

VÍZTISZTÍTÓ MEDENCÉK BELSŐ TERÉNEK KIALAKÍTÁSA*

Az ivóvíz- és szennyvíztisztító medencék jelentősége mind a városok, községek, üdülőtelepek, mind az ipartelepek vízgazdálkodásának korszerű megvalósítása, valamint a víztisztítás kellő színvonalának biztosítása szempontjából napról napra nő. Ennek megfelelően műszakilag és gazdaságilag megfelelő kialakításuk fontos feladat. A kialakítás alapja a tisztítási feladat, az adott minőségű víz előírt fokú tisztítása, s ezt a tisztítási feladatot megoldó összetett fizikai, kémiai és biológiai eljárás helyes megválasztása [7, 18]. Adott feladat esetében és az általános megoldás ismeretében a tisztító berendezés belső kialakítása elsősorban *hidraulikai feladat*. Ennek a hidraulikai feladatnak a megoldási feltételeit egységesen, átfogóan, világszerte nem vizsgálták még. Éppen ezért kísérjük meg a továbbiakban, főképpen a Vízgazdálkodási Tanszék kutatóinak munkássága alapján, feltárni a víztisztító medencék működésének hidraulikai feltételeit, s ezeken át irányt mutatni azok belső terének kialakítására.

Tárgyalásunkban támaszkodunk előző tanulmányunkra [34], amelyben osztályoztuk a víztisztító medencéket, a tisztítási célnak megfelelően, és elemeztük a bennük megfigyelhető mozgásfolyamatokat, a sebesség nagyságrendje és a vízzel mozgó gáznemű, szilárd és folyékony szennyeződések tulajdonságai alapján. Tehát ismertnek tételezve fel a víztisztító medencék típusait, csak a mozgások legfőbb törvényeit, a medencék legfontosabb hidraulikai jellemzőit elemezzük általánosságban, és egyes medence típusokra vonatkoztatva részletekben.

A víztisztító medencékben lejátszódó vízmozgások legjelentősebb *hidraulikai jellemzői* a következők:

a) A medence terének *hidraulikai szerkezete* (a primér és szekundér áramlási terek, a hengerek, a bizonytalan mozgású terek és a holtterek egymás melletti elhelyezkedése, felépítése);

b) A *vízsebesség időbeli középértéke* a medence terének egyes pontjaiban;

c) A víz vagy a szennyező anyag sebességének *alsó és felső határértéke* a tér bármely pontjában vagy néhány jellemző helyén;

d) A vízsebesség *pulzációs sebességösszetevői* a tér bármely pontjában.

A medence terének „*hidraulikai szerkezetét*” [34] a tisztítási feladat szabja meg. Lehetséges, hogy az egész térben azonos jellegű, egyenletes sebességelosztású teret óhajtunk kialakítani (pl. az oxidációs medencékben), de lehetséges az is, hogy egymás mellett kell megvalósítanunk lassú

* A Magyar Hidrológiai Társaság Szennyvíz Szakosztályának 1965. május 26.-i ülésén elhangzott előadás nyomán.

és gyors mozgású tereket, sőt holttereket is biztosítanunk kell (pl. a szűrő-derítőknel, ahol a keverő és pelyhesítő térben nagy sebességű, a derítő térben kis sebességű vízmozgást, az ülepítő térben holtteret kell előállítanunk). Ezt a szerkezetet természetesen ritkán sikerül tökéletesen megvalósítani. A gyakorlatban általában ettől jelentősen eltérő, eléggé rossz szerkezetet sikerül csak elérni. Ennél a funkcionálisan *rossz szerkezetnél* nem kielégítő a kis és a nagysebességű terek aránya, feleslegesek és a működést zavaróak a hengerek, a bizonytalan vízmozgású terek és a holtterek. A rossz szerkezet majdnem minden esetben *javítható*, a hidraulikai feltételek jó átgondolásával vagy közvetlen kísérleti munkával. A hibák *teljes kiküszöbölése*, például a bizonytalan mozgású terek teljes felszámolása azonban, a medence terének bonyolult felépítése s a benne lejátszódó vízmozgás összetettsége következtében, szinte sohasem érhető el (pl. gyakorlatilag sohasem lehet kiküszöbölni teljesen az ülepítőmedencékben a víz be- és kivezetésénél fellépő holttereket).

A hidraulikai szerkezet jelentőségének megfelelően az egyik legfontosabb jellemzés éppen ennek *a szerkezetnek a leírása* áramképpel, áramképek sorozatával, az eltérő jellegű terek százalékos kifejezésével, az átfolyási görbe meghatározásával és ezen az úton hatásfokok megállapításával stb. A hatásfokok korszerű felépítése *Muszkalay László* és *Vágás István* tanszéki kutatók munkájának eredményei nyomán [44] foglalható össze:

1. az első áramlástan hatások:

$$\eta_{a1} = \frac{V_t}{V} = \frac{t_a}{t_{sz}}, \quad (1)$$

2. a második áramlástan hatások:

$$\eta_{a2} = \frac{V_m}{V}, \quad (2)$$

3. a harmadik áramlástan hatások:

$$\eta_{a3} = \frac{Q_m}{Q_e}, \quad (3)$$

4. az első ülepítési hatások:

$$\eta_{ü1} = \frac{G_{ü}}{G}, \quad (4)$$

5. a második ülepítési hatások:

$$\eta_{ü2} = \frac{V_h}{V} = \frac{t_h}{t_{sz}}, \quad (5)$$

ahol: V a medence térfogata,
 V_t a medence vízszállító (holttér-mentes) térfogata,
 V_m az ülepítés számára hasznos sebességállapotú vízrészecskék térfogata,
 V_h a medence térfogatának az a része, amely a V térfogatú medencéből elegendő lenne, ideális áramlási körülmények között, a valóságos körülmények között leülepedő anyag leülepitéséhez,

- t_a a vízrészecskék tényleges átfolyási ideje,
 t_{sz} a vízrészecskék átfolyási ideje az egyenletes sebességleoszlású, holt-
 tér-mentes, ideális medencére számítva,
 t_h a V_h -hoz tartozó átfolyási idő,
 Q_e a teljes vízhozam,
 Q_m a hasznos sebességállapotú vízrészecskék hozama,
 G az időegység alatt a medencébe jutó anyag részecskék súlya,
 $G_{ü}$ az időegység alatt ülepített anyag részecskék súlya.

A vízsebesség időbeli középértékének meghatározása a teljes áramlási térben a medence jó működését talán a *legjobban igazoló jellemzés*. Ha sikerül a medence terében 50—100—200 ponton mérni a sebességet, akkor a sebesség abszolút értékének eloszlása meghatározható, és megvizsgálható, hogy a sebességeknek 70—90%-a a medence működése szempontjából optimális határértékek között van-e, tehát jól működik-e a medence. (A sebességek helybeli eloszlásának meghatározásán kívül igen jól jellemzi az átfolyási görbe is az ülepítőmedencékben és az olajfogókban kialakuló sebességek, illetve tartózkodási idők valószínűségi eloszlásfüggvényét, melyből szabatosan megállapítható, hogy a kívánatos sebesség a medencetér fogat hány százalékat tölti ki.) Ez a jellemzés kitűnő kapcsolatba hozható a már felsorolt hidraulikai hatásfokokkal, s azok szerepét, mint közvetlen fizikai jellemzés, tovább fejleszthetné. A múltban számos esetben vizsgálták laboratóriumi kísérletek során a medencetérben a sebességek időbeli középértékét, ezek eloszlásának leírt értelmű feldolgozását azonban elhagyták. Saját kísérleteink esetében számos esetben vezettük be ezt a módszert, s úgy érezzük, hogy alkalmazása a medencék hidraulikai vizsgálata területén elengedhetetlen. A módszer alkalmazásának alapfeltétele természetesen a sebességmérés lehetőségének biztosítása az áramlási tér bármely pontjában. A módszert néhány példában bemutatjuk majd.

A víz és a vele mozgó szennyező anyag sebességének alsó és felső határértéke a tisztítási tér bármely pontjában vagy néhány jellemző helyén a tisztítási folyamat biztonságos lejátszódásának határhelyzetét jellemzi, s lényegében az előző bekezdésben már említett határsebességhez hasonló jellegű sebesség, csak éppen nem az optimális, hanem a lehetséges helyzetet kijelölő érték. *Felső határsebesség* (v_{max}) például az ülepítőmedencékben az a sebesség, amelynél nagyobb esetében az előírt szemnagyságú lebegtetett szennyeződés már teljes egészében nem ülepedhet le. Oxidációs medencékben a határsebességnél nagyobb sebesség esetében a pelyhek széttöredeznek. *Alsó határsebesség* (v_{min}) írhatunk elő az oxidációs medencékben; ennél kisebb sebesség esetében a pelyhesedés folyamata, a pelyhek szaporodása, táplálkozása meg nem engedhető mértékben lelassul.

A határsebességek megadása a tervezési utasításokban, szabványokban a múltban gyakran követett út volt. Más utat nem is igen követtek a tervezési gyakorlatban a hidraulikai feltételek előírásánál.

A vízsebesség pulzációs sebességösszetevőinek meghatározása a teljes tisztítási térben, az optimális állapotot jellemző pulzációs összetevők megadása, egy-két közismert mozgásfolyamattól eltekintve [4, 5, 11, 27, 28, 31], ma még megoldatlan feladatot jelent a víztisztító medencék két-három-négy-fázisú mozgásrendszereinek vizsgálatánál. Például a zürichi EAWAG szennyvíztisztítási továbbképző tanfolyamának anyaga csak annyit tud megállapítani, hogy a tisztítóberendezések nagy iszapterhelésénél lényeges

az „erős turbulencia”. Ez a jellemzési irány pedig talán a legtöbbet mondó lehetne az összes között.

Az *eddigyi előrehaladás* a legjelentősebb a viszonylag egyszerű térbeli felépítésű ülepitőmedencék ülepedési folyamatainak megismerésénél [20]; igen jó módszerek ismereteseek például a szemesék ülepedési sebességének meghatározására a turbulens mozgású folyadékban. Azonban még ezen egyszerű ülepitőmedencékben, ezen viszonylag egyszerű kétfázisú mozgásnál sem határozható meg az egész térre kiterjedően, a gyakorlatban követhető úton, a pulzációs összetevők térbeli eloszlása. Ugyanakkor a mozgásfolyamat szempontjából *összetettebb esetekben*, mint például a háromfázisú oxidációs medencéknél, a kezdetén vagyunk. Pedig éppen ezekben az esetekben jelentős a turbulencia belső szerkezetének a helyes felismerése.

Az „erős turbulencia” a legkülönbözőbb *keverési feladatok* szempontjából homogén körülményeket állít elő, s így elősegíti az egyenletes oldódást, az egyenletes oxigénfelvételt stb.

