból számolt be *Mitteregger* [42], homorú oldali rőzsésarkantyúk alkalmazásáról.

Más elbírálás alá esnek azonban a kanyargós, mozgó medrű, erős meanderezésre hajlamos folyószakaszok. Az ilyen szakaszon a folyó mindig saját alluviumában kanyarog, és a medrének anyaga könnyen megbontható. Az ilyen szakaszokon a folyó nagyon erősen reagál a homorú oldali sarkantyúkra, és rögtön elfajulások, szabálytalan kimélyülések keletkeznek. Az erős kanyarulatokban vándorló folyó szabályozásának egyetlen, jól bevált módszere a jó vonalozással tervezett, homorú oldali *partvédőművek* építése. Az ilyen folyó sarkantyút csak az inflexiókban tűr meg, de ott is csak a kanyarulatot helyes irányba terelő ideiglenes rőzseművek, a gázlók rendezésére pedig iszapoltató sarkantyúk ajánlhatók. A gázlójavító kisvízszabályozó sarkantyúk akkor jók, ha partvédezetre támaszkodhatnak, kivéve, ha a meder nagyon ellenálló.

Mozgó medrű folyóknál az inflexiókban a gázlók a zátonyok vándorlása miatt időnként elromlanak. Általános tapasztalat szerint a meder- és zátonyvándorlást megszüntetve, a gázlók is megjavulnak. Ilyen esetben megfontolandó tehát a vándorló kanyarok jó vonalozás mentén való megkötése.

Alsószakasz jellegű folyóknál kell leggyakrabban sarkantyúkkal beavatkozni. Az ilyen folyókat a bőséges hordalék és a feltöltődő hajlam jellemzi. Az utóbbi sziget, közép- vagy parti zátony képződésben, több ágra szakadásban nyilvánul. A szigetekkel és zátonyokkal tagolt, több ágra szakadozott mederben a hajózáshoz és a zavartalan jégelvonuláshoz szükséges mélységek nem alakulhatnak ki. Az ilyen szakaszok szabályozását tehát nem csupán a hajózási, hanem az árvédelmi érdekek is parancsolólag követelik. Az alsószakasz jellegű folyók szabályozásának első lépése az egységes meder kialakítása (a szigetágak és mellékfolyások lezárása, a felesleges ágak feliszapoltatása stb.). A medret lehetőleg enyhe kanyarulatokban kell vezetni és a homorú oldalakon a partbiztosításokat időben célszerű megépíteni. A szükséges medermélységek, ha önmaguktól nem fejlődnek ki, a domború oldalakon és az inflexiókban elhelyezett szűkítő sarkantyúkkal állítandók elő.

A folyók morfológiai jellegének figyelembevételével a sarkantyúk alkalmazása körül eddig felmerült ellentmondások megszüntethetők. Vissza-

\* A legújabb tapasztalatok szerint az ún. stabil szakasz alsó határa Dunaföldvár körül lehet, tőle lefelé Gerjenig átmeneti szakasz van, amelynek feneke már könnyebben mélyül.

jutottunk ismét ahhoz a régi, jól bevált folyószabályozási elvhez, hogy a folyó sajátosságait gondosan megfigyelve és tanulmányozva kell a szabályozás módját megválasztani.

Nem vitás, hogy hatalmas anyagi áldozatokkal halszállakyszerűen elhelyezett sarkantyúk tömegével tetszés szerinti mederbe lehet a folyót kényszeríteni. A folyószabályozónak azonban arra kell törekednie, hogy minél kisebb anyagi eszközökkel minél kevesebb anyaggal érjük el a kívánt hatást. A folyó természetének megfelelő műveket alkalmazva a szabályozási munka legnagyobb részét maga a víz végzi. Ilyen műveket azonban csak azok tudnak tervezni, akik a folyó természetét nemcsak tanulmányozták, hanem valójában meg is ismerték.

A Felső-Dunán kialakított szabályozási rendszernek éppen az a nagy jelentősége, hogy kevés számú, jól alkalmazott sarkantyúval sikerült elérni ugyanazt az eredményt, mint másutt a sarkantyúk tömegével. Hasonló eredményekkel büszkélkedhetünk a Tisza kisvízszabályozásánál is. Ehhez azonban az kell, hogy a változékony medrű folyószakaszokat évenként, sőt szükség szerint gyakrabban is részletesen felmérjük, a folyó életét tanulmányozzuk, a művek hatását pedig folyamatosan megfigyeljük.

