Tejipari szennyvizek tisztitása

Toókos Ildikó
okl. vegyész

1 9 6 9

Készült: a Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézetben

JATE KÖZPONTI KÖNYVTÁRA
Folyóiratok
Szeged

Diss. B 590

József Attila Tudományegyetem Központi Könyvtára
SZEGED

TARTALOMJEGYZÉK

Oldal

BEVEZETÉS 1

A TEJIPARI SZENNYVIZEK TISZTITÁSA VILÁGVISZONYLATBAN

1. Szennyvizkeletkezési helyek 3

2. Adatok a tejipari szennyvizek minőségére 3

3. Adatok a tejipari szennyvizek mennyiségére 7

4. Szennyviztisztitási eljárások 9

4.1 Mechanikai tisztitás 1o

4.2 Kémiai tisztitás 11

4.3 Biológiai tisztitás 11

4.3.1 Csepegtetőtestes eljárás 11

4.3.2 Eleveniszapos tisztitás 13

4.3.3 Stabilizációs tavakban történő szennyvizkezelés 16

4.3.4 Erjesztő - rothasztó eljárás 16

4.3.5 Anaerob lebontás rothasztó iszappal 17

4.3.6 Savó tartalmu szennyvizek biológiai tisztitása 18

4.4 Tejipari szennyvizek házi szennyvizzel való együttes tisztitása 19

5. Tejipari szennyvizek mezőgazdasági hasznositása 2o

5.1 Halastóba való elhelyezés 2o

5.2 Szennyvizöntözés 2o

TEJIPARI SZENNYVIZEK TISZTITÁSA MAGYARORSZÁGON

1. A tejipar fejlődésének áttekintése 21

Oldal

3.3.2 A kisérleti berendezés terhelése 74

3.3.3 A levegőztetőmedencék oxigéntartalma 75

3.3.4 Az iszap fizikai tulajdonságai. Szervesiszap-csökkenés és a levegőztetési idő közötti összefüggés 77

3.3.5 A szennyviz kémiai vizsgálatából levont következtetések 8o

4. Javasolt tisztitási technológia 85

4.1 Teljes biológiai tisztitás 85

4.2 Teljesoxidációs eljárás 86

4.3 Teljesoxidációs tisztitási eljárással müködő szennyviztisztitó berendezés méretezése 87

4.4 Teljesoxidációs tisztitási technológia megvalósitásának módjai 89

4.4.1 Egyfázisu tisztitás, szakaszos üzemmel 89

4.4.2 Egyfázisu tisztitás, folyamatos üzemben 91

4.4.3 Kétfázisu tisztitás, folyamatos üzemben 93

ÖSSZEFOGLALÁS 95

Köszönetnyilvánitás 102

A szennyviztechnológiában általánosan alkalmazott jelölések 103

IRODALOM

Oldal

2. Szennyvizelőállási helyek 22

3. Tejüzemekben végzett vizsgálataim 23

3.1 A szennyvizminőség összefoglaló jellemzése 24

3.2 Összefoglaló adatok a szennyvizek mennyiségére 28

4. Szennyviztisztitás hazai üzemeinkben 31

4.1 Mechanikai tisztitóberendezés 31

4.2 Biológiai tisztitóberendezések 31

4.3 Egyéb tisztitóberendezések 32

5. Hazai tapasztalatok irodalmi adatokkal történő összehasonlitása 33

TEJIPARI SZENNYVIZEK TISZTITÁSÁVAL KAPCSOLATBAN VÉGZETT MUNKÁM LEIRÁSA

1. A kisérleti módszer indokolása 35

2. Elméleti alapok 36

2.1 Az eleveniszapos szennyviz tisztitásra általában jellemző folyamatok 36

2.2 A tejipari szennyvizek tápanyagainak lebomlása 42

3. Kisérleti rész 45

3.1 A kisérleti feladatok ismertetése 45

3.2 Laboratóriumi kisérletek 46

3.2.1 A tisztitási folyamat elvi kérdéseinek tisztázása 46

3.2.2 Üzemi körülmények között végzett kisérletek 6o

3.3 Félüzemi kisérletek 69

3.3.1 Kisérleti berendezés adatai, üzemeltetési gyakorlat és tapasztalat 7o

B E V E Z E T É S

Az ipar fejlesztésével, uj üzemek létesitésével szorosan összefonódik a korszerü vizgazdálkodás és szennyviztisztitási technológia kialakitása.

A növekvő ipari termelés mellett a lakosság növekvő szociális és kulturális igényei is több és jobb minőségü vizet követelnek, - igy élővizeink védelme elsőrendü nemzeti érdekké, központi feladattá vált.

Élővizeink védelmét kivánják biztositani, az 1964.évi IV.sz.törvény "A Vizügyről" (1), és az ennek alapján hozott 5/1966.Kormány sz.rendelet "A káros vizszennyezésről és a szennyvizbirság mértékéről" (2), a 19/1966.sz.OVF.utasitás "A szennyvizbirságról" (3), valamint a 28/1967.Korm.sz.rendelet "A vizek minőségének hatékonyabb védelméről" (4). Ez utóbbi rendelet szerint a szennyvizbirság évenként progresszív emelkedik és igy igen jelentős összeggel sujtja az üzemeket a felszini és talajvizek káros szennyezése esetén.

Hazánk ipari életében nagy jelentősége van az élelmiszeriparnak. Az ipari termelés bővitéséhez és fejlesztéséhez szükséges nyersanyag az ország földrajzi helyzete és meteorológiai körülményeiből következően adott, késztermékeink az ország ipari exportjának jelentős hányadát biztositják.

Az élelmiszeripar egyik legjelentősebb vizszennyezője - és ugyanakkor tisztaviz felhasználója is - a tejipar. A szennyviz tisztitásához megalapozott, kutatásokkal alátámasztott technológia eddig nem állt rendelkezésre. Egyetlen hazai tejipari szennyvizek tisztitásával foglalkozó irányelv hi-

ányolja a kisérleti alapot (9). Az irodalmi adatokra, valamint a háziszennyviz tisztitási előirásokra (41) támaszkodó tervezés a hivatkozott rendeletekben megszabott szennyvíztisztitási követelményeknek, a hazai körülmények külfölditől eltérő sajátosságai miatt nem tud eleget tenni.

Feladatul tüztem ki, hogy részletes, mélyreható vizsgálatok és következetesen végigvitt különböző méretü és jellegü kisérletsorozatokon keresztül, a tejipari szennyviztisztitás hazai körülmények közötti problématikáját feltárjam és a kisérleti eredményekből levont következtetéseket - a szennyviztisztitási technológiát - a gyakorlati megvalósitás számára egyszerü, könnyen kezelhető módon bocsássam rendelkezésre.

A TEJIPARI SZENNYVIZEK TISZTITÁSA VILÁGVISZONYLATBAN

1. Szennyvíz keletkezési helyek

A tejüzemekben keletkező ipari szennyvizeket - igen leegyszerüsitve - az alábbi csoportokba lehet osztani (58):

1. Tejfeldolgozás alatt keletkező szennyvizek (tartalmazzák a beszállitott nyersáru és a termelt készáru, valamint a savó és iró elcsurgást és a vajmosóvizeket).

2. Palackok, edények és gépi berendezések mosó és öblitővizei, valamint az összes üzemi termék takaritásánál keletkező szennyvizek.

3. Hütő és kompresszorvizek (szerves szennyezéseket nem tartalmaznak).

2. Adatok a tejipari szennyvizek minőségére

A tejüzemek szennyvizeit gyakorlatilag erősen higitott tejnek tekinthetjük. Közepes tejveszteség esetén a szennyviz 1-2 % tejet tartalmaz (6o). Ezenkivül savó, iró elcsurgás, vajmosóviz, por, homok és hasonló szennyrészecskék, fertőtlenitő és tisztitószerek (takaritóanyagok), konyhasó és egyéb idegen anyagok kerülnek a szennyvizbe a feldolgozási módtól függően.

Az előbbi szennyezettségi összetevőkre vonatkozó BOI_5 és $KMnO_4$ fogyasztás adatok Viehl (91) szerint a következőképpen alakulnak:

1.táblázat

		BOI_5 g/l	$KMnO_4$ g/l
Teljestej		1o9-143	88,5-135
Savó		33-49	63— 1o5,5
Vajmosóviz	ülepitve	1,3-22	3,7-42
	elkeverve	4,o-29	5,2-47,6

A tejiparban keletkező szennyvizek minőségére legjellemzőbb adatokat - több közleményből gyüjtött analizis eredmények alapján - a 2.táblázatban foglalom össze.

2.táblázat

		$KMnO_4$ g/l	BOI_5 g/l	Összes szárazanyag g/l	Összes nitrogén g/l	pH
Városi teljellátásnál						
Sander	(6o)	1-1,5				
Scherb	(61)		2,5-8,o			
Schulz-Falkenhain	(63)	1-3	o,7-1,5			
Fürhoff	(22)	1,1-2,5	o,42-o,73			
Misukov	(39)	1,4-2	+1,1-1,7			
Svoboda	(7o)		o,35-4,8			
Meinck	(38)		2-6			
Popescu	(48)	1,7-3,3	o,6 -1,3			

2.táblázat
folytatása

	$KMnO_4$ g/l	BOI_5 g/l	Összes szárazanyag g/l	Összes nitrogén g/l	pH
KGST adatok szovjet kutatóktól (34)	++o,68-2,8	o,325-1,55	o,9-2,o6	o,o17-o,o8	3,6-1o,4
Sajtüzemeknél					
Svoboda(69)		4			
Sifrin (66)	++2	1,7-2,4			
KGST adatok szovjet kutatóktól (34)	++1,2-8,5	o,63-4,8	1,9-5,8	o,o22-o,2	4,5-7,4

+ BOI_{20}

++KOI

Ha az ipari szennyvizekhez a hütővizet hozzácsatlakoztatják a szennyvizminőség javul, a BOI_5 = 4oo mg/l; $KMnO_4$= =1ooo mg/l lesz (65). A szennyvizminőség azonos üzemen belül is jelentősen változik.

A szennyezettségi ingadozás Meinck (38) szerint kiteheti a legkisebb érték 1o-2o-szorosát is. Scherb (61) egy éves periódust figyelembevéve a BOI_5 25oo-8ooo mg/l közötti változásáról számol be, mig Pester (47) adatai szerint egy héten belül a szennyezettség határértéke 64-182 kg $KMnO_4$/nap érték között ingadozik. Még egy üzemnapon belül is jelentős vizminőségi ingadozások léphetnek fel a feldolgozás különböző

szakaszaitól függően. Müller (43), 13o napon keresztül történő vizsgálatának tapasztalata szerint, a BOI_5 4o-16oo mg/l, a $KMnO_4$ 59-296o mg/l között változik.

A fajlagos szennyezettség nyugateurópai tapasztalatok szerint o,7-1,o5 kg/BOI_5 (6o), (91), (38), (23). Ettől eltérőek a csehszlovák adatok, ahol a fajlagos szennyezettség határértékeit 1,23-8,o4 kg BOI_5/1ooo l tej értékben kell megállapitani, rendszeres üzemellenőrzések tapasztalata alapján (7o).

Ha az elcsöpögési veszteség amennyire csak lehet ki van küszöbölve, ugy a szennyvizkoncentrációból számitott lakosegyenérték adatok (Imhoff szerint 35 g/fő BOI_5 értéket figyelembevéve) a következőképpen alakulnak:

3.táblázat

Tejfeldolgozás	
Viehl (91)	2o-3o l.e.é/1ooo l.tej
Wagner (95)	3o l.e.é/1ooo l.tej
Bucksteeg (16)	3o-8o l.e.é/1ooo l.tej
Tej és vajgyártás	
Imhoff (28)	3o-8o l.e.é/1ooo kg tej
Handloser (23)	2o-35 l.e.é/1ooo kg tej
Vajgyártás	
Wagner (95)	1oo l.e.é/1oo kg vaj
Bucksteeg (16)	5o-7o l.e.é/1oo kg vaj

3.táblázat
folytatása

Tulnyomóan vajgyártás sajttal együtt		
Imhoff (28)	1oo-25o	l.e.é/1ooo kg tej
Handloser (23)	39-8o	l.e.é/1ooo kg tej
Viehl (91)	4o-7o	l.e.é/1ooo l.tej
Sajtgyártás		
Wagner (95)	3oo	l.e.é/1oo kg sajt
Bucksteeg (16)	15o-2oo	l.e.é/1oo kg sajt
Kondenzált tej		
Wagner (95)	1o	l.e.é/1oo kg készáru

Ezek az adatok természetesen nagy ingadozásokat mutatnak, pl. ha kizárólag vaj és sajtgyártás történik, - a savó és iró hatására - a lakosegyenérték 12oo-ra is felemelkedik (1ooo l tej után). 1 m^3 savót 12oo lakos szennyvizével tekintenek egyenértékünek. Más megfogalmazás és irodalmi adat (6o) szerint 1 l savó 6o l normális tejipari szennyviznek felel meg.

3. Adatok a tejipari szennyvizek mennyiségére

Különböző szerzők által a tejüzemek vizfelhasználatára, valamint a szennyvizmennyiségekre megadott fajlagos értékeket a következőkben foglalom össze.

4.táblázat

	Vizfelhasználás m^3/m^3 feldolgozandó tej	Szennyvízmennyiség
Sander (6o)	-	o,6-1,7
Sierp (65)	-	1,5-2
Viehl (91)	4	1,5-2
Scherb (61)	3,5-5	3-3,5
Schulz-Falkenhain (63)	2,8-5,5	o,8-1,5
Svoboda (7o)	-	1,8-2,4
Meinck (38)	3-6	2-3
Popescu (48)	-	11-25
Pester (47)	-	1,8-2,4
Bunesová-Dvorák (17)		o,6-3,o
Handloser (23)		o,9-1,2
KGST adatok szovjet kutatóktól (34)		2-6

A hűtővizek mennyiségét általában, a tejfeldolgozás módjától függően a beszállitott tej 1,5-4-szeresében állapitják meg (38).

A tejfeldolgozás általában a reggeli, délelőtti órákban történik, ennek következtében a napi szennyvizmennyiség zöme, a nap első felében jelentkezik. A beszállitott tej mennyisége évszakonként ingadozik (nyáron a legmagasabb) és

ennek megfelelően a szennyviz mennyisége is emelkedik, masimálisan megkétszereződik, illetve csökken (91).

Egyes szerzők szerint a szennyviz mennyisége az üzem kapacitásának kihasználtsági fokától jobban függ, mint a beszállitott tejmennyiségtől (6o). Igen érdekes adatokat közöl a hivatkozott irodalom. Eszerint loooo l/nap tejmennyiségre tervezett üzemnél 15 m^3; 25.ooo l/napra tervezettnél 25 m^3; 5oo.ooo l/nap esetén 4o m^3 ; és loo.ooo l/nap esetén 6o m^3/nap szennyvizzel kell számolni, - természetesen a hütővizek figyelembevétele nélkül. Az előbbi adatokat alátámasztja Handloser (23) adatgyüjtése is. Ezen kivül lényeges befolyása van az üzemi leállásoknak is (14). A leállást követő nap a szennyvizmennyiséget kb. 15-5o %-kal találták magasabbnak, mint egyéb napokon.

4. Szennyviztisztitási eljárások

A szennyviztisztitási eljárások ismertetése előtt rá kell mutatni egy igen lényeges dologra, a megelőzésre. A szennyviz természetesen teljesen nem küszöbölhető ki, azonban mind mennyisége, mind szennyezettsége lényegesen csökkenthető korszerü vizgazdálkodással és technológiai berendezésekkel, szilárd üzemi fegyelemmel, és mind az üzemi fegyelem, mind a szennyvizmennyiség és minőség állandó ellenőrzésével, vizsgálatával. Több cikk (17), (42), (57), (97) foglalkozik ezekkel a kérdésekkel, és hangsulyozza az üzemek

közvetlen érdekeltségét. A szennyvizkoncentráció csökkentése a tejveszteség elkerülésével, ill. minimálisra csökkentésével, valamint az áruveszteséget tartalmazó szennyezett tejes viz és savó, állati takarmányként történő felhasználásával lehetséges. Ez az üzemek számára közvetlen anyagi hasznot is jelent és ezen kivül csökkenti a szennyviztisztitás - általában igen nagy - beruházási és üzemeltetési költségeit is.

4.1 Mechanikai tisztitás

Mechanikai tisztitásnak - ülepitésnek - csak speciális esetben van szerepe pl. sajtüzemeknél, ha a sajt mosása következtében nagyobb darabos szennyezések kerülnek a vizbe.

Zsirfogásra általában a szokványos egy vagy két rekeszre osztott zsirfogóaknákat használják. Eredményesen alkalmaznak légbefuvásos zsirfogókat is, melyek viszonylag rövid üzemidő alatt biztositják a zsirleválasztást (91), (38).

Vajmosóvizek centrifugálással történő tisztitására végzett kisérletek eredményei szerint a fehérjék kb. 8o %-ban váltak ki, és igy a vajmosóviz összes szárazanyagtartalma 4o %-kal csökkent. A pH optimum 4,1-nél volt. A hatásfok 13-15 C^o között erősen, 25-5o C^o között csak gyengén emelkedett a hőmérséklet növelésével (31).

4.2 K é m i a i t i s z t i t á s

Csak mint előtisztitás jöhet számitásba, mivel csak a zsir és fehérje csapódik ki. Igy a szennyviz biokémiai oxigénigénye maximálisan csak kb. 5o-7o %-ban csökken. Legtöbbször meszet használnak a pH-tól függően loo-looo mg/l koncentrációban, vagy ezzel együtt vas és aluminium sókat 5o-4oo mg/l koncentrációban (38), (91).

Szovjet tapasztalatok szerint (66) a szennyviz koagulálószerekkel (vas, vasklorid, poliakrilamid) történő kezelése és ülepitése 77,5 %-os KOI csökkenést eredményezett. Egyfajta koagulálószer alkalmazása nem volt hatásos.

Három francia sajtgyárnál levegőztetés utáni utótisztitásként alkalmazzák a koagulációt, mész és vassót használva (94).

4.3 B i o l ó g i a i t i s z t i t á s

4.3.1 Csepegtetőtestes eljárás

4.3.1.1 Kisterhelésü csepegtetőtest

A tisztitás eredményessége érdekében szükséges a szennyviz valamilyen hatásos előtisztitását biztositani. Ellenkező esetben (elsősorban a szennyviz cukortartalma következtében) erős gombaképződés lép fel, amely a test eliszapolódását eredményezi (38).

4.3.1.2 Kétszakaszos váltócsepegtetőtestek

A szennyvizet több órás tartózkodásra méretezett, levegőztetett, tároló medencében gyüjtik, majd a zsirfogó, első csepegtetőtest, közbenső ülepitő, második csepegtetőtest és néha több utóülepitő is következik egymás után. A csepegtetőtestek sorrendjét 3-5 naponként váltják, a test eliszapolódásának megakadályozására. A csepegtetőtest 1 m^3 térfogatát o,6-1 m^3 szennyvizzel terhelik naponta. Az eljárás üzembiztos, hátránya, hogy a szennyvizet kétszer kell szivattyuzni. A módszer elsősorban Angliában terjedt el (38), (15), (98). A Német Szövetségi Köztársaságban ezt az eljárást jelenleg Bajorországban alkalmazzák (6o).

Szovjet tapasztalatok szerint az optimális terhelés 152o g/m^3 BOI és 44 m^3/m^3 ^{nap} szennyvíz. Az elért legmagasabb tisztitási hatásfok 98,7 %, a tisztitóberendezést a szennyviz 18,6 mg/l BOI-val hagyja el (67).

4.3.1.3 Nagyterhelésü csepegtetőtest

A szennyviz előtisztitása ülepitő medencével történik. Az elérhető tisztitási hatásfok maximális értéke 9o % (a biokémiai oxigénigény csökkenésből számolva), ekkor azonban a test terhelése alacsony 3oo-6oo g BOI_5/m^3 testtérfogat, naponta. A terhelés növelésével csökken a tisztitási hatásfok: 1ooo g BOI_5/m^3 terhelésnél 86 %-ra, 18oo g BOI_5/m^3 terhelésnél 5o-6o %-ra (15), (38).

Toronycsepegtetőtest esetében a Lengyel Népköztársaságban 2100-3700 g BOI_5/m^3 terhelésnél 80 %-os hatásfokot mértek (34). A Német Szövetségi Köztársaságban, szintén toronycsepegtetőtestnél, sikeresen alkalmazzák az un. ferrobion eljárást. (A szennyviz gyüjtőtartályba meghatározott mennyiségü vasszulfátot adnak az oxidáció elősegitésére.) 92 %-os tisztitási hatásfokot értek el (91). A Német Demokratikus Köztársaságban azonban a test gyors eltömődése miatt a tapasztalatok kedvezőtlenek, alkalmazását nem javasolják (34).