A turbulencia hatása bizonyos körülmények között igen kedvező a *tisztító baktériumok* szaporodására, táplálkozására [3]. A *kedvező turbulens térben*, ahol a sejtek sebessége, ütközési szöge, elektromos töltésük, a felületi erők nagysága az egész mozgási térben kedvező, az ütköző baktériumok összetapadhatnak, növekedhetnek. Ebben az ütközésre kedvező térben a szennyvízkolloidok is könnyen hozzátapadhatnak a pelyhekhez. A pelyhket alkotó baktériumok így könnyen hasznosíthatják a szennyvízkolloidok szerves részét és beépíthetik magukba a későbbi ülepedést elősegítő szervetlen részt is. S végül a pelyhek, ugyancsak az ütközések következtében, túlzottan meg sem nőhetnek, amivel együttjárna a pelyhek fajlagos felületének a táplálkozás és az oxigénfelvétel szempontjából káros csökkenése.

Ha a *turbulencia mértéke* azonban *túlzott*, akkor viszont a pelyhek olyan mértékben törédeznek szét, hogy a szerves anyagok lebontása szempontjából annyira jelentős pelyhesedési folyamat lassul, sőt le is állhat. Tagadhatatlan, hogy ezen a tisztán mechanikai úton a pelyh egyedi sejtekké már nem bontható szét, de a lírt káros hatás feltétlenül felállhat.

A tisztítási tér ezen igen érzékeny hatású kedvező vagy kedvezőtlen mozgásállapotának *hidraulikai feltételei* ismeretlenek. A turbulencia vizsgálata tehát valóban fontos. A kijelölt *új kísérleti irányunk*, a következő évek kutató munkája, éppen ezért elsősorban ezt a problémakört óhajtja feltárni. Az egyik kiindulást V. Nagy Imre már röviden bemutatott [28] tanszéki kutató munkája jelenti, amelynek során néhány érdekes új eredményt ért el a kétfázisú mozgás pulzációs sebességösszetevőinek jellemzésére a sebességtér állapotjellemzőinek, a helynek és töménységnek a függvényében.

A *hidraulikai jellemzők* általános tárgyalásának befejezésekor rá kell még mutatnunk arra is, hogy a jellemzőket nemcsak a berendezések átlagos üzemi állapotának, hanem a *terhelési ingadozásoknak* megfelelően is vizsgálni kell.

A továbbiakban a hidraulikai jellemzőket a leggyakrabban alkalmazott medencetípusokra állapítjuk meg. Ennél a vizsgálatnál a tárgyalást a következő sorrendben vezetjük:

1. *Kis sebességű* vízmozgású terek (ülepitő és felúszató — olajtalanító és zsírtalanító — berendezések).

2. *Nagy sebességű* vízmozgású terek (keverő, oldó és pelyhesítő berendezések).

3. Összetett, *vegyes* vízmozgású terek (a kis és a nagy sebességű vízmozgású tereket egyaránt magukba foglaló berendezések).

Ez az egyszerű tárgyalási menet számos előnyt rejt magában. A különböző alkalmazási, de azonos hidraulikai területeken elért eredmények egybevetése sok hasznos új megállapításra vezethet.

Az általános tárgyalási meneten belül különben a bevezetőben említett osztályozást követjük [34].

1. Kis sebességű vízmozgású terek

1.1 Homokfogók és ülepitők

Tárgyalásunkban először összefoglalóan vizsgáljuk a szokásos vízszintes és függőleges átfolyású homokfogókat, ülepitőket és a keverőtér nélküli derítőkét, s külön tanulmányozzuk a különleges homokfogókat és ülepitőket, így a lemezes ülepitőket és a hidrociklonokat.

1.11 A homokfogók és ülepitők általában

A homokfogóknak, ülepitőknek és a derítők ülepitő terének vizsgálatánál az első feladat a szilárd fázis kialakulásának és mozgásának elmélyedt elemzése. Ez tanulmányunknak azonban nem feladata, csak hivatkozunk az ilyenirányú jelentősebb magyar munkákra [3, 4, 5, 12, 20, 25, 27]. Rámutatunk azonban arra, hogy igen jelentős a szilárd fázis jellegének a felismerése. Az *üledő* (vagy sűrűsödő) *anyag* a következő típusú lehet [3, 10]:

a) Különálló szemcsékből felépített, nehezen pelyhesedő, viszonylag kis koncentrációjú lebegő anyagok (egyszerű homokfogók és ülepitők lebegő anyagai);

b) Könnyen pelyhesedő, viszonylag kis koncentrációjú lebegő anyagok (egyszerű derítők);

c) Könnyen pelyhesedő, viszonylag nagy koncentrációjú, iszapfelhőt alkotó lebegő anyagok (szűrőderítők, oxidációs medencék utóülepitői);

d) Igen nagy koncentrációjú, igen lassan sűrűsödő iszap (iszapterek).

A *különálló szemcsék* ülepedése jól ismert folyamat, a hidraulikai jellemzők közismertek. A berendezések méretezésénél az állandó ülepedési sebességet veszik ma is közelítőleg alapul, aminek megfelelően elegendő a *felületi terhelés*

$\left(q_F, \frac{m}{h}\right)$ alapján számolni, s nem kell a mélységet figyelembe venni. Meg kell

még említeni, hogy kismértékű turbulencia zavarja ugyan az ülepedést, azonban ezt nem érdemes még kiküszöbölni. Nagymértékű turbulencia már megakadályozza az ülepedést, ezért ennek felléptét a hidraulikai feltételek biztosításával kell megelőzni.

A *könnyen pelyhesedő, kis koncentrációjú anyag* ülepedésénél már figyelembe veszik a sebességnek a pelyhesedés közbeni változását, s ennek megfelelően a méretezés alapjául a *tartózkodási időt* ajánlják. A kismértékű turbulencia, s az ezt biztosító keverés hasznos a pelyhesedésre. A pelyhesítő és az ülepitő tér elválasztása általában szükséges.

A *könnyen pelyhesedő, nagy koncentrációjú iszapfelhők* lebegési és süllyedési feltételei már kevésbé ismeretesek. A folyamatot a pelyhesedést elősegítő turbulencia foka mellett főleg a kezdeti koncentráció határozza meg. Ennek

megfelelően a berendezéseket elsősorban a keverés mértékének és a kezdeti koncentrációnak a függvényében méretezik.

Az *igen nagy koncentrációjú iszap* besűrűsödését gyakorlati megfigyelések jellemzik. Hidraulikailag döntő az iszapter lehető legnagyobb zavartalanságának a biztosítása.

Az előző vázlatos összefoglaló igazolja a hidraulikai jellemzők jelentőségét. Vizsgáljuk meg a továbbiakban ezeket a jellemzőket.

Az első jelentős kérdés a *hidraulikai szerkezet* kialakítása. Az 1. ábrán felrajzoltuk néhány tipikus homokfogó, ülepítő és egyszerű derítő hidraulikai szerkezetét (az első négy berendezés képe a tanszéki hidraulikai vizsgálatokból való [22, 24, 30, 40, 41, 42, 43]). A vizsgálatok eredményeiből kiemelünk néhányat [34, 24, 40, 41]:

a) Törekedni kell a *víz be- és kivezetésénél* a holtter-mentes egyenletes átmenetre! A feladat lényegében viszonylag kis átmeneti térben a sebesség nagyságának csökkentése, vagy növelése, és a sebesség irányának változtatása.

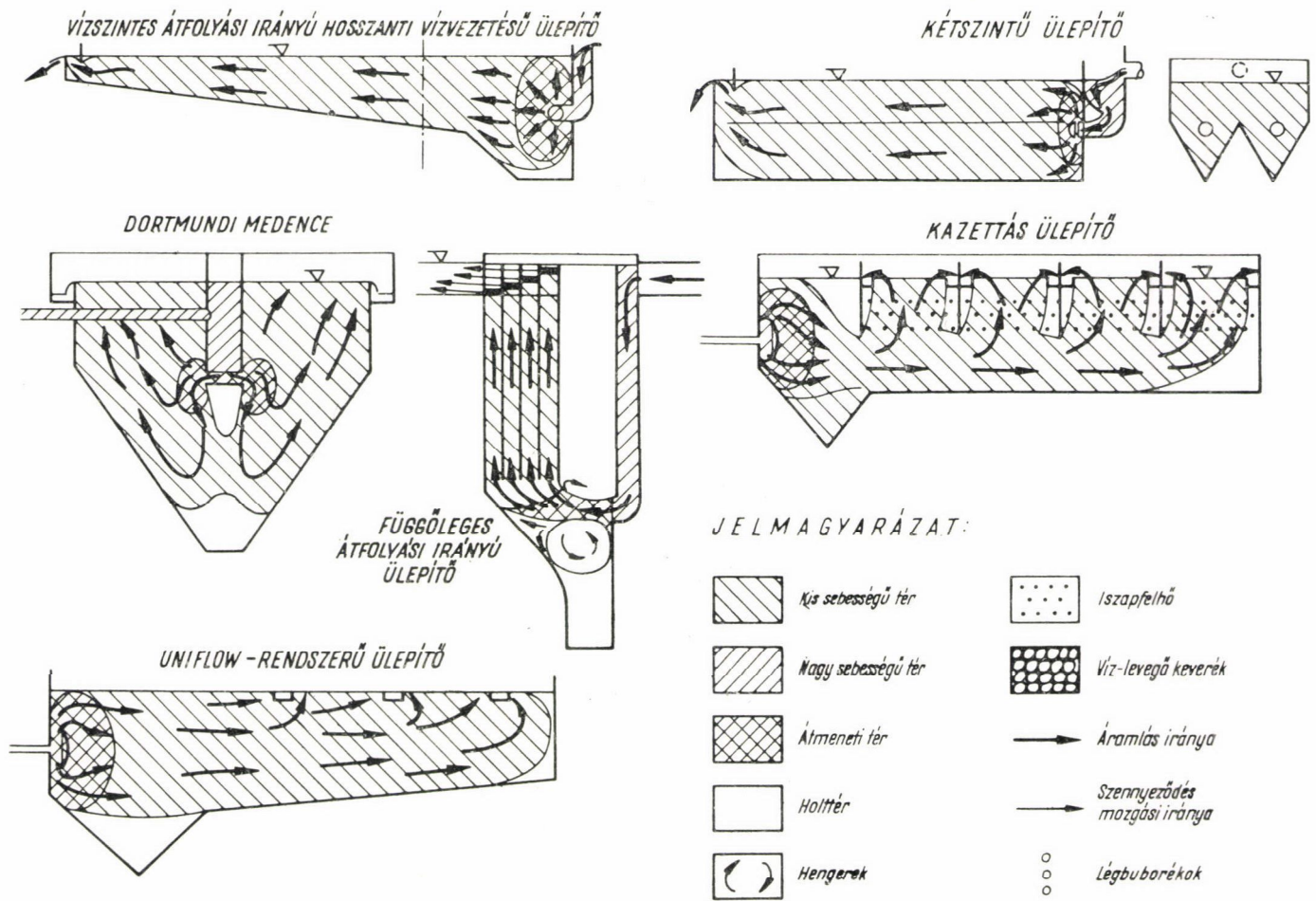
A *bevezetés* jó megoldása általában fontosabb, mint az elvezetésé! A bevezetés sok szokásos megoldásából (bukó, bukó gerebvel, terelőfalakkal, difuzoros bevezetés, kör alakú nyílások Geiger és Stengel fejekkel, sík és henger alakú ütköző lemezekkel, függőleges nyílások sík ütköző lemezekkel stb.) az esetek többségében a kör alakú nyílások mögötti Geiger T-csöves és Stengel gömbsüveges megoldások vezetnek a legjobb átmenetre! [19, 22, 26, 42, 43].

