

ÁRHULLÁMLEVONULÁSI KÍSÉRLETEK AZ ÁTVONULÁSI ELMÉLET IGAZOLÁSÁRA*

I. Előzmények

A felsővezérlésű öntözőcsatorna rendszerek üzemének, a különböző fő- és mellécsatorna vízkivételek, adagoló- és osztóművek megfelelő pontosságú szabályozása megoldhatatlan a vízkivételek nyitása és zárása következtében kialakuló, s a csatornákon levonuló vízhozamhullámok mozgási törvényeinek ismerete nélkül. E nélkül ugyanis nem lehet megállapítani azt az időelőnyt, amennyivel hamarabb kell a csatorna elején beadni azt a vízhozamot, amelyre valamelyik, attól távol fekvő vízkivételnél a tervszerű vizadagolás érdekében, meghatározott időponttól kezdve szükség van. De nem lehet enélkül meghatározni a fő- és mellécsatornák vízvételi műveinek célszerű zárási időpontját sem.

Lényegében tehát arról van itt szó, hogy egy felső, „indulási szelvény”-ből elinduló vízhozamváltozás, az indulási szelvény „árhullámképé”-nek ismeretében meg kell tudni határozni egy az alatt levő, „érkezési szelvény” árhullámképét. Ez tehát tulajdonképpen ugyanaz a probléma, amely a vízfolyásokon levonuló árhullámok előrejelzésénél merül fel. Amíg azonban ott a hosszú időre vonatkozó megfigyelési eredmények statisztikai elemzése útján általában mód van empirikus összefüggések levezetésére, itt ilyen megoldásra gyakorlatilag nincs lehetőség. Nincs lehetőség azért, mivel jogos az az igény, hogy a hidraulikai adottságok ismeretében egy vadonat újonnan épült öntözőcsatornát is megfelelő biztonsággal üzemben lehessen tartani.

Más oldalról bonyolította a helyzetet a számítások végrehajtásának egyszerűségét előíró szigorú követelmény. Olyan eljárást kellett ugyanis találni, amelynek segítségével az öntözőcsatorna üzemét a legbonyolultabb üzemiállapotok esetén is biztonsággal tudja irányítani a legfeljebb technikai végzettségű fűrtvezető.

Mindezt figyelembe véve került tehát sor egy új árhullámkép meghatározási módszer kidolgozására, amelynek leglényegesebb alapösszefüggéseit a K. IV. öntözőfűrt főcsatornán 1963 őszén lefolytatott előkísérletek már igazolni is látszottak [1].

Ezeket a kísérleteket azonban még igen sok bizonytalanság terhelte annak következményeként, hogy azokból igen sokféle, egyébirányú következtetést is le kellett vonni [2]. Ezért 1965 tavaszán újabb kísérletekre került sor, most már kizárólag a szóbanforgó elmélet tételeinek igazolását tűzve ki célul.

* Az „átvonulási elmélet” új módszert ad az árhullámkép áthelyezésre.

II. Az elmélet

1. Alapösszefüggések

Az átvonulási elmélet, mint már szó volt róla [1], egy felső „indulási” és egy az alatt levő „érkezési” szelvény vízhozam idősora közötti összefüggést adja meg.

Közelebbről (1):

ha $Q_0(T)$ az indulási szelvény és $Q_L(t)$ az attól lefelé L távolságra levő érkezési szelvény vízhozam-idő függvényét jelöli, úgy a kettő között fennáll a

$$Q_L(t) = \mathcal{S}[Q_0(T)]^* \quad (1)$$

operátorral értelmezett kapcsolat, ahol

$$\mathcal{S}[Q_0(T)] = \int_0^{T^*} [1 - e^{-\lambda T(t-T-\Delta T+\Delta T_0)}] \cdot dQ_0(T) \quad (2)$$

Stieltjes integrál, azaz

$$dQ_0(T) = Q_0(T+0) - Q_0(T-0)$$

(a T időponthoz tartozó függvénynövekmény), ha a $Q_0(T)$ függvénynek a T pontban véges nagyságú szakadása van, és

$$dQ_0(T) = q_0(T+0) \cdot dT, \quad \text{ahol} \quad q_0(T+0) = \frac{dQ_0(T+0)}{dT}$$

(a $Q_0(T)$ függvény T időponthoz tartozó jobb oldali differenciálhányadosa, amennyiben az létezik), továbbá T az indulási szelvényben bekövetkező vízhozamváltozás, s $T=0$ az ottani első vízhozamváltozás időpontja, t a $T = \Delta T_0$ időponttól számított folyó idő, ΔT_0 , illetve ΔT a $T=0$, illetve $T > 0$ időpontban az indulási szelvényből elinduló, s az érkezési szelvénybe befutó elemi magasságú lökeshullám átvonulási ideje (az adott időponthoz tartozó legrövidebb átvonulási idő), amely megfelel a lökeshullám sebességére vonatkozó

$$w = \frac{v_k}{2} + \sqrt{\frac{v_k^2}{4} + g \cdot m_k} \quad (3)$$

képlettel számítható értéknek, ahol v_k a szelvény középsebességét, m_k a közép mélységét jelöli, s g a nehézségi gyorsulás [3],

$$T^* = \sup T, \quad \text{ha} \quad T \leq t + \Delta T$$

* Az első magyar nyelvű tanulmányban (1) nyomdahiba miatt az operátor \mathcal{S} szimbóluma helyett mindenhol „ φ ” került.

(azon T értékek felső határa, melyek kisebbek, vagy legfeljebb egyenlők a $t + \Delta T$ értékkel), végül

λ_{T-t} a következő összefüggés értelmezi:

$$\lambda_T = \frac{dQ_0(T)}{dV_T - \Delta T \cdot dQ_0(T)} = \frac{1}{T_{kT} - \Delta T}, \quad (4)$$

ahol

$$T_{kT} = \frac{dV_T}{dQ(T)} \text{ a } T \text{ időponthoz tartozó átlagos átvonulási idő,}$$

$$dV_T \text{ a } [Q + Q_0(T)] \text{ és a } [Q + Q_0(T) + dQ_0(T)]$$

vízhozamnak megfelelő két permanens szint között az L hosszson tározódó vízmennyiség, illetve az utóbbi jelölések közül

$$Q \text{ a } T = 0 \text{ időpontbeli permanens vízhozam;}$$

azzal a feltétellel, hogy

a) a meder anyaga nem áteresztő, vagyis az indulási szelvényen az L hosszúságú szakaszba belépő víz abból csak az érkező szelvényen keresztül távozhat,

b) a két szelvény közötti L távolság elég nagy ahhoz, hogy az indulási szelvényből elinduló lökeshullámok meredek homlokfala az érkező szelvényben már ne legyen észlelhető,

c) az L szakaszon tározódó vízmennyiség és a különböző Q permanens vízhozamok közötti kapcsolat folytonos függvénnyel jellemezhető.

2. Az elmélettel kapcsolatos néhány fontosabb megjegyzés

a) Szakkifejezések

Az elmélet kidolgozása során a nyíltfelszínű, nem permanens vízmozgásokkal kapcsolatban több új szakkifejezést kellett bevezetni. Ezeknek az új fogalmaknak az ismerete elengedhetetlenül szükséges a továbbiak követéséhez. Ezért célszerűnek látszik azokat itt röviden összefoglalni. Másrészt viszont, a teljesség kedvéért, feltétlenül hasznos annak az egy-két további, azonos témakörbe tartozó szakkifejezésnek a megemlítése is, amelyek pontos értelmezése témánk szempontjából szintén alapvető.

Ezek szerint a tanulmánynak a vízhozam-hullámokkal kapcsolatos egyes szakkifejezéseit a következőképpen kell értelmezni:

Hullámkép: valamely szelvényben a vízhozam időbeli változását leíró függvény.

Lökeshullám: valamely szelvény ugrásszerűen bekövetkező, s utána állandósuló vízhozamváltozásának eredményeként előálló, meredek homlokfalal terjedő hullám. A terjedés iránya szerint megkülönböztethető folyásirányú és folyással ellentelt irányú lökeshullám.

Egyszerű hullám: az ugrásszerű vízhozamváltozás szelvényétől megfelelő távolságban, a folyásirányú lökeshullám meredek homlokfalának ellapulásával keletkező hullám.

Egyszerű pozitív hullám: vízhozamnövekedés eredményeként keletkező egyszerű hullám.

Egyszerű negatív hullám: vízhozamcsökkenés eredményeként keletkező egyszerű hullám.

Összetett hullám: több egyszerű hullám egymásrahalmazódásának eredményeként keletkező hullám.

Azonosan összetett hullám: több, azonos értelmű vízhozamváltozással járó, egyszerű hullám egymásrahalmazódásának eredményeként keletkező hullám.

Azonosan összetett pozitív hullám: több egyszerű pozitív hullám egymásrahalmazódásának eredményeként keletkező hullám.

Azonosan összetett negatív hullám: több egyszerű negatív hullám egymásrahalmazódásának eredményeként keletkező hullám.

Vegyesen összetett hullám: több, váltakozó értelmű vízhozamváltozással járó (pozitív, illetve negatív) egyszerű hullám egymásrahalmazódásának eredményeként keletkező hullám.

b) Az \mathcal{S}^* operátor értelmezése

Az (1) illetve (2) összefüggéssel jellemzett transzformáció utasításainak követése meglehetősen bonyolult munkát ad. Az elmélet alkalmazását viszont igen megkönnyíti az a körülmény, hogy egyes gyakorlati esetekben fenn áll, vagy legalábbis jó közelítéssel teljesül a következő két kikötés:

$$\Delta T_0 = \Delta T = C_T = \text{konstans és } \frac{dV_T}{dQ_0(T)} = T_{kT} = T_k = C_V = \text{konstans.} \quad (5)$$

Bebizonyítható ugyanis [1], hogy a fenti feltételek teljesülése esetén az (1), illetve (2) összefüggés átmegey a

$$Q_L(t) = \mathcal{S}^*[Q_0(T)], \quad (6)$$

$$\mathcal{S}^*[Q_0(T)] = \int_0^t [1 - e^{-\lambda(t-T)}] dQ_0(T) \quad (7)$$

transzformációba, ahol

$$\lambda = \frac{1}{C_V - C_T} = \text{konstans.} \quad (8)$$

c) A szivárgás hatása az árhullámkép alakulására

A levezetett (1)–(4), illetve (6)–(8) összefüggések meghatározásánál, mint láttuk, alapfeltételként szerepel az, hogy a vízhozamhullám vízzáró mederben vonul le. Másszóval kikötöttük, hogy a víz a vizsgált L hosszúságú szakaszba csak az indulási szelvényen keresztül léphet be, s az onnan csak az érkezési szelvényen keresztül távozhat el.

A gyakorlati esetekben azonban ez a feltétel igen gyakran nem teljesül.

Bebizonyítható viszont [1], s a következők szempontjából igen lényeges az a körülmény, hogy az áteresztő anyagú mederben lejátszódó hullámjelenségek az át nem eresztő anyagú mederben lejátszódó hasonló jelenségekhez képest — a talajvízszint helyzetétől és az áteresztőképességi együtthatótól függően — lelassulnak, s a szivárgás hatására csökken a hullámhegyek és hullámvölgyek közötti különbség.

3. Kísérleti igazolásra váró tételek

Az elmélet levezetése során [1] az egyszerű hullámok kialakulásának, vagyis a lökeshullámok ellapulásának folyamatát tekintettük alapjelenségnek. Ezzel kapcsolatban elméleti megfontolásokból kiindulva feltettük, hogy a ΔT_0 , s általában a ΔT értéke a vizsgált L hosszúságú szakasz hidraulikai adottságainak, az egyes szelvények vízmélységének és a bennük kialakult középsebességeknek az ismeretében a (3) összefüggéssel határozható meg.

A továbbiakban a jelenség alakulására jellemző hidraulikai sajátosságok figyelembevételével, s bizonyos valószínűség-elméleti vonatkozású feltétellel élve levezettük magának az egyszerű hullámnak az alakjára vonatkozó

$$Q_L(t) = Q_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (9)$$

összefüggésünket — ahol, természetesen, a λ értékét a vízhozamváltozás megindulása előtti Q és az annak lezajlása utáni $(Q + Q_0)$ permanens vízhozamnak megfelelő két vízfelszín közötti térfogat alapján kell meghatározni.

Az alkalmazott feltevések értelmében a (9) összefüggés mind az egyszerű pozitív, mind pedig a negatív hullámok esetére érvényes kell, hogy legyen. Így alkalmas volt arra, hogy erre támaszkodva, s további valószínűség-elméleti megfontolásokból kiindulva levezessük az azonosan összetett hullámok esetére vonatkozó (1) és (2) összefüggésünket, majd azt mint operátort értelmezve érvényesnek fogadjuk el a vegyesen összetett hullámok esetére is.

Mindezt végiggondolva a II. fejezet 1. részében összefoglalt alapfeltételek teljesítése mellett a kísérleti igazolásra váró tételek tehát így csoportosíthatók:

1. Igazolni kell azt, hogy a ΔT_0 , s általában a ΔT értéke a (3) összefüggés alapján határozható meg.

2. Igazolni kell, hogy az egyszerű hullámok alakja valóban leírható a (9) összefüggés alapján.

3. Igazolni kell, hogy a (2) összefüggéssel értelmezett operátor az azonosan összetett hullámok alakját helyesen írja le.

4. Igazolni kell, hogy a szóban forgó \mathcal{S} operátorral értelmezett leképezés érvényes a vegyesen összetett hullámok esetére is.

A felsorolt pontok közül az előkísérletek [1] az első kettő igazolásával már foglalkoztak, s — legalábbis minőségileg — megnyugtató eredményeket adtak. Ennek ellenére az akkori adottságoknál megfelelőbb kísérleti körülmények biztosítása esetén természetesen feltétlenül hasznos ezeknek a kérdéseknek a további felülvizsgálata is.