A csepegtetőtest igen érzékeny a terhelés változásra, valamint a hőmérséklet ingadozásra (34), (31), (37), (68). Ezért hüvösebb éghajlaton célszerübb a testet zárt térben elhelyezni és szükség esetén fütést alkalmazni. Optimális hőmérséklet a 18°C, 10 °C alatt a baktériumok elhalt részecskéi eltömődést okozhatnak, ezért szükséges a csepegtetőtest időnkénti átöblitése.

4.3.2 Eleveniszapos tisztitás

A szennyviz levegőztetésének eredménye baktériumflóra kialakulás, mely az enzimek katalitikus hatására, a bevitt oxigén mint hidrogén acceptor segitségével, a szennyvizben lévő szerves tápanyagból alakul ki. A szennyviz szervesanyag tartalmának egy része (kb. 50-60 %) tehát sejtanyaggá alakul, mig másik része az aerob lebontási folyamat során stabil vég-

termékké (49), (51). Az eredményes és jó hatásfoku (teljes biológiai) tisztitást biztositó baktériumflóra (iszappehely) kialakulása igen hosszu, általában több hónapot igénybevevő folyamat. Az oltó eleveniszap alkalmazásánál iszapaklimatizálást kell végezni (5).

A módszert iszaprecirkuláltatás mellett alkalmazzák és szükség szerint a tisztitott szennyvizet is 1:1 arányban recirkuláltatják.

A tejipari szennyviz és az eleveniszap megfelelő aránya lényeges a tisztitási folyamat stabilitása miatt. Tulterhelés esetén kénbaktériumok jelnnek meg, savanyodás lép fel, a pH 2-4,5-re csökken (57).

A Német Demokratikus Köztársaságban 9o-95 %-os tisztitási hatásfokot értek el a laboratóriumi méretü kisérletekkel, - alacsony terhelés mellett (93). A Szovjetunióban és a Német Szövetségi Köztársaságban az utóbbi években végzett félüzemi kisérletek eredményei is igen jók, 9o-95 %-os a tisztitási hatásfok, a tisztitott viz BOI_5 értéke 2o-25 mg/l. A jó eredményeket részben hosszu levegőztetési idővel (5o-55 óra) (39); részben nagy iszapkoncentrációval (6-8 g/l iszap), (43) érték el.

Nagyüzemi megvalósitásnál legtöbb esetben kiegyenlitő-gyüjtőmedencét alkalmaznak, vagy a berendezés terhelésváltozásának megfelelően változtatják az iszaprecirkulációt és

a bevezetett levegő mennyiségét, hogy biztositsák az egyenletes terhelést. A mért tisztitási hatásfokok általában jók, azonban a terhelési körülmények igen változók, igy a gazdaságosan eredményes tisztitás tekintetében az adatok eltérőek.

Nagyüzemnél folyamatos üzemü tisztitóberendezés, mig kisüzemnél szakaszos üzemü tisztitás javasolható (6o), (78), (22), (33), (52). A szakaszos berendezésnél elérhető tisztitási hatásfok - 98 % - meghaladja a folyamatos üzemnél tapasztaltakat. A feltétel Führhoff (22), Porges (52) és Kauntz (33) szerint , hogy a levegőztető medence térfogata a napi szennyvizmennyiség 15o-2oo %-a legyen.

Az utóbbi években elterjedt a módszer oxidációs árokban történő megvalósitása. A helyi adottságoktól függően alkalmazzák folyamatos és szakaszos üzemben, utóülepitővel együtt, vagy anélkül. Az oxidációs árok előnye a többi biológiai berendezésekkel szemben egyrészt az, hogy a köralaku elhelyezés következtében az iszap kis energiaráforditással tartható lebegésben, igy aránylag kis üzemköltséggel hosszabb szellőztetési időt lehet biztositani. Másrészről, hogy a hosszu levegőztetési idő következtében a mineralizáció jelentősen előrehaladt , és igy kevés a fölös iszap mennyisége (91), (92), (25), (54), (36), (45), (44), (49).

A tejipari szennyviz iszaprecirkuláció nélküli, - tehát

alacsony iszapkoncentrációval történő - levegőztetésénél a levegőztetési idő 12 óra, ha a módszert előkezelésként alkalmazzák és 18-2o óra, ha mint részleges tisztitási eljárást alkalmazzák(38), (49). Ez alatt a tejcukor nagyrésze átalakul tejsavvá, ami a további kezelés folyamán könnyebben oxidálható. Ezzel kapcsolatban Csehszlovákiában folytak többévre visszanyuló kisérletek. Egynapos levegőztetés után a BOI_5 3o %-kal csökkent. Kémiai utótisztitást alkalmazva a BOI_5 csökkenést 4o-5o %-ra, csepegtetőtestes utótisztitásnál 7o %-ra lehetett emelni (69), (71), (72), (74), (75).

4.3.3 Stabilizációs tavakban történő szennyvizkezelés

Igen jó tisztitási hatásfokkal (KOI, BOI_5 és a coli baktérium csökkenés 9o % feletti) üzemeltetnek Csehszlovákiában 3 sorbakapcsolt természetes oxidációs tavat (73). Valamivel gyengébb tisztitási hatásfokról számolnak be indiai kisérletek (46). A tómélység 1,2-3 m. A lagunákban történő szennyviztisztitás hatásosságát és főleg a terhelhetőséget, a lagunák levegőztetésével lehet fokozni. Az Amerikai Egyesült Államokban gyakori, hogy a tavakra, tutajra szerelt levegőztető berendezéseket helyeznek, az aerob folyamatokhoz szükséges oxigén biztositására (18).

4.3.4 Erjesztő-rothasztó eljárás

Az erjesztő - rothasztó eljárásnál eredményesen hasznositják a tejüzemek szennyvizeiben lévő tejcukor savanyosodási

hajlamát. A szennyviz savanyosodásának eredményeként a fehérjék egy része kicsapódik. A savanyu reakció, azaz a tejsavbaktériumok tulsulyba jutása következtében a szennyviz további, rothasztó baktériumok segitségével történő lebontása csak a képződött savak semlegesitése után mehet végbe. Ezekre a folyamatokra különleges erjesztő-rothasztó kamrákat alakitottak ki. Az erjesztés 2-5 napot, a rothasztás 5-7 napot vesz igénybe. A berendezés tisztitó hatása a káliumpermanganát fogyasztás csökkenése alapján 5o-75 %,az eredmény tehát csak résztisztitás (38).

4.3.5 Anaerob lebontás rothasztó iszappal

Anaerob rothasztóiszapos berendezéssel a tejüzemi szennyviz szervesanyag tartalmának 9o %-a bontható le. A folyamat semleges közegben játszódik le, metán baktériumok segitségével. Jóminőségü rothasztóiszap mellett a bedolgozási idő 4 hónapot vesz igénybe.A szennyviz tartózkodási ideje a berendezésben 4 nap (38). Hátránya, hogy a lökésszerü terhelésre igen érzékeny, valamint igen gondos üzemeltetést és hatalmas tartályokat igényel.

Kedvező körülmények között, kis telepeken, jó eredményeket értek el a szennyviz oldómedencében történő kezelésével. A biokémiai oxigénigény számottevő csökkenéséhez: 5-7 napos tartózkodási idő szükséges (38). Egyes szerzők szerint legalább lo napos tartózkodási időre kell méretez-

ni, - amikor a maximális BOI csökkenés 75 % (91).

4.3.6 Savó tartalmu szennyvizek biológiai tisztitása

A tejipari szennyvizek tisztitásának legfőbb akadályát a savó képezi. Ez értékes takarmány és a tejüzemek lehetőség szerint rendszeresen értékesitik. Azonban elcsurgásból és gondatlanságból kisebb vagy nagyobb mértékben bekerülhet a szennyvizbe és rendkivül magas BOI, valamint alacsony pH értéke következtében a szennyviztisztitó berendezés eddigi egyensulyát felboritja. Nitrogénvegyületek adagolásával csökken a C:N arány, igy javul az iszap minősége és nő a tisztitási hatásfok, visszaállhat az eredeti egyensuly (6), (7).

Savótartalmu szennyvizek csepegtetőtesten végzett tisztitásánál, a savó terhelástől függően 3o-7o %-os tisztitási hatásfokot találtak (27). A szennyviz eleveniszapos tisztitásánál 36-9o % volt a tisztitási hatásfok, ugyancsak a BOI_5 csökkenés alapján (29), (3o).

A savós szennyvizek mesterséges tóban való elhelyezésére vonatkozó kisérletek szerint (35) a savó legalább 1:36o arányu higitását kell biztositani. Azonban a savónak az iszapra gyakorolt hatása és a tó fenekén történő szulfidképződés következtében hosszabb ideig tartó savóterhelésnél a higitást növelni kell.

4.4 Tejipari szennyvizek házi szennyvizzel való együttes tisztitása

A felsorolt irodalomnak szinte mindegyike megemliti a tejipari szennyvizek házi szennyvizzel való együttes tisztitásának kérdését, melyet ha mód van rá feltétlenül ki kell használni elsősorban gazdaságossági szempontok - a beruházás és az üzemeltetési költségek alacsonyabb volta miatt. Általános irányelv; a házi és tejipari szennyvizek 1o:1 aránya. Kevesebb házi szennyviznél, az esetleges savólökések alkalmával, a központi telepen előálló zavarral kell számolni, vagy a tejüzemi szennyvizet előkezelni (6o).

Ha azonban a tejipari szennyviztisztitás szempontjából tekintjük a kérdést, ugy nem szükséges a 1o:1 arány betartása. A háztartási szennyvizzel való keverés a tejüzemi szennyviz koncentráció ingadozását és egyoldalu összetételét kiegyenliti, tehát a tejipari szennyviz eredményesebben tisztitható biológiai uton háztartási szennyvizzel keverve, mint anélkül (91). A tejipari szennyvizet 24 órás előlevegőztetés után házi szennyvizzel 1:1 arányban keverik, majd elevenisza-pos tisztitóberendezésre viszik egy északnémet kisvárosban. A tisztitási hatásfok 99 % és a berendezésről elfolyó viz BOI_5 értéke 6 mg/l (59).

5. Tejipari szennyvizek mezőgazdasági hasznositása

5.1 Halastóba való elhelyezés

A tejipari szennyviz jelentős mennyiségü tápanyagtartalma következtében célszerünek látszik a halastóban történő értékesitás. Igen fontos a szennyvizminőség gondos ellenőrzése és a megfelelő mennyiségü (tizszeres) higitóviz alkalmazása. Hátrányként kell megemliteni, a nagy területigényt (3o napos oxidációs idő szükséges) (91).

5.2 Szennyvizöntözés

A szennyvizben lévő nagymennyiségü nitrogén és foszfor tartalom felveti az öntözéses hasznositás kérdését. Általában az esőztető módszert alkalmazzák jó eredményekkel (8), (4o). Schropp (62) kisérleti tapasztalatok alapján, a savótartalmu tejüzemi szennyviz mezőgazdasági értékesitését nem ajánlja, mivel utólagos hatások léphetnek fel a talajra és a növényre egyaránt.

A szennyvizöntözésnél lényeges a megfelelő minőségü talaj, meteorológiai körülmények és a terepfelszin biztositása. A módszer szélesebbkörü elterjedését részben a területigény és a téli üzemeltetés problémája, részben a fertőzési lehetőség következtében az egészségügyi hatóságok megkötöttségei akadályozzák. A tejipari szennyvizek mezőgazdasági elhelyezése elsősorban fásitott területeken vagy kaszálóként hasznositott évelő gyepeken lehetséges (96) (64).

TEJIPARI SZENNYVIZEK TISZTITÁSA MAGYARORSZÁGON

1. A tejipr fejlődésének áttekintése

Magyarországon a XIX.század végén a tejtermékgyártás még háziiparszerü, kisipari jellegü volt. Az első magyar tejszövetkezet 1882-ben alakult Szombathelyen és Budapesten Központi Tejcsarnok Szövetkezet névvel.

A szövetkezetek - kevés kivételtől eltekintve - vajtermelésre és ennek exportjára rendezkedtek be.

1883-ban a Földmüvelésügyi Miniszter megalakittatja az Országos Tejgazdasági Felügyelőséget.

A tejgazdaságok statisztikai adatai, a tejipar történetében, a második világháboru utáni időszakban bekövetkezett gyökeres változásról számolnak be.

5.táblázat

Év	Tejbegyüjtő és fölöző telep db	Tejfeldolgozó üzem db	Beszállitott tejmennyiség millió liter
193o	1227	736	
1962	3935	93	773,3
1964	3925	91	951,o
1966	3914	71	looo,o

A tejtermelés hatalmas arányu növekedését mutatja a gyüjtő és fölöző telepek számának növekedése. Ezzel szemben a tej-

üzemek száma csökkent, kis korszerütlen üzemek eltüntek, a feldolgozás centralizálódott. Jelenleg 13 megyei Tejipari Vállalat müködik (a "tej-megyék" nem azonosak a közigazgatási vármegyékkel), összesen 71 tejfeldolgozó üzemel.

Az ipar a fejlődést elsősorban a régi elavult üzemek rekonstrukciójával, korszerübb üzemtechnológia bevezetésével, a termelési kapacitás bővitésével kivánja biztositani.

A harmadik ötéves terv időszakában pl. csak öt uj üzem létesitésével kell számolni, összesen mintegy 85o ezer l/nap tejfeldolgozással.

2. Szennyvizelőállási helyek

A magyar üzemek minden termékre külön megadott gyártási előirás szerint dolgoznak. Az egyes termékek hazai gyártástechnológiáját áttekintve a következő szennyvizelőállási helyeket kell figyelembe venni.

1. Fogyasztói tej - üzemrész: szállitási eszközök, gépi berendezések, vezetékek mosása, az üzemi helyiségek takaritása, tejelcsurgás.

2. Tejfölüzem: adagológépek, vezetékek, az üzemi helyiségek takaritása, tejföl elcsurgás.

3. Vajüzem: köpülők, vezetékek, kövezet takaritása. Melléktermékek: iró, elsővajmosóviz elcsurgása. A további vajmosóvizek teljes mennyiségben a csatornahálózatba kerülnek. Vajveszteségből eredő szennyezések.

4. Turóüzem: vezetékek, tartályok és egyéb üzemi berendezések, valamint az üzemi helyiségek takaritása, turósruhák mosása, savóelcsurgás, turóveszteségből eredő szennyezések.

5. Kakaó, kefir, joghurt üzem: az üzemi berendezések, vezetékek, üzemi helyiségek takaritása, tejelcsurgásból és késztermék elcsurgásból eredő szennyezések.

6. Sajtgyártás: vezetékek, üzemi berendezések és üzemi helyiségek takaritása, savóelcsurgás, présruhák mosása, sós érlelőkádak időszakos leengedése.

7. Hütő és kompresszorvizek (gyakorlatilag szennyezés mentesek).

8. Szociális szennyvizek: Hazai üzemeink legtöbbjében az ipari szennyvizekről le vannak választva, külön csatornahálózatban hagyják el az üzem területét és ezután egyesülnek.

Szennyviztisztitási szempontból csak az ipari szennyvizek jelentenek problémát, ezért a továbbiakban csak ezekkel foglalkozom.

3. Tejüzemekben végzett vizsgálataim

A Vizügyi Igazgatóságok és a Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet laboratóriuma 1958-tól kezdődően szurópróbajellegben vizsgálta a tejüzemekből eltávozó vizek szennyezettségét. Majd a tejipari szennyviztisztitás problémájának előtér-

be kerülésével tanulmányoztuk az üzemek életét, és hosszabb időn keresztül több különböző üzemben végeztünk tanulmányi vizsgálatot.

A szennyvizminták gyüjtésénél alkalmazkodtunk az üzemmunkaidejéhez, és a teljes munkaidő alatt óránként mintáztuk meg a szennyvizelőállási helyeket. Egy-egy vizsgálati periódus időtartama, ha az évszakos változásra voltunk kiváncsiak, és kis-üzemben dolgoztunk, havonta egy munkanap, -egyébként 1-2 hét, később a laboratóriumi ill. félüzemi kisérleteink időszaka alatt közel egy év volt.

Az üzemekben végzett vizsgálatok eredményeiről és a szerzett tapasztalatokról kutatási jelentésekben és cikkekben számoltam be (8o),(81),(82), (83), (84), (85), (86), (87), (88), (89), (9o).

3.1 A szennyvízminőség összefoglaló jellemzése

Országos átlagban legjellemzőbbek a városi tejellátást, tejföl, turó és vajgyártást végző üzemekből származó szennyvizek. Vizsgálataink tapasztalata szerint ezek összetétele hazai viszonyok között az alábbi:

6.táblázat

	Átlag	Szélső érték
pH	-	6,8-7,o
Összes szárazanyag mg/l	22oo	14oo-34oo
Tejcukor^{+}	53o	24o-162o

6.táblázat
folytatása

		Átlag	Szélső érték
Összes Nitrogén++	mg/l	4o	15-5o
Éterextrakt	mg/l	44o	259-66o
Oxigénfogyasztás	mg/l		
$K_2Cr_2O_7$-tel	mg	27oo	98o-1o7oo
BOI_5	mg/l	17oo	68o-71oo

+ Fehling reagenssel meghatározva

++Összes Nitrogén mg/l x 6,25 = Fehérje mg/l

Ezeket a VITUKI-ban végzett vizsgálatokat a Vizügyi Igazgatóságoktól származó analizis adatokkal kiegészitve megállapitottuk, hogy a magyarországi tejüzemekből származó szennyvizek a befogadó vizfolyásokat naponta mintegy 15 ooo kg BOI_5-tel terhelik.

Termelés kapacitás és gyártásporfil szempontjából a hazai üzemeket 4 nagy csoportra lehet osztani. E csoportokra jellemző üzemben folytatott vizsgálataink alapján, a hazai nagyságrendekre és gyártástipusokra jellemző szennyvizminőséget a 7.táblázatban mutatom be.

Az üzemi szennyvizek BOI_5 vizsgálata szerint az egyes csoportok szennyvizére jellemző fajlagos BOI_5 szennyezettség a következőképpen alakul:

7.táblázat

A magyarországi tejüzemek csoportosítása és a szennyvizminőség bemutatása

Szennyvíz előállás helye	KOI mg/l			BOI_5 mg/l			Összes Nitorogén mg/l			Éterextrakt mg/l			Tejcukor mg/l			pH			Összes.száraza. mg/l			Össz.szerva. mg/l			Össz.ásványia. mg/l			Lakosegyenérték 1ooo kg tej/l leé= 35 g B(
	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	
1. Kisüzem tejkiszerelés és sajtgyártás	126o	82oo	29oo	362	2ooo	1o42	25	69	51	179	1368	838	-	-	-	4,5	6,8	6,1	1174	6884	2473	462	3278	1396	712	135o1	24o5	277
2. Kis-középüzem tej,tejszin,tejföl és juhsajt	188o	42oo	3362	852	5334	2256	34	72	53	287	3o2	292	27	122	75	4,5	7,5	6,o	299o	3285	3176	1613	1845	1739	1377	1496	1438	248
3. Középüzem tej,tejszin, tejföl,turó, vaj,	1o8o	5148	242o	85o	132o	1o8o	25	61	48	746	1295	11o2	69	189	122	7,o	7,o	7,o	1172	4124	231o	842	3554	1689	544	746	629	228
4. Nagyüzem tej,tejszin, tejföl,vaj, turó,kakaó, kefir,yoghurt	52o	219oo	32oo	36o	14890	22oo	26	81	5o	142	56o	29o	5o	23oo	97o	6	1o	7,o	594	42oo	25oo	84o	1453	11o2	28o	1367	655	785
Üzemrészek																												
4.1 Tej,tejfel, turó,vaj üzemrész	98o	1o7oo	27oo	68o	717o	19oo	15	5o	4o	259	66o	44o	24o	162o	93o	6,8	8,o	7,o	14oo	34oo	22oo	1oo5	7776	356o	396	14o6	378	
4.2 Vajüzemrész	6oo	15ooo	22oo	41o	1o5oo	14oo	36	433	21o	66	12o5	54o	1oo	68o	31o	6,8	7,o	6,9	686	1548	11oo	439	98o	578	216	721	471	

	BOI_5 kg/1ooo l feldolgozott tej
kisüzem	9,7
kis- középüzem	8,7
középüzem	8,o
nagyüzem	27,5

(Ez utóbbi szám nagyságát a csatornahálózatba kerülő nagymennyiségü savó indokolja.)