A *kivezetés* számos szokásos megoldásából (konfuzoros szűkítés, bukóél, bukó ferde réssel vagy nyomás alatti egyenes réses kivezetés stb.) jó megoldást jelent a bukóél és a ferde rés is [19, 30]. A bukóél helyének jó megválasztása különösen fontos a teljesen vagy részben függőleges vízvezetésű ülepítőknél, például a dortmundi medencéknél, a Uniflow és a kazettás derítőknél. A *Uniflow* rendszerű (1. ábra) medencéknél a párhuzamos vályúk egyenletes elosztása végig közel egyenletes hosszirányú sebességet biztosít a medencében, amivel végig azonos ülepítési feltételek érhetők el. A *kazettás derítő*knél már nem ilyen kedvező a helyzet, a hosszirányú mozgás sebessége egyenletes vályúelosztásnál csökkenő, ami az ülepítés hidraulikai feltételeit változtatja a hossz mentén. A *dortmundi* medencéknél a bukós elvezető vályúk sugárirányú helyszínrajzú elrendezése még nem oldja meg teljesen az egyenletes vízvezetési feladatot. A sugár mentén kifelé haladva csökken az 1 m² ülepítő felületre jutó vályúhossz. Ez a hiba javítható a felszín külső gyűrű alakú részében a sugárirányú elemek sűrítésével. A bukóél hosszának helyes megállapítása a medence vízszíneinek szabályozása szempontjából döntő.

Mind a be-, mind a kivezetésnél levő, az úszóanyagokat visszatartó *merülőfal* mélységének megválasztása alapvető. 20–30 cm-nél a bemerülés nem lehet nagyobb, nehogy az áramképet megzavarja [19].

A vízszintes vízvezetésű ülepítőknél gyakori a mozgás irányában a *fenék emelése*, a szelvény csökkentése, a lerakódott iszap ellenirányú kivezetésének elősegítésére. Itt a hatások ellentétesek, az ülepedési mélység csökken, ugyanakkor a vízsebesség növekszik! Lényegesen kedvezőbb ilyen szempontból a Uniflow és a kazettás megoldás, amelyeknél a mélység jobban összhangban van a sebességgel, a vízsebesség állandó vagy csökkenő.

b) A lehető legkisebbek legyenek a *holtterek*, sarkok, hengermozgások, visszaáramlásos terek, az ún. áramlási rövidzárlatok, a bizonytalan mozgású terek az ülepítési térben. Ezek csökkentése, megszüntetése lényegesen kisebb medencére vezethet. Például az ülepítőmedencék méreteinek kis mértékű (25—



1. ábra. Homokfogók, ülepítők és egyszerű derítők

30 %-os) csökkentése az ülepítő hatást lényegében nem változtatja, ha a víz-elosztó és a vízterelő berendezéseket ugyanakkor úgy változtatjuk, hogy az átfolyási görbe ne változzék.

A szűröderítőknel biztosítani kell az iszapfelhők kialakítására és fenn-tartására alkalmas teret. A kazettás derítőkben biztosított ez a tér, a Uniflow derítőkben viszont nehézségekbe ütközik hidraulikai okok miatt ennek a térnek tökéletes kialakítása. (Hidraulikai szempontból a kazettás derítő jobb mint derítő berendezés, a Uniflow berendezés jobb mint ülepítő, vagy mint olyan ülepítő, amely csak időszakosan kell, hogy mint derítő működjék.)

c) El kell kerülni a hő- és sűrűségváltozás hatására fellépő másodrendű áramlásokat.

d) Az *iszaptérben* holtteret alakuljon ki!

A hidraulikai szerkezetet, mint a bevezetőnkben láttuk, sokféleképpen jellemezhetjük. Főleg a felsorolt *hatásfokok* mutatják igen jól a helyes megoldást. Például *Vágás István* [42] a kétszintű ülepítők kisminta-vizsgálatánál a vízelosztás és vízterelés javításával:

- az 1. áramlástanai hatásfokot 86,4 %-ról 93,6 %-ra,
- a 2. áramlástanai hatásfokot 42,1 %-ról 83,9 %-ra,
- a 3. áramlástanai hatásfokot 41,1 %-ról 78,6 %-ra

növelte. (Az 1. hatásfok egyben a holtterek nagyságát is jelzi: $100 - 86,4 = 13,6\%$ a rosszabb és $100 - 93,6 = 6,4\%$ a jobbik esetben. A holtteret különben sikerült az egyik változatnál 1,8 %-ra lecsökkentenie, ebben az esetben azonban a 2. és a 3. hatásfok lényegesen rosszabb volt.)

Muszkalay László és *Vágás István* [26] vízszintes átfolyási irányú, hosszanti vízvezetésű ülepítőknél ugyancsak a vízelosztás és vízterelés javításával:

- az 1. áramlástanai hatásfokot 24,6 %-ról 86,0 %-ra,
- a 2. áramlástanai hatásfokot 6,8 %-ról 85,8 %-ra,
- a 3. áramlástanai hatásfokot 8,9 %-ról 99,6 %-ra

növelték.

Ebből a rövid elemzésből láthatjuk, hogy a hidraulikai vizsgálatok az előző a)–b) alatti előírásoknak igen jó megoldásaira vezethetnek, hiszen mind a három áramlástanai hatásfok, a belső térkialakítás, a be- és kivezetés helyes megoldásával 85–99 %-ra növelhető!

A második jelentős kérdés a hidraulikai jellemzésnél az *egyenletes sebesség-elosztás* vázolt statisztikai jellemzése. Itt csak egyetlen példában óhajtjuk ennek a módszernek a jelentőségét bemutatni. *Lipták Ferenc* vizsgálati anyagából [21, 22] elemezve összehasonlítjuk a vízszintes átfolyási irányú, hosszanti vízvezetésű ülepítő legjobbnak adódott megoldását egy rossz megoldással, ahol a bevezetés kialakítása elégtelen volt, s ráadásul a bevezetett víz hőmérséklete 4,6 °C-kal kisebb (17,2 °C) volt a medence vizének hőmérsékleténél (21,8 °C). A jó hidraulikai megoldásnál 1/a. ábrán bejelölt, 209 cm mély szelvényben, a mért sebességértékek 80 %-a (95 mérési adatból) a 6,1 és a 11,0 mm/s határok között volt, és csak 8 %-a emelkedett a 11,0 mm/s érték fölé. A rossz megoldásnál ugyanebben a szelvényben az alsó 56 cm-es sávban a sebességértékek 95 %-a a 11 mm/s-nál lényegesen nagyobb 29 mm/s-os érték körül ingadozott, s ugyanakkor a felső 153 cm-es sávban csak elenyészően kis sebességű ellenirányú vízmozgás alakult ki, amely sáv lényegében kikapcsolódott a vízszállításból.

További jelentős kérdés a *sebességhatárok* megválasztásának kérdése
Lássunk ezekre néhány gyakorlati előírást [1, 14, 23, 29]:

Homokfogók:

1. a kvarszemcsék (d , mm) *ülepedési sebessége* (ω , m/h):

| | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| d | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 |
| ω | 504 | 257 | 81 | 24 |

(MSz 15302)

2. a víz megengedett sebessége:

vízszintes átfolyási irányú homokfogóknál:

$v_{\max} = 0,25 - 0,35$ m/s (Goncsarov nyomán, a szemösszetétel és a töménység függvényében)

$v_{\max} = 0,25 - 0,40$ m/s (MSz 15302)

v_{\min} = szerves anyag ne ülepedjék

függőleges átfolyási irányú homokfogóknál:

ha $d = 0,1$ mm $v_{f\max} = 5 - 8$ mm/s (18,0 - 28,8 m/h)

$d = 0,5$ mm $v_{f\max} = 50 - 80$ mm/s (180 - 288 m/h)

(Nagy L. Dénes, [29])

$v_{f\max} = 30 - 100$ mm/s (MSz 15302)

Ülepítők és derítők ülepítő tere:

1. szennyvíziszap (d , mm) *ülepedési sebessége* (ω , m/h)

| | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|
| d | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,01 | 0,005 |
| ω | 122 | 61 | 18 | 3 | 0,8 | 0,03 | 0,08 |

(MSz 15302)

2. a víz megengedett sebessége:

vízszintes átfolyási irányú ülepítőknél:

v_{\max} 0,03 - 0,05 m/s (Nagy L. Dénes)

0,05 m/s (Imhoff)

0,02 - 0,01 m/s (Imhoff, 1 órás csúcsnál)

v_{\min} 0,003 m/s (féregpeték leülepedésének akadályozására)

a sebesség számításánál a medencében alul 30 cm-t az iszap tározására és a kaparó szerkezetre fenn kell tartani

a sebesség sokszor csak mm nagyságrendű (pl. a győri Uniflow medencénél 3 mm/s)

$\frac{v_{\max}}{\omega} = 15$ (amerikai szerzők)

= 20 - 40 (francia szerzők)

függőleges átfolyási irányú ülepitőknel:

v_{max} 0,3–1,0 mm/s (Nagy L. Dénes, MSz 15302)
(1–3,5 m/h)
0,6–0,7 mm/s (kazettás derítő, Mohács–Pécs)
0,6–0,9 mm/s (Szojjetunió)

dortmundi medencéknél a belső hengerben lefelé mozgó víznél terelőlap nélkül:

v_{max} 30 mm/s (MSz 15302)

kilépésnél terelőlap nélkül:

v_{max} 40 mm/s

terelőlappal:

v_{max} 100 mm/s

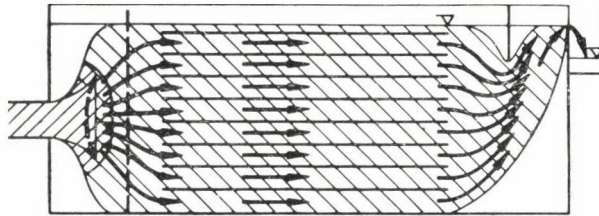
Az ülepitők hidraulikai feltételei között szerepelnek még a *bukóélre* vonatkozó megállapítások:

a bukóél vízszintességét ± 2 mm-en belül kell biztosítani,

a bukóél terhelése kicsi legyen (a győri Uniflow medencéé például 1,74 l/s).

1.12 Lemezes ülepitők

A lemezes ülepitők, amelyeknél a hidraulikus sugár csökkenése következtében egyszerre érhetjük el a Froude-szám növelésével ($Fr > 10^{-5}$) az áramlási stabilitás biztosítását, és a Reynolds-szám csökkentésével ($Re < 500$) a lamináris állapot megközelítését, teljes összhangban kell biztosítani az ülepitési feladat megoldására, átlagos és szélsőséges vízhozamnál egyaránt, a víz be- és kivezetését, a sebességeloszlás egyenletességét, a Froude-szám növelését és a Reynolds-szám csökkentését [35, 36, 37].