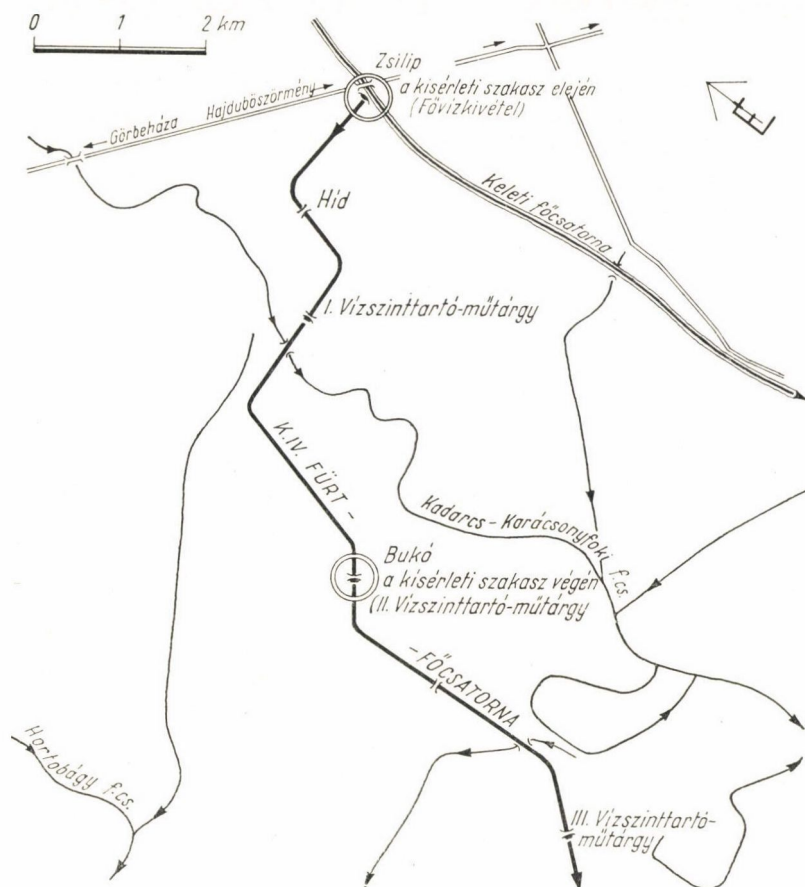
III. A kísérletek

1. A kísérleti körülmények

a) A kísérleti szakasz jellemzői

A kísérletek céljára a K. IV. öntözőfűrt főcsatornájának első és második bögéjét választottuk ki (1. ábra). Ennek a szakasznak a részletes geodéziai felvétele, a kereszt-szelvények és a hossz-szelvény a *Vízgazdálkodási Tudományos*

Kutató Intézet 1963. évi mérései alapján [4] már a vizsgálatok megindítása előtt rendelkezésre állt; s ezeket az adatokat részben már az 1963. évi előkísérletek [1] eredményeinek a feldolgozásánál is felhasználtuk.



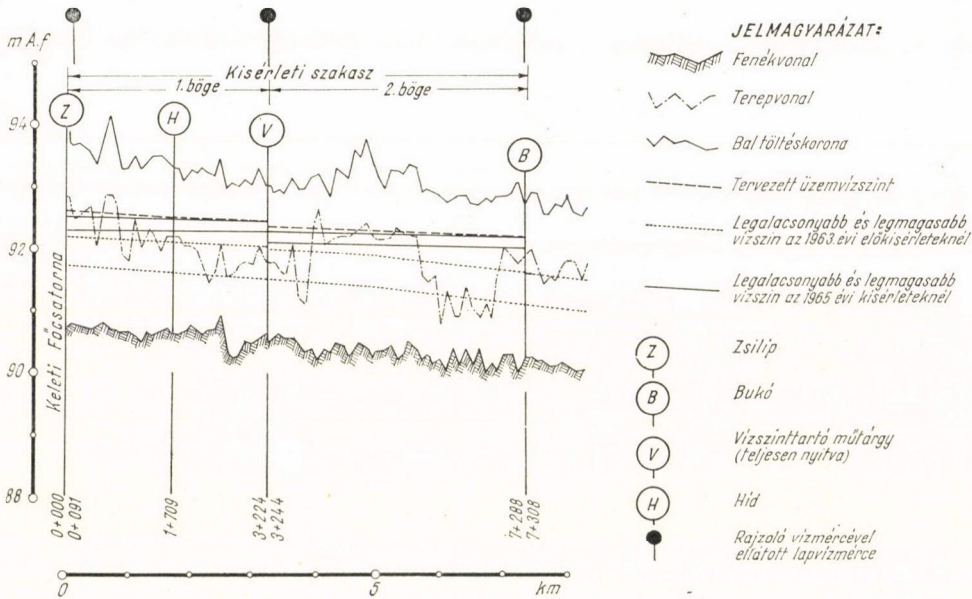
1. A K. IV. fűrt-főcsatornán végzett árhullámlevonulási kísérletek helyszínrajzi elrendezésének vázlatja.

A felvétel és az időközben végrehajtott mederérdesség vizsgálatok [2] eredményei szerint a kísérleti szakasz fontosabb hidraulikai jellemzői a következőkben foglalhatók össze:

A vizsgált szakasz a fűrt-főcsatorna $0 + 000$ szelvényétől a $7 + 308$ szelvényéig terjedt (2. ábra). E szakasz esésviszonyait, a szakaszra jellemző Strickler–Manning–Lindquist-féle érdességi tényező értékeket és a szállítható maximális vízhozamok nagyságát az 1. táblázat összesíti.

A közel parabola szelvényű mederben (3. ábra) a kísérletek folyamán $8,35 - 14,90 \text{ m}^2$ körüli nedvesített területek, s $1,05 - 1,35 \text{ m}$ körüli középmedlységek alakultak ki. A vízszintingadozás szélső értéke (a csatorna mentén

Szelvény		I ‰	k	Q _{max} m ³ /s	Szelvény		I ‰	k	Q _{max} m ³ /s
-tól	-ig				-tól	-ig			
0+000	1+479	0,063	60	6,76	3+244	5+500	0,081	52	4,86
1+479	2+500	0,063	60	4,96	5+500	7+308	0,118	52	4,86
2+500	3+244	0,086	60	4,96					



2. A K. IV. fűrt-főcsatorna kísérleti szakaszának hosszszelvénye.

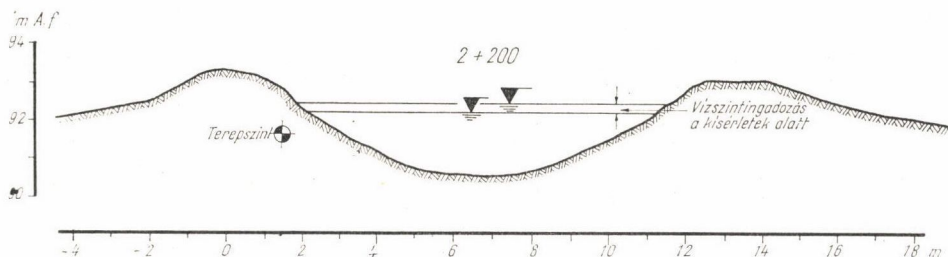
lefelé haladva fokozatosan csökkenve) 16–23 cm között volt. A kísérletek során előállított legalacsonyabb vízszin a teljes hossz mintegy 65%-án, a legmagasabb vízszin a szakasz mintegy 80%-án a terep felett helyezkedett el.

E vizsgálatok tehát lényegesen nagyobb teltség mellett folytak le, mint az 1963. évi előkísérletek. Azok során ugyanis még a legmagasabb vízfelszín is kereken mintegy 30 cm-el alatta maradt a mostani legalacsonyabb vízszinnek, s ugyanakkor az csak a szakasz mintegy 35%-án került magasabbra a terepszintnél.

A szakaszt az 1 + 709 szelvényben egy vascsölpökön nyugvó fahíd, s a 3 + 244 szelvényben az I. vízszinttartó műtárgy keresztelte. Az utóbbi táblája a vizsgálatok ideje alatt egy adott magasságban rögzíve volt.

Gondoskodtunk arról is, hogy a K. IV. főcsatorna mentén a kísérleti szakasz alatt levő valamennyi vízszinttartó műtárgy a vizsgálatok ideje alatt végig teljesen nyitva legyen.

A most ismertetendő kísérletek során az „indulási szelvény” azonos volt a K. IV. főcsatorna 0 + 000 szelvényével, ahol az úgynevezett „K. IV. fővíz-kivétel”-en, azaz egy egynyílású táblás zsilipen keresztül lehetett vizet a



3. A K. IV. fűrt-főcsatorna kísérleti szakaszának példaképpen bemutatott kereszt-szelvénye.

csatornába adagolni (4. ábra). Az „érkezési szelvény” a II. vízszinttartó műtárgy billenőtáblás bukójának a szelvénye volt (5. ábra), amely ugyancsak lehetőséget adott az átfolyó vízhozam folyamatos regisztrálására.

b) A kísérletek megszervezésénél követett szempontok

A vizsgálatok célja — a II. fejezet 3. részében foglaltaknak megfelelően — az indulási szelvényben előállított és az érkezési szelvényben bizonyos deformációval jelentkező árhullámképeknek, továbbá mindazoknak a tényezőknél a megfigyelése, amelyek az átvonulási elmélet szerint az árhullámképek kialakulását befolyásolják. Ez ad ugyanis lehetőséget arra, hogy elméletünk alapján az indulási szelvény árhullámképéből az érkezési szelvény árhullámképét kiszámítsuk, s az elmélet igazolása érdekében azt a tényleges, vagyis a vízhozammérés alapján meghatározott árhullámképpel összehasonlítsuk.

Így végülis kísérleti programunk a következőképpen alakult: Az indulási szelvény zsilipjével elő kívántuk állítani

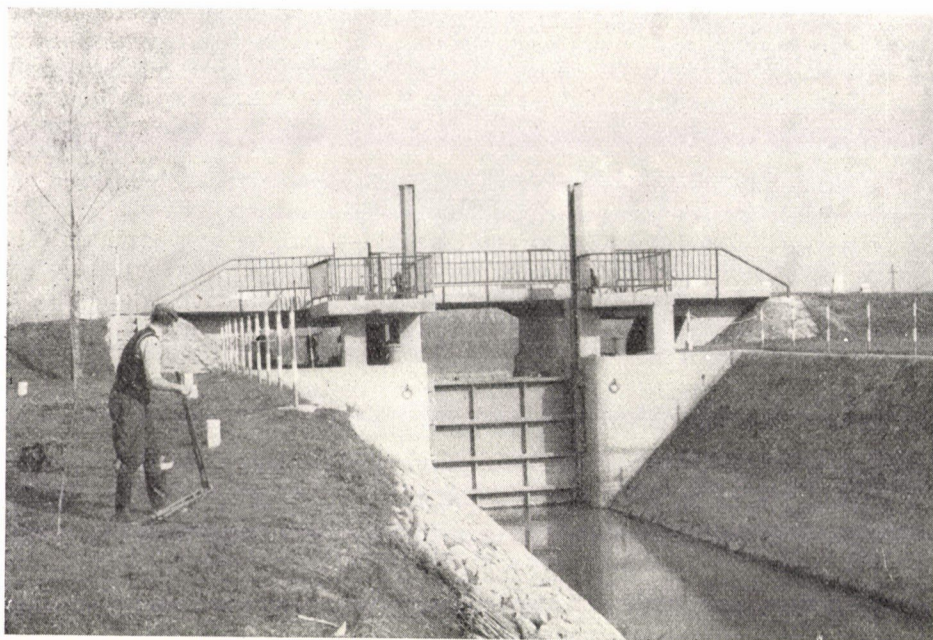
három különböző nagyságú pozitív, illetve negatív egyszerű hullámot; egy két és egy három egyszerű hullámból azonosan összetett pozitív, illetve negatív hullámot;

egy pozitív és egy negatív, illetve egy negatív és egy pozitív, továbbá két-két egymás után következő pozitív és két-két negatív, illetve két-két negatív és két-két pozitív egyszerű hullámból összetett vegyes hullámot, és végül

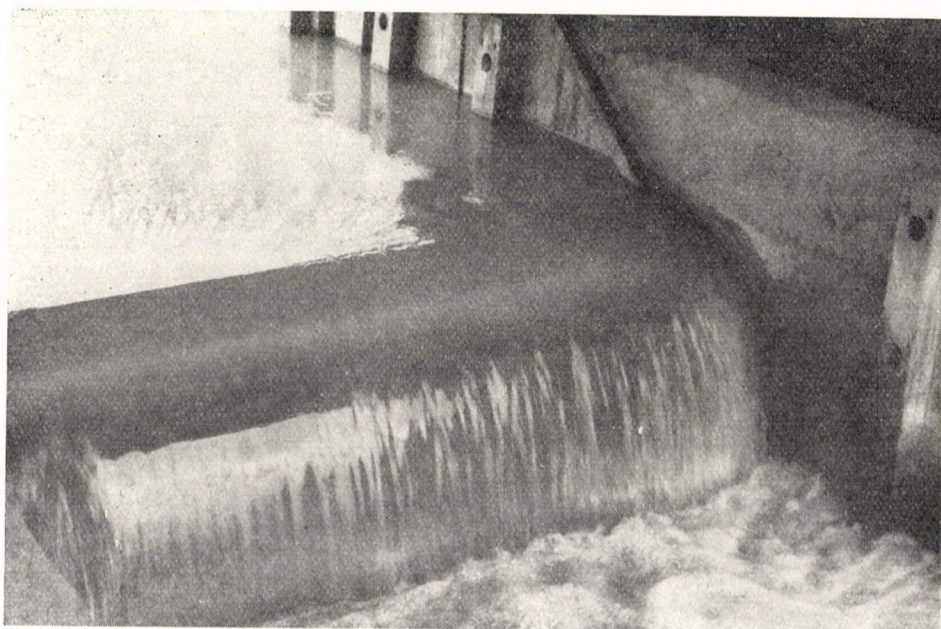
két-két egymás után következő pozitív és negatív egyszerű hullám többszöri váltakozásából adódó vegyes hullámot;

azaz részletesen elemezni kívántunk összesen 15 hullámképet.

E kísérletek megszervezésekor három megoldásra váró feladatot kellett egyidejűleg szem előtt tartani: meg kellett oldani az indulási és az érkezési szelvényénél a levonuló vízhozamok regisztrálását, továbbá a két szelvény közötti mederszakasz elméletünk szempontjából fontos hidraulikai alapadatoknak az egyidejű beszerzését.



4. A kísérleti szakasz elején levő zsilip (a K. IV. fővízkivitel).



5. A kísérleti szakasz végén levő bukó (II. vízszinttartó műtárgy).

Az indulási szelvényben levő zsilipet 1963 folyamán magunk hitelesítettük [2]. Az eltelt két év alatt azonban a zsilip hitelesítési egyenlete meg is változhatott. Ezért ezt az összefüggést csak tájékoztató jelleggel fogadhattuk el, s a beállított tényleges vízhozamértéket a kísérletekkel egyidejűleg folyó hitelesítő vízhozammérések eredménye alapján később kívántuk meghatározni.

Hasonló módon hitelesítő méréseket kellett végezni az érkezési szelvény bukóján átfolyó vízmennyiségek meghatározása érdekében is.

Nyilvánvaló módon szükség volt azonban arra is, hogy az indulási és érkezési szelvényben vízhozamméréseket végző személyzet munkáját, az általuk meghatározott vízhozam adatok megbízhatóságát ugyanazon szelvényben végzett egyidejű összehasonlító mérésekkel is ellenőrizzük.