A tejipari üzemekből elfolyó szennyviz szennyezettsége az üzem gyártási technológiájának, illetve inkább a gyártástechnológiai előirások be nem tartásának függvénye. A 2. pontban leirtakból láthatóan általában a beszállitott nyersáru és a termelt készáru , valamint a melléktermékek elcsurgását és a takaritás folytán előálló szennyezéseket tartalmazza.

Az egyes üzemrészekben előálló szennyezések tehát szennyviztechnológiai szempontból igen különbözőek, és az üzem gyártási folyamatának megfelelően változnak, igy pl. a kannamosóviz főleg tejet tartalmaz, a BOI_{2o}=8oo-3ooo mg/l; a soványtúró gyártásánál előálló savó 8o ooo , mig pl. a gomolyagyártás savója 13o ooo mg/l BOI_{2o} értéket jelent.

Az előbbiekben bemutatott adatok csak jellemzik a szennyviz minőséget és csak általánosságban mutatnak rá a szennyviz koncentrációjára. A szennyviz koncentráció változása igen nagy. Két üzemnap átlagmintái között is lényeges eltérés

van, ez azonban sokkal nagyobb egy üzemnapon belül. Óránkénti vizsgálatnál 75-szörös eltérést mértünk. 4 órás átlagmintáknál, nagy üzemben - széles gyártásprofil mellett - 42-szeres, kisüzemben, szük gyártásprofil mellett 2,5-szeres szórást tapasztaltunk.

A tejipari szennyvizek előbbiekből látható magas szervesanyag tartalma igen nagy veszélyt jelent az élővizfolyásokra. A szennyviz a tej alkotórészeit tartalmazaa, mely ideális táptalaj a mikroorganizmusok számára. Ezért a tejipari szennyvizekben az oxidáció sokkal gyorsabban megy végbe, mint pl. háztartási szennyvizekben. Ez a befogadó élővizekben gyors oxigénelvonást jelent, ami a gyakorlatban haldöglést, sulyosabb esetben pedig büzképződést eredményez.

3.2 Összefoglaló adatok a szennyvizek mennyiségére

A tejiparból származó <u>összes szennyvizek mennyisége jelenleg mintegy 25 ooo m3/nap</u>. (1962-ben csak kb. 19 ooo m3/nap és 1964-ben 21 ooo m3/nap a szennyvizmennyiség.)

<u>Országos átlagnak</u> saját méréseink és a begyüjtött adatok feldolgozása alapján kb. <u>7-8 m3/nap szennyvizmennyiséget</u> tekinthetünk looo l feldolgozott tejre.

A hazai termelési körülményekre jellemző üzemekben a fajlagos szennyvizmennyiség értéke a következőképpen alakul:

9.táblázat

kisüzemben (hütővizzel)	átlag	9,4 m3/nap
kis-középüzemben (hütővizzel)	-"-	2,3 m3/nap

a hütőviz mennyisége a feldolgozás kétszerese

középüzemben (hütőviz nélkül)	átlag	7,o m3/nap
nagyüzemben -"-	-"-	12,5 m3/nap

(nagyüzemben a hütőviz mennyisége a tejfeldolgozás kb. 1-1,5-szöröse)

A felhasznált vizmennyiség, azaz a szennyviz mennyisége, elsősorban a hütővizek visszaforgatásának függvénye. Ezenkivül tapasztalataink szerint lényeges befolyása van annak, hogy korlátlanul rendelkezésre áll-e a hálózati viz, vagy az üzem korlátolt kapacitással rendelkező saját kutjai vizhozamára van utalva.

Az egyes üzemek termelési adatainak áttekintése alapján állitottam össze a lo.táblázatot, mely bemutatja az összes vizfelhasználás százalékos megoszlását gyártott termékekre, valamint a fajlagos vizfelhasználás országos változásait. Az adatok rendkivül ingadozóak, kifejezve a különböző gyártási technológiákat és a vizzel való gazdálkodás üzemenkénti változását. Ennek ellenére nagy általánosságban azt a megállapitást tehetjük, hogy legnagyobb vizigénnyel a tejellátó és

fölöző profil rendelkezik, majd a tejfölgyártás, sajtgyártás következik. A vaj és turógyártás vizigénye közel egyezik (82).

lo.táblázat

Termék	Vizfelhasználás %	Fajlagos m3/hl	Vizfelhasználás m3/q
Fogyasztási tej+tejszin	99,5-7,o	8,5-o,o62	-
Tejföl	28,o-o,o5	4,7-o,54	-
Vaj	42,8-o,9	-	9,1-o,28
Turó	28,2-o,1	-	4,6-o,25
Sajt- és gomolya	99,o-o,o3	-	9,1-o,o8
Kakaó	3,9-3,4	1,2-o,76	
Kefir	6,1-o,5	1,2-o,76	
Joghurt	6,1-o,5	1,2-o,76	

A magyarországi tejüzemeket szennyviztermelésük mennyisége alapján öt kategóriába lehet csoportositani.

ll.táblázat

I.	Szennyviztermelés	lo-5o m3/nap.	Az üzemek kb 25 %-a.
II.	-"-	51-1oo "	" " " 22 %-a.
III.	-"-	1ol-2oo "	" " " 2o %-a.
IV.	-"-	2ol-4oo "	" " " 21 %-a.
V.	-"-	4ol -6oo "	" " " 12 %-a.

Az utolsó kategóriába tartozó, tehát 4oo m3/nap feletti szennyviztermelésü üzemeknél gyakorlatilag minden esetben,

mig a IV.kategóriába tartozó, azaz 2ol-4oo m3/nap szennyvíztermelésü üzemek többségénél a szennyvíz városi csatornahálózatba kerül.

A tejüzemi szennyvizek egyedi kezelésének igénye tehát zömében az I-III.kategóriáju, azaz lo-2oo m3/nap szennyvíztermelésü üzemeknél lép fel.

A napi szennyvízmennyiség az I-II.kategóriában 8-18 óra; III-IV.kategóriában 12-24 óra munkaidő között keletkezik.

4. Szennyvíztisztitás hazai üzemeinkben

4.1 Mechanikai tisztitóberendezés

A legtöbb tejüzemben megtalálható a csatornahálózatba beépitett zsirfogó, a házi és ipari szennyvíz egyesülése előtt. Müködésük - az ujonnan létesitett üzemek kivételével - általában nem kielégitő. Ennek oka az üzemek kapacitásnövekedése, és az ezt figyelembe nem vevő hanyag kezelés.

4.2 Biológiai tisztitóberendezések

4.2.1 Kisterhelésü csepegtetőtest

Ilyen a berettyóujfalui tejporgyár szennyvíztisztitó berendezése, mely a rendkivül nagymértékü tulterhelés miatt jelenleg üzemen kivül van.

Csermajorban, az Élelmiszeripari Szakközépiskola és Szakmunkásképző Intézet Tanmühelye számára 1967 évtől kezdő-

dően üzemelő kisérleti berendezés tisztitási hatásfoka kielégitő (KOI csökkenés 9o %, BOI_5 csökkenés 92 %).

4.2.2 Nagyterhelésü csepegtetőtest

Mátészalkai tejüzemben üzemél jelenleg erősen tulterhelt állapotban. Ezért müködése nem értékelhető.

4.2.3 Eleveniszapos tisztitóberendezés

A Gici Sajtüzemben 1965-ben helyezték üzembe a tejipari szennyvizek tisztitására szolgáló első oxidációs árkot. A tapasztalt tisztitási hatásfok a $KMnO_4$-fogyasztás csökkenése alapján 9o %, azonban a berendezés szennyvizterhelése 4o %-kal van a tervezési érték alatt.

4.2.4 A szennyviz félbiológiai tisztitására Kalocsán levegőztető berendezés épült. Sajnos müszaki hiba miatt rövid időn belül (1-2 hét) üzemen kivül helyezték.

4.2.5 Oxidációs tó. A Kunszentmáklósi Tejüzem ipari és fekáliás szennyvizeinek együttes tisztitására 1964-ben helyeztek üzembe egy természetes oxidációs tavat. A szennyvizek 19 napos tározása után a tisztitási hatásfok kielégitő (KOI 73 %, BOI_5 85 %-ban csökken.)

4.3 E g y é b t i s z t i t ó b e r e n d e z é s e k : bővitett oldómedence (esetleg klórozással), koksz kamrás deritő, egyszerü ülepitők. A felsorolt berendezéseket elvétve, egy-egy régi teljesitményü tejüzemnél lehet megtalálni.

5. A hazai tapasztalatok irodalmi adatokkal történő összehasonlítása

Az üzemek életét befolyásoló számtalan tényező miatt, a szennyvizek minőségére és mennyiségére vonatkozó vizsgálati adataim közül csak a fajlagos értékek hasonlithatók össze az irodalmi adatokkal.

Hazai körülmények között, a fajlagos szennyezettség átlagban 13,4 kg BOI_5/1ooo l feldolgozott tej. Ez magasan meghaladja a nyugaton tapasztaltakat (o,7-1,o5 kg BOI_5), de eléri, sőt meghaladja a környező országok gyakorlatát is (1,2-8,o4 kg BOI_5) (6o), (91), (7o), (38), (23). A szennyviz koncentráció változása is nagyobb, mint a Meinck (38) által megadott 1o-2o-szoros érték, de kisebb, mint Müller (43) adataiból számitható 4oo-szoros eltérés.

Nyugati irodalmi adatok szerint a szennyviz fajlagos mennyisége o,6-3,5 m3/1ooo l tej (6o), (65), (91), (61), (63), (38), (47). A hütőviz mennyisége a tejfeldolgozás 2-4-szerese. Csehszlovák utalások o,6-3,o (7o), (17); román vizsgálatok 11-25 (48), szovjet tapasztalatok (34) 3-6 m3/1ooo l tej fajlagos szennyvizmennyiségi adatokról számolnak be. Saját méréseink és az üzemek adatszolgáltatásának összesitése alapján leszögezhetjük, hogy kis és kis-közép termelési kapacitással rendelkező üzemeinkben a szennyviz mennyisége az irodalomban

megadott határok között van, mig közepes és nagyüzemeinkben azt magasan meghaladja. (Kivétel a román adatok, melyeket azonban két vizzel bőven rendelkező üzemben tapasztaltak, - tehát az országos helyzetre nem lehetnek jellemzőek.) Hütővizek esetében éppen forditott értékek adódtak. Nagyüzemnél a hütővizek mennyisége kevesebb, kis és középes feldolgozásu üzemben jelentősen több, mint az irodalomban megadott érték. Az országos átlag kb. 7-8 m3/1ooo l feldolgozott tej.

Az üzemek vizgazdálkodásán keresztül áttekinthető életritmusa hazánkban és külföldön azonos. Általános a nyári időszakban a termelés megemelkedése, hárommüszakos üzemekben a délelőtti müszakban előálló szennyezettebb vizminőség. A szennyvizminőség naponkénti és évszakonkénti megoszlása is nagyjában megegyezik hazánkban és külföldön (91).

A termelési kapacitás és az előálló szennyvizek mennyisége közötti összefüggés is azonos hazánkban és külföldön (6o), (83).

A szennyvizminőségre és szennyvizmennyiségre vonatkozó hazai adatok félreérthetetlenül megmutatják a hazai üzemeink külföldiektől eltérő sajátságait, a fajlagosan magasabb vizfelhasználás mellett a kocentráltabb szennyvizminőséget.

A hazánkban található szennyviztisztitó berendezések felsorolásából látható, hogy korszerü, jól és gazdaságosan

müködő tisztitóberendezés nincs. Ehhez csatlakozik még a tervezési irányelvek hiánya, és a szóbanforgó berendezések magas beruházási költsége.

A felsorolt körülmények igazolják és alátámasztják a tejipari szennyviztisztitás kérdésének megoldására irányuló törekvést és a kisérletek meginditásának szükségességét.

A TEJIPARI SZENNYVIZEK TISZTITÁSÁVAL KAPCSOLATBAN VÉGZETT MUNKÁM LEIRÁSA

1. A k i s é r l e t i m ó d s z e r i n d o k o l á s a

A tejipari szennyvizek az előbbiekből láthatóan a tej alkotórészeit, azaz a magasabbrendü élőlények számára alkalmas tápanyagot tartalmaznak. Ebből következik, hogy a tejipari szennyviz, a mikroorganizmusok számára is jó tápanyag és biológiailag hozzáférhető.

Kémiai vizsgálatok közül a szennyviz biológiai kezelhetőségére a BOI_5 és KOI aránya mutat rá (55), (77). A leningrádi Épitőmérnöki Intézetben végzett tanulmányok szerint, a tejipari szennyviznél a BOI_5 és KOI aránya o,66 (44). Saját mérések szerint ez középértékben o,68 volt; o,63-o,75 között változva, attól függően, hogy könnyebb vagy nehezebben oxidálható alkotórészek voltak tulsulyban.

Külföldön széles körben alkalmazzák a szennyvizek bio-

lógiai tisztitását. Az ismert módszerek közül legkorszerübb az eleveniszapos eljárás, igy hazai körülményeink között is ennek alkalmazását láttam legcélszerübbnek.

2. Elméleti alapok

2.1 Az eleveniszapos szennyviztisztitásra általában jellemző folyamatok

A szennyviz heterogén, poli-diszperz rendszer, melyben a diszperziós közeg a viz. A részecskék diszperzitás foka változó;durva, kolloid és amikroszkópos diszperz részek együttesen jelen vannak.

A szennyviztisztitás alkalmával, a vizben lévő diszperz és oldott állapotu összetevőkből álló szerves szennyezések eltávolitása történik. Az eltávolitás módja: flokkuláció, adszorpció és oxidáció. Eckenfelder szerint (19) a lebegő szerves anyag eltávolitása flokkulációval és az iszappelyhekbe való beépülés utján történik, a kolloid szennyezések pedig a pehely felületeken adszorbeálódnak. Az oldott szervesanyag eltávolitás csak részben magyarázható adszorpció által. Az oldott szervesanyag eleveniszap segitségével történő eltávolitását vizsgálva hasonló megállapitásra jutott Wuhrman (99), valamint Eckhoff és Jenkins (2o) is.

Az előbb felsorolt folyamatok gyorsan játszódnak le,

igy, ha szennyvizben zömében szuszpendált és kolloid alaku szerves szennyezések vannak jelen, ugy a biomassza és a szennyviz igen rövid ideig tartó érintkezés után is jelentős eltávolitás érhető el. (Pl. 15-2o perc alatt 85-95 %-os BOI csökkenés.) Ez a felismerés vezetett el a kontakt-stabilizációs eljárás kialakitására.

A szervesanyag eleveniszap segitségével történő gyors eltávolitását kolloid jelenségekkel magyarázzák. Az eleveniszappehely részecske szennyvizzel (tápanyaggal) van körülvéve és közvetlenül az őt körülvevő viz-filmmel érintkezik. A szervesanyag a viz-filmen keresztüli diffuzió révén jut el a pehely-részecskékre és azon adszorbeálódik. A diffuziós ellenállás arányos az adszorbtivum koncentrációjával (BOI)és az oldószer (viz) koncentrációjával, amelyen keresztól az adszorbtivum diffundál, valamint az abszorbtivum és az oldószer molekulák viszonylagos diffuziós sebességével és a viz-film vastagságával (32) .

A tisztitásban résztvevő eleveniszap pehely lényegében zselatinszerü anyagból áll, amelyben baktériumok élnek. (Természetesen a tisztitásra kerülő szennyviz jellegétől függően az eleveniszap más és más fizikai, kémiai és biológiai strukturával rendelkezik.) A pehely kialakulás több tényező kölcsönhatásának eredménye: a rendszer energia tartalma, azaz

a biológiai oxidáció következtében felszabaduló energia mennyiség; az aktiv és inaktiv mikroorganizmusok tömege; a szervetlen és szerves kolloidok jelenléte; só koncentráció; a keverés mértéke és a pH. Ezek közül leglényegesebbn az energia, vagyis a biológiai oxidáció mértéke és a jelenlévő mikroorganizmusok aránya. Pl. ha az oxidáció mértéke nagy, a mikroorganizmus mennyiséghez viszonyitva diszperz jellegü, és nem flokkulált lesz az iszapszaporulat. Tehát biológiai pehelyképződés csak az endogén fázisban jön létre, amikor az energia hiány vagyis a csökkent mértékü oxidáció lehetővé teszi a kolloid erők előtérbe jutását, amelyek a baktériumokat a pehely felületén tartják. A baktériumok Zéta-potenciálja (felületi töltése) ekkor kisebb, mint a pehelyképződést megakadályozó kritikus érték, és igy lehetővé válik, hogy a Brown mozgás révén ütközések jöjjenek létre az egyes sejtek között. Amint két sejt közeledik egymáshoz a Van der Waals erők jutnak tulsulyba, és létrehozzák a két sejt közötti adhéziót. A tapasztalat szerint sok szervesanyagot tartalmazó szennyvizben a sejtek egymástól függetlenül növekednek (37). A szennyvizben lévő lebegő szuszpendált anyagok iszappehellyel történő "megragadását" elsősorban a létrejött pehely térfogata befolyásolja. Kisebb jelentősége van a pehely-részecske megjelenési formájának és méretének. (26).

A biológiai flokkuláció, a szennyviztisztitási folya-

matnak igen lényeges része. Flokkuláció nélkül a szennyvizben lévő szerves anyagnak csak egy részét lehetne eltávolitani, a jelenlévő szerves anyagok zöme, pusztán csak egyik megjelenési formából a másikba alakulna át. A mikroorganizmusoknak ezt a pehelyszerü flokkulált sejttömegét a szennyviztisztitási folyamat végén ülepitéssel választjuk el a megtisztitott szennyviztől és ujra visszavezetjük a tisztitási folyamatba.

A pehelybe beépült ill. a pehely felületére adszorbeált lebegő és kolloid szerves anyag fokozatosan bontódik le és energiában szegényebb termékké alakul át oxidáció révén. A felszabadult energia a sejt-szintézisnél közvetlenül felhasználódik.

Az előbbiekben leirtak szerint az oldott szerves anyag csak részben adszorbeálódik, a bakteriális sejtanyag aktivitásának és mennyiségének függvényeként.

Az oldott szerves anyag másik része "közvetlenül" oxidálódik. Ez a biológiai oxidáció a lényeges energiatermelő folyamat, és főképpen ez szolgáltatja az energiát a sejtszintézishez. A reakciósorozatban a végső hidrogén lekötő az oxigén, a végtermék: széndioxid és viz. A folyamat zavartalan lejátszódásához fölös mennyiségü oxigén jelenléte szükséges. Az állandó oxigénellátást a gyakorlatban a szennyviz - ele-

veniszap elegy levegőztetésével valósitják meg.

A leirt jelenségek egymással párhuzamosan játszódnak le, és igen sok és kölcsönösen egymástól függő változók függvényei. A lejátszódó folyamatokat legjobban reakciókinetikai szemlélettel lehet megközeliteni. A törvényszerüségek a kémiai reakciókinetikára támaszkodnak, de attól igen sok esetben eltérnek, igy a biológiai szennyviztisztitásnál is, amely az alapfolyamatokat tekintve fermentációs müvelet. A fermentáció kinetikája számtalan egymást követő enzimreakcióból tevődik össze.

Az enzimek katalitikus hatására végbemenő biokémiai reakciók kinetikájának első értelmezése a Michaelis-Menten egyenlet. Baktérium tenyészetek fajlagos növekedési sebességét vizsgálva, formailag teljesen azonos összefüggéshez jutott el Monod (24).

A biológiai reakciósebességet a gyakorlatban sejtszaporulat (iszapkoncentráció növekedés) vagy tápanyaglebontási sebesség (KOI csökkenés az oldott fázisban) formájában, vagy valamilyen előbbihez kapcsolódó reakció sebességével (pl. oxigénemésztés) fejezzük ki.

A rendszerbe bevitt oxigén emésztési sebessége (12):

$$r = \frac{dO_2}{dt} = K_r^s \frac{dS}{dt} + K_r^e G_{sz}$$

r = oxigénemésztés sebessége (mg/l.óra)

K_r^s = tápanyagkoncentráció konstansa ($óra^{-1}$)

K_r^e = endogén légzés konstansa ($óra^{-1}$)

G_{sz} = iszap-szervesanyag (baktérium) koncentráció (mg/l)

S = tápanyagkoncentráció (mg/l)

Az egyenletből látható, hogy a rendszer oxigénigénye kétrészből, a tápanyag asszimiláció és oxidáció, valamint az iszap endogén légzésének oxigénigényéből tevődik össze. Az oxigénigény, azaz pontosabban az oxigénemésztés sebességének mérése Warburg-respirométerrel, vagy oxigénelektróddal történhet (76), (21).