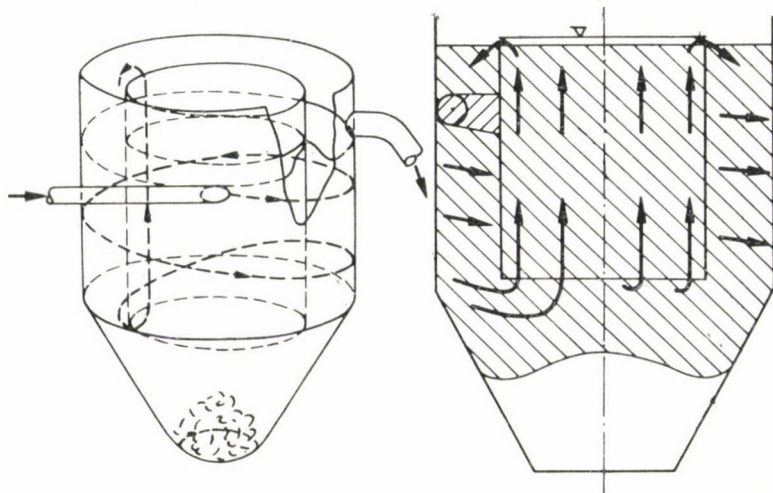
2. ábra. Lemezes ülepitő

A *hidraulikai szerkezet* (2. ábra) holtterek, bizonytalan mozgású terek, visszaáramlások nélküli legyen! Főleg a be- és kivezetés alakításával oldható meg jól ez a feladat. Igen jól használhatók itt is a Stengel-fejek. A számzerű jellemzésnél (1–5) alatti összefüggések közül az (1–2) és a (4) a legjelentősebbek, de vizsgálnunk kell a Froude- és Reynolds-számot is. Az 1. áramlási határfoknál laboratóriumi vizsgálatok útján megközelíthető a 99%-os érték is. Jelentős kérdés a hőmérsékleti hatások kiküszöbölése is. Szalay Miklós papírrost ülepitésének vizsgálatánál a Froude-számot $1,20 \cdot 10^{-4}$ -ről (lemez nélküli állapot) $1,57 \cdot 10^{-2}$ -re (lemezes állapot) növelte, a Reynolds-számot pedig 4640-ről 140-re csökkentette.

A sebesség egyenletessége ennél az ülepitőnél különleges gonddal biztosítandó. A határsebességekre érvényesek az ülepitő térre az előzőkben már mondtak.

1.13 Hidrociklonok

A hidrociklonoknak [8, 38], amelyek a hordaléknak a víztől való különválasztására nem a nehézségi, hanem a centrifugális erőt hasznosítják, a hidraulikai szerkezete a szemcsék sugárirányú elmozdulását lehetővé tevő forgómozgású térből, továbbá a leülepedett iszapot gyűjtő alsó holttérből épül fel. (Nyílt felszínű hidrociklon: 3. ábra.) A hidrociklonok vizsgálatánál is jelentősek a különböző áramlástani és ülepitési hatásfokok, amelyek elérhetik a 85–95 %-os



3. ábra. Hidrociklon

értékeket. Az Ózdi Kohászati Üzemek területén végzett félüzemi vizsgálatoknál például sikerült a szennyvíz revetartalmát a vízhozamtól és a reve pillanatnyi összetételétől függően 13–60 %-ra csökkenteni. A ciklon hatásfokát rontotta az a körülmény, hogy a víz eléggé nagy mennyiségben tartalmazott igen finom, 80μ -nál finomabb részeket, amelyekre a centrifugális erő már kevésbé hatott, annál is inkább, mert a rájuk tapadó olaj a fajsúlyukat számottevően csökkentette.

A hidrociklonok elméleti, hidraulikai alapon való méretezését különben még nem sikerült teljesen megoldani. Szalay Miklós kísérlete során [38] éppen hidraulikailag élt túl sok közelítéssel, így többek között elhanyagolta a turbulencia szerepét, ami véleményünk szerint csak első közelítésben engedhető meg.

1.2 Olaj- és zsírfogók

Tárgyalásunkban összefoglalóan vizsgáljuk a szokásos olaj- és zsírfogókat, s ugyanítt emlékezzünk meg röviden a lemezes olajfogókról is.

A főfeladat itt is a második (ez esetben második folyékony) fázis kialakulásának és mozgásának elmélyedt elemzése. Ez tanulmányunknak azonban

nem feladata, legfeljebb néhány összefoglaló megjegyzést teszünk. Az *úszó folyékony anyag* kétféle alakban jelentkezik [36]:

- a) cseppalakban vagy
- b) emulzióban.

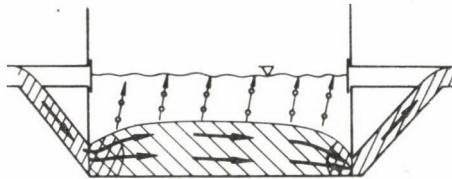
A *cseppalakban* levő folyékony szennyeződés felúszási törvényei hasonlóak az ülepedés törvényeihez. A turbulencia hatása itt is döntő jellegű. Szerepet játszik az olaj fajsúlya, valamint az olajtartalmú víz p_H értéke is. Svájci adatok szerint a 0,25 mm-es átmérőhöz tartozó sebességértékek olajoknál a fajsúly függvényében a következők:

| | Fajsúly | cm/s |
|-------------------------|---------|-------|
| Petróleuméter | 0,75 | 0,625 |
| Petróleum | 0,80 | 0,500 |
| Könnyű olaj | 0,85 | 0,375 |
| Kenőolaj | 0,90 | 0,250 |

Miután a cseppek mozgás közben egyesülhetnek is, a tisztító berendezések vizsgálatánál a könnyen pelyhesedő, kis koncentrációjú anyagokat ülepitő berendezések méretezési eljárását fogadhatjuk el alapul.

Az *emulzióban* levő olaj nem úsztható fel a felszínre, szükséges a megelőző emulzióbontás. Ennek szokásos útjai a melegítés, centrifugálás, koagulálás, cseppesítő szűrő alkalmazása stb.

A közvetlen hidraulikai vizsgálat értelemszerűen hasonló az ülepitőknél elmondottakhoz. A *hidraulikai szerkezetet* (4. ábra) itt is elsősorban a be- és



4. ábra. Olajfogó

kivezetés megoldása szabályozza. A holtterek, visszaáramlásos terek keletkezése az áramlási térben igen érzékeny a hőmérsékleti hatásokra. Az olajat gyűjtő tér holttér jellegű kell hogy legyen. A *sebességeloszlás* egyenletességének biztosítása ugyancsak fontos feladat. A *határsebességekre* a következő értéket adjuk meg:

$$v_{\max} = 1,0 - 1,5 \text{ cm/s}$$

Az olaj- és zsírfogók hidraulikai működését javítani lehet *levegőztetéssel*, gőzöléssel. Hidraulikailag különleges problémát jelent a felúsztatás és az ülepités, tehát a szennyező anyagok ellenkező irányú kiválasztásának *egyidejű* megoldása. És nem közömbös kérdés a lemez olajfogóknál a határoló lemezanyag (acél, alumínium, poliészter stb.) jó megválasztása sem. A jellemzés legjobb útja a *hatásfokok* meghatározása.

2. Nagy sebességű vízmozgású terek

Tárgyalásunkban csak a levegőztető medencékkel foglalkozunk, a keverő és oldó medencék kérdéseit más alkalommal vizsgáljuk. Tanulmányozzuk először a sűrített levegővel működtetett levegőztető rendszereket, majd a felzín mechanikus megzavarásával dolgozó medencéket.

A sűrített levegős rendszereknél meg kell ismerni a *légbuborékoknak* keletkezési és mozgási törvényeit [3, 13].

A buborék *keletkezését, nagyságának alakulását* a légbevezető csőrácsokban levő fúratok nagysága, helye és a befúvott levegő mennyisége határozza meg. Porózus anyagon át bevezetett levegőnél a pórusok adatai a döntőek. Megkülönböztetünk finom (< 1 mm), közepes (< 5 mm) és durva (> 5 mm) buborékokat. A buborékok *alakját* elsősorban a buborékok nagysága, a felhajtó erő, a közegellenállás és a felületi feszültség szabályozza. Fontos tényező ebből a szempontból a szennyvíz minősége, az organikus anyagok, főleg a detergenssek jelenléte. A buborékok egyenes, közel egyenes, s spirál vagy teljesen szabad alakú pályán *mozognak*. Sebességük 5 mm-es átmérőig az átmérőtől, illetőleg a Reynolds-számtól függ, 5 mm fölött már főleg a felületi feszültség, a sűrűség és a viszkozitás szabályozza.

A *finom* buborékok általában gömb alakúak, egyenes pályán mozognak, az oldás szempontjából jelentős határfelületük igen nagy, ugyanakkor ezeknek a buborékoknak a mozgása által kiváltott turbulencia kis mértékű, s így az oldás szempontjából ugyancsak jelentős határfelület-megújulásuk gyenge. A finom buborékokra hatnak a legkedvezőtlenebbül a detergenssek. A *durva* buborékok alakatlanok, szabálytalan, de a függőlegeshez közel eső pályán mozognak, fajlagos határfelületük kicsi, a turbulencia mértéke ugyanakkor nagy, s így a határfelületük megújulása gyors. A *közepes* buborékok lencsealakúak, spirál pályán mozognak, egyéb jellemzőik átmenetiek.

A buborékokkal teli víztér, a *buborék-víz-keverék* mozgását a medencealak, a levegőztető eszközök és az egyéb hidraulikai körülmények határozzák meg. Az előző tényezőkön túlmenően fontos még a buborékok felszíni robbanás-szerű felszabadulása, továbbá a vízfelszín állandó nyomást biztosító szerepe, illetőleg a levegő bevezetésénél átadott nyomásnak és a víznyomásnak egységes nyomásrendszere!

A *vízfelszín mechanikus zavarásának* hidraulikai feltételeit főleg a mechanikus zavaró eszköz (forgó kefe, forgó lapát stb.) méretei, forgási sebessége, a vízbe merülés mélysége, s végül a mozgatott víz tömege szabja meg. A keletkező buborékok általában finomak.

A nagy sebességű vízmozgású tereknél is fontos jellemző lehet a hidraulikai szerkezet bemutató áramkép, a sebességek eloszlása és a határsebességek rendszere.