A vízhozammérések alapján meghatározott, s megbízhatóság szempontjából ellenőrzött hitelesítési egyenletek azonban csak akkor nyújtanak megfelelő alapot az eredmények értékeléséhez, ha az indulási szelvényben a vízhozamadagolást elég gyakran ellenőrzik, s az irányadónak tekintett értéktől való eltérést gondosan megszüntetik; illetve, ha a vízállás alakulását az érkezési szelvényben megfelelő folyamatossággal és pontossággal ellenőrzik. Ezért e két szelvényben feltétlenül rajzoló vízmércét kellett felállítani.

Figyelemmel kellett lenni azonban arra is, hogy az elméleti összefüggés, mint láttuk, vízáró anyagú mederre vonatkozik, s hogy a számítások a különböző permanens vízhozamokhoz tartozó szintek között tározódott vízmennyiségek, továbbá az elemi magasságú lökeshullám átvonulási idejének figyelembevételén alapszik. Az utóbbi viszont a szelvények közepességének és a középmezőségeknek a figyelembevételével határozható meg.

Ezért — bár az előkísérletek során a most vizsgált szakaszon vízvesztések nem léptek fel [1], mégis, biztonság kedvéért — gondoskodni kellett a különböző körülmények között esetleg jelentkező szivárgási veszteségek megállapításáról, továbbá a permanens szintek rögzítéséről és a vizsgált szakaszon átfutó, leggyorsabban haladó elemi vízhozamváltozások átvonulási idejének észleléséről.

c) Az észlelések és mérések

Az elmondottakat figyelembe véve a következőkben részletesen ismertett észlelésekre rendezkedtünk be:

Az indulási és az érkezési szelvényben a műtárgyak előtti és utáni vízállásokat külön erre a célra igénybe vett személyzettel észleltettük. Az indulási szelvényben ugyanaz a személyzet látta el továbbá a zsilip vízszállításának a szabályozását is.

Ezekkel a munkákkal kapcsolatban a következő előírások voltak a mértékadók:

Az indulási szelvényben a vízhozamváltoztatásokra mindig kerek órákban került sor. Ezután ott 4 alkalommal minden negyed órában, majd 6 alkalommal minden fél órában, s végül ezután minden kerek órában le kellett olvasni az alvízi és a felvízi vízmércét. A vízállások ismeretében ki kellett számítani a nyomómagasságot, majd a rendelkezésre álló (még az 1963. évi kísérletek [1] alapján meghatározott) hitelesítési egyenlet alapján centiméter pontossággal úgy kellett beállítani a zsilipet, hogy az átfolyó vízhozam legjobban megközelítse az előírt értéket.

Az érkezési szelvényben ilyen részletes megfigyelésre nem volt szükség. Ezért ott megelégedhettünk a kerek órákban elvégzett észlelésekkel is.

Az természetesen magától értetődő, hogy ezeket az észleléseket mind a két szelvényben egymással összehangolt órák segítségével végezték, s az észlelési eredményeket naplóban rögzítették.

Említésre méltó továbbá az a körülmény is, hogy az észlelő személyzet pihenőjének biztosítása érdekében minden éjjel 23 és 3 óra között az észleléseket szüneteltették. Viszont, éppen ezt figyelembe véve, a vízhozamváltásokat természetesen úgy ütemeztük, hogy erre az időszakra a közel permanens állapot lehetőleg az egész vizsgált szakaszon már beálljon.

Az észlelések megbízhatóságának ellenőrzésére, s a folyamatos észlelés biztosítása érdekében mind a két szelvényben egy-egy 1 : 5 áttételű rajzoló vízmércét is elhelyeztünk. Ezek közül a fővízkivitel rajzoló vízmércéjének hetes körülfordulású, az érkezési szelvényének pedig napos körülfordulású dobja volt.

Meg kell jegyezni azt is, hogy az indulási szelvénynél április 26 reggeltől május 31 reggeléig, vagyis a I—VIII. kísérletnél, egy közönséges rajzoló vízmérce segítségével csak az alvíz magasságát észleltük, míg ezután a nyomómagasság ellenőrzésére szolgáló differenciál úszóműves rajzoló vízmércét helyeztünk üzembe. Az érkezési szelvényben viszont, bukóról lévén szó, a felvíz regisztrálására rendezkedtünk be.

Részben az órák járásának, részben pedig az észlelő személyzetnek az ellenőrzését célozta az az előírás, hogy az észlelők minden kerek órában az úszó kismértékű megemeléssel, s így a szalagon egy kis függőleges vonás húzásával kellett megjelöljék az észlelés végrehajtásának tényét. Az állandóan a kísérlet vezetőjének felügyelete alatt álló indulási szelvényben azonban ezt a szabályt csak a differenciál úszóműves rajzoló vízmérce üzembehelyezése után léptettük életbe.

A rajzoló vízmércék szalagjainak a cseréjét, illetve a tollak átállítását a kísérlet vezetője, vagy helyettese személyesen végezte el.

Az utasítások betartását, az észlelések megbízhatóságát naponta legalább egyszer, igen gyakran azonban szűrőpróba szerűen naponta többször is ellenőriztük. Különös gondot fordítottunk az indulási szelvényben levő zsilip szabályozásának ellenőrzésére.

Ezeknek az ellenőrzéseknek az alapján meggyőződhattünk arról, hogy — néhány, kivételként előforduló esettől eltekintve — a személyzet a munkát gondosan, megbízhatóan végezte; s a gyakori ellenőrzés lehetővé tette azt is, hogy ennél az egy-két alkalommal tapasztalt esetnél az észlelési adatokat megbízható módon javítsuk.

Ezek az ellenőrzések mutattak rá végül arra is, hogy az érkezési szelvényben, a bukón átfolyó víz magasságát regisztráló rajzoló vízmérce két szerkezeti eleme (szerelési hibák miatt) üzem közben súrlódott egymáson. Ennek a hibának, vagy legalább is a hiba hatásának a megszüntetésére természetesen mindent megtettünk. Ennek ellenére néhány kísérletnél — és a műszer szerkezeti adottságaiból adódóan csaknem kizárólag emelkedő víz-állások esetén — előfordult az, hogy a műszer által rajzolt görbe szerinti vízállás változás elmaradt a vízállás tényleges változásának ütemétől, s ezt az értékelő munkánál, a későbbiekben, feltétlenül figyelembe kellett venni.

*

A ki- és belépő vízhozamok mérésére szolgáló műtárgyak hitelesítésének elvégzése érdekében permanens állapotok mellett, az indulási szelvény közvetlen környezetében 14, az érkezési szelvény környezetében pedig 20 vízhozammérést végeztünk. Ezek mindegyike, a mérés szelvényétől függően, alkalmas volt vagy az egyik, vagy a másik műtárgy hitelesítésére. Közülük azonban (a műtárgyak hitelesítése mellett) elsősorban a két forgóműves sebességmérő műszer hitelesítési egyenletének az ellenőrzését szolgálta az az azonos szelvényben párhuzamosan végzett 5—5 vízhozammérés, melyek közül 1—1-et az indulási szelvény zsilipjének, 4—4-et pedig az érkezési szelvény bukójának a környezetében hajtottunk végre.

Az utóbbiakra azért volt szükség, mert bár rendszeres ellenőrzéssel meggyőződünk arról, hogy a méréseket előírásosan [5], s az elérhető szélső pontossággal végezték el; mégis a műszerek hitelesítési egyenletében rejlő esetleges szabályos hibák a mérési eredményeket ugyancsak szabályos, s megfelelő összehasonlító mérések nélkül nem becsülhető hibákkal terhelhették. Így a mérések alapján, például, vízveszteségek lennének kimutathatók olyan szakaszokon is, ahol azok a valóságban nincsenek.

Ezért ezeket a méréseket különleges előírások betartása mellett végeztük el. A két vízhozammérő (természetesen saját felszerelését használva) az egyes függélyekben a mérést közvetlenül egymás után hajtotta végre, s minden függélyben mindketten ugyanazon pontokban határozták meg a sebességeket.

*

A permanens vízhozamokhoz tartozó felszingörbék centiméter pontosságú rögzítése érdekében minden kerek 200 m-es szelvényben keményfa karókra erősített 2 cm osztású, puhafa vízmércelapokat helyeztünk el. Ezek „0” pontja és a tetejükbe erősített félgömb fejű csavar teteje közötti távolság milliméter pontosságon belül 1 m volt. Így a „0” pont magasságok meghatározásának megbízhatósága gyakorlatilag csak a csavarok tetejét bemérő szintezés pontosságától függött. Ez viszont szempontunkból teljesen kielégítőnek mondható, hiszen a szintezési eredményekből levezetett, s az oda-vissza mérés eredményének átlagát terhelő középhiba 2,75 mm/km-re adódott.

A rögzítendő permanens szintek beállítását az érkezési szelvényben levő rajzoló vízmérce szalagja alapján határoztuk meg. A kereken 7,3 km hosszú szakaszon egy-egy rögzítés az útviszonyoktól, s a munkában résztvevő személyek számától függően kereken mintegy 1,00—2,75 órát vett igénybe.

*

A vizsgált szakaszon átfutó leggyorsabban haladó elemi vízhozamváltozások átvonulási idejének rögzítésére, a megfigyelhetőség szempontjaira tekintettel azokat az eseteket választottuk ki, amelyeknél valamilyen hirtelen vízhozamváltozás szüntette meg a szakasz teljes hosszán kialakult permanens állapotot. Az előkísérletek eredményei szerint [1] ugyanis az egyszerű hullám frontjának, vagyis a leggyorsabban haladó vízhozamváltozásoknak a megérkezését a rajzoló vízmérce grafikonján egy jól felismerhető töréspont jelzi.

Más oldalról viszont a rajzoló vízmérce óráját nehéz pontosan beállítani. Így aztán a töréspont idejének meghatározását csak akkor nem terheli szabályos hiba, ha az azt közreforgó, s a kerek óráknak megfelelő időpontokat

rögzítő, függőleges ellenőrző vonásokat, valóban éppen a megfelelő időben húzzák meg.

Mindezt figyelembe véve az észlelés pontosságának fokozására a következő eljárást vezettük be: a kísérlet megindítása előtt mintegy másfél órával két, megbízható módon járó órát másodpercre összeigazítottunk. Ezután az, egyik óra alapján az indulási szelvény vízhozamának változását mintegy 5—10 másodpercre pontosan az előre kijelölt kerek órában kezdtük el. Ezalatt a másik órát levittük az érkezési szelvénybe, s ott az árhullám-front megérkezése előtti és utáni kerek órát ennek alapján jelöltük be.

*

Végül az észlelésekkel és mérésekkel kapcsolatban feltétlenül meg kell emlékezni azokról a hibákról is, amelyek a szabadtéri kísérletek szerves tartozékai.

Így mindenekelőtt arra kell rámutatnunk, hogy különösen a kis víz-állásváltozással járó kísérleteknél az észlelési szelvény vízállását sok esetben igen lényegesen befolyásolta a csatorna észak-északkelet, dél-délnyugati fő irányába eső, gyakran viharos erejű szél. De ugyanezeknek a kísérleteknek a megbízhatóságát rontotta a csapadékhullás is, amely az olykor 10—20 mm-t is elérő értékével már lényegesen módosíthatta a tározódás folyamatának alakulását.

Mindezeknek a hatásoknak, továbbá az érkezési szelvény rajzoló víz-mércéjének működésénél észlelt, s már említett időszakonkénti rendellenességeknek az eredményeként került aztán sor az eredetileg tervezett 15 kísérlet közül egyesek megismétlésére, s így összesen 20 kísérlet lebonyolítására. Ez az oka annak is, hogy — az időrendi sorrendben sorszámozott — I., II., V., VI. és XIV. kísérlet adatait a továbbiakban csak néhány vonatkozásban hasznosíthattuk.

2. Előkészítő vizsgálatok

a) Vízhozam-idősorok

Mint ahogy azt a III. fejezet 1. b) részében már említettük, a kísérletek értékelése az indulási- és érkezési szelvény vízhozam-idősorának elemzésén alapul. Ezért az észlelési és mérési eredmények birtokában ezek meghatározása volt az első feladat. Ahhoz viszont, hogy a két szóban forgó szelvény vízhozam-idősorát megállapíthassuk, első lépésként a vízállás leolvasások és a rajzoló vízmérce szalagok görbéi alapján meg kellett határozni a mértékadó vízállás-idősorokat. Ezután ki kellett számítani a két műtárgy hitelesítési egyenletét, s a hitelesítési egyenletek és a vízállás idősorok alapján meg kellett állapítani a vízhozamok időbeli alakulását.

*

A mértékadó vízállás-idősorok megszerkesztésénél a következő szempontok játszottak szerepet:

Az indulási szelvényben két-két vízállásleolvasás, illetve zsilipállítás között a differenciál-úszóműves rajzoló vízmérce grafikonjai szerint a nyomóma-

gasság csak kis mértékben, s emellett közel lineárisan változott. Ezért ebben a szelvényben a vízállásoknak a további feldolgozás szempontjából mértékadó értékeként a zsilipkezelők által közvetlenül észlelt alvíz- és felvízmagasságot fogadhattuk el.

Lényegesen bonyolultabb volt a helyzet az érkezési szelvényben. Itt ugyanis — az indulási szelvényvel ellentétben — az átfolyó vízhozam nagysága kizárólag csak a felvíz magasságától függött. Így a vízállás leolvasás centiméteres pontossága, illetve az ahhoz képest viszonylag kis vízszintingadozások miatt a közvetlen észlelés a vízhozamok alakulásáról csak igen durva képet adhatott. Ezért a feldolgozás szempontjából mértékadó vízállás idősorok meghatározásakor itt feltétlenül figyelembe kellett venni a rajzoló vízmérce szalagok görbét is. Ezekről ugyanis a vízállást milliméter pontossággal lehetett leolvasni.

Rá kell azonban mutatnunk arra, hogy a rajzoló vízmérce szalagokról leolvasható érték csak a vízállások relatív alakulásáról adhatott hű képet. Következik ez abból, hogy a rajzoló toll beállításakor a vízállást a szokásos módon, vagyis a műszer mellett levő 2 cm osztású lapvízmércén tett leolvasással, azaz becsléssel határozzák meg. Így a műszer által rajzolt görbe minden pontját terheli ennek beállításakor végzett egyszéri vízállás leolvasásának a hibája, ami különösen szembetűnővé válik a szalagsere vagy a toll áthelyezése alkalmával. Ilyenkor ugyanis a regisztrált vízállás görbéken egy, csaknem törvényszerűen jelentkező, milliméter nagyságrendű, de néha majdnem 1 centimétert is kitevő ugrás keletkezik. Méginkább igaz mindaz, amit e hibaforrásról elmondottunk akkor, ha — mint esetünkben — a rajzoló műszer által regisztrált görbét az észlelések alapján néhol módosítani kell.