#### IRODALOM

- [1.] A. SCHOKLITSCH : Der Wasserbau. Wien, 1930. Springer.
- [2.] WINKEL : Grundlagen der Flußregelung. Berlin, 1947.
- [3.] Der Rhein. (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Duisburg), 1951.
- [4.] O. HÖCHS : Über stromauf gerichtete Bühnen. Zentralblatt der Bauverwaltung, 1926/5.
- [5.] XVI. nemzetközi hajózási kongresszus Brüsszel, 1935 :
  - a) ARP—HIRSCH : Regulierung eingedeichter freifließender Flüsse.
  - b) L. SALCHER : Regulierung der österr. Donau.
  - c) W. A. SNOW : The Regulation of the Flow of Water in Noncanalized Embanked Rivers.
  - d) M. P. PASCALON—M. P. COLLET : Aménagement à courant libre des fleuves et des rivières endigués.
  - e) V. E. LJAKNITSZKIJ, N. A. PANCSURIN, J. M. KONOVALOV, V. M. MAKKAJEJEV, Leningrad : Töltések közé fogott folyók szabályozása a hajózás és a part védelme érdekében.
- [6.] A. SCHNEIDER : Regulierung der korrigierten Oberrheinstrecke Sondernheim—Straßburg. Die Bautechnik, 1925/12.
- [7.] DR. WITTMANN : Der Rhein zwischen Basel und Mannheim. Die Wasserwirtschaft, 1929/1—5.
- [8.] KREUTER : Der Flußbau. Handbuch der Ing.-Wissenschaften III. Teil /6. Band.
- [9.] R. WINKEL : Die Bühnenwirkung. Die Bautechnik 1928/27.
- [10.] R. NEGER : Die Entwicklung des Bühnenbaues in den deutschen Stromgebieten. Berlin, 1932.
- [11.] A. STEIGER : Künstliche Verlandung als Anfangsstadium der Flußregulierungen. Die Bautechnik, 1929/32.
- [12.] DR. E. MARQUARDT : Die Methoden des Flußbaues. Berlin, 1922.
- [13.] H. ENGELS : Handbuch des Wasserbaues. W. Engelmann, Leipzig, 1921. I. Band III. Teil. Flußbau.
- [14.] TÓRY KÁLMÁN : A Duna és szabályozása. 1952.
- [15.] BOGDÁNFY ÖDÖN : Természetes vízfolyások hidraulikája. Budapest, 1906.
- [16.] BEAUDEMOULIN : A meder összeszorítása sarkantyúkkal és a Loire 1755—1825-ben készült sarkantyúművei. Annales des Ponts et Chaussées, 1883. I. (Vízügyi Közl. XIX.)