2.1 Levegőztető medencék általában

A medence terének *hidraulikai szerkezete* a lehető legegyszerűbb legyen, lehetőleg csak a viszonylag nagy sebességű tér alakuljon ki, s a bizonytalan mozgású tér, holttér, a lehető legkisebb legyen. Az áramlás a buborékokat lehetőleg messze ragadja magával a folyadéktérbe. (Ez az utóbbi megállapítás vitatott. A légbuborékok a tér egy részében a vízzel ellentétben mozognak, s a vízmozgást fékezik. Véleményünk szerint azonban jelentősebb ebben az eset-

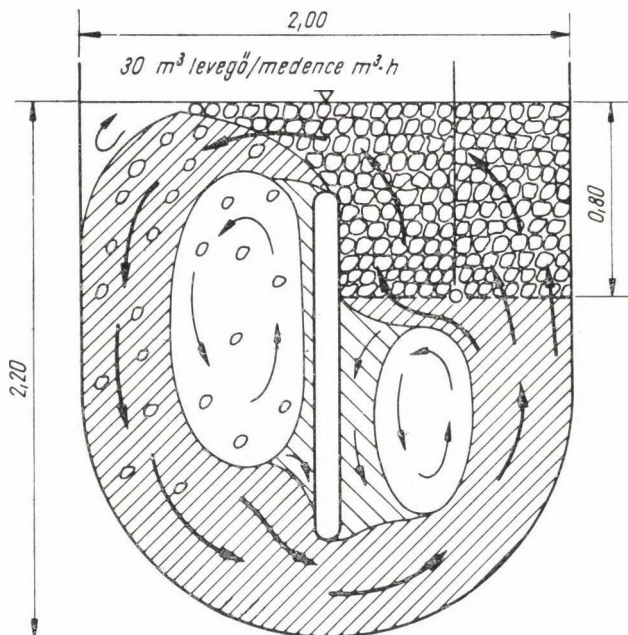
ben az oxigénoldódás folyamatának kedvező, mint a mozgás fékezésének hátrányos hatása.) A medencében levő víz a körforgásban folyamatosan újra és újra eljusson a levegőztető berendezéshez (pl. a Kessener kefékhez, INKA-rácshoz), ne legyenek áramlási rövidzárlatok. A válaszfalak áramlást irányító hatása kedvezőbb legyen, mint a merev beavatkozás következtében fellépő kedvezőtlen hatásuk.

A vízsebesség, a pehelyképződés leírt feltételeinek megfelelően *szűk határok* között maradjon. A sebességek eloszlását ábrázoló „gyakorisági ábra” kis sebességeket jellemző része jelentéktelen legyen.

A fenék közelében, hogy leülepedés ne következhesse be, a $v_{fmin} \geq 25$ cm/s határt be kell tartani.

2.2 Oxidációs, sűrített levegőjű medencék

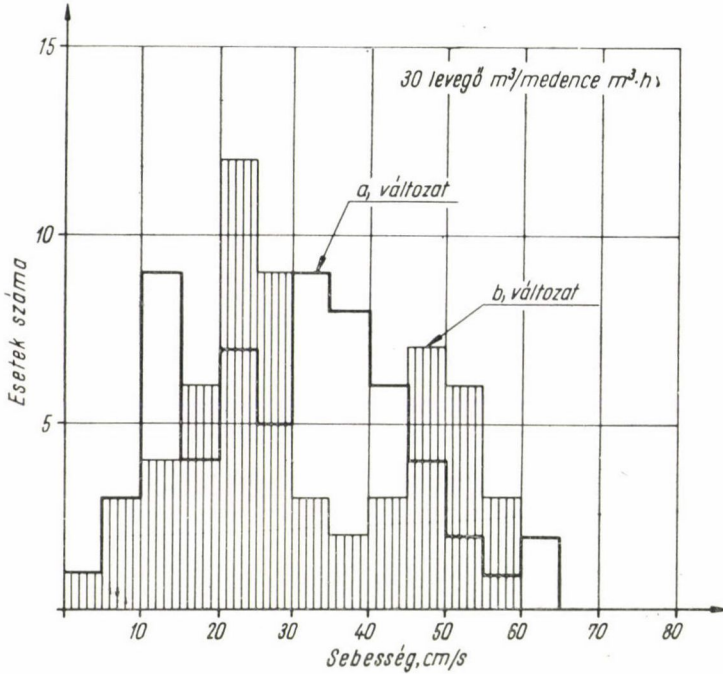
A hidraulikai szerkezet kedvező alakítását elsősorban a medence határfelületének áramvonalas (kör, ellipszis) felvételével, másodsor az áramlást irányító válaszfal alakjának, méreteinek jó megválasztásával érhetjük el.



5. ábra. INKA-rácsos levegőztető medence

A ma szokásosan alkalmazott *válaszfalás*, INKA-rendszerű, kör vagy ellipszis vonalazású oxidációs medencék hidraulikai szerkezete (5. ábra) nem egészen kedvező, a főáramlás terében a sebességeloszlás kedvező ugyan, a bizonytalan mozgásállapotú terek kiterjedése azonban túl nagy. Laboratóriummunkban a legutóbb vizsgált berendezés esetében, kedvező válaszfal-kialakítás

és üzemeltetés mellett is, 25–27% volt a bizonytalan, instabil terек kiterjedése, a rács fölötti víz–levegő keverékes térrel csökkentett medencetérhez képest [33] (5. ábra). A *válaszfal* hosszának növelése bizonyos határok között csökkentette az instabil terек kiterjedését, s magától értetődően növelte a fenéksebesség értékét. A Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézetben sikerült Horváth Imrének [13] a körvonalozású, *válaszfal-nélküli* megoldásnál ezt a kiterjedést 5% alá szorítania. Ennél a megoldásnál a levegőztető rács a kör középpontjának magasságában helyezkedik el. (A tanszéki vizsgálatok során,



6. ábra. Sebességek eloszlása INKA-rácsos levegőztető medencében: a) változat: 144 cm-es válaszfalnál (5. ábra), b) változat: 92 cm-es válaszfalnál

az ellipszis vonalozású medenénél nem sikerült az instabil tereket így leszorítani.)

A hidraulikai szerkezetet különben befolyásolja a *rács* hossza és mélysége is. *Rozsnyói Péter* vizsgálati eredményei is kimutatták, hogy a medence fél szélességénél hosszabb rács kedvezőtlen hatású. Ugyancsak az ő vizsgálatai erősítették meg azt a megfigyelést is, hogy a rácsmélység növelésével az instabil terек kiterjedése csökken, a fenéksebesség növekszik, tehát kedvező a változás. (A rács mélysége energiafelhasználási okokból azonban nem növelhető akár milyen mértékben, a gyakorlatilag kedvező érték 80 cm körüli.) Hatással van a hidraulikai szerkezetre különben természetesen a *levegőmennyiség* növelése is, ezzel is csökken az instabil tér. Ugyanakkor azonban az eddigi vizsgálatok igen érdekesen azt mutatták, hogy a levegő mennyiségének növelésével csökken a fenéksebesség, ami kedvezőtlen az ülepedés megakadályozása szempontjából.

A hidraulikai szerkezetet érintő kérdés még a vízszín szabályozásának megoldása. Ha a vízszín túlzottan ingadozik, a levegő bevezetésének körülményei változnak (főleg a magasan elhelyezett csőrácsú rendszereknél), ezzel változik a sebesség, s megváltozik az áramlási tér szerkezete. A helyes megoldás a víz elvezetésénél a bukóél hosszának megfelelő megválasztása, vagy a bukóél magassági szabályozásának megvalósítása.

A hidraulikai szerkezettel kapcsolatban fontos még megállapítanunk azt is, hogy megfigyeléseink szerint az *instabil terek* vándorolnak. Ennek az időbeli szerkezetváltozásnak felülvizsgálata egyik ez évi kutatási feladatunk.

A vízsebesség értékének megoszlása az egész medencében, optimális vízmozgás esetében, eddigi vizsgálataink szerint a következőképpen jellemezhető:

| | |
|------------|------|
| 20—65 cm/s | 70 % |
| 30—65 cm/s | 50 % |

Ezek az értékek reméljük tovább finomíthatók. Mostani vizsgálatainknál a biológiai és hidraulikai folyamatok közvetlen összevetésétől el kellett tekintnünk, vizsgálataink csak hidraulikai jellegűek voltak, s a pelyhesedés optimális körülményeire csak közvetve voltunk tekintettel, éspedig úgy, hogy a gyakorlatban bevált, jó hatásfokú oxidációs medencék adott hidraulikai körülményeire vezettük le a fenti jellemzőket (6. ábra). Meg kell említenünk azt is, hogy miután a fenti értékeket tiszta vízű medencében figyeltük meg, kisebb változás várható még a valóságos (szennyezett) folyadékra való áttérésnél is.

Az oxidációs térben a legfontosabb *alsó határérték* a fenéklemez legalsó szakaszán megfigyelhető sebesség határértéke, amelyet az előzőekben már megadtunk. *Felső határként* — csak mint a gyakorlatban megfigyelhető értéket megadva, de biológiailag még nem igazolva — a következő sebességet javasoljuk:

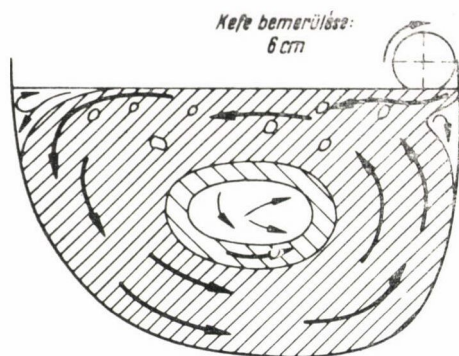
$$v_{\max} \leq 85 \text{ cm/s.}$$

2.3 Oxidációs, forgókefés medencék

A forgókefés medencéknél is érvényesek általánosságban és értelemszerűen az előzőekben mondottak. A hidraulikai szerkezet (7. ábra) szempontjából, főleg a medencealaknak, a belső térkiképzésnek, a kefe helyének, mélységének, fordulatszámának, forgási irányának (a medence felé vagy a fal felé mozdítja-e el a vizet), és a mozgatott víz tömegének van jelentősége. Ezekben a medencékben könnyen előfordulhat, hogy az egész áramlási folyamat a tér felső harmadában — felében játszódik le, s alul holtteret keletkezik, ami minden szempontból káros. (A jelenség előállítását elősegíti a szennyvízben a detergens jelenléte.) A bizonytalan vízmozgású terek nagyok lehetnek és a v_{\min} lényegesen a 25 cm/s érték alá csökkenhet.

A medencealak, a belső térkiképzés hatását *Horváth Imre* és *Szolnoky Elemér* mutatták ki igen jól [15]. A klotoidgörbével határolt, válaszfalmentes medencénél (7. ábra), amelynél a kefe a víztér felé vetette a vizet, sikerült a bizonytalan mozgású teret 6% alá szorítani, akkor amikor ez a tér könnyen 20% fölé is emelkedhet, még viszonylag elfogadhatóan működő medencénél is. Ezek a kísérletek mutatták meg azt is, hogy a hidraulikai szerkezet szempontjából kedvezőbb az olyan forgási irányú kefe, amely a víztér felé veti a vizet. A kefe további szerkezetet alakító hatására adatokat még nem adhatunk.

A vízsebesség középértékének egyenletessége lényegesen jobban biztosítható a térben ennél a berendezésnél, mint a levegőztető rácsos medencénél. Az előzőekben vizsgált berendezésnél például a 21 és 26 cm/s határok közé eső sebességek a vizsgálatba vont összes sebességérték 76 %-át jelentik. Ugyanakkor azonban ezek a sebességek lényegesen kisebbek, mint az INKA-rend-

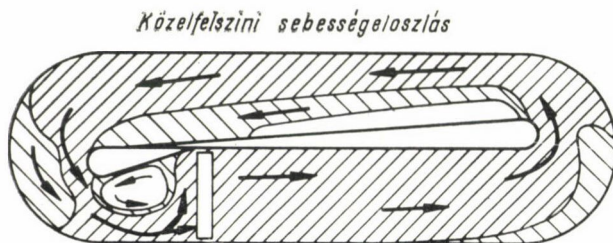


7. ábra. Forgókefés levegőztető medence

szerűeké, s így természetesen kisebb a turbulencia kedvező hatása a pelyhesedésre.