A hazai szakirodalomban Benedek (11) kandidátusi disszertációja foglalja össze az eleveniszapos szennyviztisztitás kinetikájával kapcsolatos tanulmányokat és az eleveniszapos szennyviztisztitás mechanizmusának reakciókinetikai alapon történő tárgyalását házi szennyvizekkel végzett kisérleteinek eredményeivel támasztja alá.

A szennyviztisztitásnál lejátszódó biokémiai folyamatokat a kémiai technológia eljárásainak figyelembevételével tudatosan irányitjuk, a nagyüzemi megvalósitás pedig a mérnöki gyakorlat módszereinek alkalmazásával történik.

2.2 A tejipari szennyvizek tápanyagainak lebomlása

A tejipari szennyvizek tisztitására vonatkozó elvi kérdéseket Porges és munkatársai (49), (5o), (51), valamint Berg (13) tanulmányozták. Kisérleteiket fölözött tejporból készült "mü" szennyvizzel végezték szakaszos és folyamatos táplálásu modellekben. Az aerob asszimiláció szárazanyag mérlege kisérleteiknél a következő volt:

12.táblázat

	Fehérje	Szénhidrát	Összes lebontásra alkalmas anyag
Befolyó viz oldott anyagai	35	53	88
Elfolyó szilárd anyagok	34	7	41
Elfolyó viz oldott anyagai	1	2	3
Oxidált anyag	0	44	44

Az analizis adatok szerint a tejoldat eleveniszappal való levegőztetésénél a sejt - szintézishez a fehérje használódik fel. A tejcukor kb. 88 %-a teljesen oxidálódik. A mikrobiológiai lebontásra alkalmas anyagnak tehát kb. 5o %-a marad vissza, mint szárazanyag szaporulat.

Az eleveniszap tapasztalati képletét általánosan

$C_5H_7NO_2$-ben adják meg. Ez természetesen a komplex mikroorganizmus-sejtanyag tulegyszerüsitését jelenti, de a képlet jól kifejezi a jelentősebb szerves alkotórészek atomjainak egymáshoz való átlagos viszonyát.

A "müszennyviz" két lényeges alkotórészének a laktóznak és a kazeinnek az oxidációja ill. asszimilációja, - a Warburg készülékben végzett manometrikus oxigénigény vizsgálatok alapján - az alábbi egyenletek szerint történik:

Laktóz asszimiláció sejtanyaggá:

$$5(C_{12}H_{22}O_{11}\cdot H_2O) + 12\ NH_3 \rightarrow 12C_5H_7NO_2 + 36\ H_2O \qquad (I.)$$

Laktóz teljes oxidáció:

$$C_{12}H_{22}O_{11}\cdot H_2O + 12\ O_2 \rightarrow 12\ CO_2 + 12\ H_2O \qquad (II.)$$

Összesitve:

$$8(CH_2O) + 3O_2 + NH_3 \rightarrow C_5H_7NO_2 + 3CO_2 + 6\ H_2O \qquad (III.)$$

Kazein asszimiláció sejtanyaggá:

$$C_8H_{12}N_2O_3 + 3O_2 \rightarrow C_5H_7NO_2 + NH_3 + 3CO_2 + H_2O \qquad (IV.)$$

Kazein teljes oxidáció:

$$C_8H_{12}N_2O_3 + 3O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 2\ NH_3 + 3\ H_2O \qquad (V.)$$

A IV.egyenlet alapján feltételezik, hogy a nitrogén egyik fele asszimilálódik, mig a másik fele felszabadul, mint szabad ammonia.

Az összesitett reakcióegyenletek szerint a sejtszintézis fölözött tejből a következők szerint történik:

$$8(CH_2O) + C_8H_{12}N_2O_3 + 6O_2 \rightarrow 2C_5H_7NO_2 + 6CO_2 + 7H_2O \quad \text{(VI.)}$$

Molsuly: 240 184 124

Az asszimilációs folyamatban keletkező sejtek az andogén légzés folyamán saját testüket oxidálják energia nyerés céljából

$$C_5H_7NO_2 + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + NH_3 + 2H_2O \quad \text{(VII.)}$$

A reakcióegyenletekből az alábbi következtetéseket vonták le:

a) A VI.egyenlet szerint a fölözött tej mikrobiológiai lebontásra alkalmas összetevőiből 58 sulyszázaléknyi mikroorganizmus termelődik. Ez gyakorlatilag megfelel a szárazanyag-mérlegnél (12.táblázat) talált mennyiségnek.

Az asszimiláció, ill. a sejt - széndioxid - viz átalakulás a kisérleti körülményektől függően változó, igy teljesen azonos értékek nyerése nem várható. Ha pl. a kisérleti körülmények a gyors sejt (eleveniszap) szaporodást nem te-

szik lehetővé, lassabban játszódnak le az előbbi reakciók, miközben nő a széndioxiddá és vizzé oxidált tápanyag mennyisége.

b) A cukor asszimilációjához szükséges nitrogént a fehérje szolgáltatja.

c) A teljes oxigénigénynek csak 37-38 %-a használódik el az asszimiláció alatt.

d) Az oxigénigény másik része (kb. 62 %) a tisztitási folyamat második lépcsőjében használódik el, amikor a szervezetek saját légzésükkel történő önemésztése megy végbe.

3. Kísérleti rész

3.1 A kísérleti feladat ismertetése

A tejipari szennyvizek tisztitására végzett kisérletsorozat célja a hazai körülmények között célszerüen alkalmazható tisztitástechnológia megadása és a nagyüzemi berendezések tervezéséhez szükséges alapadatok szolgáltatása.

A kisérlet célkitüzésének megvalósitásához szükségesnek tartottam:

1. A szennyviztisztitási folyamat elvi kérdéseinek tisztázását

   a) Eleveniszapszaporodás és az egyensulyi állapot iszapkoncentrációjának megállapitását

b) A szennyviz fő alkotórészeinek vizsgálatát a lebontási folyamatban és a szennyviz anyagmérlegének felállitását,

c) A rendszer oxigén szükségletének megmérését.

2. Technológiai szempontból lényeges összefüggések megvizsgálását

a) Hőmérséklet hatása

b) Az iszap fizikai és kémiai jellemzői, a szerves-iszapcsökkenés mértéke a levegőztetési idő függvényében

c) Az oxigéntartalom változása, a terhelés emelkedésével, üzemeltetés közben

d) A tisztitatlan és tisztitott viz minőségének összefüggése, az alkalmazott térfogatterhelés és $\frac{T_{KOI}}{G_{sz}}$ arány mellett

e) Térfogatterhelés ill. a levegőztetési idő és a KOI terhelés közötti kapcsolat megállapitását, határértéküket és hatásukat a tisztitás mértékére.

3.2 Laboratóriumi kisérletek

3.2.1 A tisztitási folyamat elvi kérdéseinek tisztázása

Porges és munkatársai kisérleteiket fölözött tejporból készitett tejoldattal végezték. A gyakorlatban előálló szennyvizek összetétele ettől természetesen eltér , ezért szükséges

volt ezeknek a kisérleteknek kiegészitése.

3.2.1.1 Iszapszaporodás és az egyensulyi iszapkoncentráció megállapitása. A szennyviz fő alkotórészeinek lebomlási sorrendje

Laktózt, kazeint (8 ill. lo g/l-es tiszta oldatban) és tejüzemből beszerzett szennyvizet megfelelően bedolgozott eleveniszappal részben 2 l-es mérőhengerben, részben 4,8 l-es üveghengerekben levegőztettünk 24 órán keresztül, szakaszosan.

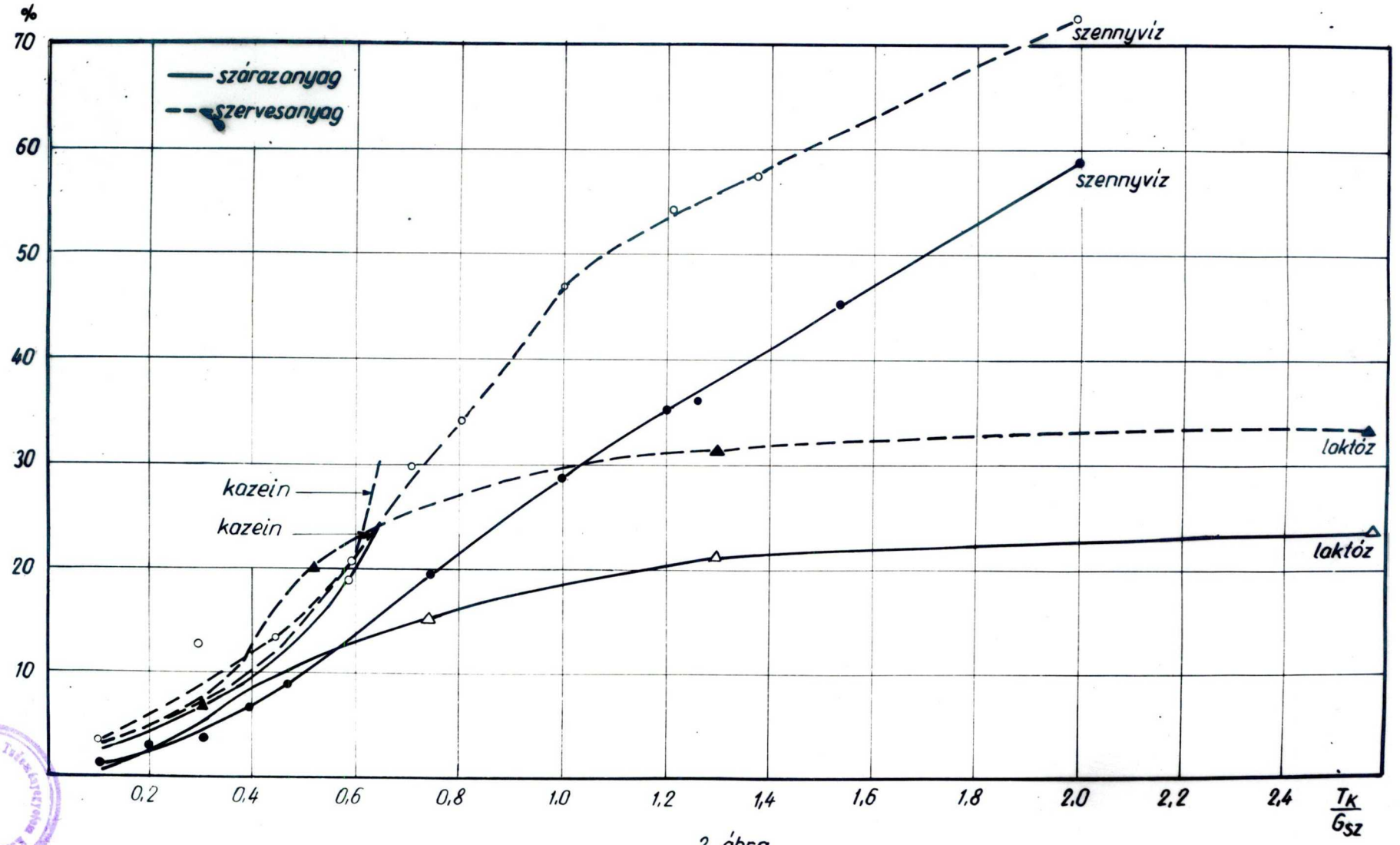
A házi szennyvizből származó eleveniszapot fokozatosan emelkedő koncentrációju tejoldattal, majd tejüzemből beszerzett szennyviz + tejoldat keverékével tápláltuk állandó levegőztetés közben. 7 napos bedolgozási idő után kezdtük el a kisérleteket, a levegőztető medencéből kivett iszappal. Egy mérőhenger - a kontroll - kivételével mindegyikbe ugyanazon vizsgált tápanyag növekvő mennyiségét adagoltuk, majd a mérőhengerek térfogatát 2 l-re egészitettük ki vezetéki vizzel. A mérőhengerekben lévő KOI terhelés o,o-2,58 $\frac{T_k}{G_{sz}}$ között volt. A levegőztetés megszüntetésével a minták feldolgozását azonnal elvégeztük. Az iszap KOI, összes Nitrogén, zsir, összes száraz és szervesanyag tartalmát, valamint a folyadékfázis hasonló alkotórészeit analizáltuk a kisérlet kezdetén, és a befejezéskor. Ezenkivül a tápanyag megkivánta speciális analiziseket esetenként végeztük el, mint pl.cu-

kormeghatározás.

A kisérleteknél az iszap koncentráció - alacsony terhelésnél - csökkent, majd egy egyensulyt elérve azonos lett a kisérlet kezdeti iszapkoncentrációjával, ezután a terhelés emelkedésével fokozatosan emelkedik. Az analizis adatokból szerkesztett egyenes (1.ábra) egyenlete alapján az egyensulyi iszapkoncentráció, amelynél 24 óra alatt nincs iszapszaporodás, - azaz u.annyi a szaporodás mint az eloxidált menynyiség - o,o7 - o,216 $\frac{T_k}{G_{sz}}$ terhelési viszonyok között alakul ki. Az iszapszárazanyag az iszap váz és az aktiv mikroorganizmusok egésze. A szennyviztisztitásban résztvevő részt a gyüjtőnéven iszap-szervesanyagot, a gyakorlatban izzitási veszteséggel mérjük. Az egyes kisérletekhez felhasznált iszap koncentrációját, azaz a száraz és szervesanyag kapcsolatot és az egyensuly esetén az iszapba beépült száraz és szervesanyag mennyiségeket a 13.táblázat mutatja. A táblázat adatai egyértelmüen magyarázzák az 1.ábrán az egyensulyi koncentrációknál látható ingadozásokat.

Első megközelitésre azt mondhatjuk, alacsonyabb iszapkoncentráció alacsonyabb egyensulyi értéket követel. Mélyebben vizsgálva a kérdést feltünik, hogy az egyensulyi koncentráció kialakulása sokkal inkább a jelenlévő eleveniszap szervesanyag (mikroorganizmus) relativ mennyiségétől függ, mint a lebontásra kerülő anyagfajtától.

Az eleveniszap szerves és szárazanyagtartalmának növekedése



2. ábra

13.táblázat

A kisérletekhez felhasznált iszap összetétele és az egyensulyi iszapterhelés az iszap-szervesanyag változás alapján

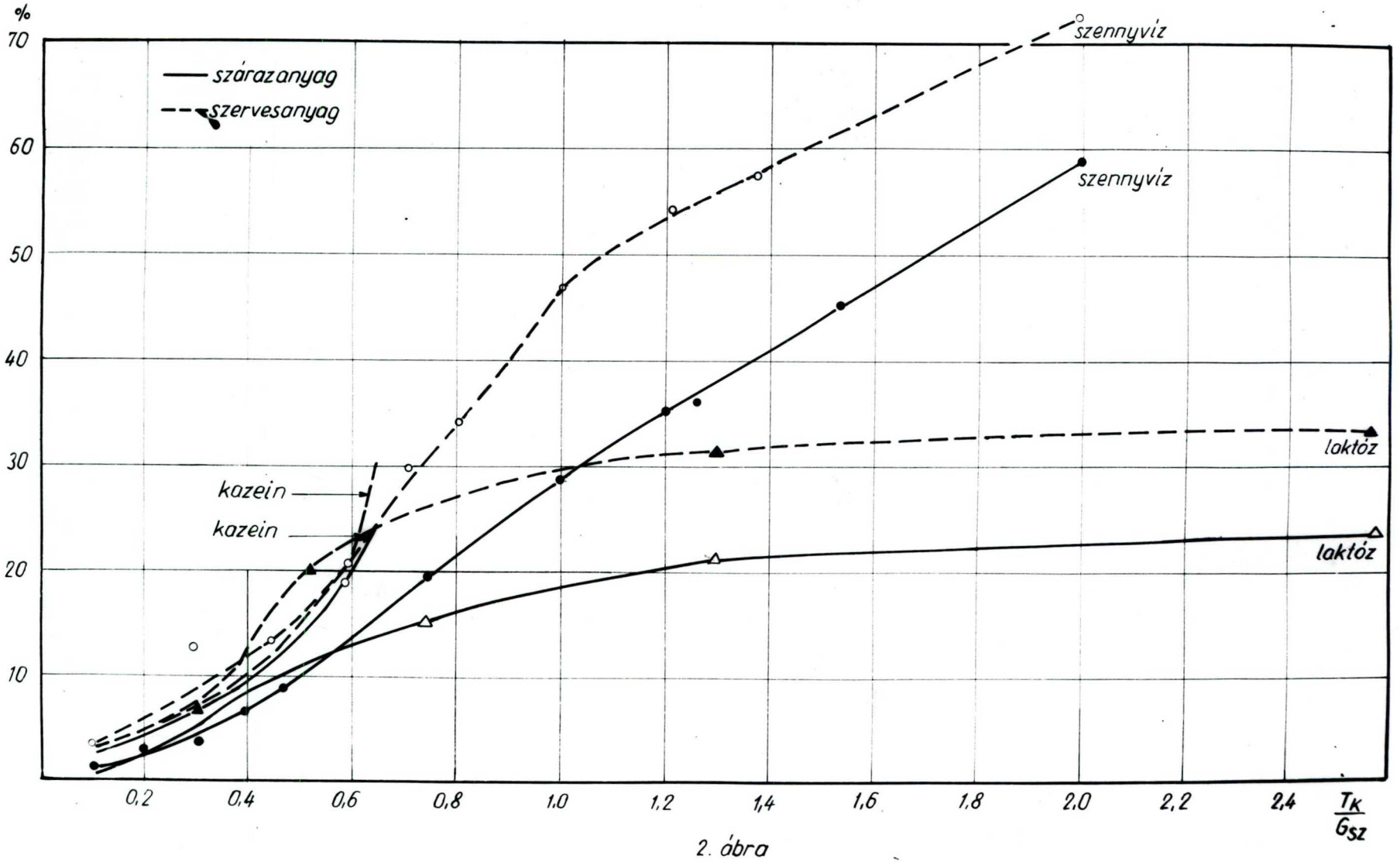
Lebontásra kerülő anyag	Kiindulási iszap szárazanyag	Kiindulási iszap szervesanyag		Egyensuly esetén iszapba beépült		Egyensulyi iszap-terhelés iszap szervesa.változás alapján
				száraz-anyag	szerves-anyag	
	mg	mg	%	%	%	$\frac{T_k}{G_{sz}}$
Laktóz	3221	2606	81,2	44	26	o,15
-"-	4193	3560	87,3	33	33	o,28
Kazein	2969	2432	8o,7	46	28	o,15
-"-	2173	1830	84,8	56	35	o,17
Szennyviz	3615	2779	71,7	62	5o	o,1

Ha az iszap szervesanyag változást kisérjük figyelemmel és ennek alapján állapitjuk meg az egyensulyi koncentrációkat, a koncentráció határok bővülnek és az eltérések finomabban láthatók. Jelen esetben könnyen (laktóz) és nehezebben (fehérje) lebontható anyagok vegyesen vannak jelen, mégis az egyensulyi koncentráció az iszap szervesanyag mennyiségével arányosan változik, 72, 81, 85 és 87 %-os szervesanyag mennyiségekkel növekvően.

A különböző terhelések (tápanyag mennyiségek) mellett az iszap szerves és szárazanyag növekedést a 2.ábra mutatja. Iszapszaporodás csak az egyensulyi koncentráció felett történik, ezért csak az e fölötti terhelési tartományra vonatkozó értékeket ábrázoltam. A tápanyag állandó növelésével (azaz pontosabban a tápanyag felesleg növelésével) nő az iszapba beépülő szervesanyag mennyisége, melyet kisér arányos, bár kisebb mértékü növekedéssel az iszap szárazanyag tartalma. A növekedés mértéke a tápanyag minőségétől függ, és arányos a tápanyag lebontással.