Figyelembe véve tehát az elmondottakat az érkezési szelvény mértékadó vízállásidősorának a meghatározásánál a következő eljárást alkalmaztuk:

Alapként elfogadtuk a műszer által rajzolt grafikont, s arról minden kerek órára, továbbá azon időpontokra, amikor a grafikonon töréspont mutatkozott milliméter pontossággal leolvastuk a vízállást. Ezután a tolláthelyezések alkalmával jelentkező ugrásokat egy (értelemszerűen adódó) hosszabb-rövidebb szakaszon kiegyenlítettük, s így a vízállás adatsort kisimítottuk. Ezzel egyidőben elvégeztük az adatok ellenőrzését, vagyis a grafikonról leolvasható értékeknek az észlelt vízállásadatokkal történő egyeztetését is. Végül, ott ahol erre szükség volt, meghatároztuk a javítások mértékét, s mindezek eredményeként a közvetlen észlelésekből egy, azok eredményétől némileg eltérő, s egyúttal megbízhatóbb mértékadó vízállásidősorokat állítottunk elő.

*

A mértékadó vízállásidősorok birtokában a következő lépés a belépési és kilépési szelvényben levő műtárgyak hitelesítési egyenletének az elkészítése volt.

Ennek érdekében az ugyanazon szelvényekben, párhuzamosan végzett mérések alapján először meghatároztuk a sebességmérő műszerek egymással összhangban levő, s így mértékadónak elfogadható hitelesítési egyenleteit, majd ezeket felhasználva magukat a vízhozamokat. A vízhozamok, s a vízhozammérések alkalmával észlelt egyéb jellemző adatok alapján került aztán sor a műtárgyak hitelesítési egyenletének megszerkesztésére, amelyek megbízhatósága a következő adatokkal jellemezhető:

Az indulási szelvényben levő zsilip vízszállítását a hitelesítési egyenlet 56,4 l/s középhibával adja meg, s a hibák nagysága a hitelesítési tartományon

belül, vagyis a kísérletek folyamán adagolt vízhozamok szempontjából független a zsilipnyitás mértékétől és a nyomómagasság nagyságától. Az érkezési szelvényben levő bukó hitelesítési egyenletének megbízhatóságára a $20,7 \text{ l/s}$ középhiba a jellemző, s a hibák nagysága itt is független a vízállástól, vagyis esetünkben az átbukási magasság nagyságától.

*

A mértékadó vízállásidősorok és a hitelesítési egyenletek birtokában a két vizsgált szelvény vízhozamának alakulását már könnyen meg lehetett állapítani. Ennek a munkának az eredményeként tehát mindkét szelvényre és minden kísérletre rendelkezésre állt a további feldolgozások szempontjából mértékadónak tekinthető vízhozamidősor.

Az átvonulási elmélet segítségével azonban nem a vízhozamok tényleges értékének, hanem a megelőző permanens állapot vízhozamához viszonyított változásnak az időbeli alakulását határozzuk meg. Ezért az előzőekben már meghatározott mértékadó vízhozamidősorokon még egy további módosítást kellett végrehajtanunk: Az értékelés szempontjait figyelembe véve a vízhozam tényleges, mértékadó értékéből minden kísérletnél külön-külön le kellett vonni a kísérlet előtti permanens állapothoz tartozó vízhozam nagyságát — amelyet viszont a kísérlet megindítását megelőző két kerek óra vízhozamának középértékével azonosítottunk.

Egy vízhozamidősor tehát megadja mind az érkezési, mind az indulási szelvényre azt a $15-15$ „relatív” vízhozam-idősort, melyet a $9-23$. ábra mutat be oly módon, hogy az indulási szelvény relatív vízhozamait a tele, míg az érkezési szelvényét az üres null-körök ábrázolják. A baloldali, a vízhozamváltozás nagyságára vonatkozó léptékek mellett azonban, a jobb áttekinthetőség érdekében az ábrák jobb oldalán feltüntettük a belépő vízhozamok (vagyis az indulási szelvény), illetve a kilépő vízhozamok (vagyis az érkezési szelvény) tényleges értékeit megadó léptékeket is, „B”, illetve „K” jellel ellátva.

*

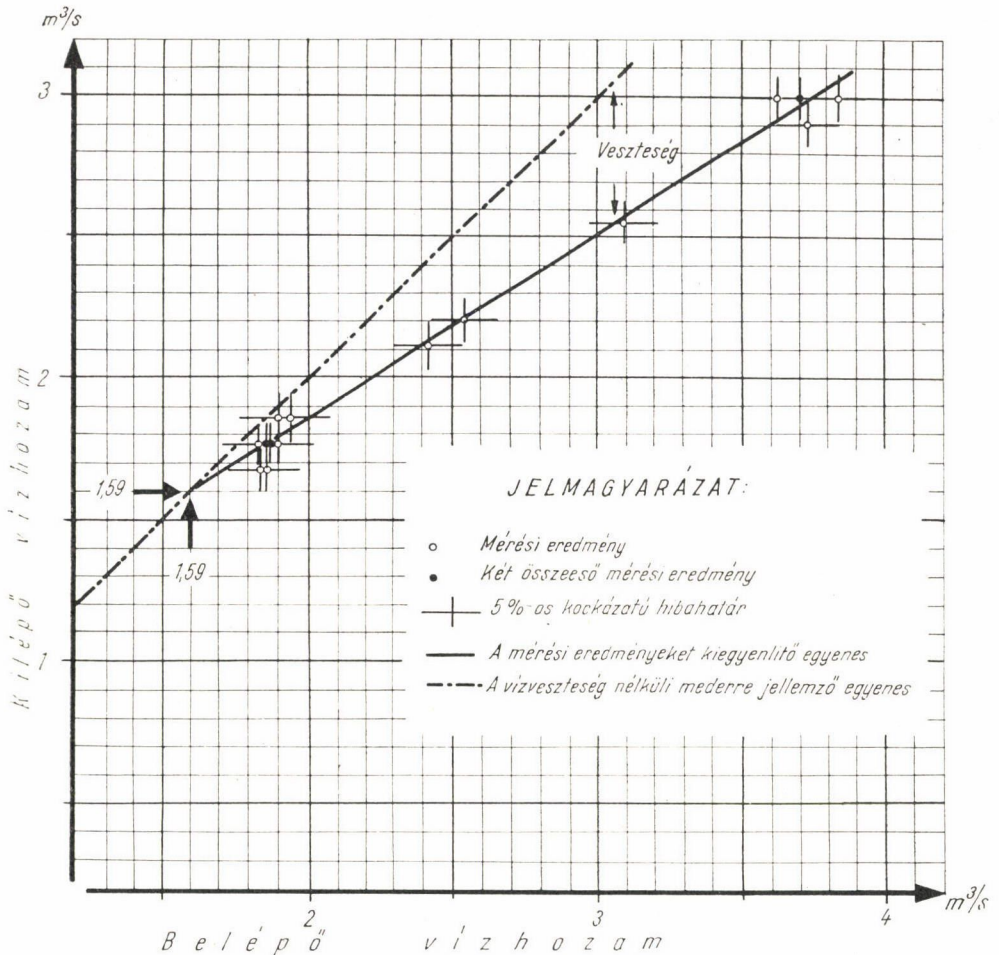
Ezek voltak tehát azok a szempontok, illetve adatok, melyek segítségével az indulási és az érkezési szelvény különböző vízhozamidősorait meghatároztuk.

Külön rá kell azonban mutatni arra, hogy ezeknek az adatsoroknak a megbízhatóságát a műtárgyhitelesítési egyenletek középhibáján kívül még természetesen a vízállásleolvasások, illetve a zsilipbeállítás középhibája is befolyásolta. Ezért a különböző hibaszámításoknál ezek hatását is szem előtt kell tartani.

b) Vízvesztések

A vízhozamidősorok birtokában a következő lépés a vízvesztéssel kapcsolatos vizsgálatok elvégzése volt, melyet a permanens állapotokra számított tényleges vízhozam adatok elemzése útján kívántuk megoldani. Ezért alapként a kísérletek, vagyis az újabb vízhozamváltozások megindítása előtt egy órával, illetve az utolsó kísérlet befejezésekor észlelt jellemző adatokat (zsilipnyitást, vízállásokat) vettük figyelembe.

Így minden egyes jellemző időpontra, azaz permanens állapotra egy-egy, vagyis összesen 21 adatpárt (belépő-, illetve kilépő vízhozam értéket) kaptunk. Annak érdekében továbbá, hogy ezekből a méréseket terhelő hibákra, s így a vízvesztések tényleges értékére is következtetni lehessen, számításainkat



6. A kísérleti szakaszon jelentkező vízvesztések permanens állapot esetén.

kiegészítettük annak az intervallumnak a meghatározásával is, amelyen kívül a tényleges, a mért értéktől nyilvánvalóan különböző vízhozamérték csak 5%-os kockázattal kerülhetett.

Számításaink eredményét a 6. ábra szemlélteti. Ez a belépő vízhozamok függvényében ábrázolja a kilépő vízhozamokat, s a mérési pontokhoz csatlakozó vonaldarabokkal feltünteti a mérés véletlen-jellegű hibájából adódó 5%-os kockázatú hibatartományokat is.

Nyilvánvaló, hogy ha vízvesztés a vizsgált szakaszon nem lenne, ezek a pontok egy 45° -os egyenes körül szóródnának. Esetünkben azonban ábránk alapján sajnos éppen ennek az ellenkezőjét kell megállapítanunk. A belépő és kilépő vízhozamok különbsége nem tekinthető a mérési hibákból adódó véletlen-jellegű ingadozás eredményének. A szakaszon lényeges vízvesztések jelentkeznek, amelyek értéke a belépő vízhozam lineáris függvényének tekinthető. Szembeötlő továbbá az is, hogy ez a vízvesztés éppen a kísérleteink során adagolt legkisebb vízhozamok környékén csökken le zérusra (6. ábra). Tehát olyan teltségnél szűnik meg a szivárgás, amely lényegesen nagyobb az előkísérletek [1] során előállított teltségeknél (2. ábra).

Így ez a kísérlet is igazolta azt az előkísérletek eredményeinek feldolgozása során szerzett tapasztalatot, hogy szakaszunkon az akkor megvalósított vízszingadozási tartományban vízvesztés nem jelentkezhetett.

Más oldalról viszont az a körülmény, hogy a vízvesztés esetünkben már nem hanyagolható el, sajnálatos módon bonyolította az értékelő munkát. Bonyolította azért, mert az elmélet vízvesztés nélküli mederre vonatkozik, s így kísérleteink nem az elméletnek megfelelő ideális állapotra vonatkoztak.

Így annak érdekében, hogy az indulási szelvény árhullámképéből az érkező szelvény árhullámképét valóban meghatározhassuk, nem elég az átvonulási elmélet egyszerű alkalmazása, szükség van arra is, hogy még valamilyen kiegészítő módszert is kidolgozzunk a vízvesztések hatásának figyelembevételére. Ez viszont azt jelenti, hogy az érkező szelvény számított és észlelt árhullámképeinek az összehasonlításakor nemcsak magát az átvonulási elméletet, hanem egyúttal a vízvesztések figyelembevételére kidolgozott módszert is ellenőrizzük.

Következésképpen, ha kísérleteink értékelése során esetleg negatív eredményre jutottunk volna, az önmagában még nem lett volna döntő az átvonulási elmélet helyességének elbírálásánál, hiszen a balsikert maga az is előidézhette volna, hogy a szivárgási veszteségek hatását helytelenül vettük figyelembe. Ha viszont *elméletünk, s a vízvesztések figyelembevételére kidolgozott módszer együttes alkalmazásával az indulási szelvény árhullámképéből az érkező szelvény árhullámképét megbízható módon számítani tudjuk, az nemcsak azt igazolja, hogy az átvonulási elmélet helyes, hanem azt is, hogy az — bizonyos módosításokkal — alkalmas az alapfeltételektől némileg eltérő adottságok melletti, bonyolultabb gyakorlati kérdések megoldására is.*

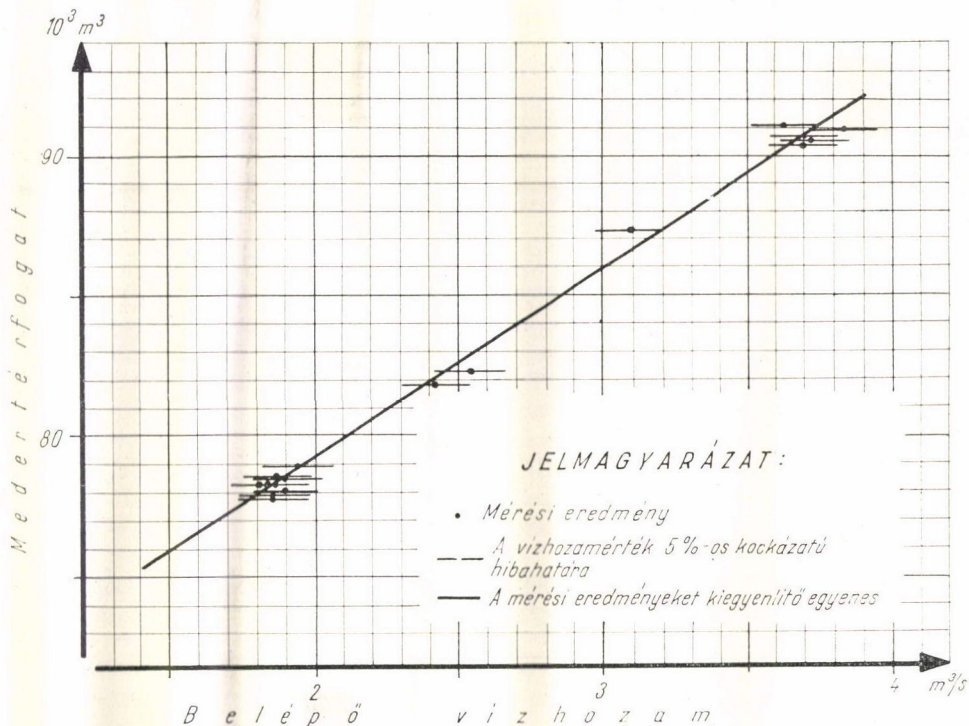
c) Medertározódás

Az átvonulási elmélet alapján végzett árhullámkép transzformáció egyik leglényegesebb alapadata a különböző permanens szintekhez tartozó medertérfogat nagysága.