A forgókefés rendszereknél nehezen biztosítható a fenékfelület legmélyebb szakaszán az előírt *minimális sebesség*. Eddig a fentebb említett esetben [15] (7. ábra) sikerült egyedül a kísérletezőknek megközelíteniök a sebességhatárt.

A forgókefés rendszerű berendezéseknek különleges esete a *Pasveer-árok*. Ennek jó működése várható, ha a levegőztető medencék hidraulikai feltételeit betartjuk.



8. ábra. Pasveer-árok: eredeti megoldás: sík válaszfallal, félkör lezárással, végső megoldás: ferde válaszfallal, lekerekítésekkel (vastag vonallal); az ábra a végső megoldás felszíni áramképét mutatja, amelynél a kis és a nagy sebességű tereket 12–14 cm/s körüli értékeknél határoltuk el

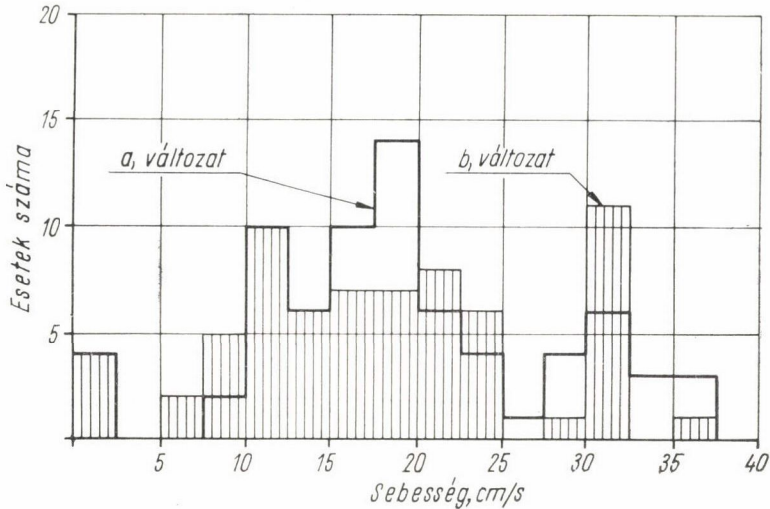
A hidraulikai szerkezet kialakulását *Illés István* tanszéki vizsgálatai [16] nyomán tanulmányozzuk. A 8. ábrán sík függőleges válaszfallal megosztott tér képét mutatjuk be. A kép eléggé rossz, zavaró ellenáramlások, illetőleg holtterek jelentkeztek több helyen is. Egyszerű, az ábrán bejelölt válaszfal-átalakítással, sikerült elérni, hogy főáramlástól elkülönült tér már csak a válaszfal-

falnak a rotorral ellentétes végén, a kanyarulat mögött alakul ki egy vízfelszín közeli vízhenget. A Pasveer-árkok hidraulikai szerkezete eléggé jól javítható.

A sebességek eloszlása szempontjából a Pasveer-árok a forgókefés medencékhez hasonlít. A sebesség értéke jórészt 15 és 40 cm/s között van (9. ábra):

| | |
|------------------------|------|
| az eredeti megoldásnál | 59% |
| a javított változatnál | 74%. |

A javított változatnál a 20 cm/s fölötti sebességek százalékos aránya csak 40% körüli. Itt a 70%-os határ tehát csak 15 cm/s-tól írható elő.



9. ábra. Sebességek eloszlása Pasveer-árkokban: a) változat: ferde válaszfal, lekerekítések, 20 cm-es kefebemerülés, b) változat: egyenes válaszfal, félkör lezárás, 15 cm-es kefebemerülés

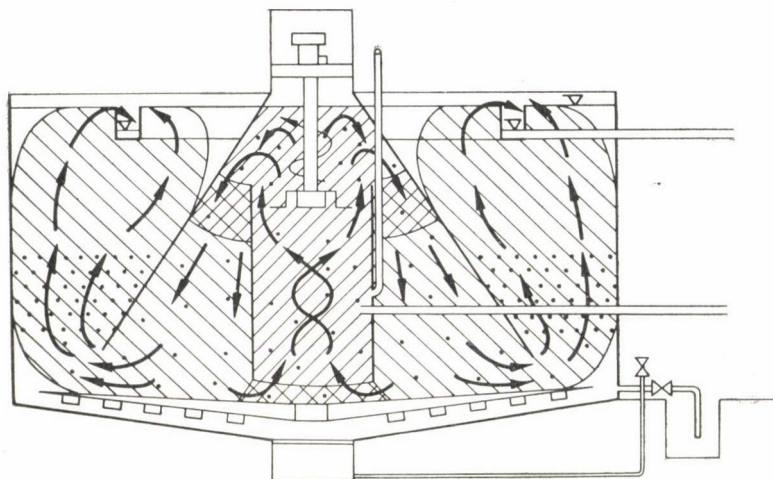
Az árokfenék közelében itt is biztosítani kellene az említett 25 cm/s-os alsó határt a lerakódások megelőzésére. Ez a példaképpen bemutatott esetben nem érhető el, a 25 cm/s sebességnél nagyobb sebességek még a javított változat terében sem érik el a 25%-ot, s így a fenék mentén sem lehet szó ennek a határnak a betartásáról. Üledéssel tehát számolni kell. A forgókefe súlylyesztésével már a helyzet lényegesen nem javítható, további kefe beépítésével lehetne az adott esetben az alsó határt közelítőleg biztosítani. (A sebességhatár vizsgálatával kapcsolatosan meg kell említeni, hogy az átszámítás a kismin-tárról a valóságra a Froude-törvény segítségével történt, ami azonban nem tekinthető érvényesnek a forgókefe adatainak: átmérő, bemerülési mélység, alak, forgásszám, energiaátadás stb. átszámításánál, itt számolni kell a méretarányhatással. A forgókefe modellbeli helyes kialakítását ezért a jövőben még felül kell vizsgálni.)

3. Vegyes vízmozgású terek

A továbbiakban néhány kis és nagy sebességű térrészt egy egységbe összefoglaló, több funkciót ellátó berendezésre vonatkozó kutatási eredményt mutatunk be.

3.1 Iszapszűrős reaktorok

Ezekben a berendezésekben válaszfalakkal megosztott, de lényegében egyetlen összefüggő víztérben oldják meg a vegyszer bevezetését, a pelyhese-
dést elősegítő keverést, a szűrést a szűrőfelhőn át és végül az ülepitést (10. ábra). Az eltérő vízmozgás-állapotú térrészeket aránylag jól kapcsolják egymás-

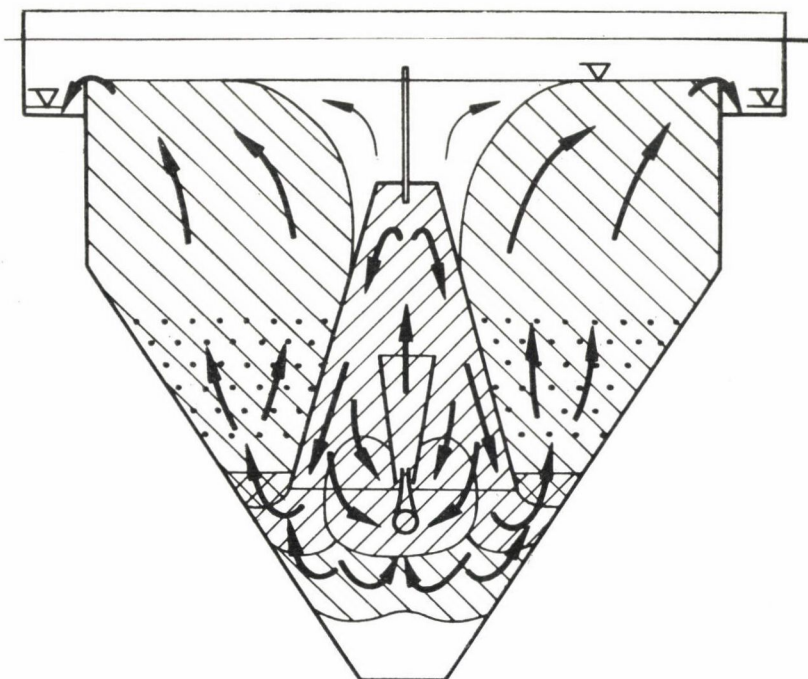


10. ábra. Iszapszűrős derítő

hoz. Kényes a szűrő pelyhelyelő fenntartása a berendezésben, amely terhelési ingadozásra, a bevezetett víz hőmérsékletének változására könnyen átszakadhat. Boros János kísérleteivel kimutatta [6] a Budapesti Felsővízi Vízkivételi Mű reaktorainál, hogy a déli órákban bevezetett 1–2 tized C°-kal nagyobb hőmérsékletű víz már felszakítja a lebegő iszapfüggőnyt, aminek következtében az iszap egy része eltávozik a vízzel. Lehűlésnél javult az üzem. Kényes még a tisztított víz egyenletes elvezetésének kérdése is, amellyel az egyszerű dortmundi medencék bemutatásánál már foglalkoztunk.

3.2 Iszapszűrős dortmundi medencék

Ezek a berendezések iszapszűrő kialakulását, a szűrést az iszapszűrőn át és az egyidejű ülepitést oldják meg (11. ábra), egyetlen összefüggő térben [32]. Öllös Géza vizsgálatai kedvező hidraulikai szerkezethez vezettek, amely-nél az ábrán látható iszapfelhő alakult ki. A kísérletek különben igazolták az egyszerű szűrőfelhős derítőknél mondottakat, nevezetesen, hogy a szűrőfelhők kialakulásához elegendő tér kell! A vízrétegvastagság növelése jó hatású volt a lebegő iszapfelhő kifejlődésére és fenntartására.