Ezzel kapcsolatban megvizsgáltam ugyanezen tápanyagoknál a különböző terhelések mellett lebontott anyagmennyiségeket. A teljesség kedvéért az eddigiekben vizsgált laktóz és kezein mellett 7 %-os tejoldattal is elvégeztem ugyanezeket a kisérleteket. A biológiailag lebontható alkotórészek százalékos oxidációját a különböző terhelési tartományok között

Az eleveniszap szerves és szárazanyagtartalmának növekedése



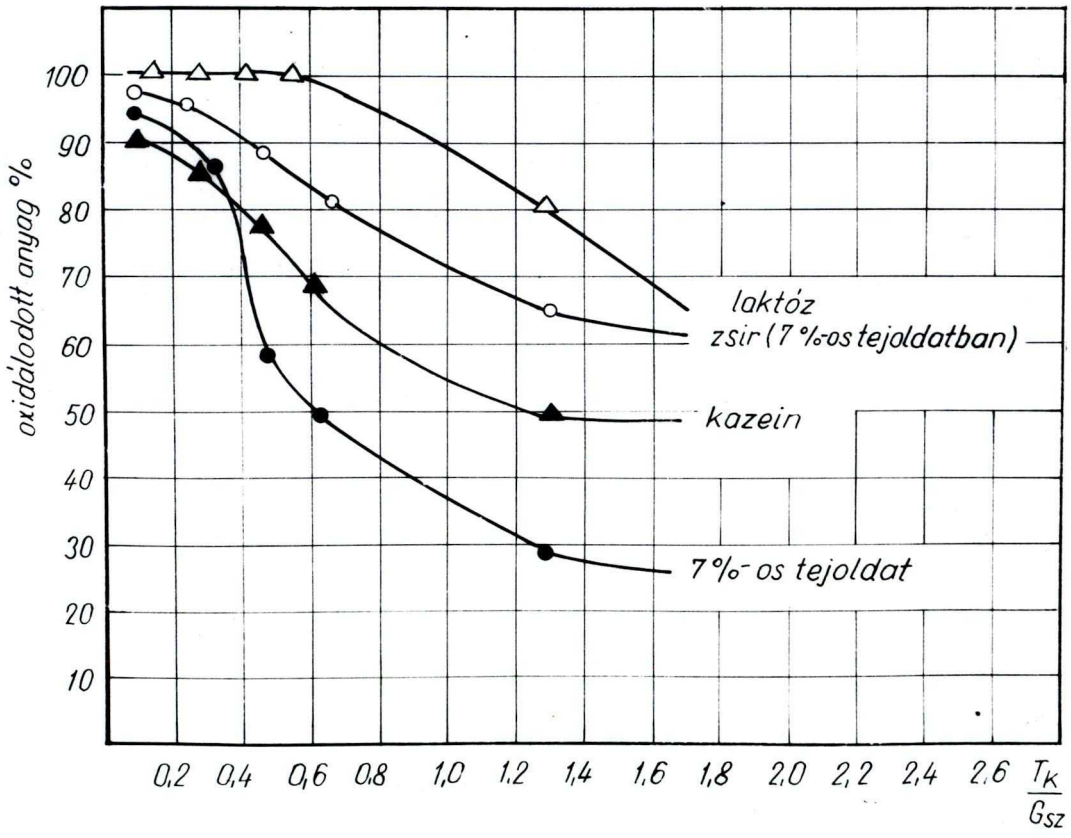
2. ábra

ábrázolva (3.ábra) látható a tejipari szennyviz fő alkotórészének a tejnek a lebomlása, valamint a tej fő összetevőinek várható lebomlási sorrendje (cukor, zsir, fehérje) és ezek különböző koncentráció viszonyok ill. a különböző $\frac{T_k}{G_{sz}}$ értékek mellett várható lebomlásának mértéke.

Ezek a mérési eredmények összhangban vannak Tischler és Eckenfelder méréseivel, akik szintén kémiai analizisekkel bizonyitották, hogy a tápanyagkomponensek lényegében egymástól függetlenül bomlanak le (79).

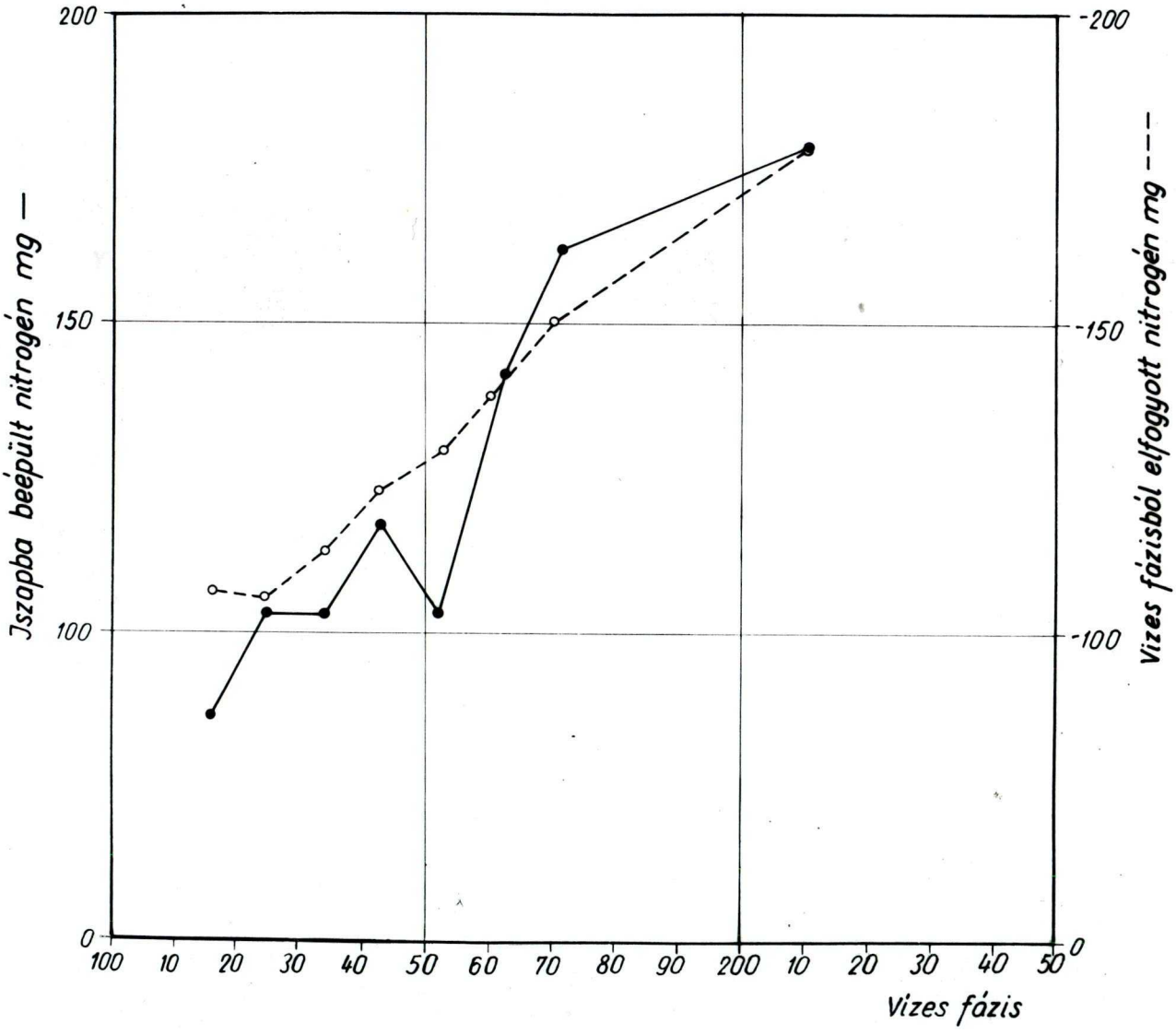
Porges (49), (5o) mérései szerint, a fehérje oxidációnál felszabaduló ammoniának jelentős szerepe van (ez szolgáltatja a laktóz asszimilációhoz a nitrogént), ezért megvizsgáltam a rendszerben lévő nitrogén mennyiségének változását a vizes fázisban (tápanyag) és az iszapban (4.ábra). Természetes, hogy növekvő tápanyag koncentráció mellett nő nemcsak a vizes fázis, hanem az iszap nitrogén koncentrációja is. A kettő között azonban egyensuly áll fenn; egyrészről ugyanannyi nitrogén épül be az iszapba, mint amennyi a vizes fázisból eltünik, másrészről a vizes fázis és az iszap nitrogén tartalma arányosan nő, igy biztositva az állandó egyensulyt.

A tejipari szennyvíz fő alkotórészeinek lebomlása



3. ábra

Nitrogén tartalom változása a szennyviziszapban
és a szennyvízben



4. ábra

3.2.1.2 Tejipari szennyviz anyagmérlege

Az előbbi kisérleti tapasztalatok alapján a szennyviz anyagmérlegének felállitását $\frac{T_k}{G_{sz}}$ = o,2 terhelésnél végeztem . A tejiparból beszerzett szennyvizet 4,8 l-es üveghengerben levegőztettem naponta egyszeri szakaszos táplálással. A kis méret miatt naponkénti kémiai vizsgálattal mérhető változást kimutatni nem lehetett, igy a mintavételezést 5 naponként végeztük. A viszonylag hosszu kisérleti időszak alatt a rendszerben kialakuló egyensuly lehetővé tette, hogy öt alkalommal történő mintavételezés átlageredményei alapján felállitsam az anyagmérleget (14.táblázat). Két paralell kisérletet végeztem, teljesen azonos kisérleti körülmények között (hőmérséklet, levegőellátottság, terhelés stb.)

A két levegőztető edény vizsgálati eredményei egymással jó egyezést mutatnak. A lejátszódó folyamatok között eltérés mindössze a zsir akotórész iszapba való beépülésénél ill. lebontásánál, pontosabban ennek a folyamatnak regisztrálásánál van.

Az előzőek szerint a zsir lebomlási sebessége a cukor és kazein között van, és ez a megfigyelés a két levegőztető edény analizis eredményeinek középértékével szintén egyezik.

14. táblázat

Tejipari szennyviz anyagmérlege

a)	KOI		Összes N		Cukor		Zsir		Összes szerves-+ anyag	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Beadagolt szennyviz	12,3	loo	o,253	loo	o,746	loo	o,478	loo	4,o5	loo
Oldatban maradt	o,13	1,o5	o,o	o,o	o,o	o,o	o,o	o,o	o,25	6,1
Iszapba beépült	4,22	34,3	o,o81	32,o	o,o	o,o	o,o14	2,9	1,314	32,4
Oxidálódott	7,95	64,65	o,172	68,o	o,746	loo	o,464	97,1	2,486	61,5
b)										
Beadagolt szennyviz	12,3	loo	o,253	loo	o,746	loo	o,478	loo	4,o5	loo
Oldatban maradt	o,o7	o,569	o,o	o,o	o,o	o,o	o,o	o,o	o,o7	1,73
Iszapba beépült	4,43	36,o	o,o83	32,8	o,o	o,o	o,198	41,4	1,356	33,2
Oxidálódott	7,8	63,4	o,17o	67,2	o,746	loo	o,28o	58,6	2,624	65,o7

+ izzitási veszteséggel mérve

(Az elemzési eredmények eltérései részben a zsir meghatározás bizonytalanságából erednek, részben pedig abból, hogy az egyik edényben a zsir átalakulás előbbre volt, mint a másikban és ezért az általánosan alkalmazott zsir analizis módszerrel (éteres kizárás) zsir formában már kimutatni csak részlegesen tudtuk.

A kapott anyagmérleg egyezik a Porges (49), (5o) eredményeivel, ugyanis ő fölözött tejporból készitett mü szennyvizzel dolgozott, igy viszonylag nagyobb mennyiségü, nehezen oxidálható akotórész (fehérje) volt jelen, tehát több kellett, hogy legyen az iszapszaporulat (5o %) is. Tejiparból származó szennyvizzel végezve a kisérletet, a szennyviz szervesanyag tartalmának kb. 6o-65 %-a oxidálódik (egybehangzóan a KOI vizsgálatokkal). Az iszap - szervesanyagtartalom növekedés pedig kb. 33 %.

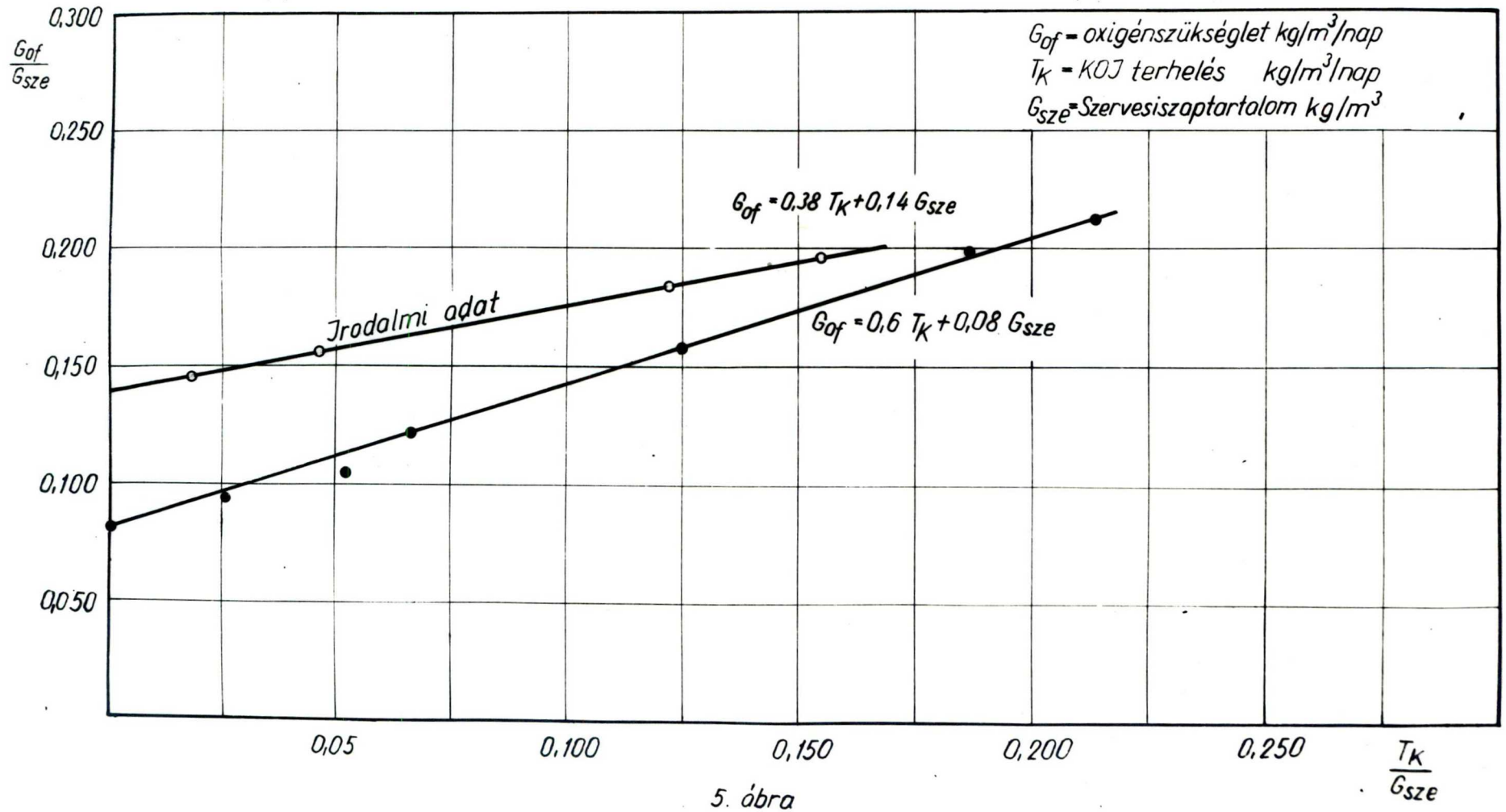
3.2.1.3 Oxigén szükséglet megállapitása

Az eleveniszapos rendszerek oxigénszükségletét fajlagos értékkel szoktuk jellemezni, azaz 1 kg v. 1 g szervesiszap jelenlétében egységnyi idő alatt (óra, vagy nap), 1 g v. 1 kg szervesanyag lebontása során fogyott oxigén mennyiséggel.

A szennyvíz oxigénigényét Warburg készülékkel mértük meg. A különböző $\frac{T_k}{G_{sze}}$ terhelési tartományokban mért fajlagos oxigénemésztés értéket az 5.ábrán mutatom be. (A szemléltetett adatok több mérés középértékei.) A mérési pontokból megrajzolt egyenes egyenlete:

$$G_{of} = o,6\ T_k + o,o8\ G_{sze}$$

Oxigén szükséglet



5. ábra

O_{of} = oxigénszükséglet kg/m3/nap
T_k = KOI terhelés kg/m3/nap
G_{sze} = szervesiszaptartalom kg/m3

Az egyenlet szerint a rendszer összes oxigén igénye részben a szervesanyag terheléssel (KOI), részben a szervesiszap mennyiségével van összefüggésben. 1 g KOI lebontására o,6 g oxigén szükséges, mig a rendszerben lévő ill. képződött szervesiszap grammonként o,o8 g oxigént igényel naponta.

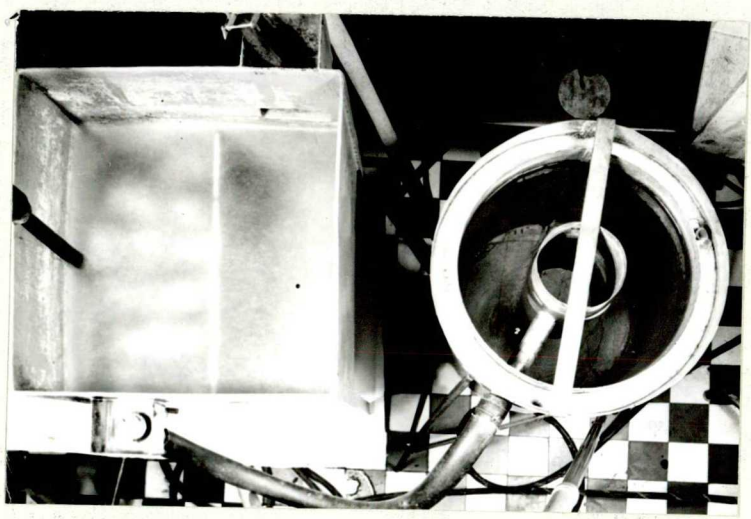
A mérések eredményei jó egyezést mutatnak Porges (49), (5o) méréseivel. Az előbbi kisérletekből bebizonyosodott, hogy a vizsgált szennyvizben lényegesen több az eloxidálódott anyagmennyiség aránya és kevesebb az iszapban felhalmozódott szervesanyag mennyisége, mint Porges "mü" szennyvizében. Igy természetes, hogy az asszimilációs folyamat oxigénigénye magas, az endogén légzés oxigénigénye pedig alacsonyabb a méréseinknél.

3.2.2 Üzemi körülmények között végzett kisérletek

Az elvi kérdések tisztázása után, a terhelés folyamán előálló szennyvizzel folyamatosan üzemeltetett modell segitségével vizsgáltam meg a technológiai jellegü kérdé-

seket (várható tisztitási hatásfok, a tisztitott szennyviz várható minősége, a terhelhetőség stb.) és ismerkedtem meg az egyes folyamatok lejátszódásának gyakorlatával. Ezekkel a kisérletekkel tapasztalatot és üzemeltetési gyakorlatot szereztam a félüzemi kisérletek megtervezéséhez és lefolytatásához.

A szennyvizet légbefuvásos kismodellben levegőztettem (1.kép) (6.ábra).