Ezek meghatározására szolgáltak azok a vízállás leolvasások, amelyekkel a 200 m-enként elhelyezett vízmércék segítségével, összesen 18 alkalommal a permanens szintek beállása utáni vízfelszíneket kívántuk rögzíteni. Azáltal ugyanis, hogy a megelőző mederfelvételek [4] eredményeinek ilyen irányú feldolgozása után a szóban forgó szelvényekre a vízállás és a nedvesített terület közötti grafikus összefüggés rendelkezésre állt, a medertérfogatokat rendkívül egyszerűen meg lehetett határozni. Nem kellett ehhez mást tenni, mint a vízmércéken végzett vízállás leolvasásokat figyelembe véve a grafikonokról a terület nagyságát leolvasni, azt a szelvények közötti távolsággal megszorozni, majd a szorzatokat összeadni.

Kiegészítésül természetesen itt is elvégeztük az 5%-os kockázatú hibatartomány becslését.

Végezetül, tekintettel arra, hogy az árhullámkép transzformáció esetünkben, vagyis áteresztő anyagú medernél is az indulási szelvény vízhozam adatain



7. A belépő vízhozam nagyságával jellemzett permanens szintekhez tartozó medertérfogat.

kell, hogy alapuljon, a számított értékeket — olyan módon, ahogy azt a 6. ábra szerkesztésekor tettük — a hibatartomány nagyságának feltüntetésével felraktuk a szakaszba belépő permanens vízhozam függvényében.

Az így nyert pontokat a 7. ábra tünteti fel. Ez alapján pedig nyilvánvaló, hogy permanens állapot esetén a szakaszba belépő vízhozamok és a hozzájuk tartozó medertérfogatok összefüggése — legalábbis a kísérletek tartományában — igen jól közelíthető egy olyan egyenessel, amelynek iránytangense a II. fejezet 2. b) részében bevezetett jelöléshez igazodva

$$C_V = 1,86 \text{ óra.}$$

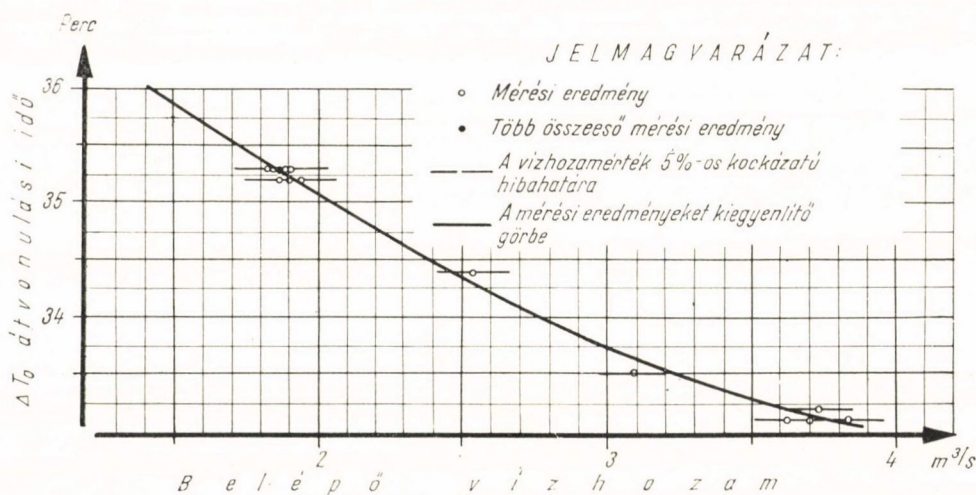
3. A vízhozam-idősorok értékelése

a) A legrövidebb átvonulási idő

A legrövidebb átvonulási idő meghatározására vonatkozó észleléseinket a III. fejezet 1. c) részében leírt módon, 18 alkalommal végeztük el. Az értékelő munka során azonban ezek közül hármat ki kellett hagyni, mivel részben a

rajzoló műszer hibája, részben pedig egyéb körülmények miatt a hullámfrontok megérkezését jelző töréspont helyét nem lehetett pontosan meghatározni.

Így a további feldolgozás céljára összesen 15 megfigyelés maradt.



8. A belépő vízhozam nagyságával jellemzett permanens szintekhez tartozó legrövidebb átvonulási idők.

Ezekre az esetekre kellett tehát a hullámfront megérkezésének időpontját a rajzoló vízmérce szalagok alapján percre pontosan meghatározni, illetve a (3) képlet felhasználásával azt ugyanilyen pontosan számítani.

E munkával kapcsolatban a következőket kell megjegyeznünk:

A rajzoló vízmérce szalagokról a kérdéses időpontokat természetesen a kerek órákat jelző szomszédos vonások közötti interpolálással határoztuk meg; s ezeknek, továbbá a kísérletek kezdő pontjának a különbsége adta az észlelt legrövidebb átvonulási időt.

Ami viszont a legrövidebb átvonulási idők számítását illeti, ezeknél a következő (feltétlenül indokolt) közelítéssel éltünk:

A számítások alapjául ez alkalommal is a 200 méterenként rendelkezésre álló szelvények adataiból meghatározható szelvényterületeket, illetve az ezek alapján megállapítható középmedlységeket fogadtuk el. Ezek pontos értéke a vízszintrögzítések eredménye alapján ugyanis számítható volt.

A középsebességek megállapításánál jó közelítésként minden alkalommal a vizsgált szakaszba belépő és az onnan kilépő vízhozamok átlagát fogadtuk el kiindulási alapul.

Végül magát a számítást úgy végeztük el, hogy az említett adatok felhasználásával, s a (3) összefüggés segítségével minden szelvényre külön-külön meghatároztuk az elemi magasságú lökeshullám frontjának a sebességét, ezzel kiszámítottuk a 200 m-es szakaszra vonatkoztatott átfutási időt, majd ezeket a rész-időket kísérletként összegeztük.

Mindezek eredményeként rendelkezésre állt tehát az a 15 észlelt és számított átvonulási idő, amelyek alapján el kellett dönteni a (3) összefüggés

alkalmazhatóságát. Hogy ezt megtehessük a következőkben páronként kiszámítottuk a mért és észlelt értékek különbségét, majd azok átlagát és szórását.

A kapott végeredmény szerint a 15 eltérés középértéke +1,36 perc, s azok szórása 3,16 perc.

Ezek alapján pedig már ki lehetett mutatni azt, hogy a mérési eredményekből adódó 0-tól különböző (+1,36 perces) középérték jogosan tekinthető a véletlen-jellegű ingadozás eredményének. Ennek tekinthető azért, mivel a tapasztalt 3,16 perces szórás esetén a 15 eredménypár különbségének átlaga, mint 0 középértékű valószínűsége változó, még mintegy 10%-os valószínűséggel meg is haladhatja az 1,36 perces értéket.

Megállapítható tehát, hogy a mérési eredmények igazolták a (3) összefüggés alkalmazhatóságát.

Nincs tehát semmi akadály a annak, hogy az alapján számított legrövidebb átvonulási időket az előzőekben alkalmazott módszer szerint felrakjuk az indulási szelvényen átvonuló permanens vízhozam függvényében, s a számítást terhelő véletlen-jellegű hibák figyelembevételével megszerkesszük azok kiegyenlítő görbéjét (8. ábra).

Ezek szerint tehát permanens állapotot megbontó hullámok esetén a fővízkivétel vízhozama és a legrövidebb átvonulási idő között egyértelmű függvénykapcsolat van. Azonban ennek ellenére a gyakorlati számításoknál ezt az összefüggést mégsem célszerű figyelembe venni. Nem célszerű azért, mivel a kísérleti tartományban a legrövidebb átvonulási idő változása alig két perc, ami az árhullámkép kialakulása szempontjából mindenképpen elhanyagolhatóan kis idő.

Ilyen körülmények között tehát valóban *indokolt a legrövidebb átvonulási idő változását figyelmen kívül hagyni, s azt egy állandó számmal, a kísérletek idejére vonatkozó ingadozási tartomány középértékével, 34,2 perccel, vagyis 0,570 órával jellemezni.*

b) Az átlagos átvonulási idő

Az eddigi vizsgálatokból kiderült az, hogy a permanens szintekhez tartozó belépő vízhozamok és a mederben tározódott vízmennyiség kapcsolata esetünkben egy

$$C_V = T_{KB} = 1,86 \text{ óra,}$$

iránytangensű egyenessel jellemezhető, s a legrövidebb átvonulási idő igen jó közelítéssel helyettesíthető a

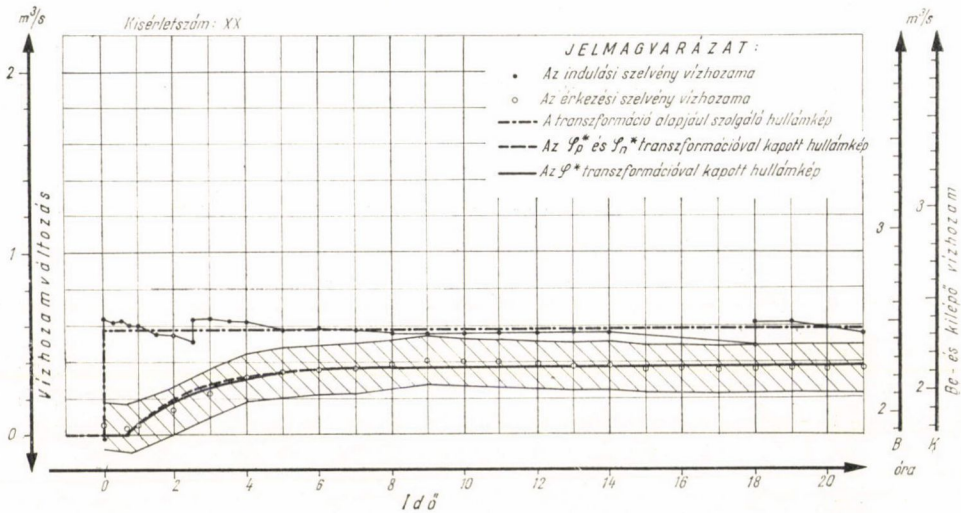
$$C_T = \Delta T_0 = \Delta T = 0,57 \text{ óra}$$

értékű állandóval.

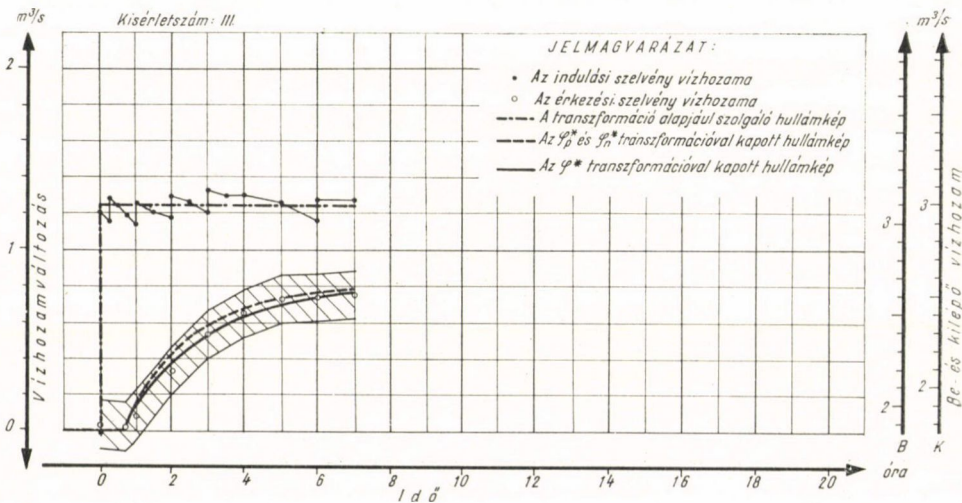
Más szóval kísérleti körülményeink adottsága mellett az \mathcal{S} transzformáció helyett a lényegesen egyszerűbb \mathcal{S}^* transzformációt lehet alkalmazni. Pontosabban, feltétlenül azt lehetne alkalmazni akkor, ha a szakaszon vízveszteségek nem lennének.

A permanens szintek magasságától, s így a permanens vízhozamok nagyságától függően azonban ezek a vízveszteségek igen jelentősek lehetnek. Ennek következtében pedig, mint ahogy arra a II. fejezet 2. c) részében már rámutattunk, a belépő vízhozamok és a medertározódás kapcsolatának megfelelő levonulási idők, azaz az átlagos átvonulási idő is meg kell, hogy hosszabbodjék.

Annak megállapítására azonban, hogy a vízzáró mederre vonatkoztatott átlagos átvonulási idő a szivárgás hatására milyen mértékben fog meghosszabbodni, elméletileg megalapozott módszerünk nincs. Elméleti megfontolások alapján ugyanis csak két tény állapítható meg: Az egyik az, hogy az átlagos átvonulási idő meghosszabbodását a szivárgási viszonyok határozzák meg. A másik levonható következtetés pedig az, hogy a vízveszteségek kétségtávol befolyásolják azt az összefüggésünket is, amelyik permanens viszonyok mellett megadja az indulási szelvény vízhozamához tartozó medertározó-



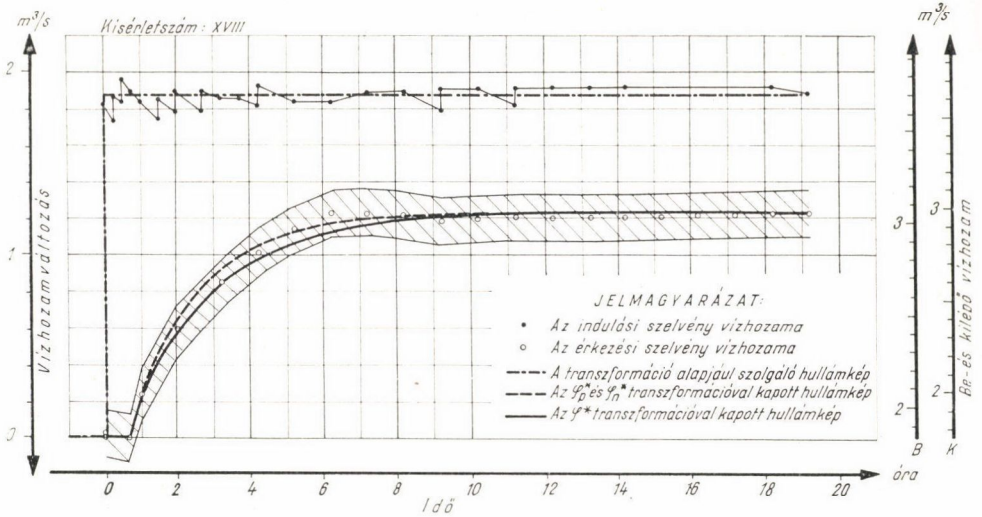
9. A legkisebb egyszerű pozitív hullám.