11. ábra. Keverőteres dortmundi medence

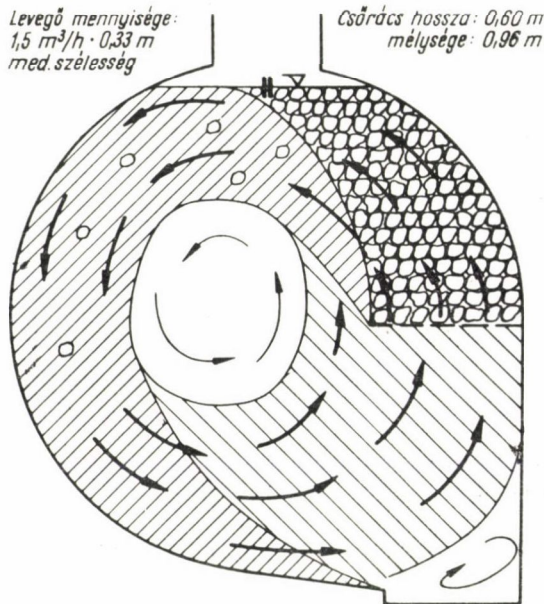
3.3 Légbefúvósos homokfogók

Különleges hidraulikai feladat megoldását kell hogy biztosítsa a légbefúvósos homokfogó *hidraulikai szerkezete* [14, 17]. Ennél a homokfogónál az ülepedés iránya közel merőleges az áramlás irányára, ami a homokfogó terhelésének nagy változtatására ad lehetőséget. A hidraulikai szerkezet különben a közvetlenül levegőztetett térből, a nagy sebességű térből, a bizonytalan mozgású és a holttérből tevődik össze, amely térrészek közül funkcionálisan *csak* a bizonytalan mozgású tér fölösleges (ez azonban gyakorlatilag teljesen meg nem szüntethető), a holtér nem fölösleges, ez a homok tározására kell (12. ábra). A *levegőztetett tér*, sőt az egész medence mozgásjelenségeit légbefúvással váltjuk ki. A légbefúvás körülményei szabják meg a homokfogó egész terének a viselkedését, s a már előzőekben megadott 25–35 cm/s körüli sebesség kialakulását a homokfogó kritikus alsó terében. A levegőztetett tér mozgását a következő utakon szabályozhatjuk:

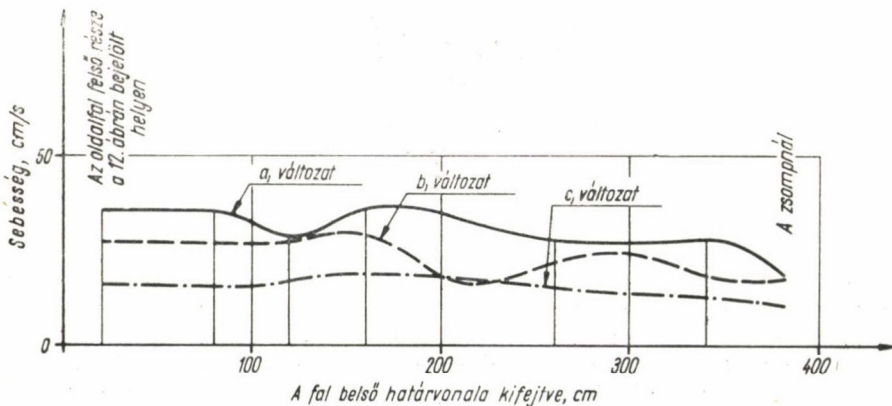
a) A levegőmennyiség növelésével, rövid levegőztető rácsoknál (*Illés István* kísérleteinél [17] 40 cm-es rácsnál), nagy mértékben növelhető a sebesség, a rács hosszának növelésével azonban csökken ez a hatás, és hosszú rácsnál (100 cm) már a hatás alig érzékelhető.

b) A levegőztető rács mélységének növelése kedvező a sebesség növelésére az ülepedés szempontjából kritikus helyen, de hátrányos az energiafelhasználás szempontjából.

c) A rács hosszának csökkentése, azonos mélységnél és levegőmennyiség-nél, kedvezően hat a sebesség növelésére (pl. $1 \text{ m}^3/\text{h}$. 30 cm légmennyiség adagolása esetében, azonos rácsmélységnél, az ülepedés szempontjából kritikus helyen a 100 cm -es rács esetében 11 cm/s , 60 cm -es rácsnál 17 cm/s és 40 cm -es rácsnál 27 cm/s a sebesség).



12. ábra. Légbefúvós homokfogó, a kis és nagy sebességű terek elhatárolása $18-20 \text{ cm/s}$ körüli értékeknél



13. ábra. Sebességek eloszlása légbefúvós homokfogónál, a baloldali lehatároló vonal mentén [a) változatnál 144 cm , b) változatnál 96 cm és a c) változatnál 48 cm a rács mélysége; a rács hossza 60 cm , a levegő mennyisége $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. $0,33 \text{ m}$ medenceszélesség]

A nagy sebességű tér továbbragadja és a homokfogó zsompba kell, hogy juttassa a homokot. Ennek a térnek a viselkedése szempontjából talán a legjelentősebb a homokfogó baloldali határoló fala közelében vizsgálni a sebesség alakulását (13. ábra). Itt főleg a 36 cm-es rácsmélységhez tartozó megoldás a jó, mert ennél a sebességnél a kezdeti szakaszban (a függőleges fal mentén) a 25 cm/s körüli, a homokgyűjtő zsomp közelében (a vízszintes fenéknél, ahol az anyag leülepedését még nem engedhetjük meg) újra felemelkedik erre a szintre, majd a zsomp felett erősen lecsökken.

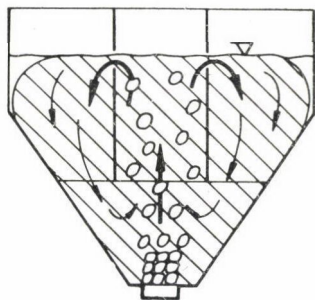
A holt térben a sebesség 0-hoz kell hogy közel legyen, a holt tér közelében pedig néhány cm/s-ra (5–10–15 cm/s) kell hogy lecsökkenjék.

A bizonytalan vízmozgású tér amellettt hogy, amint láttuk, fölösleges, egyben a kismintavizsgálatok szempontjából is zavaró, változtatja időben a helyét, nehezen biztosítható eredményesen a modellezése [34]. Az ülepedés szempontjából ugyanakkor különösebb zavart nem jelent, a kis sebességek következtében a szennyeződés lesüllyed vagy a centrifugális hatás következtében a nagy sebességű áramlási tér határához törekszik, ahová érve elragadja az áramlás.

A légbefúvásos homokfogóknál a sebességek eloszlásának vizsgálata feltétlenül eredménnyel jár.

3.4 Légbefúvásos olajfogó

A légbefúvásos olajfogók a flotálás értékes gondolatát kellene hogy hasznosítsák. Közismert megoldásuknál (14. ábra) azonban a hidraulikai követelmények ellentétesek. A légbefúvatásnál ügyelni kell — az olaj-felúsztatás feladatának megfelelően a — *finom buborékok* kialakítására, amelyek nem vízmozgató szerepűek, hanem az olajat kell, hogy magukkal ragadják. Ha a víz



14. ábra. Légbefúvásos olajfogó

is nagyobb mértékben felfelé mozog, nem alakulhat ki holt tér az olajgyűjtő térben, s így nem gyülekezhet össze az olaj a felszínen. Ez a levegőztetés azonban ugyanakkor nem elegendő arra, hogy a viszonylag kis átfolyási sebességű medencében a lerakódást megakadályozza, ami amellettt, hogy nehezíti a levegőztető csövek stb. működését, ugyanakkor a nem ülepítési célú berendezést ülepítővé alakítja át. Lényegében olyan átfolyási sebességet kellene előállítanunk ugyanebben a térben, amely felfelé lehetővé teszi az olajcseppek úszását, de lefelé akadályozná az ülepedést. A levegőztetés optimális határok

közötti tartása természetesen mindkét folyamatra kedvezően hathat, de véleményünk szerint ezek a határok igen szűkek. Ha az alsó határ alatt vagyunk, akkor az ülepedés igen nagyfokú és az olajflotáció igen kis hatásfokú, ha a felső határ felett vagyunk, úgy megakadályozzuk ugyan az ülepedést, de olyan nagy lesz a turbulencia mértéke, hogy olaj nem válhat ki.

A tanszéki vizsgálatok [8, 39] az *olajfogó hidraulikai működésének zavarait* igazolták. Az olajfogó hasznos köbtartalma $12,9 \text{ m}^3$, hossza 5 m volt, a kísérleteket 4 vízhozamlépcsőben (10, 15, 20 és 25 l/s) folytattuk, a légbevezető rács lyukbősége 2,5 mm volt (ami nem a finom, hanem a közepes buborékok kialakulására vezetett), a víz olajtartalma 0,5 és 50 mg/l között, revetartalma 50 és 500 mg/l között ingadozott, az átlagos átfolyási sebesség 2 és 5 cm/s között változott. Az olajfogóba adagoltuk a reve pelyhesítést elősegítő trinitriumfoszfátot, s ebben a térben kellett a pelyhesedésnek is lejátszódnia.

A kísérletek során nem sikerült az olajfogóval észrevehető mértékben kiválasztani az *olajat*, ugyanakkor a következő határig lehetett a revetartalmat az olajfogóval, illetőleg az utána kapcsolt hidrociklonnal csökkenteni:

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| olajfogóval | kb. 110 mg/l -ig, |
| olajfogóval és hidrociklonnal | 80 mg/l -ig, |
| csak hidrociklonnal | 90—120 mg/l -ig. |

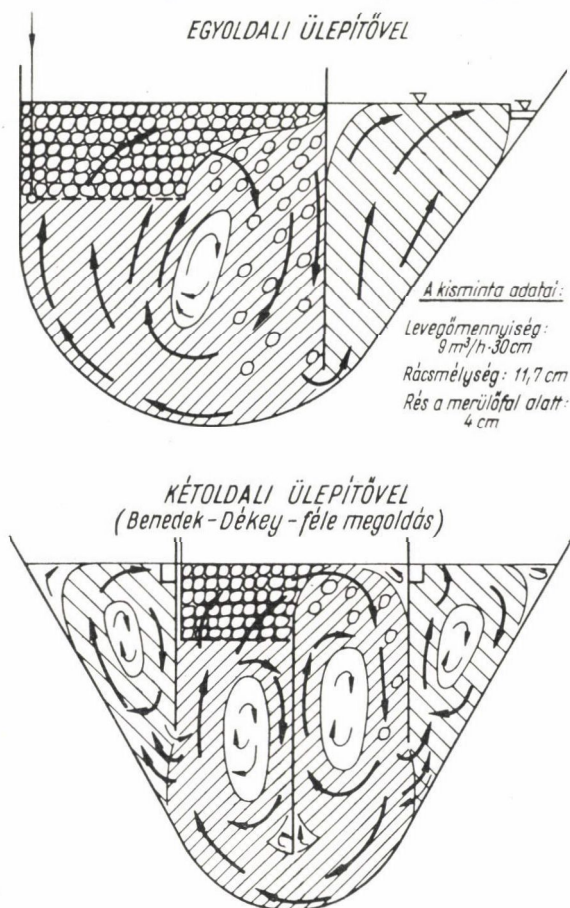
Ez az olajfogás szempontjából „sikertelen” vizsgálat szépen mutatja, hogy *nem mindig sikerül összekapcsolni egyetlen hidraulikai egységben többféle funkciót ellátó térrészeket*. A berendezésnek meg kellett volna oldania a keverést, a pelyhesítést, az olajfogást, s meg kellett volna akadályoznia az ülepedést, s mindezek helyett kitűnően, a hidrociklont megközelítő hatásfokkal ülepített. (Természetesen ki kell emelni, hogy a hidrociklon térfogata csak 5 m^3 volt, tehát a hidrociklon tisztító hatása gazdasági szempontból lényegesen kedvezőbbnek adódott.)

3.5 *Utóülepítővel egybeépített levegőztető medencék* (Kis telepek)

Ezeknél a berendezéseknél (15. ábra) is nehéz az ellentétes követelményeket összeegyeztetni. A turbulens levegőztető tér és a lassú vízmozgású ülepítő tér egymás mellett nehezen alakítható ki.