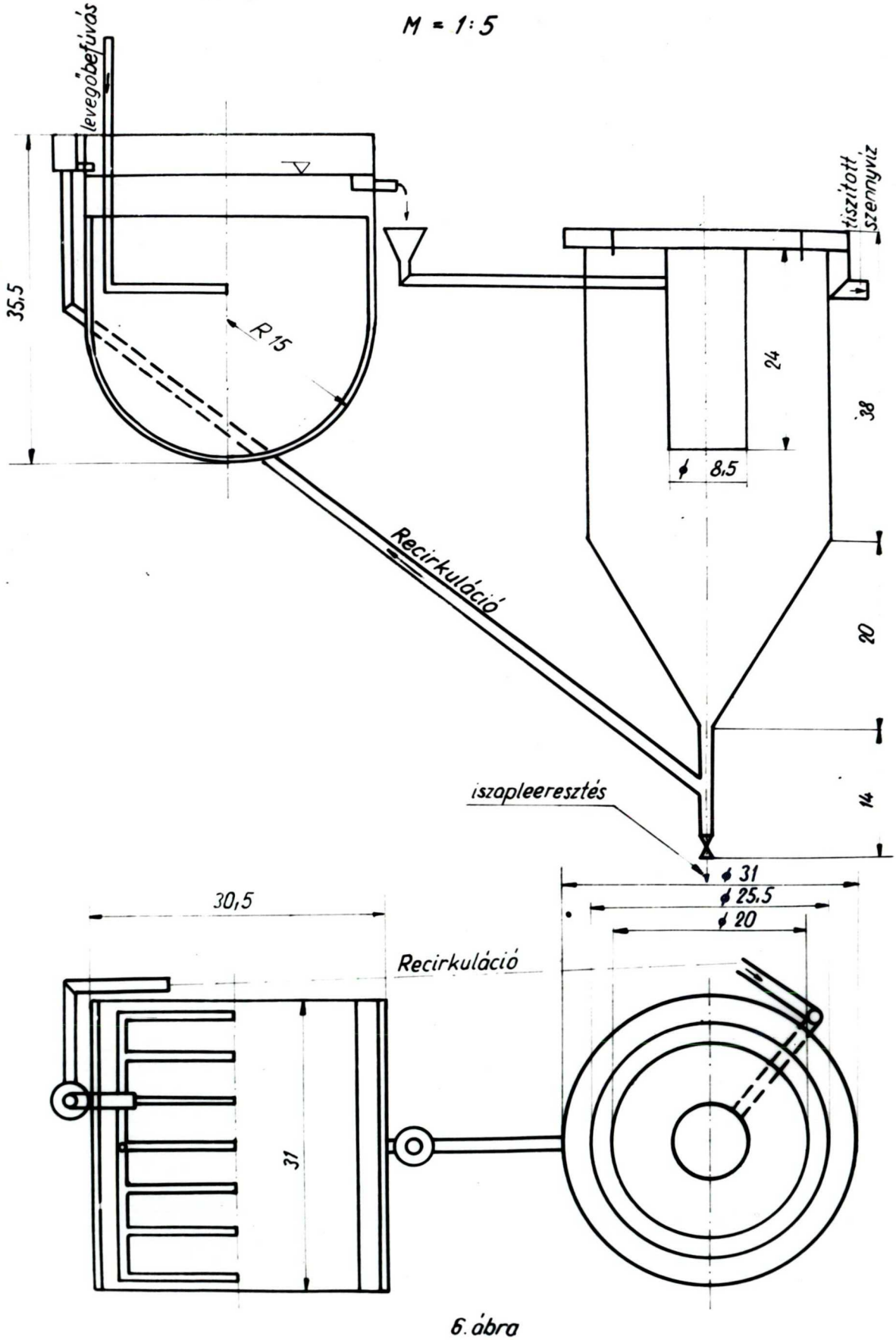
1.kép

Légbefuvásos kismodell

A modell adatai: levegőzőtér hasznos térfogata 2 l. Befuvóvezeték hossza: 6 x 13 cm. Befuvónyilás átmérője 1 mm. Oxigénfelvétel: 75,2 mg/l óra. Az utóülepitő ülepitőtere 2o l; iszaptere 14,3 l.

Légbefuvásos kisminta működési vázlata

M = 1:5



6. ábra

3.2.2.1 A kisérletek üzemeltetési gyakorlata

A kisérleteket a budapesti Erzsébetvárosi Tejüzemben végeztem. Itt átlagosan 2lo ooo l tejet dolgoznak fel naponta. Gyártott termékek: tej, tejszin, tejfel, turó, vaj, kakaó, kefir és yoghurt. Az előálló szennyvizek átlagos minősége a 7.táblázatból (magyarországi helyzet, 3.2 pont, 7.táblázat, nagyüzem) látható. Ez az igen tömény és főként erősen változó vizminőség a kisérleti munkát és a kedvező eredmények elérését nagyon megnehezitette.

A modellt a tejüzem hárommüszakos munkaidejének megfelelően folyamatosan üzemeltettem. A termelés alatt előálló szennyviz közvetlen mintázása után abból 4 órás átlagot készitettem. Igy a közvetlen előállástól számitott 4 óra mulva került a szennyviz a kismintában tisztitásra. Ez alatt az idő alatt a szennyvizben semmilyen káros bomlási folyamat nem indult meg. A modell állandó térfogat (hidraulikus) terheléssel üzemelt, melynek értékét csak az egyes kisérletek befejezésével változtattam meg. A kisérletek alatt a térfogat (hidraulikus) terhelés volt az egyetlen általam változtatható faktor, a szennyviz szennyezettsége az üzem terhelésének függvényében változott.

A kismintára kerülő nyers, tisztitatlan szennyviz és az eltávozó tisztitott viz kémiai oxigénigényét, pH értékét és a levegőztető medence oxigéntartalmát, negyedóránként végzett kémiai vizsgálattal ellenőriztük. Figyelemmel ki-

sértük a levegő és viz hőmérsékletének változását is, valamint naponta vizsgáltuk a levegőztetőmedence iszapkoncentrációját.

Az egyes kisérletek végén, azaz a térfogat (hidraulikus) terhelés megváltoztatása előtt, a kismintáról az utolsó 24 órában eltávozó szennyvizből óránkénti mintavételezéssel átlagmintát gyüjtöttünk és belőle részletes kémiai analizist végeztünk. Igy a szennyviz szennyezettségét összefoglalóan mutató kémiai oxigénigény analizis adatok mellett a szennyviztisztitási szempontból lényeges alkotórészek lebomlási fokát és sorrendjét is figyelemmel lehetett kisérni.

A kisérletek megkezdésekor a levegőztető medencébe lo l eleveniszapot (szervesanyagtartalom 5o-75 %) helyeztünk, majd 1 %-os tejoldattal kezdtük meg az iszap tejipari szennyvizhez való szoktatását. Kb. loo órás aklimatizációs idő után megkezdtük a kisminta üzemi szennyvizzel való terhelését, eleinte igen alacsony átfolyási idő mellett. Az eleveniszap bedolgozási ideje összesen maximálisan 600 óra volt, beleértve az aklimatizációs időt is. Ez alatt az iszap biológiai képe és fizikai tulajdonságai is lényegesen megváltoztak.

A szennyviztisztitási kisérleteket csak az iszap ipari szennyvizzel való bedolgozása után lehetett megkezdeni.

A kisérleteknél alkalmazott iszapkoncentráció 2ooo-3ooo mg/l. A kisminta méreteiből adódó recirkulációs nehézségek miatt az iszapkoncentrációt nem tudtuk állandónak tartani. A kismintára érkező nyers szennyviz szennyezettségének ingadozása mellett ez is jelentősen hozzájárult a tisztitott viz minőségi ingadozásához.

3.2.2.2. A kisérleti eredmények összefoglalása

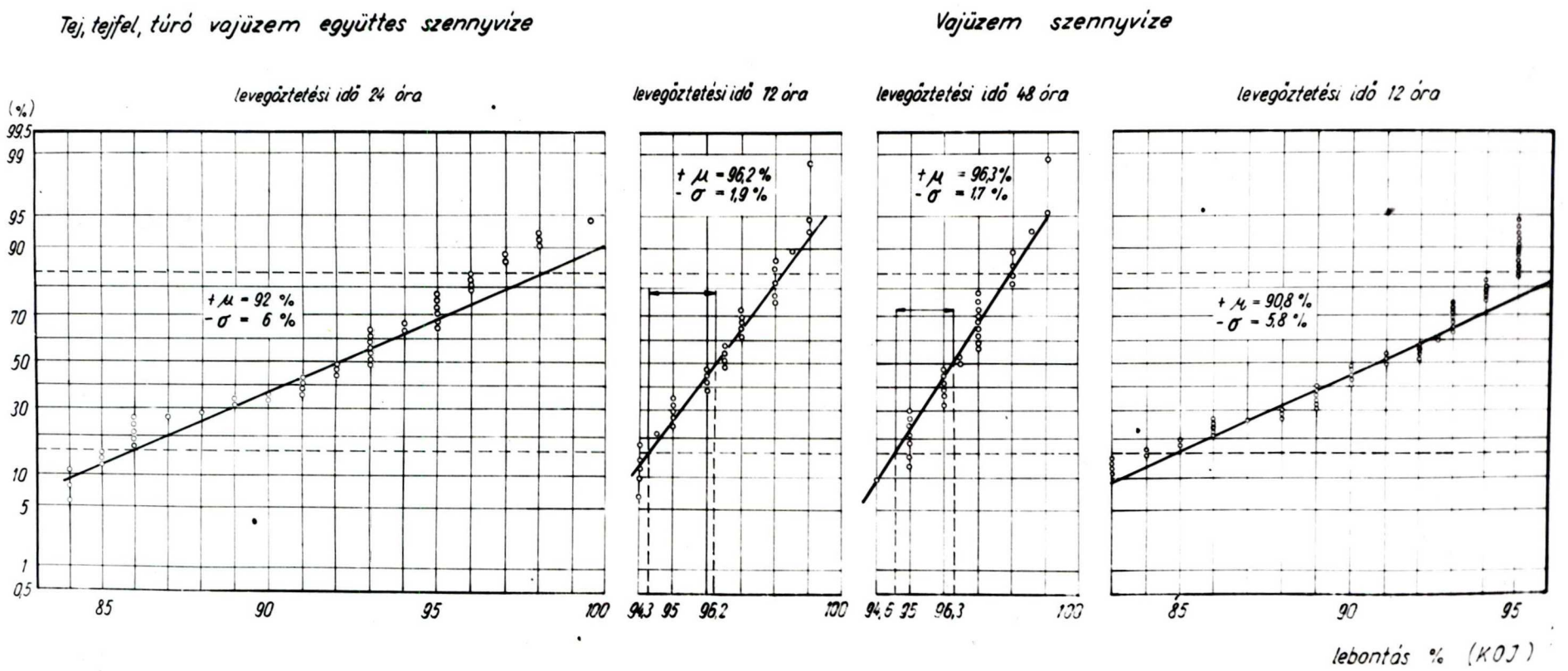
A kisérleteket két különböző üzemrészből származó szennyviznek 12, 24, 48, 72 órás levegőztetésével végeztem.

A tisztitásre kerülő szennyviz kémiai oxigénigénye, még a 4 órás kiegyenlités után is looo-75oo mg/l volt az első és 25o-95oo mg/l a második kisérleti szakaszban. A kismintáról eltávozó szennyviz minősége 5o-6oo ill. 2o-75o mg/l között változott, követve - megfelelő kiegyenlitéssel - a tisztitatlan szennyviz minőségi ingadozását. A vizsgálati eredmények tisztitási hatásfokban számitott értékét (KOI csökkenés %) gyakoriségi papiron ábrázolva a 7.ábra szemlélteti. A szórás nem magas, a középértéktől való eltérés ±2-6 %.

A kisérletekre szennyviztechnológiai szempontból jellemző adatokat a 15.táblázatban mutatom be.

A bemutatott adatok közül a 9o %, vagy ez fölötti tisztitási hatásfokot elért kisérleteknél kiszámitottam a

A szennyvíz eleveniszapos rendszerben történő tisztítása.



7. ábra

A kisérletekre jellemző adatok összefoglalása

15.táblázat

	Tej, tejfel, turó, vajüzem szennyvizével végzett kisérletek			Vajüzem szennyvizével végzett kisérletek		
	48 órás	24 órás	12 órás	72 órás	48 órás	12 órás
	levegőztetés			levegőztetés		
Hidraulikus (térfogat) terhelés 1/1 nap	o,5	1,o	2,o	o,3	o,5	2,o
KOI terhelés változása a folyamatos vizsgálatok alapján mg/1 nap	116o-18oo	172o-54oo	346o-54oo	2oo-13oo	48o-187o	184o-166o
A kisérlet utolsó 24 órájában:						
Nyers szennyviz KOI értéke mg/1	266o	35oo	25oo	22oo	142o	3ooo
Levegőztetett szennyviz KOI értéke mg/1	24o	2oo	45o	12o	95	4oo
Hatásfok %	91	94	82	95	93	87
Iszap szárazanyag tartalma mg/1	24oo	3ooo	3ooo	21oo	19oo	22oo
Iszapülepedés 3o'alatt ml/1oo ml	2o	65	75	8o	31	4o
Iszapindex ml/g/1	83	216	25o	38o	163	181
Szennyviz alkotórészeinek bomlása %-ban tejcukor +	99	83	61	99	96	55
zsir	99	98	9o	97	99	98
összes nitrogén	92	9o	93	77	34	64

+ Fehling reagenssel meghatározva

terhelési értékeket. A fajlagos iszapterhelés átlagban 67o mg KOI/g iszap szárazanyag (ez megfelel kb 45o mg BOI_5/g iszap szárazanyag terhelésnek). A KOI térfogatterhelés átlag 1,84 g/l nap. (BOI_5 térfogatterhelés 1,29 g/l nap.) A naponta lebontott KOI mennyiség 1,72 g/l átlagban (kb.1,2 g/l BOI_5 naponta).

Ezek a terhelési értékek lényegesen kedvezőbbek, mint amelyeket Voigt hasonló jellegü kisérleteinél tapasztalt (93).

A levegőztető medence oxigéntartalma az objektiv adottságok miatt az első kisérleti sorban (tej-tejfel, turó és vajüzemi szennyviz) alacsony, o,5-1,2 mg/l volt. A második kisérleti sorban o,6-4,4 mg/l között változott. A szennyviz levegőztető medencében való alacsony tartózkodási idejénél (magas terhelésnél) fellépő oxigéntartalom csökkenés határt szabott a levegőztetési idő további csökkentésének, tehát a hidraulikus terhelés emelésének. Az iszapkoncentráció növelése nem volt lehetséges a modell kis méretei miatt (dugulási veszély) és ez is határt szabott a terhelés tovább történő emelésének (12 órás levegőztetési időnél már csökkent az egyébként stabil 9o % feletti tisztitási hatásfok.)

Az eleveniszap minősége - feltételezhetően a modell

kis méretei miatt, nem volt kifogástalan. Az iszap ülepedőképessége rossz, az iszapindex magas (15.táblázat), az iszappelyhek elaprózódottsága és a fonalas baktériumok elszaporodása következtében. Az iszap szervesanyagtartalma a 48 órás levegőztetési idővel végzett kisérletnél 5o-6o %; 12 órás levegőztetési idővel végzett kisérletnél 65-75 % között volt.

A kisérletekkel tapasztalt tisztitási hatásfok, adott levegőellátottság mellett a jelenlevő eleveniszap (baktériumtelep) mennyiségének és minőségének, valamint a hidraulikus terhelésnek volt a függvénye. Az elért tisztitási hatásfok - bizonyos határon belül - a szennyviz szennyezettségétől (kémiai oxigénigényétől) független. A tisztitott viz szennyezettségének abszolut értéke azonban nem független a KOI terheléstől, tehát az ismertetett tényezők mindegyikének kisebb-nagyobb sullyal való közremüködése hozta létre a tisztitási eredményeket.

3.3 F é l ü z e m i k i s é r l e t e k

A szennyviztisztitási technológia kidolgozásának befejező szakaszát a félüzemi kisérletek jelentik. A kisérletek feladata a laboratóriumi méretben végzett kisérletek adatainak igazolása, a kis méret miatt kétesnek tekinthető kérdések tisztázása és a főkivitelhez tervezési alapadatok szolgáltatása.

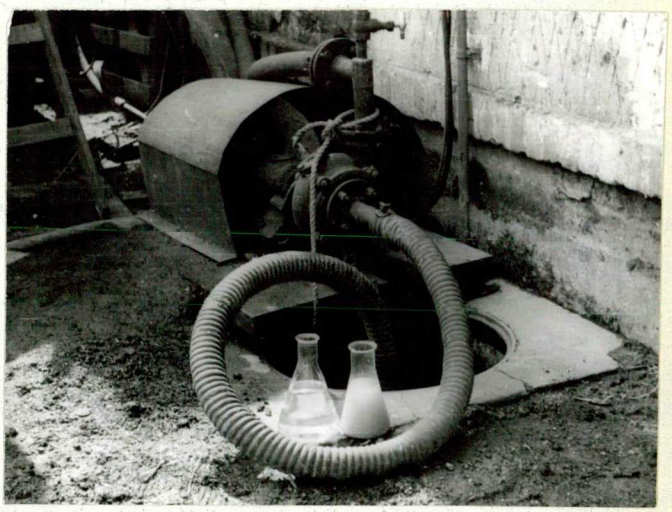
3.3.1 Kisérleti berendezés adatai, üzemeltetési gyakorlat és tapasztalat

A kisérleteknél a "Kessener" levegőztető eljárást alkalmaztam. A szennyviz levegőztetése két szakaszban történt. A két levegőztető-medence rész egymás mellett volt, igy a szennyviz közvetlenül jutott az elsőből a másodikba.

A kisérleti berendezést az üzemközben szerzett tapasztalatok alapján több izben módositani kellett. Először a levegőztető kefe bemerülése és fordulatszáma nem volt megfelelő. Majd a levegőztető medencében lévő magas oxigéntartalom miatt az utóülepitőben flotációs jelenségek léptek fel és az iszap egyrésze eluszott. A kezdetben használt utóülepitő, melyet a házi szennyvizeknél általánosan alkalmaznak, a tejipari szennyvizeknél nem vált be.

A végleges kisérleti berendezés müködési vázlatát a 8.ábra , a berendezést üzem közben a 2. és 3.kép mutatja.

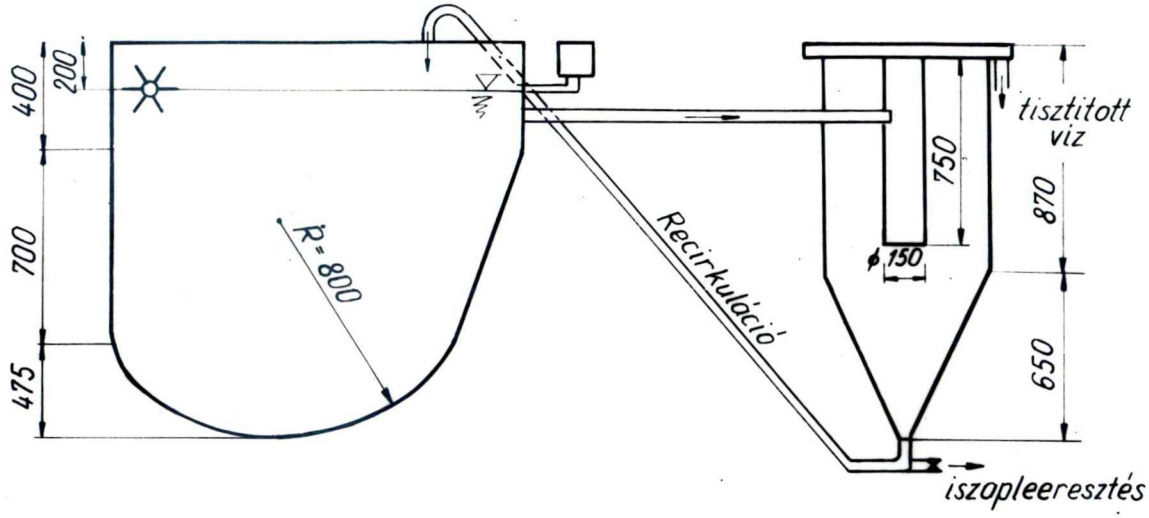
2.kép

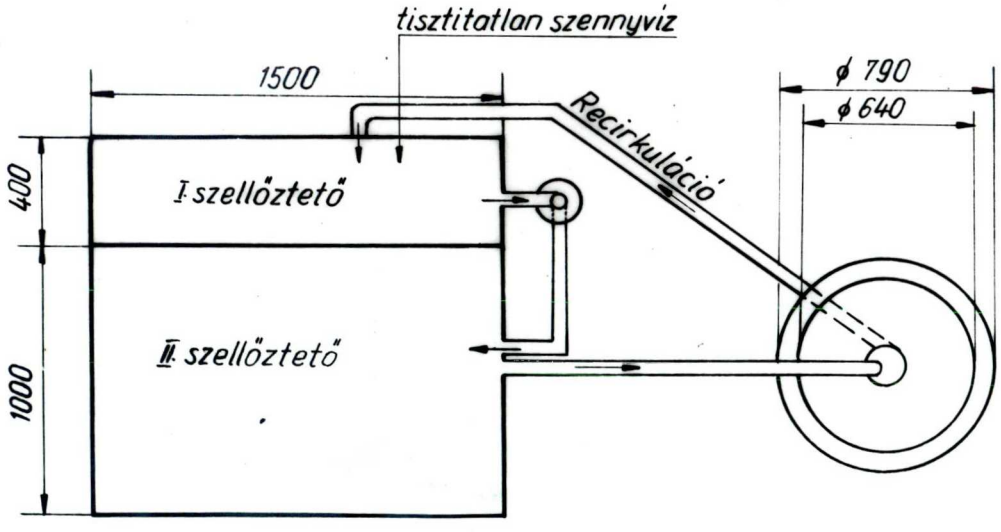


3.kép

A félüzemi berendezés üzem közben

Félüzemi berendezés működési vázlata





8. ábra

A megfelelően üzemelő kisérleti berendezés adatai:

I. Szellőztető medence hasznos térfogata: o,68 m3

Levegőztető kefe hossza: 38 cm; bemerülése: 3 cm; átmérője 24 cm.