- [17.] GIRARDON H.: (Ford. Bogdánfy Ö.): A folyók kisvízi medrének szabályozása. Vízügyi Közl. XI., 1894.
- [18.] FARGUE : La forme du lit des rivières à fond mobile. Paris, 1908.
- [19.] Voproszi gidrotehniky szvobodnih rek. — Szabad folyók hidrotechnikai kérdései. Szovjet alapvető folyamszabályozási tanulmányok gyűjteménye. Moszkva, 1948.  
a) N. S. LJELJAVSZKI: Homokzátónyok mozgásának tanulmányozása Alexandrov város mellett. 1896.  
b) N. S. LJELJAVSZKI: Nagyobb folyók mélyüléséről.
- [20.] N. A. DOMANEVSZKIJ, M. V. MJASZNIKOV: A Felső-Dnyeper medence folyói hajózási viszonyainak javulása. Recsnoj Transport. 1953/2.
- [21.] V. G. POLJAKOV: O vüpravlenii perekatov nanoszupravljajucesimi szourozsenijami. (A gázlók szabályozása hordalékirányító művekkel.) Recsnoj-Transport. 1953/2.
- [22.] F. SCHAFFERNAK: Flußmorphologie und Flußbau. Wien, 1950. Springer.
- [23.] THIERRY MATSCHOB: Die Wasserbaulaboratorien Europas, Berlin, 1926.
- [24.] ED. RIEPE. Versuche über die Wirkung inklinanter Buhnen in einer konkaven Flußkrümmung. Die Bautechnik. 1930/25.
- [25.] EHRENBARGER: Modellversuche über Strömungserscheinungen in Buhnenfeldern. Zeitschr. des Ö. I. A. V., 1925/47—48.
- [26.] MÖLLER: Studien über die Bewegung des Wassers in Flüssen. Zeitschr. für Bauwesen, 1883.
- [27.] DU BOYS: Le Rhône et les rivières à lit affouillable. Annales des Ponts et Chaussées 1879. II. (Vízügyi Közl. XX.)
- [28.] WITTMANN—BÖSS: Wasser- und Geschiebepbewegung in gekrümmten Flußstrecken, Berlin, 1938.
- [29.] DR. H. WITTMANN, Geschiebetrieb und Flußregelung. Deutsche Wasserwirtschaft. 1942/6—7.
- [30.] DR. L. MÜHLHOFER, Untersuchungen über die Schwebstoff und Geschiebeführung des Inn nächst Kirchbühl. Die Wasserwirtschaft. 1933/1—6.
- [31.] Untersuchungen in der Natur über Bettbildung, Geschiebe- und Schwebstoffführung. Mitteilung Nr. 33. des Amtes für Wasserwirtschaft. Bern, 1933.
- [32.] IVÁNYI BERTALAN : A Tisza kisvízi szabályozása. Vízügyi Közlemények. 1948/2—3.
- [33.] IVÁNYI BERTALAN : Gázlórendezések Szolnok és Csongrád között a Tiszán. Vízügyi Közlemények. 1913/3.
- [34.] HORVÁTH SÁNDOR : A Felsőduna hajózási és szabályozási kérdései. Magyar Közlekedés, Mély- és Vízépítés. 1949. szept.—okt.
- [35.] SCHICK EMIL : Kisvízszabályozás, különös tekintettel a gázlókra. M. M. É. E. Közlönye. 35. k.
- [36.] MUSHTAQ AHMAD: Experiments of design and behavior of spurdikes — (Sarkantyúk tervezése és hatásuk vizsgálatára vonatkozó kísérletek). Proceeding Minnesota International Hydraulics Convention. Minneapolis, Sept. 1953.
- [37.] MUSHTAQ AHMAD: Spacing and Projection of Spurs for Bank Protection. — Civil Engineering and Public Works Rewiew. 1951/57—538. sz.
- [38.] MALINA GYULA : Mederszabályozás olcsó iszapoltató művekkel és kotrással. M. M. É. E. Közlönye, 1902. IV. füzet.
- [39.] KÁROLYI ZOLTÁN : A dunai hordalékvizsgálatok eredményeiből leszűrhető morfológiai következtetések. Földrajzi Értesítő. 1957/1.
- [40.] PARGER K.: Die Grundsätze der Donauregulierung in Österreich. Wasserwirtschaft u. Technik. 1937/9.
- [41.] SCHICK EMIL : A Duna és mellékfolyóinak szabályozása. A „Technikai fejlődésünk története” c. műben, M. M. és É. E., Budapest, 1929.
- [42.] MITTEREGGER: Die Anlaufbuhnen. Österreichische Wasserwirtschaft. 1955/2.
- [43.] TURKSZ V. A.: Rezultatü ekszpluatacii sztruenapravlajajuscik szisztem na r. Amu-Darje. (Áramlás-irányító művek üzemi eredményei az Amu-Darján.) Gidroteh. i Melior, 1953/4.
- [44.] RÖLNISCH: Wasserbauwerke (Buhnen, Dämme, Deiche und Kanalböschungen) in Bitumenbauweise. Wasserwirtschaft, 43. évf./9.
- [45.] CZERNIK S.: Zagadnienie regulaci Wisly dolnej. (Az Alsó-Visztula szabályozásának kérdése.) Gospodarka Wodna 1955/3.
- [46.] KORNACKI Z.: Regulacja Wisly srodkowej. (A Közép-Visztula szabályozása.) Gospodarka Wodna 1955/3.
- [47.] RYLANDS A.: Curved groynes and forreshore defence. (Patkó alakú sarkantyúk és hullámtér-védelem.) Civil-Engineering. London, 1956/7.