Deli Matild kísérletei nyomán [9] a 15. ábrán látható függőleges válaszfalú megoldást javasolta, amelynél az instabil tér még mindig 28%-a a levegőztető tér rács feletti részével csökkentett teljes térnek. Érdekes eredménye volt ennek a kísérleti munkának, hogy az adott medencealak nem kedvez a forgókefés rendszernek, mert itt igen szétszórtak a sebességértékek (16. ábra). Ez a kísérlet is igazolta különben — mint azt az egycélú INKA-rácsos levegőztető medencék vizsgálatánál láttuk, —, hogy a levegőmennyiség növelése egy optimális határon túl már rontja a sebességeloszlási képet, továbbá, hogy a rácsméllységnek van optimális közbenső helyzete a sebességeloszlási kép és az energiafogyasztás szempontjából.

A 15. ábrán látható *Benedek—Dékey-féle* berendezés [3, 2, 13] hidraulikailag aszimmetrikus felépítése kihatott az ülepítő terek működésére. A megoldást javítani lehetett az egyik elvezető vályú áthelyezésével.

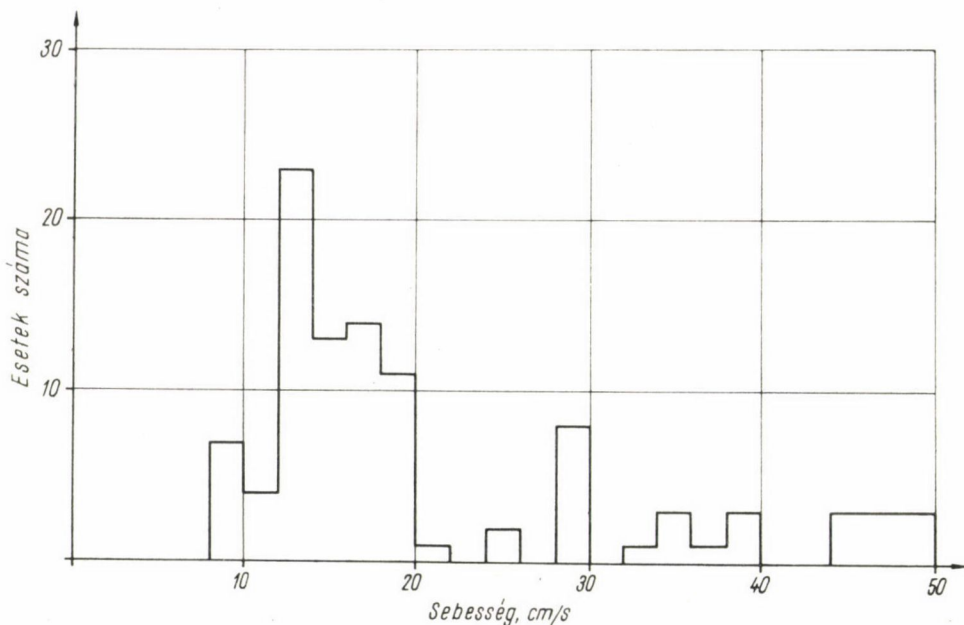


15. ábra. Utóülepítővel egybeépített levegőztető medence

Deli Matild kísérletei különben jelentős eredményt mutattak fel az instabil tér nagy mértékű időbeli és térbeli változásának felmérésével. Ez a tény nagy óvatosságra kell hogy intsen a kismintakísérletek eredményeinek a valóságra való átvitelénél, amint azt az előzőekben már láttuk.

* * *

Tanulmányunkban bemutattuk a kis és a nagy sebességű, valamint a vegyes vízmozgású tisztító medencék hidraulikai jellemzésének régi, és az ezeket kiegészítő új útjait. A régi út a határfokok meghatározása és a határsebességek előírása, az új út a hidraulikai szerkezet átfogó felmérése, és a térbeli sebességeloszlás vizsgálata. Mindezeket az utakat a jövőben még a turbulencia jellemzőinek meghatározásával kell kiegészíteni.



16. ábra. Sebességek eloszlása utóülepítővel egybeépített, Kessener-kefés levegőztető medencénél (a kefe bemerülése 1 cm, a válaszfal alatti rés 4 cm a kismintában)

SZAKIRODALOM

- [1] *Abos Brunó*: Vízellátás és vízkezelés I. — Mérnöki Továbbképző Intézet Kiadványa, Mé. 53, 1964.
- [2] *Ábrahám Endre*: Az aerob iszapkezelés. — Tanulmányok és Kutatási eredmények, 14. sz., Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, 1964.
- [3] *Benedek Pál*: Házi szennyvizek tisztítása. — Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa, M. 72, 1964.
- [4] *Bogárdi János*: A hordalékmozgás elmélete. — Akadémiai Kiadó, 1955.
- [5] *Bogárdi János*: Vízfolyások hordalékszállító képességének meghatározása. — Hidrológiai Közlemény, 1962/4. 273—282.
- [6] *Boros János*: Konvektív áramlások víztisztító reaktorban. — Hidrológiai Közlemény, 1964/11. 501—505.
- [7] *Borsos József—Salamin Pál*: Vízellátás és csatornázás. — Tankönyvkiadó, 1965.
- [8] *Deli Matild—Salamin Pál*: Az Ózdi Kohászati Üzemek revés szennyvizeinek tisztításával kapcsolatos kísérletsorozat eredményei. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1962.
- [9] *Deli Matild*: Levegőztető medence. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1963.
- [10] *Fitch, E. B.*: Les principes fondamentaux du processus de sédimentation. — Techniques et Sciences Municipales, 1963/XI. 393—400.
- [11] *Hinze, J. O.*: Turbulence. An Introduction to Its Mechanism and Theory. — McGRAW—HILL Book Company, Inc., New-York, 1959.
- [12] *Horváth Imre*: Felületaktív anyagok hatása a szennyvíztisztító berendezésekben végbemenő ülepedési folyamatokra. — Vízügyi Közlemények, 1963/1. 55—63.
- [13] *Horváth Imre*: Légbefúvásos szellőztető medence hidraulikai kismintavizsgálata. — Hidrológiai Közlemény, 1965/3. 134—142.
- [14] *Horváth Imre és Tasfi László*: A légbefúvásos homokfogók hidraulikai vizsgálata. — Vízügyi Közlemények, 1964/3. 468—472.

- [15] *Horváth Imre—Szolnoky Elemér*: Elevenített iszapos szennyvíztisztító berendezések forgókefés szellőztetőmedencéjének összehasonlító vizsgálata laboratóriumi modellberendezésben. — Beszámoló a VITUKI 1961. évi munkájáról, 5. 5. fejezet, 185—192., OVF kiadványa, 1964.
- [16] *Illés István*: Szakvélemény az oxidációs árok áramlástani vizsgálatáról. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1963.
- [17] *Illés István*: Légbefúvásos homokfogó áramlástani vizsgálata. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1964.
- [18] *Imhoff, K.—Koch, P.*: Manuel de l'Assainissement Urbain. — Dunod, Paris, 1947.
- [19] *Ivicsics Lajos*: Ülepítőmedencék tervezésének néhány áramlástani kérdése. — Vízügyi Közlemények, 1957/1—2. 112—140.
- [20] *Ivicsics Lajos*: Ülepítőmedencék hidraulikai méretezése és az ülepedési sebesség meghatározása. — Vízügyi Közlemények, 1957/3. 234—281.
- [21] *Lipták Ferenc*: Hosszanti átfolyású ülepítőmedence áramlástani vizsgálata. — Hidrológiai Közöny, 1954/9—10. 433—437.
- [22] *Lipták Ferenc*: A hőmérséklet és a vízhozamváltozás hatása hosszanti átfolyású ülepítőmedence áramlási viszonyaira. — Hidrológiai Közöny, 1955/7—8. 272—276.
- [23] *Magyar Szabványügyi Hivatal*: Csatornatervezés és méretezés. Szennyvíztisztítás. — MSZ 15302—62 R, 1962.
- [24] *Muszkalay László*: Ülepítőmedencék méretezése és kialakításának újabb megoldásai. — Hidrológiai Közöny, 1954/3—4. 110—115.
- [25] *Muszkalay László*: Szemeses anyagok üleptése. — Vízügyi Közlemények, 1958/4. 519—522.
- [26] *Muszkalay László—Vágás István*: Átfolyási vizsgálatok egyszintű ülepítőmedencékben. — Hidrológiai Közöny, 1956/5. 374—384.
- [27] *V. Nagy Imre*: The theory of suspended sediment transportation. — VIII Convegno di Idraulica, Pisa, 1963. B—3. 1—8.
- [28] *V. Nagy Imre*: Kétfázisú folyadék pulzációs jellemzői. — Vízgazdálkodási Tanszék Akadémiai Kutatási Jelentése, 1964.
- [29] *Nagy L. Dénes*: Szennyvíztisztító berendezések és csatornahálózatok. — Műszaki Könyvkiadó, 1959.
- [30] *Németh Endre*: Szemelvények az I. sz. Vízépítéstani Tanszék kutató munkájából. — Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Ülésszakának előadásai, 1955. XI. 11—12., 1957. 151—184.
- [31] *Németh Endre*: Hidromechanika. — Tankönyvkiadó, 1963.
- [32] *Óllós Géza*: A keverőteres dortmundi ülepítőmedence áramlástani vizsgálata. — Hidrológiai Közöny, 1958/4. 253—261.
- [33] *Rozsnyói Péter*: INKA-rendszerű oxidációs medence áramlást irányító belső elemeinek vizsgálata. — Diplomamunka, 1965.
- [34] *Salamin Pál*: Vízisztító medencék hidraulikai vizsgálatában elért eredmények. — Sajtó alatt. Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei.
- [35] *Szabó László*: Járműves víztisztító berendezés derítőjének hidraulikai vizsgálata. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1964.
- [36] *Szabó László*: Jelentés a lemezes olajfogó hidraulikai vizsgálatáról. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1965.
- [37] *Szalay Miklós*: Lemezes ülepítőmedencék hidraulikai kérdései és kismintavizsgálata. — Hidrológiai Közöny, 1956/2. 142—148.
- [38] *Szalay Miklós*: Ipari szennyvizek tisztítása nyitott hidrociklonnal. — Magyar Építőipar, 1962/6. 281—283.
- [39] *Szalay Miklós*: Jelentés az Ózdi Kohászati Üzemek revés szennyvízeinek tisztításával kapcsolatos kísérletsorozat eredményeiről. — Szakvélemény, Vízgazdálkodási Tanszék, 1962.
- [40] *Szerényi László—Bartha István*: Szennyvíztisztításra vonatkozó áramlástani és ülepedési kísérletek. — M.Sz.T. és M.T.V. Műszaki Közleményei, 1955/14. 9—26.
- [41] *Szerényi László—Kőrösmezey László—Muhits Tamás*: Szennyvíztisztításra vonatkozó áramlástani és szikkasztási kísérletek. — M.Sz.T. és M.T.V. Műszaki Közleményei, 1955/15. 20—34.
- [42] *Vágás István*: Átfolyási vizsgálatok kétszintű ülepítőmedencékben. — Hidrológiai Közöny, 1957/4. 356—365.
- [43] *Vágás István*: Átfolyási vizsgálatok dortmundi ülepítőmedencékben. — Hidrológiai Közöny, 1958/6. 456—460.
- [44] *Vágás István*: Az üleptetés fiziko-kémiai szemlélete. — Hidrológiai Közöny. 1960/5. 375—382.