(Egy rotorban 4 rudpálca van, a rudpálcák egymástól 3,5 cm távolságra vannak.)

II. Szellőztető medence hasznos térfogata: 1,42 m3

Levegőztető kefe hossza: 96 cm; bemerülése: 3 cm; átmérője: 35 cm.

(Egy rotorban 6 rudpálca van, a rudpálcák egymástól 6,5 cm távolságra vannak.)

Kefe fordulatszáma: 24o/perc

Áttétel: 12o:35o cm

Motor energiafelvétele: o,75 kW

1 db utóülepitő

utóülepitőtér: 28o l

iszaptér: 7o l

Oxigénfelvétel:

I. Szellőztető medence: 19,33 g/m3 x 6

II. Szellőztető medence: 17,33 g/m3 x 6

A félüzemi kisérleteket a Budapesti Tejipari Vállalat kelenföldi telepén végeztem. Az üzem 3 müszakos termelésének megfelelően a félüzemi berendezést folyamatos ü-

zemben müködtettem. A tisztitásra kerülő szennyvizet óránként szivattyuztuk az üzemi csatornahálózatból a gyüjtőtartályba, ahonnan a térfogatterhelésnek megfelelően az I.Szellőztető medencébe vezettük.
Egy azonos térfogat terheléssel végzett kisérlet időtartama az üzemeltetési körülményektől függően 1-4 hét között változott.

A hárommüszakos üzemelés alatt, óránkénti mintavételezéssel átlagmintát gyüjtöttünk a tisztitatlan és tisztitott szennyvizből, és ennek naponta történő kémiai oxigénigény vizsgálatával ellenőriztük a tisztitás eredményességét. Ugyancsak naponta végeztünk szárazanyag meghatározásokat egyrészt a szellőztetőmedencében az iszapkoncentráció és ezen belül az iszap szerves és ásványianyag tartalmának változására, másrészt a tisztitott vizzel eltávozó lebegőanyag menynyiségének megállapitására. Az iszap fizikai jellemzőinek megfigyelése iszapülepités vizsgálattal történt, napi gyakorisággal. A szükséges oxigén biztositására, müszakonként ellenőriztük a levegőztető medencékben az iszap-viz elegy oxigéntartalmát. Hetenként egy alkalommal mind a tisztitatlan, mind a tisztitott vizből részletes kémiai analizist végeztünk azért, hogy a szennyviz egyes alkotórészeinek lebomlási fokát megállapithassuk.

Az üzemeltetés alatt, magasabb terhelésnél gyakran ta-

pasztaltunk habzást, melyet sok esetben a termelt tej összetételének megváltozásával is kapcsolatba tudtunk hozni. Véleményünk szerint a gyakorlatban - teljesoxidációs berendezéseknél, tehát viszonylag alacsony terhelésnél, - normális körülmények között üzemzavart okozó habzással nem kell számolni. Különös gonddal kell azonban kezelni ezt a kérdést, ha tejporgyárak szennyviztisztitásáról van szó. Tejpor jelenlétében a habzás mértéke megnövekedett.

A tejüzemi szennyviz hőmérséklete, a téli és nyári időszak átlagában 8,2-24,2 °C között változik. Félüzemi kisérleteinknél, a kisérleti berendezés mérete, valamint anyagának jó hővezetőképessége miatt a téli nagy hidegben az eleveniszap aktivitásának csökkenése következett be, a nyári nagy melegben iszappelyheket faló un. kerekesférgek jelentek meg. Nagyüzemi körülmények között legfeljebb a berendezés téli "fütésének" igénye merülhet fel. Tapasztalatunk szerint, a levegőztetőmedencék hőmérsékletének 3-4 °C ill. az alá süllyedésénél a tisztitási hatásfok nagymértékü csökkenése jön létre (kb. 2o %),mely hosszabb idő után a biokémiai folyamatok teljes leállásához vezet.

3.3.2 A kisérleti berendezés terhelése

A kisérleti időszak alatt a félüzemi berendezés terhelése igen tág határok között változott. A teljes oxidáció

és a teljes biológiai tisztitás elérése és az akkor fennálló körülmények tisztázása volt a cél. A térfogatterhelést o,8-3,428 m3/m3 nap érték között változtatva 8-3o óra közötti levegőztetési időt tudtam biztositani. A napi KOI terhelés igen magas, 1,485-6,o19 kg/m3 nap között változott, melyet magas iszapkoncentrációval tudtam fenntartani. Igy a $\frac{T_{KOI}}{G_{sz}}$ arány o,245-o,64 között volt. A szennyviztechnológiai szempontból jellemző adatokat a kisérleti időszak átlagára vonatkoztatva a 16.táblázatban foglaltam össze.

A táblázatban látható iszapkoncentráció változások következtetések levonására nem alkalmasak. Ugyanis a nyári melegben az utóülepitő anyagának jó hővezetőképessége miatt az iszapot többizben le kellett engedni, azt elönteni vagy kézi erővel visszavinni a levegőztető medencébe. Az utóülepitőbe felgyülemlett iszap mennyisége igy állandóan változott.

Az alkalmzott recirkuláció is magasabb a szokásosnál részben a hőhatás kiküszöbölésére, részben pedig alacsony térfogatterhelésnél a megfelelő arányt a félüzemi méretek kötöttségei miatt nem tudtuk követni.

Az ismertetett igen tág terhelési határok és üzemeltetési nehézségek mellett is, a táblázatból láthatóan, a naponta lebontott KOI mennyisége megközelitette a terhelést.

3.3.3 A levegőztető medencék oxigéntartalma

Az előzőekben ismertetett levegőztetőkefe kialakitási használva,a rendszer oxigéntartalma átlag 2-4 mg/l között

16.táblázat

Szennyviztechnológiai szempontból jellemző adatok összefoglalása

A kísérlet száma	T_h $m^3/m^3/nap$	T_{KOI} $kg/m^3.nap$	N_{KOI} $kg/m^3.nap$	G_{sz} kg/m^3	$\frac{T_{KOI}}{G_{sz}}$	O_2 mg/l I.	O_2 mg/l II.	Iszapindex I.	Iszapindex II.	Recirkuláció %
1	o,8oo	1,4854	1,443	6,18	o,245	3,3	3,8	82,2	82,4	358
2	1,o3o	1,854o	1,795	6,44	o,273	3,8	4,5	68,3	7o,2	364
3	1,25o	1,86oo	1,79o	6,53	o,287	4,1	4,7	75,8	78,3	371
4	1,48o	2,16oo	2,1oo	6,54	o,326	3,8	3,9	91,8	91,1	366
5	1,714	3,68o	3,58o	8,o4	o,46o	1,6	2,o	51,7	53,9	369
6	1,828	2,669	2,6o8	7,66	o,35o	1,6	2,4	68,o	64,o	376
7	2,o57	3,591	3,483	8,5o	o,42o	2,7	3,6	56,8	58,3	381
8	2,285	4,21o	4,1o1	7,54	o,73o	2,2	3,o	57,o	59,9	389
9	2,742	5,61o	5,5o3	7,97	o,7oo	2,9	3,9	5o,2	55,4	399
1o	3,428	6,o19	5,477	9,38	o,64o	o,45	o,55	-	-	4o6
11	o,8oo	1,98o	1,968	6,52	o,2721	4,4	5,7	66,2	68,8	368

I. = I. szellőztető medence
II. = II. " "

volt. A terhelést növelve, a lebontott szervesanyag mennyiségével csökkent az oxigéntartalom egészen 0-ig. A 16.táblázatban a 1o.sz.kisérletcsoportnál látható o,5 mg/l O_2 tartalom, átlagérték, a kisérlet első napjainak magasabb O_2 tartalom értékéből adódik, igy nem türközi az O_2 tartalom legalacsonyabb értékeit. Az O_2 tartalom - a 1o.sz.kisérlet ideje alatt - nagyjából azonos terhelések, illetve $\frac{T_k}{G_{sz}}$ arány mellett üzemelve fokozatosan 2-1-o,7-o,3-o,1 mg/l-re csökkent, jelezve az asszimiláció előbbi kisérletekhez viszonyitva megnövekedett oxigénigényét.

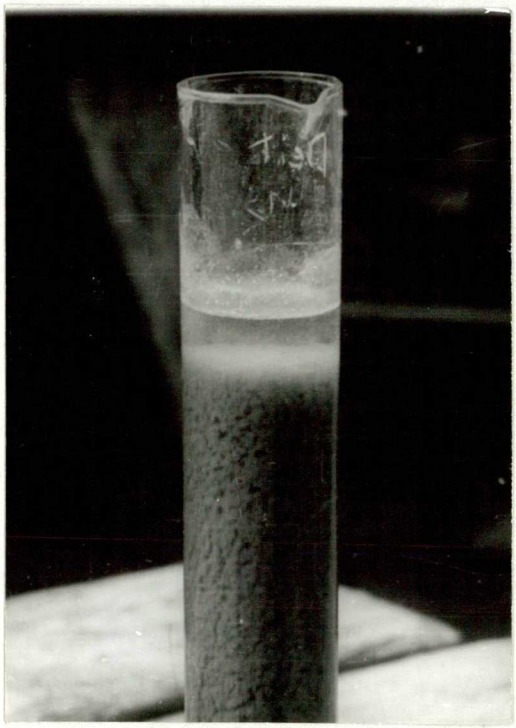
Irodalmi tapasztalatok szerint az oxidáció gyorsasága észrevehetően esik, ha a levegőztető rendszer oxigén koncentrációja o,5 mg/l alá csökken (49). Ez a magyarázata, hogy még néhány tizdd milligram oxigéntartalom mellett is több napon keresztül tudtunk 9o % feletti hatásfokkal üzemelni, mig végül az iszappelyhekben felhalmozódott nagymennyiségü szervesanyag az önoxidáció teljes megszünése miatt anaerob rothadásnak indult. Ez a folyamat szinte egyik óráról a másikra következett be.

3.3.4 Az iszap fizikai tulajdonságai. Szervesiszap csökkenés és a levegőztetési idő közötti összefüggés

Gyorsan ülepedő, nagypelyhes iszapot nyertünk a levegőztető rotor módositásával. Az iszapindex (3o') alatti ülepedés ml/g-literenként) értékek 5o-9o között változtak. Az

iszapot ülepedés közben a 4.kép mutatja. Az iszap feletti vizréteg teljesen tiszta átlátszó volt.

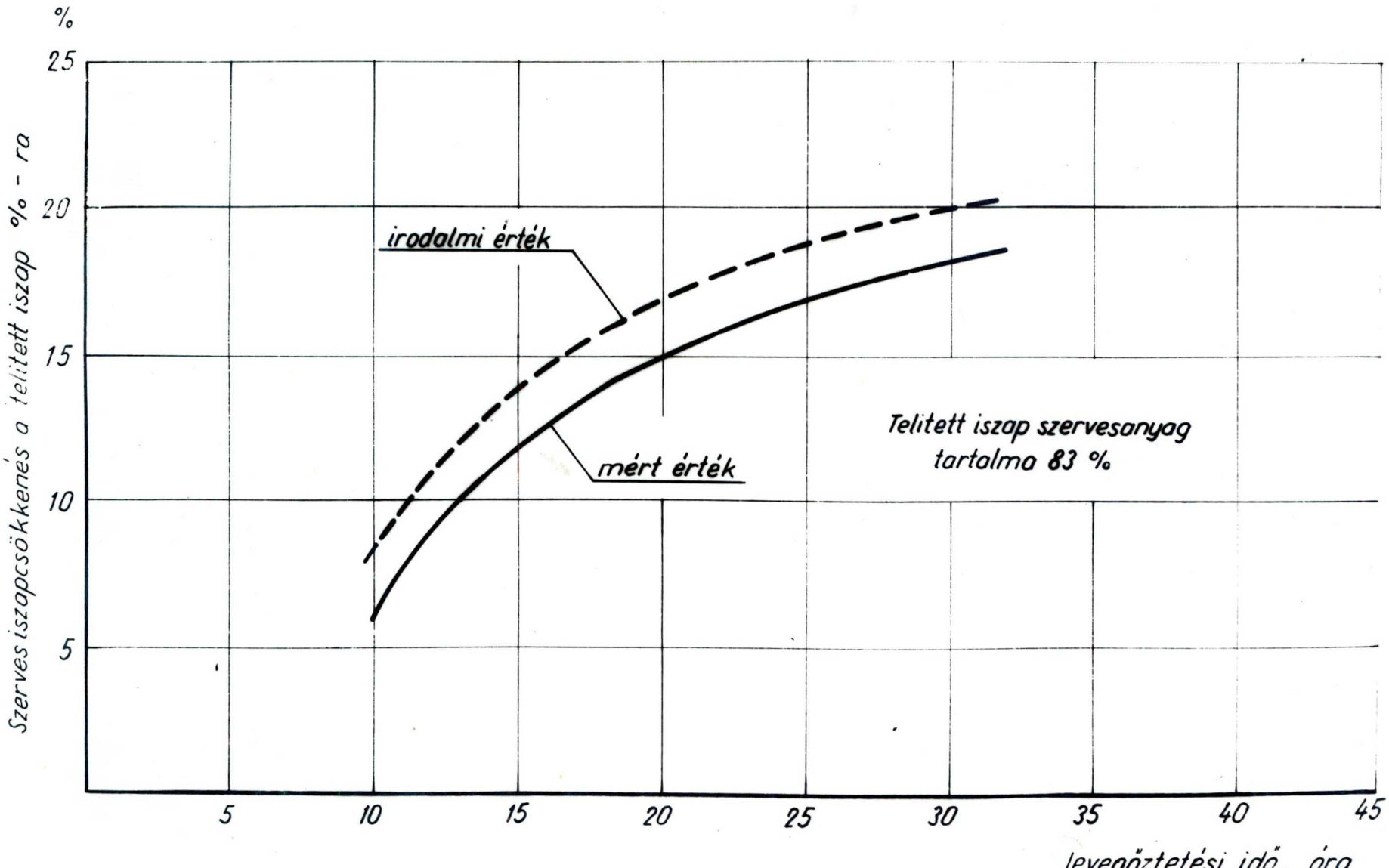
(Meg kell jegyezni, hogy az iszapszerkezet elsősorban a légbevitelt biztositó kefe kialakitásával és csak másodsorban a terheléssel mutatott összefüggést. Nem megfelelő kefekialakitásnál nehezen ülepedő, apró pelyhes az iszap, az iszap feletti vizréteg opálos, tüszerü iszapszemcsékkel. Az iszapindex is magas, eléri a 17o ml/g értéket is (1 literből viszgálva). Bár a kisérletek mindegyikénél a tisztitási hatásfok 9o % feletti, mégis észrevehető hatásfokemelkedést (4-5 %) tapasztaltunk az iszap-pehelyszerkezet javulásával.



4.kép
Az iszap ülepedés közben

Az <u>iszap szervesanyag tartalma</u> rövidebb levegőztetési időnél (26 óra, vagy ennél alacsonyabb) a két szellőztető medencében azonos volt.Eltérés a levegőztetési idő növelésével lépett fel, amikor a II.szellőztető medencében néhány százalékkal alacsonyabb szervesanyag tartalmu iszappot találtunk. A 9.ábrán irodalmi adatokat , valamint az általunk mért szervesanyag tartalom csökkenés százalékos értékeit ábrázoltam, a levegőztetési idő függvényében. A

Szerves iszap csökkenés a levegőztetési idő függvényében



9. ábra

telitett iszap szervesanyag tartalmát 83 %-nak vettem az irodalmi adatok alapján. Az általam mért és az irodalomban talált értékek egymással jó egyezést mutatnak, a két görbe azonos lefutásu. Az iszap szervesanyag tartalom csökkenés és a levegőztetési idő közötti összefüggés az ábra értelmében nem lineáris, a csökkenés mértéke a levegőztetési idő előrehaladásával kisebb.

Kisérleteinknél tapasztalt átlagos iszap szervesanyag tartalom a szárazsuly 7o-8o %-a. Az iszapkor 1,5-5 nap között változott.

3.3.5 A szennyviz kémiai vizsgálatából levont következtetések

A kisérletekhez zsirfogás utáni szennyvizet használtunk, mely az üzemi helyiségek és szállitóberendezések (tankkocsik, vagonok) takaritó ill. mosóvizéből, tejelcsurgásból, savóelcsurgásból és szakaszosan jelentkező vajmosóvizekből állt.

A szennyviz kémiai oxigénigénye 6o7-9166 mg/l; BOI_5 értéke 74o-5218 mg/l; tejcukor tartalma 59-574 mg/l; összes nitrogén tartalma 19-1o9 mg/l és zsirtartalma 15o-1135 mg/l között változott.

A kisérleteknél kapott tisztitási hatásfok értékek igen jók; a KOI 96-98 %; a BOI_5 92-98 %; a zsirtartalom

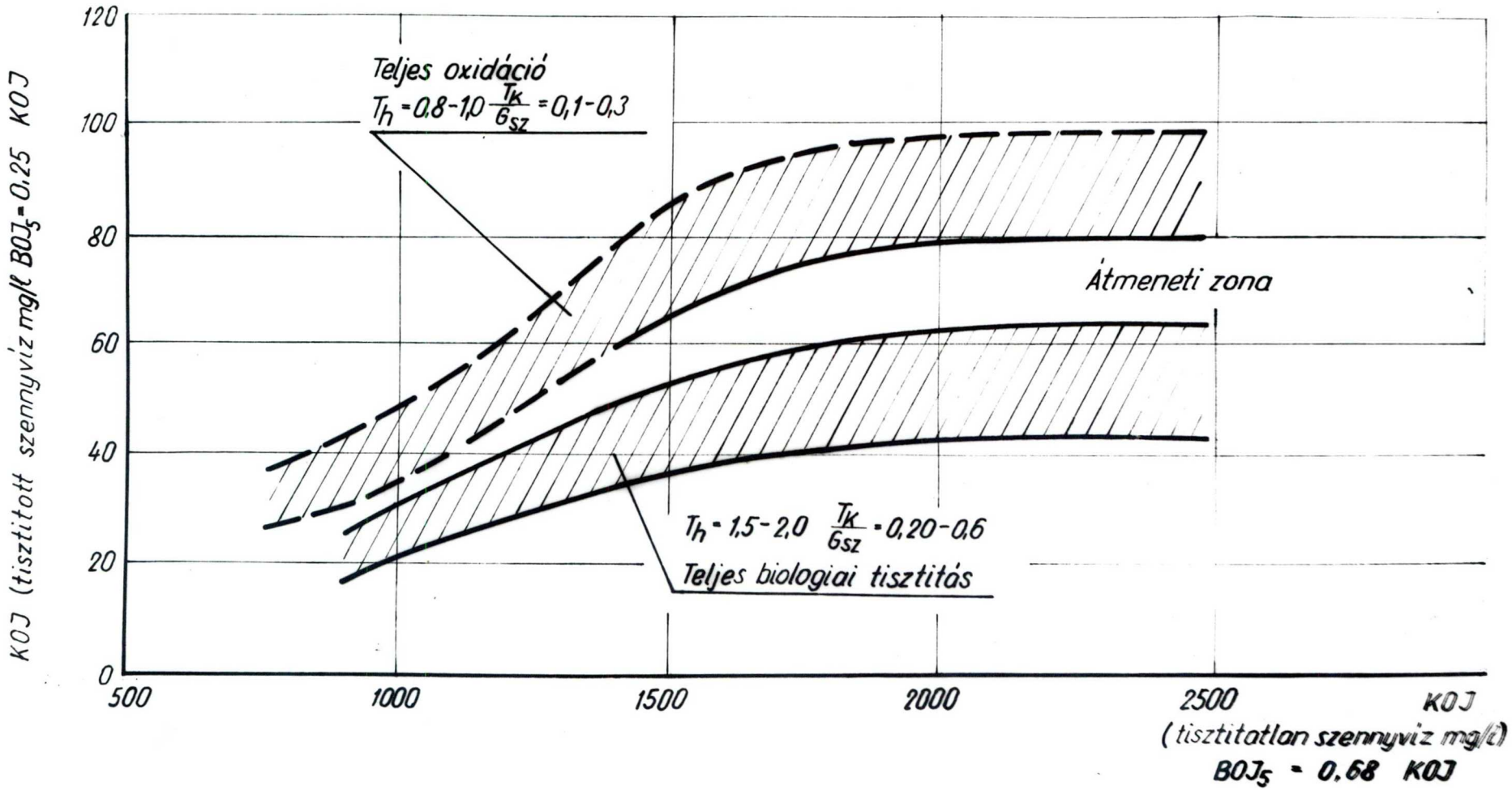
86-loo %; az összes nitrogén 4o-loo % között csökkent a különböző terhelési tartományokban (16.táblázat) végzett kisérleteknél. A tejcukor minden esetben teljesen lebomlott.