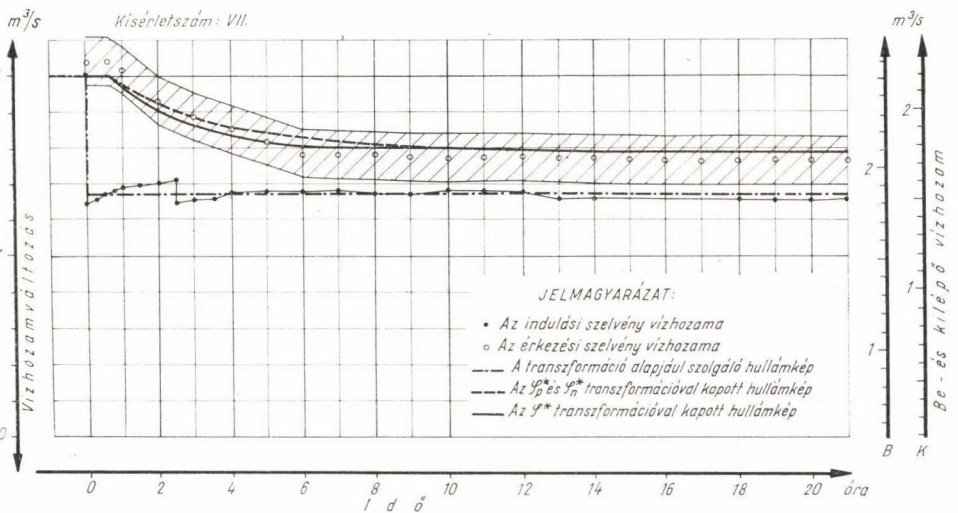
10. A közepes egyszerű pozitív hullám.

dás nagyságát (7. ábra). Befolyásolja a szivárgás a tározódást azért, mivel a nedvesített terület a ténylegesen szállított vízhozamok függvénye, amelyik viszont éppen a vízvesztés miatt lefelé haladva fokozatosan csökken. Így tehát vízzáró meder esetén a szóban forgó szakasz medertározódására a 7. ábrán látható egyenesnél feltétlenül meredekebben haladó összefüggés lenne a jellemző.

Mindezek a tények azonban még így önmagukban valóban nem elégségesek a tényleges átlagos átvonulási idők kiszámításához. Ezért végül is úgy



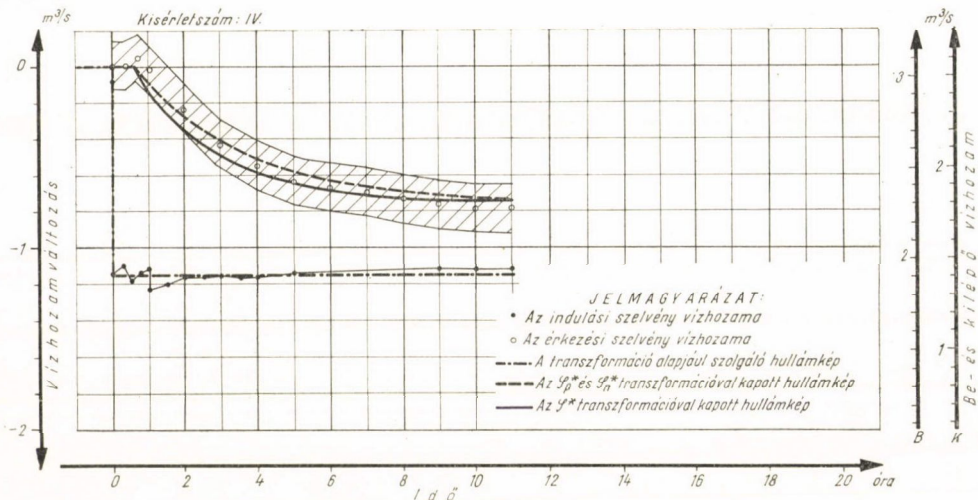
11. A legnagyobb egyszerű pozitív hullám.



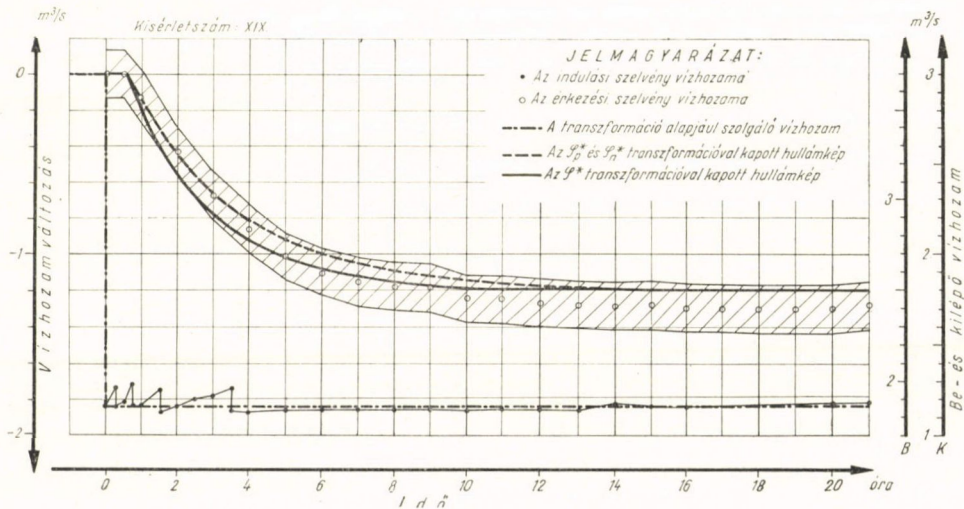
12. A legkisebb egyszerű negatív hullám.

döntöttünk, hogy közvetlenül a kísérletek során lebecsított egyszerű hullámoknak az adataiból, az érkezési szelvényre rendelkezésre álló relatív vízhozamidősorokból területkiegénylítéssel kísérjük meg azok meghatározását.

Az erre vonatkozó vizsgálataink (a relatív vízhozam idősorokat feltüntető 9–14. ábra sorrendjében) a 2. táblázatban összefoglalt eredményekre vezettek, ahol Q_B a kísérletek megindítása előtti permanens állapothoz tartozó belépő vízhozamot, Q_{0B} pedig annak, vagyis az indulási szelvény vízhozamának ugrászerű megváltozását jelöli.



13. A közepes egyszerű negatív hullám.



14. A legnagyobb egyszerű negatív hullám.

E szerint a páronként jó közelítéssel azonos nagyságúnak tekinthető egyszerű hullámok (a XX. és VII., a III. és IV., illetve a XVIII. és XIX. kísérletek) gyakorlatilag azonos vízhozamtartományban játszódtak le; és mégis,

Az egyszerű hullámok átlagos átvonulási ideje

2. táblázat

Kísérlet szám		XX.	III.	XVIII.	VII.	IV.	XIX.
Q_B		1,88	1,85	1,83	2,52	3,07	3,70
Q_{0B}	m/s	+ 0,58	+ 1,24	+ 1,87	-0,66	-1,16	-1,84
$Q_B + Q_{0B}$		2,46	3,09	3,70	1,86	1,91	1,86
T_k	óra	3,09	2,41	2,47	3,84	3,52	3,58

a T_k átlagos átvonulási idők a negatív egyszerű hullámoknál a pozitív egyszerű hullámok átlagos átvonulási idejéhez viszonyítva mintegy egy órával hosszabbra adódtak.

Más oldalról viszont az is szembetűnő, hogy a két-két nagyobb egyszerű hullámnál, azaz a III. és XVIII., illetve a IV. és XIX. kísérletnél a relatív vízhozamidősorból számított átlagos átvonulási idők páronként gyakorlatilag megegyeznek; míg a XX. és VII. kísérletnél, vagyis a legkisebb hullámoknál az átlagos átvonulási időre kapott érték a másik két-két kísérlet eredményétől lényegesen eltér.

Ugyanakkor nyilvánvaló azonban az is, hogy a vízhozam meghatározását terhelő, s a vízhozam nagyságától gyakorlatilag független hibák, a vízállásleolvasás és a hitelesítés hibája miatt éppen ezt a két kísérletet terhelik a viszonylag legnagyobb hibák. Ezért végül is úgy döntöttünk, hogy mértékadóknak a két középső és a két legnagyobb egyszerű hullám adatai alapján meghatározott átlagos átvonulási időket fogadjuk el. Így a kapott eredményeket közepelve a további vizsgálatok alapjául pozitív hullámok esetén a

$$T_{kp} = 2,44 \text{ órát,}$$

negatív hullámok esetén pedig a

$$T_{kn} = 3,55 \text{ órát}$$

fogadjuk el, amely két érték a 7. ábra, vagyis a belépő vízhozamok és a medertérfogatok alapján meghatározott T_{kB} átlagos átvonulási időhöz viszonyítva így alakul:

$$T_{kp} = 1,31 \cdot T_{kB} \text{ és } T_{kn} = 1,91 T_{kB}. \quad (10)$$

*

Végül, mint figyelemre méltó körülményt megemlítjük azt is, hogy ha a medertározódás figyelembevételével a T_k értékét nem az indulási szelvény, hanem az érkező szelvény vízhozamadatai alapján számítjuk ki, vagyis a T_{kB} helyett a T_{kK} -t határozzuk meg, úgy a belépő és kilépő permanens vízhozamok lineáris kapcsolata, azaz a

$$\frac{dQ_{0B}(T)}{dQ_{0K}(T)}$$

iránytangens állandósága miatt a 6. ábra alapján felírható a

$$dQ_{0K}(T) = \frac{dQ_{0B}(T)}{1,53} \quad (11)$$

összefüggés, ahonnan

$$T_{kK} = \frac{dV_T}{dQ_{0K}(T)} = 1,53 \frac{dV_T}{dQ_{0B}(T)} = 1,53 T_{kB} = 2,85 \text{ óra}; \quad (12)$$

s az 1,53-as szorzótényező igen közel áll a T_{kp} és T_{kn} értékével kapcsolatban felírt (10) összefüggésben szereplő két arányszám az 1,31 és az 1,91 középértékeként adódó 1,61-es értékhez.

c) A transzformációk és értékelésük

Az előző vizsgálatok eredményét tehát abban lehet összefoglalni, hogy a kísérletre jellemző körülmények között, permanens állapot esetén a medertározódás nagysága az indulási szelvényen belépő vízhozam lineáris függvénye, s a legrövidebb átvonulási idő igen jó közelítéssel egy állandó számmal jellemezhető. Más szóval ha vízveszteségek nem lennének, úgy az árhullámképek számítása feltétlenül elvégezhető lenne egy egyszerű \mathcal{S}^* transzformáció alkalmazásával.

Láttuk azonban azt is, hogy a vízveszteségek nagysága esetünkben nem hanyagolható el, s emellett az, permanens állapot esetén, az indulási szelvényen belépő vízhozamoktól ugyancsak lineárisan függ.

A vízveszteségek következtében — a permanens állapothoz tartozó, s a belépő vízhozamok és tározódott vízmennyiségek közötti kapcsolatot kifejező egyenes iránytangensével jellemezhető — T_{kB} átlagos átvonulási időhöz viszonyítva a tényleges átlagos átvonulási idő meghosszabbodik. Meghosszabbodik olyan módon, hogy a kísérletek tanulsága szerint a negatív egyszerű hullámok átlagos átvonulási ideje valamivel több, mint egy órával hosszabbra adódik, mint a pozitív egyszerű hullámok átlagos átvonulási ideje ((10) képlet).

De láttuk azt is, hogy ennek a két átlagos átvonulási időnek a közepe, pontosabban annak közelítő értéke meghatározható más úton is. Kiszámítható ez úgy is, hogy a permanens állapotok közötti medertározódás és a vízhozamok közötti összefüggést nem az indulási szelvényen belépő, hanem az érkezési szelvényen kilépő vízhozamok függvényében határozzuk meg, s megállapítjuk az így adódó egyenes T_{kK} iránytangensét.

Tovább menve, nyilvánvaló azonban az is, hogy egy-egy egyszerű hullám levonulásának hatására az érkezési szelvényben bekövetkező legnagyobb vízhozamváltozás nagyságát, a ki- és belépő permanens vízhozamok közötti összefüggést kifejező egyenes, közelebbről a (11) összefüggés határozza meg.

Végül a 9—14. ábrán bemutatott relatív vízhozamidősorok igen valószínűvé teszik annak a feltevésnek a jogosságát is, hogy az érkezési szelvényben a szivárgási veszteségek ellenére sem változik meg lényegesen az egyszerű hullámok alakja. Így azok esetünkben is leírhatók valamilyen, szerkezetében a (9) összefüggéshez hasonló függvényvel.

Mindezt figyelembe véve úgy látszott, határozottan van létjogosultsága annak a feltevésnek, hogy a hullámképek esetünkben is számíthatók valamilyen \mathcal{S}^* transzformációval, s ezen az alapon elindulva a transzformációk szabályának rögzítéséhez végül is a következő két út mutatkozott járhatónak:

Az első esetben — kihasználva az \mathcal{S}^* transzformációban rögzített szuperpozíció elvét — az indulási szelvény vízhozamváltozását szétbonthattuk egy-egy, csak pozitív, illetve csak negatív vízhozamváltozást mutató hullámképre, s a pozitív árhullámképet az

$$\mathcal{S}_p^* = \frac{1}{1,53} \int_0^t (1 - e^{\frac{t-T}{2,44-0,57}}) dQ_{0B}(T) = 0,654 \int_0^t [1 - e^{-0,535(t-T)}] dQ_{0B}(T), \quad (13)$$

míg a negatívokat az

$$\mathcal{S}_n^* = \frac{1}{1,53} \int_0^t (1 - e^{\frac{t-T}{3,55-0,57}}) dQ_{0B}(T) = 0,654 \int_0^t [1 - e^{-0,335(t-T)}] dQ_{0B}(T) \quad (14)$$

transzformációval az érkezési szelvényre átszámítva azok hatását ott összegezhettük.

A második esetben viszont, egyszerűsítésre törekedve, mind a pozitív, mind a negatív hullámokra elfogadhattuk a T_{kp} és T_{kn} középértékéhez közel eső T_{kk} értéket, s így a számítást egyöntetűen az

$$\mathcal{S}^* = \frac{1}{1,53} \int_0^t [1 - e^{\frac{t-T}{2,85-0,57}}] dQ_{0B}(T) = 0,654 \int_0^t [1 - e^{-0,438(t-T)}] dQ_{0B}(T) \quad (15)$$

transzformációval végezhetjük el.

Mind a két transzformációnak meg van a maga előnye és hátránya.

Ha az első lehetőséghez igazodunk ((13) és (14) összefüggés) közelebb maradunk a vízhozamok közvetlen megfigyeléséből levezethető adatokhoz; viszont az eljárásnak elméleti hibája az, hogy az indulási szelvényből egy időben elindított két, azonos nagyságú pozitív és negatív egyszerű hullám nem oltja ki egymást.

Ha viszont a második utat követjük ((15) összefüggés) a transzformáció mindenben kielégíti az elméleti követelményeket, a szükséges paraméterek az áteresztő meder ellenére is minden további nélkül levezethetők a különböző permanens szintekhez tartozó medertérfogatok nagyságának ismeretében; ugyanakkor azonban látszólag kissé eltávolodik a kísérletekből közvetlenül levezethető eredményektől.

Hogy végül is melyik eljárás adja majd a gyakorlatilag megfelelőbb értéket azt csak további részletes vizsgálat döntheti el.

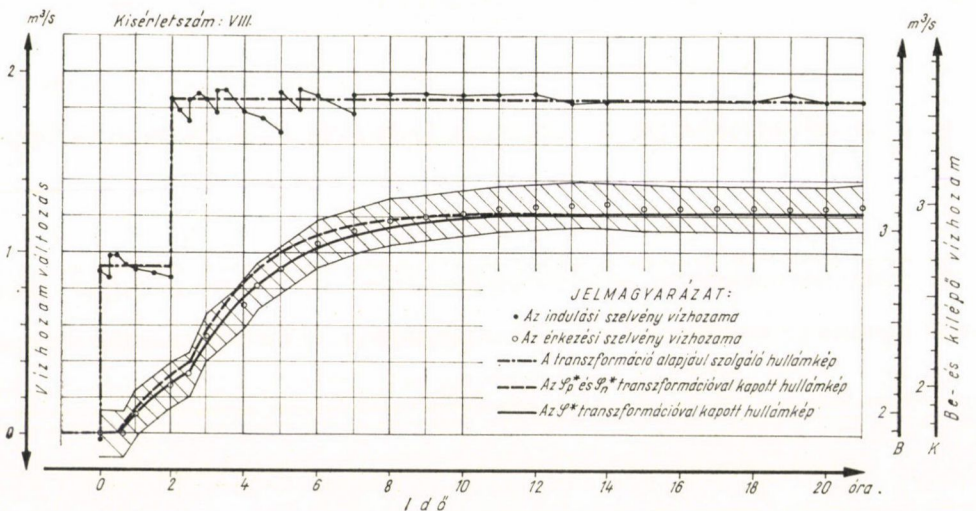
Ezért, első lépésként, az indulási szelvény relatív vízhozam idősoraiból mindegyik szabályozási időszakra meghatároztuk a beállított vízhozamok középértékét. Így határoztuk tehát meg az indulási szelvényre azokat az árhullámképeket, amelyeket a 9–23. ábrán az eredményvonal jelöl, s amelyeket a továbbiak során — bizonyos egyszerűsítéssel élve — a transzformációk alapjául fogadtunk el.

A transzformációk paramétereinek, s a transzformálandó árhullámképeknek az ismeretében az érkezési szelvény kétféle úton számítható árhullámképeinek a meghatározása már semmiféle nehézséget sem okozott.

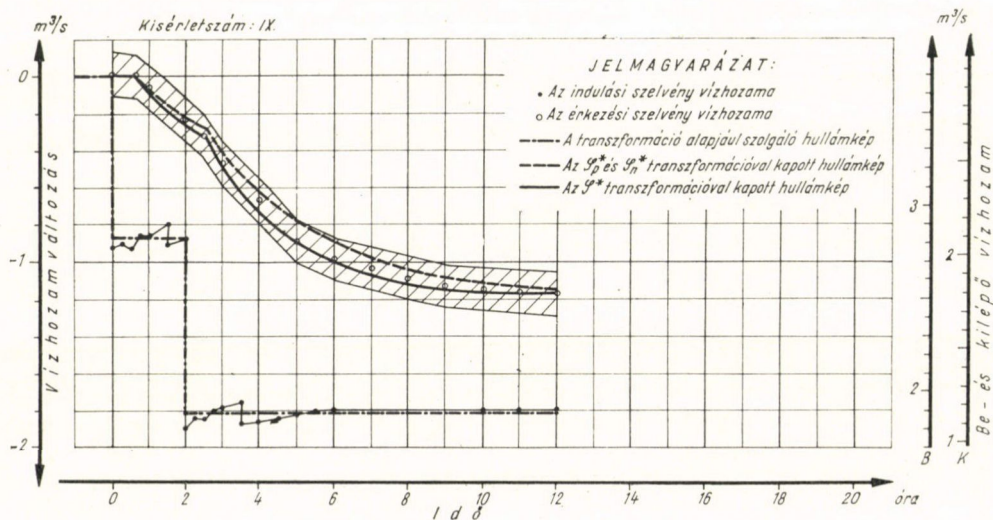
Így nyertük tehát az érkezési szelvényre azokat az árhullámképeket, melyeket a 9—23. ábrán a vastag szaggatott ((13) és (14) összefüggés), illetve a vastag folytonos vonal ((15) összefüggés) ábrázol.

*

Az érkezési szelvényre kapott kétfajta árhullámkép alapján már az első rátekintésre megállapítható, hogy a görbék jellege mindkét esetben mindenhol



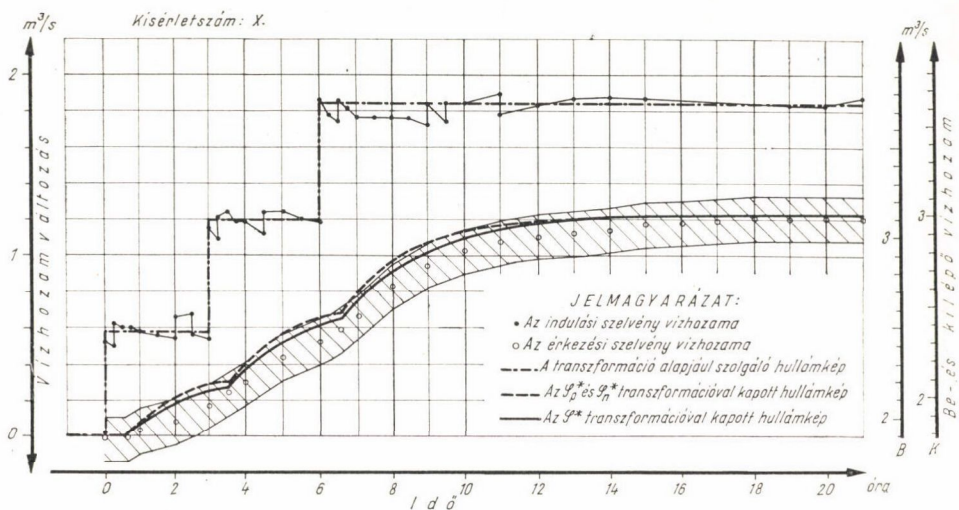
15. Két részből összetett pozitív hullám.



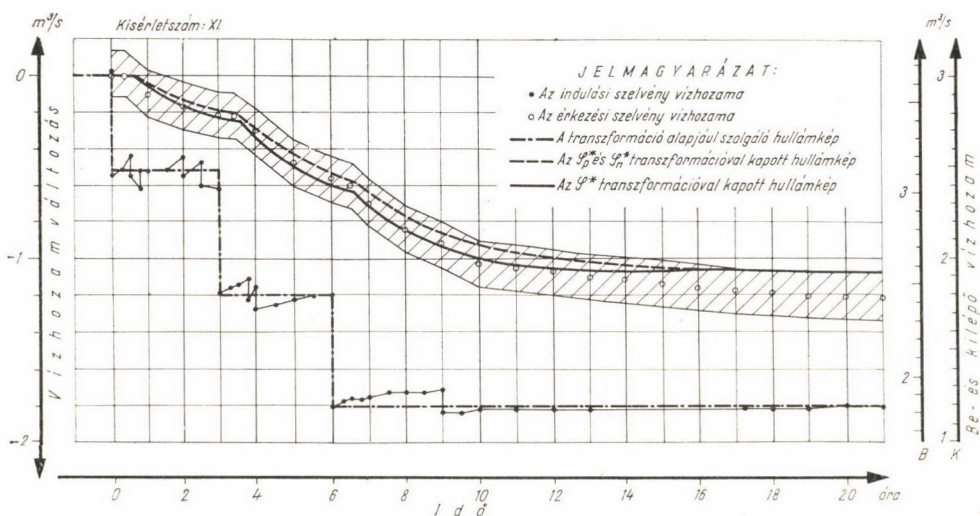
16. Két részből összetett negatív hullám.

jól megegyezik a mérési eredményeket feltüntető üres nullkörökből kirajzolódó árhullámképekkel. Közvetlenül belátható az is, hogy az észlelt és a számított hullámképek közötti eltérés nagysága egyik transzformációnál sem számottevő.

Mindezek ellenére, az itt-ott jelentkező kisebb-nagyobb eltérések megbízható értékelése, a végső következtetések levonása előtt mérlegelnünk kell még azokat a véletlen-jellegű hibákat is, amelyek a mérési eredményeket és a



17. Három részből összetett pozitív hullám.

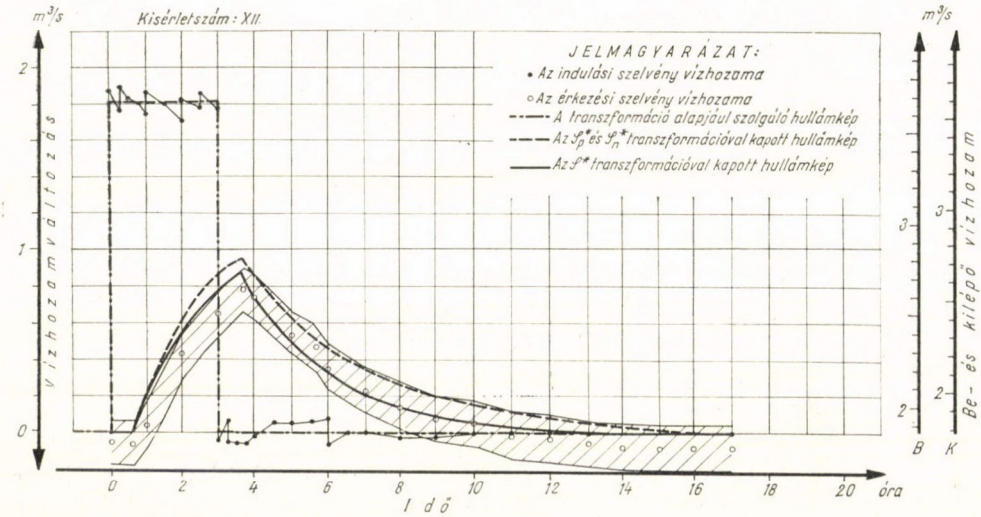


18. Három részből összetett negatív hullám.

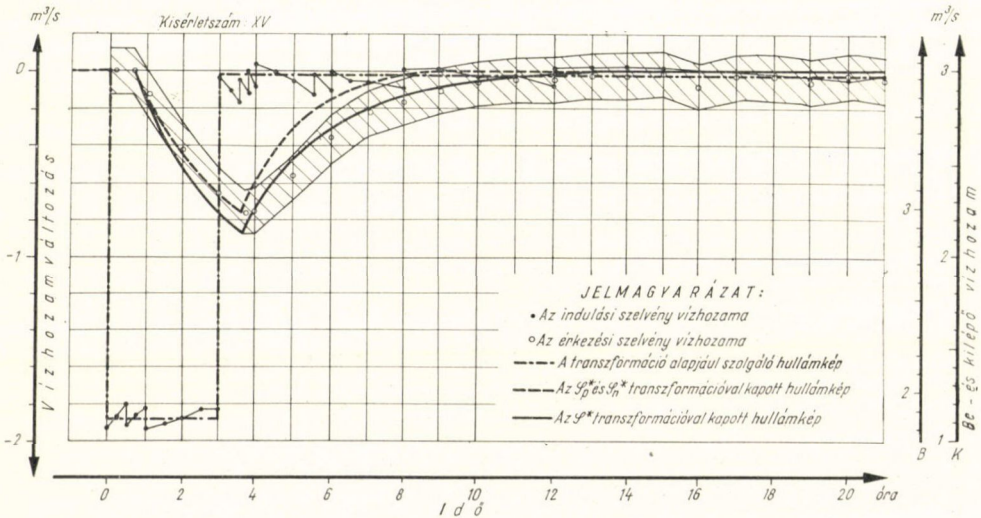
számítási alapadatokat az észlelések, mérések adottságai, illetve a bevezetett különböző közelítések jellege következtében terhelik.

Így figyelemmel kell lenni arra, hogy az érkezési szelvény mérések és észlelések alapján meghatározott relatív vízhozam idősorát terheli

1. a rajzoló műszer rajzoló tollának beállításakor elvégzett egyszeri vízállásleolvasás hibája,



19. Egy pozitív és egy negatív egyszerű hullámból összetett vegyes hullám.



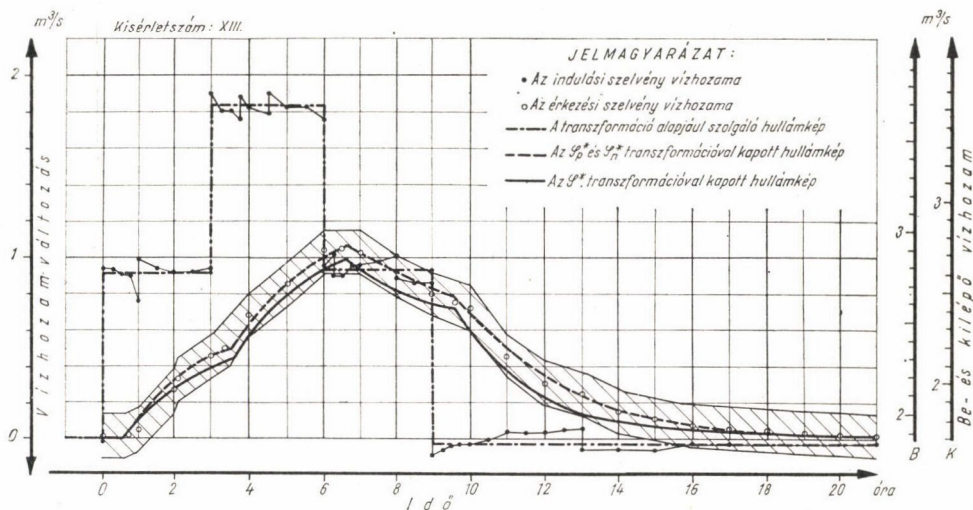
20. Egy negatív és egy pozitív egyszerű hullámból összetett vegyes hullám.

2. a műszer által rajzolt görbe alapján végzett vízállás meghatározás hibája,

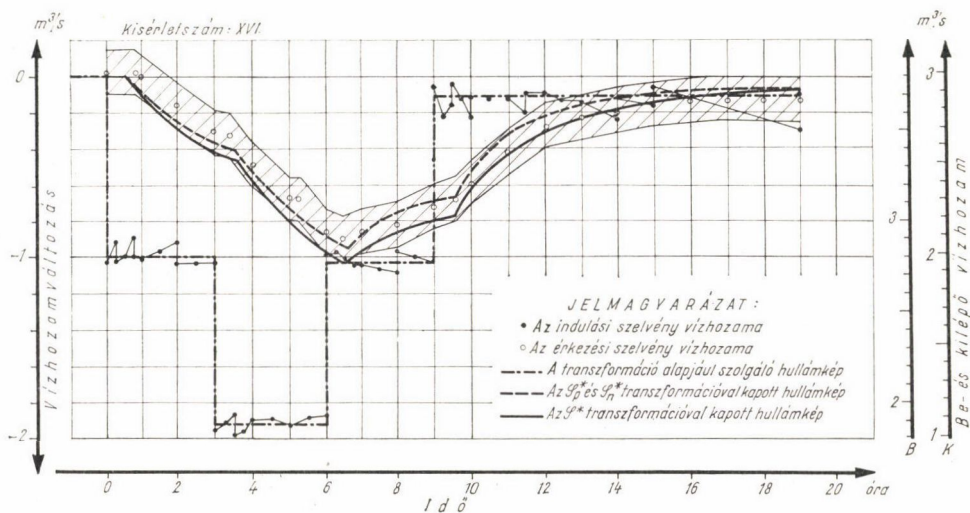
3. az észlelési szelvény bukójának hitelesítési hibája.

4. a relatív vízhozamidősor előállítására érdekében végzett különbségképzéskor belépő hiba.

Más oldalról, a transzformációk alapadatait tekintve véletlen-jellegű hibák jelentkeznek



21. Két pozitív és két negatív egyszerű hullámból összetett vegyes hullám.

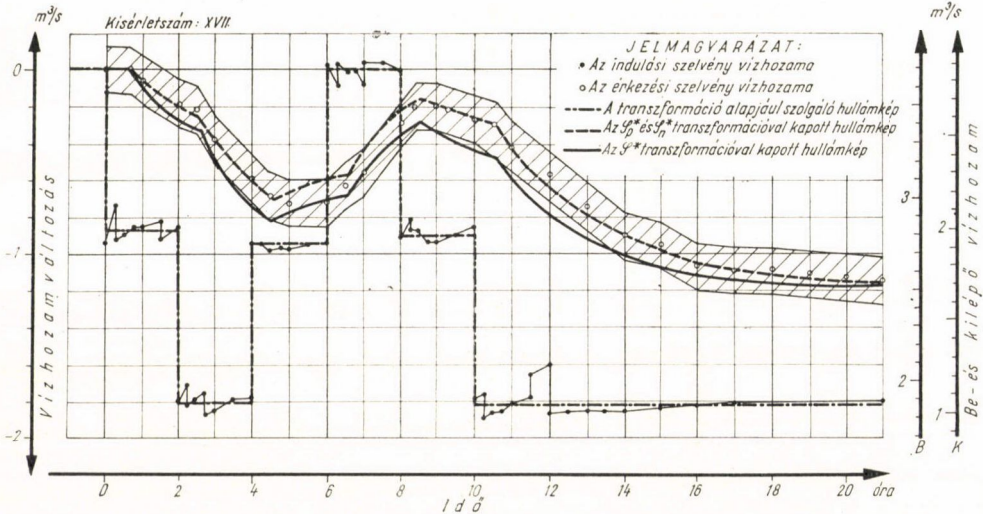


22. Két negatív és két pozitív egyszerű hullámból összetett vegyes hullám.

1. az indulási szelvény vízhozamának meghatározásában (az alvíz és felvíz magasságának és a zsilipnyitás mértékének megállapításában és a hitelesítésben) rejlő bizonytalanságok miatt,

2. a relatív vízhozamidősor előállítása érdekében végzett különbségképzéskor jelentkező véletlen-jellegű eltérések miatt,

3. amiatt, hogy a tényleges relatív vízhozamidősor helyett a számításokat a középértékképzéssel meghatározott, s a kísérleti eredményeket fel-



23. Több negatív és pozitív hullámból összetett vegyes hullám.

tüntető ábrákon eredményvonallal jelölt relatív vízhozamidősor alapján végeztük el, s végül

4. amiatt, hogy a Q_{0B} és a Q_{0K} közötti kapcsolatot rögzítő 0,654-es szorzó tényezőtől, mint átlagos értéktől esetenként az adott kísérlethez tartozó szorzótényező eltérhet.

Az elmondottak alapján tehát nyilvánvaló, hogy feltétlenül a lehetséges hibák alsó korlátját becsültük akkor, amikor csak az érkezési szelvény mérések és észlelések alapján meghatározott idősorát terhelő hibákat vettük figyelembe. A tényleg felmerülő hibák ennél nagyobbak. Ezért, minél megbízhatóbb benyomásokat adó képre törekedve úgy döntöttünk, hogy ez alkalommal nem a mérési eredményeket terhelő, s figyelembe vett hibákból adódó 5%-os kockázatú, hanem az annál valamivel nagyobb 1%-os kockázatú hibahatárokat tüntetjük fel. Ez tehát az a hibatartomány, melyet a 9—23. ábrán a vonalkézással szemléletesebbé tett sáv jelöl.

Ha már most kísérleti eredményeinket ennek a tartománynak az ismeretében vesszük szemügyre, úgy megállapítható a számítással meghatározott görbék a tizenöt feldolgozott kísérlet közül csak három-három esetben lépnek ki abból. Közelebbről: a számított görbe a (13) és (14) összefüggés, vagyis az \mathcal{S}_p^* és \mathcal{S}_n^* transzformációk alkalmazásakor (vastag szaggatott vonal) a X., XII. és XV. kísérletnél; míg a (15) összefüggés azaz az egyszerűsítéssel levezetett \mathcal{S}^* transzformáció alkalmazásakor (vastag folytonos vonal) a XII., XVI. és XVII. kísérletnél lépte át a bejelölt megbízhatósági határokat.

Figyelemre méltó továbbá az is, hogy a most szóbakerült öt különböző kísérlet közül háromnál, a X., XII. és XV. kísérletnél az eltérések mindenhol az emelkedő ágon mutatkoztak. Így ez a hiba bizonyos mértékig valószínűleg visszavezethető az érkezési szelvény rajzoló vízmércéjénél tapasztalható, s már többször említett rendellenesség hatására.

Akárhogy is áll azonban a helyzet, annyi bizonyos, hogy ebből a minőségi elemzésből még távolról sem tűnik ki egyértelműen a kétfajta transzformáció megbízhatósága közötti különbség. Ezért vizsgálataikat kiterjesztettük az érkezési szelvényre transzformáció segítségével számított és az ott bukó segítségével meghatározott vízhozamértékek közötti eltérés elemzésére. Ennek érdekében minden kísérletre és mindkét transzformációra meghatároztuk ezeknek az eltéréseknek a számtani átlagát, vagyis a transzformáció szabályos hibáját, majd a véletlen-jellegű hibákra jellemző szórás értéket. Végül mindezt kiegészítettük az indulási szelvény vízhozam-beállításának pontosságára jellemző, vagyis az egyes szabályozási időszakok középértéke és a beállított (névleges) vízhozamok közötti különbségből számított szórás-értékek meghatározásával.

Így kaptuk tehát végeredményül azokat az adatokat, amelyeket a 9—23. ábra sorrendjében rendezett kísérletekre a 3. táblázat foglal össze. Ennek

A transzformációk megbízhatóságára jellemző

(l/s-ban)

Szelvény	J e l l e m z é s		K í s é r l e t				
			XX	III	XVIII	VII	IV
Érkezési	$\mathcal{I}_p^*, \mathcal{I}_n^*$ transzformáció	szabályos hiba	−3	−38	−14	−26	−16
		szórás	23	33	31	43	40
	\mathcal{I}^* transzformáció	szabályos hiba	+1	−6	+8	−23	+26
		szórás	20	29	33	42	48
Indulási	a vízhozam beállítás szórása		27	32	84	26	19

A transzformációk megbízhatóságára jellemző

(mm-ben)

Szelvény	J e l l e m z é s		K í s é r l e t				
			XX	III	XVIII	VII	IV
Érkezési	$\mathcal{I}_p^*, \mathcal{I}_n^*$ transzformáció	szabályos hiba	±0	−4	−1	−3	−2
		szórás	2	3	3	4	4
	\mathcal{I}^* transzformáció	szabályos hiba	+0	−1	+1	−2	+3
		szórás	2	3	3	4	5

a táblázatnak különösen az utolsó oszlopa tanulságos, amelyik az egyes kísérletekre vonatkozó jellemző értékek átlagát tartalmazza. E szerint tehát az indulási szelvényben beállított vízhozamoknak a szabályozási időszakok közepes vízhozamára vonatkoztatott 29,5 l/s-os szórása az érkezési szelvényben mind a két fajta transzformáció esetén gyakorlatilag ugyanannyival növekszik meg, s ott 39,3 l/s-os, illetve 39,5 l/s-os értéket vesz fel.

A véletlen-jellegű hibák tehát mind a két fajta transzformációnál ugyanakkorák. Ezzel szemben igen lényeges a különbség a szabályos hibák nagyságában, amely az \mathcal{S}_p^* és \mathcal{S}_n^* transzformáció alkalmazásakor átagosan $-35,7$ l/s-ra, s az egyszerűsítéssel levezetett \mathcal{S}^* transzformációnál csak $4,1$ l/s-ra adódott.

Igen kedvező értékek ezek akár az egyik, akár a másik transzformációt is tekintjük, ha meggondoljuk, hogy az indulási szelvényen beadagolt vízhozamok maximuma $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$, s a relatív vízhozamok maximális értéke $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ körül ingadozott! Még inkább érzékelhető mindez akkor, ha a vízhozamban megadott hibákat az érkezési szelvényben levő bukó vízhozamgörbéjének a segítségével vízállásértékekre számítjuk át (4. táblázat). . . Mégis, tagadhatatlan, hogy mindent összevetve a két lehetőség közül az az \mathcal{S}^* transzformáció bizonyult a jobbnak, amely a transzformációhoz szükséges paramétereket közvetlenül a permanens vízhozamokból, s az ahhoz tartozó medertérfogatokból vezette le.

3. táblázat

szabályos hibák és szórások

kifejezve)

s z á m										Átlag
XIX	VIII	IX	X	XI	XII	XV	XIII	XVI	XVII	
-70	-13	-39	-74	-114	-72	-68	-1	-15	+2	-35,7
40	42	31	38	25	68	47	27	60	42	39,3
-37	+31	+22	-39	-51	-14	-48	+48	+49	+84	+4,17
63	21	17	54	54	48	28	42	55	39	39,5
20	32	18	23	19	43	36	25	14	24	29,5

4. táblázat

szabályos hibák és szórások

kifejezve)

s z á m										Átlag
XIX	VIII	IX	X	XI	XII	XV	XIII	XVI	XVII	
-8	-1	-4	-8	-8	-12	-8	± 0	-2	± 0	-4,1
4	4	3	4	4	2	7	3	6	4	3,9
-4	+3	+2	-5	-4	-5	-1	+5	+5	+9	+0,4
5	2	2	3	5	5	5	4	6	4	3,9

Így tehát amellett, hogy a kísérleti eredmények mind az egyszerű, mind a különböző összetett hullámok esetére minden kétséget kizáró módon igazolták az átvonulási elmélet alkalmazásának jogosságát, vizsgálataink még egy további, előre nem látott eredményre is vezettek.

Az indulási és érkezősi szelvény összetartozó permanens vízhozamainak, s a permanens szintek alatti medertérfogatoknak a felhasználásával levezetett \mathcal{S}^* transzformáció helyes eredményei ugyanis egyúttal azt is bizonyítják, hogy az átvonulási elméletet gyümölcsözően lehet hasznosítani a levezetése során tett alapfeltevésektől eltérő, nem vízzáró medrek esetén is.

IV. Összefoglalás

A felülről vezérelt öntözőcsatorna rendszerek üzemének irányításához vízfolyások vízállásainak, vízhozamainak előrejelzéséhez, a folyami vízerőművek üzemének vizsgálatához és sok más hasonló feladat helyes megoldásához elengedhetetlen az, hogy valamely szelvény árhullámképének, s az az alatti szakasz hidraulikai sajátságainak az ismeretében egy lejjebb levő szelvény árhullámképét ki tudjuk számítani.

Ennek a feladatnak a gyors megoldására dolgoztuk ki korábban az úgynevezett „átvonulási elmélet”-ünket [1], amely a két szelvény árhullámképe közötti kapcsolatot egy \mathcal{S} szimbólummal jelölt operátorral fejezi ki.

A jelenlegi tanulmánynak a célja ennek az elméletnek a kísérleti igazolása volt.

A kísérletek során észlelt, illetve mért adatok feldolgozása folyamán kiderült, hogy a kísérleti szakaszon jelentős vízveszteségek lépnek fel, míg az átvonulási elméletben rögzített transzformáció vízzáró mederre vonatkozik.

Ennek ellenére az átvonulási elmélet alkalmazásával és bizonyos módosító tényezők bevezetésével sikerült az operátort úgy átalakítani, hogy annak felhasználásával a felső, úgynevezett „indulási szelvény” árhullámképéből az alsó, „érkezősi szelvény” árhullámképét megbízható módon számítani lehetett.

Így kísérleteink nemcsak az átvonulási elmélet igazolására voltak alkalmasak, hanem egyúttal egy olyan módszert kidolgozására is lehetőséget adtak, amely alapján az elméletet a levezetése során feltételezett vízzáró medertől eltérő esetben, áteresztő medernél is alkalmazni lehet.

IRODALOM

1. Szigyártó Z.: Vízhozam hullámképek meghatározása valószínűség-elméleti alapon. *Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények*, Budapest, 1965. 3–4. sz. 387–432. o.
2. Szigyártó Z.: Vizsgálatok a K. IV. fűrt főcsatornáján a vízveszteségek és a mederérdeségi viszonyok meghatározására. *Vízügyi Közlemények*, Budapest, 1965. 2. sz. 204–225. o.
3. Starosolszky Ö.: Lökéshullámok. *Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények*, Budapest, 1964. 3–4. sz. 569–594. o.
4. Dohalik J.: A K. IV. fűrt-főcsatorna mederfelvétele. *Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet. Összefoglaló jelentés. Témaszám: 7189–1/VII.*, Budapest, 1963.
5. Muszkalay L.—Starosolszky Ö.: Vízhozammérési zsebkönyv. *Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Utasítások és Szabályzatok I. Műszaki Könyvkiadó*, Budapest, 1959.