A teljes kisérleti időszak alatt végzett összes kisérlet eredményeit, a tisztitatlan és tisztitott szennyviz minőségének összefüggését, azaz a tisztitás eredményességét, különböző térfogatterhelés (T_h) és a hozzá tartozó $\frac{T_k}{G_{sz}}$ arányok feltüntetésével a lo.ábrán foglaltam össze. Az ábrán félre nem érthetően mutatkozik meg a különbség a teljesoxidációs és a teljes biológiai tisztitás között. Bár a KOI terhelésekben is van különbség, de sokkal jelentősebb ez a térfogatterhelésnél, tehát a tisztitás eredményességét a hidraulikus terhelés jobban befolyásolta, mint a KOI terhelés - összhangban a kismodell-kisérleteknél tapasztaltakkal.

Teljesoxidációs üzemmenet fenntartásának egyik legfontosabb feltétele a $\frac{T_k}{G_{sz}}$ helyes megválasztása.Ugyanakkor azonban a levegőztetési időnek elég hosszunak kell lennie ahhoz, hogy az iszap megfelelő mértékü mineralizációja biztositva legyen. (Ez a tapasztalat szerint minimum 24 óra.)

A lo.ábra szerint a tisztitóberendezésről eltávozó szennyviz minőségi adatai az elméletileg számitott értékekhez képest kisebb mértékben ingadoznak. Ennek oka egyrészt az érkező szennyviz koncentrációjának változásai, másrészt,

A tisztitatlan és tisztitott szennyvíz minőségének összefüggése az alkalmazott T_h és $\frac{T_K}{G_{sz}}$ értékeknél

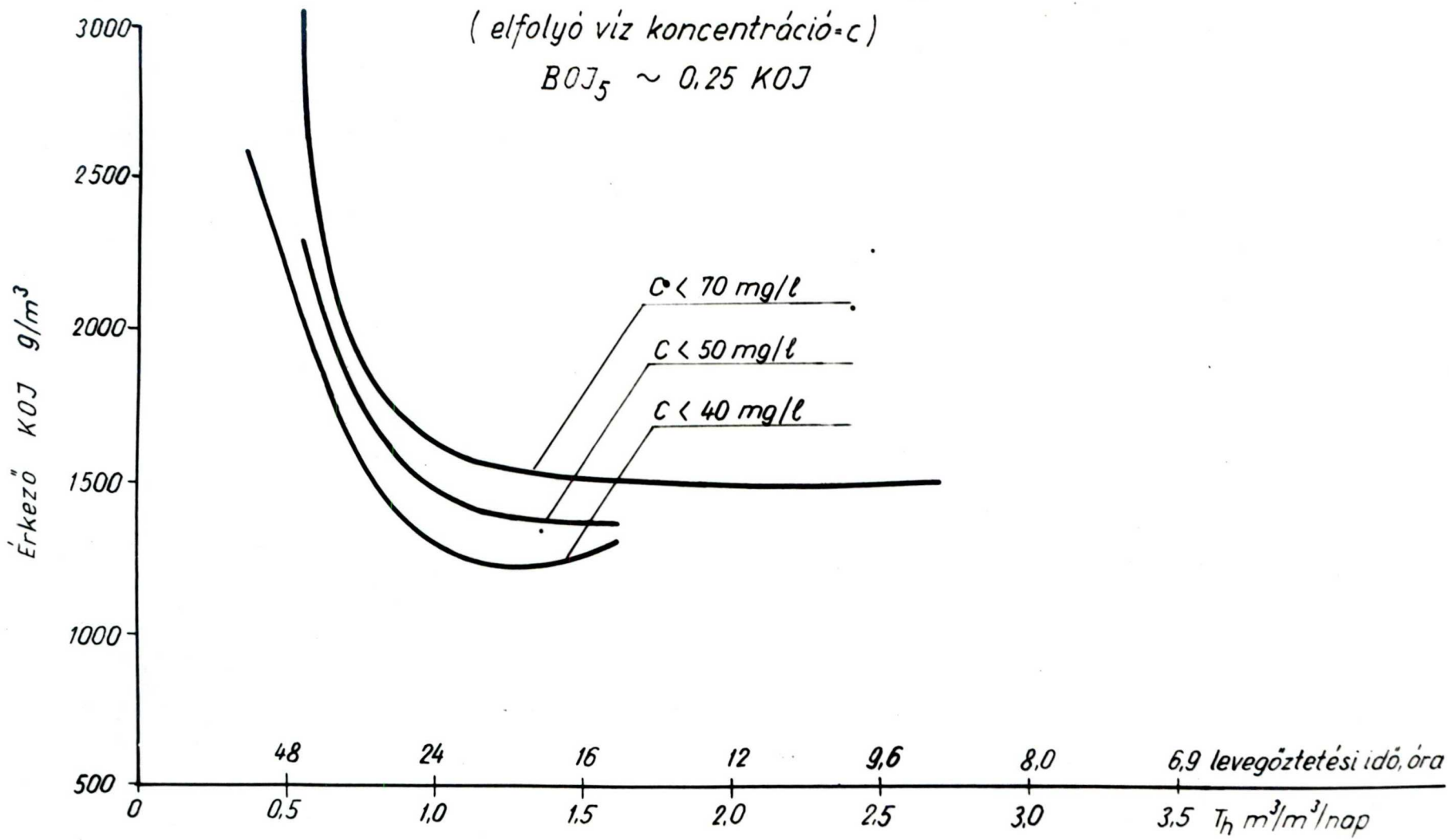


10.ábra

hogy az átfolyási időt a mintavételezéseknél figyelmen kivül hagytuk. Általánosságban azonban megállapitható, hogy a tisztitott viz minősége jobb a 11-24 óra közötti levegőztetési idővel végzett teljes biológiai tisztitást biztositó, mint a 24-3o óra közötti levegőztetési idővel végzett teljesoxidációs kisérleteknél. Természetesen a terhelés mértéke befolyásolja a vizminőséget, igy pontos határvonalat huzni nem lehet. A teljesoxidációt biztositó kisérleteinknél tapasztalt gyengébb vizminőség természetes következménye az iszapsejtek önoxidációjából bekövetkező szétesésnek, mely másodlagos szennyezést eredményez, valamint a szennyvizzel eltávozó magasabb 13o-15o mg/l lebegőanyag tartalomnak. A tisztitóberendezésről eltávozó szennyviz azonban rothadóanyag mentes, alacsony nitrogén tartalommal, a befogadóra káros hatása nincs.

A tisztitásra kerülő szennyviz koncentrációja és a levegőztetési idő ill. a térfogatterhelés közötti kapcsolatot, abban az esetben, ha a tisztitott viz koncentrációja nem magasabb, mint 7o; 5o; 4o mg/l KOI a 11.ábrán mutatom be. Az analizis adatok szélesebb értékelhetősége érdekében megállapitottam a biokémiai oxigénigény és a kémiai oxigénigény közötti korelációs összefüggést. A tisztitatlan szennyviznél a BOI_5 = o,68 KOI o,7 KOI; a tisztitott szennyviznél azonban a tisztitás mértékétől függően a

Kapcsolat a tisztitatlan szennyvíz koncentráció és a T_h, valamint a levegőztetési idő között



11. ábra

BOI_5 = o,2-o,3 KOI.

A tisztitatlan és tisztitott szennyviz adataiból felállitott tápanyagmérleg szerint a kisérleteknél fellépő nitrogén szükséglet a BOI 1-4 %-a között változott. Irodalmi adatok KOI:N = 25:1 (53) vagy BOI:N = loo:7 (lo) arány biztositását tartják szükségesnek. Bár a bemutatottak alapján a nitrogén igény jóval alacsonyabb volt, mint az irodalomban ismertetettek, mégis különbséget tudtunk tenni a nitrogén szükséglet tekintetében a teljesoxidációt biztositó, vagy csak a teljes biológiai tisztitást nyujtó üzemmenet között. A nitrogén igény általában alacsonyabb volt a teljes oxidációs üzemmenet mellett, mely az iszapsejtek oxidációja révén felszabaduló nitrogén ujrafelhasználásával magyarázható.

4. Javasolt szennyvíztisztitási technológia

A félüzemi kisérletek tapasztalata szerint szennyviz tisztitására két fő megoldást lehet megkülönböztetni.

4.1 Teljes biológiai tisztitás

Ekkor a kizárólagos cél a szennyviz megtisztitása, a tápanyag asszimiláció és oxidáció minél tökéletesebbé tétele. Ekkor a rendszerben aránylag nagymennyiségü fölösiszap felgyülemlésével kell számolni, melynek elhelyezése

a magas szervesanyagtartalom miatt probléma, tehát további kezelést igényel.

4.2 Teljesoxidációs eljárás

Mig a teljes biológiai tisztitásnál arra törekedtünk, hogy a szennyviztisztitási folyamatból gyakorlatilag csak az asszimilációs szakasz játszódjék le, addig a teljesoxidációs eljárásnál mind az asszimilációs, mind az endogén folyamatok egyformán végbemennek.

Az asszimiláció alatt történik a tulajdonképpeni szennyviztisztitás, a szervesanyagok iszapba történő beépülésével és oxidációjával. Ekkor keletkezik ill. szaporodik az iszap. Az iszapszaporodás a szervesanyag terheléstől függ.

Az endogén "szakaszban" a keletkezett uj iszap és a rendszerben keringetett iszap, saját szervesanyag tartalmát fogyasztja, igy csökken a rendszerben lévő fölösiszap mennyisége, és ennek szervesanyag tartalma is.

A szennyviztisztitás megvalósitását tekintve kedvezőbb és korszerübb is a teljesoxidációs eljárás, mivel a nagy szervesanyag tartalmu fölös iszap kezeléséről és elhelyezéséről nem kell gondoskodni.

A hazai körülményeket áttekintve mind a szennyvíztermelés, mind a helyi adottságok szempontjából megvan a

lehetőség a teljesoxidációs berendezés alkalmazására. Ezért a méretezésre és a technológiai elrendezésre vonatkozó javaslatomat erre a tisztitási eljárásra dolgozom ki.

4.3 A teljesoxidációs tisztitási eljárással müködő szennyvíztisztitó berendezés méretezése

1. A szennyviztisztitó berendezés méretezése az érkező szennyvizmennyiség, a szennyviz szervesanyag tartalmának és kémiai oxigénigényének, valamint a szervesanyagból várhatóan keletkező uj iszap mennyiségének ismeretében történik.

A kisérleteimnél - a lehetőség szerint - országos átlagra jellemző szennyvizminőséggel igyekeztem dolgozni. Természetesen egy adott üzem esetében a helyi körülmények megvizsgálása, a javasolt tisztitási technológia és a méretezésre vonatkozó alapelvek "adaptálása" szükséges.

(Ugyanis pl. a keletkező uj iszap sulytermelési %-a alacsonyabb nagyobb mennyiségü tejcukor és kevesebb fehérje jelenlétében, és megforditva nagyobb mennyiségü fehérje több iszapot hoz létre.)

2. A teljesoxidációs eljárás megvalósitásának feltétele a helyesen megválasztott, megfelelően hosszu levegőztetési idő, és a rendszerben keringetett iszap mennyiségének helyes megválasztása. Igy előállitható egy olyan egyensulyi állapot, amely mellett a szervesiszap szaporulat és csökkenés egymással megegyezik, tehát a keletkezett fölös-

iszap mennyisége, - mely részben szervetlen, részben már tovább nem oxidálódó "inert" szervesanyag felhalmozódásból jön létre - minimális. A levegőztetési idő és az iszapkoncentráció között szoros kapcsolat van. Alacsonyabb levegőztetési idő pl. magasabb iszapkoncentrációt követel, adott szervesanyag terhelés mellett az egyensuly fenntartásához és forditva.

A szükséges iszapkoncentráció az iszapszaporodás (ez átlagban a szervesanyag 3o-4o %-a), valamint a rendszerben összesen jelenlévő iszap levegőztetési idő alatti eloxidált mennyiségének ismeretében számitható (9.ábra).

3. A teljesoxidációs tisztitóberendezéseknél a kisérleti tapasztalatok szerint legmegfelelőbb a 24 órás levegőztetési idő.

4. A levegőztetési idő és a tisztitásra kerülő szennyvizmennyiség (m^3/ó vagy m^3/nap) ismerete megadja a levegőztető medence méretét.

5. A teljesoxidációhoz szükséges oxigén mennyisége az asszimiláció és az endogén légzés oxigénigényének összege. Az asszimiláció sebessége a baktériumok mennyiségétől, illetve ezeknek a KOI terhelésre vonatkoztatott arányától függ. Az asszimiláció oxigén szükségletét viszonylag gyorsan, rövid idő alatt kell a rendszerben biztositani.

A teljesoxidáció összes oxigénigénye az 5.ábra alapján számitható.

A gyakorlatban részben az állandó oxigén felesleg biztositására, részben pedig hidraulikai okokból az elméleti oxigénigény kb. 1,4-szeres mennyiségét viszik a levegőztető medencébe.

6. Az iszap fizikai sajátságainak ismeretében az utóülepitőben 4,5 órás tartózkodási idő célszerü. 4 m átmérő és 1,5 m hasznos vizmélységnél kedvező ülepitési feltételek várhatók.

4.4 Teljesoxidációs tisztitási technológia megvalósitásának módjai

4.4.1 Egyfázisu tisztitás szakaszos üzemmel

A szakaszos üzemü szennyviztisztitó berendezés egymedencéből és megfelelő levegőztető rendszerből áll. Működését a 12.ábrán látható technológiai séma mutatja be. A medence feltöltésre kész állapotban (I.szakasz) az endogén szakasz egy részét képviseli. A tejüzem üzembeindulásától a szennyvizrátáplálás folyamatos. Ez a szakasz az asszimilációs szakasz, mely a rátáplálás megszünte után még minimum 3 óra hosszat tart (II.-III.szakasz). Ezután a levegőztetést beszüntetik, majd kb 2 órás ülepitési időt kell

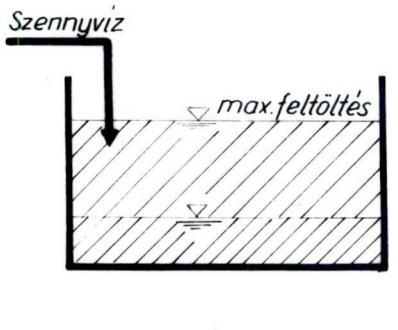
Tejipori szennyvizek eleveniszapos biologiai tisztitása
Szakaszos üzem tecnológiai sémája

I. szakasz

Ülepitett iszap levegőztetése kb 7 óra

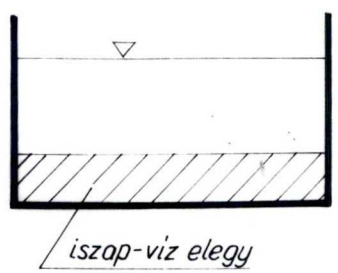
II. szakasz

Szennyvíz betáplálás, közben levegőztetés kb 12 óra



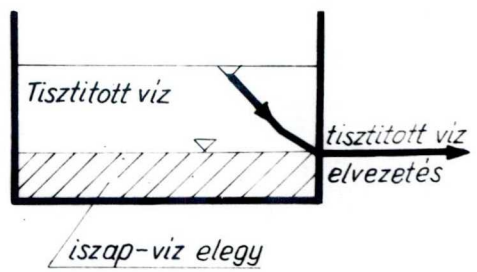
III. szakasz

Víz-iszap elegy levegőztetés kb 3 óra



IV. szakasz

Ülepítés - dekantálás
(Ez utánújból o I. következik)



12. ábra

biztositani. Ülepités után, a felső tiszta vizréteget le lehet engedni (IV.szakasz). A dekantálásnál célszerü az iszap fölött 6o cm vizréteget hagyni. A medencébe visszamaradt iszap vizelegyet ezután tovább kell levegőztetni.

A rendszer oxigénigénye a fentiekből következően, a nap folyamán nem azonos. Az asszimilációs szakaszban magas, az endogén szakaszban alacsony.

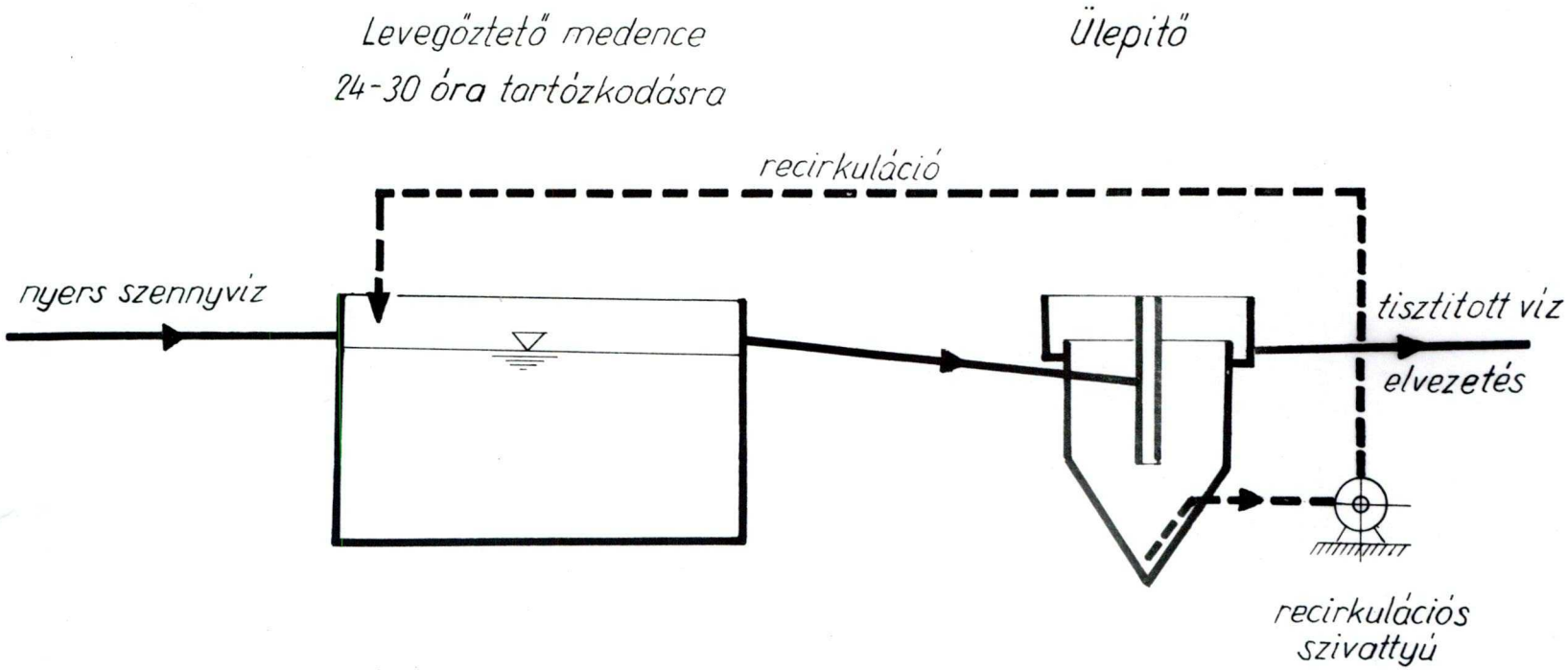
4.4.2 Egyfázisu tisztitás, folyamatos üzemben

A berendezés müködését a 13.sz.ábrán látható technológiai folyamat-ábra mutatja.

A tisztitatlan szennyviz, a levegőztetőmedence egyik oldalán teljes hosszban , a recirkuláltatott iszappal keveredve ömlik a medencébe. A beömlési oldallal szemben helyezkedik el a vizkivezetésre szolgáló gyüjtővályu, melynek acél bukóélével az oxigénbevitelt biztositó rotor bemerülési mélysége szabályozható. A levegőztető medence az un. teljesen elkevert rendszernek felel meg, tehát igen nagy pufferkapacitással rendelkezik. Alkalmazása a szennyviz nagyfoku minőségi ingadozása miatt igen előnyös.

A levegőztető medencéhez természetesen megfelelő méretü utóülepitő és recirkuláció kapcsolódik.

Tejipari szennyvizek eleveniszapos biológiai tisztitása
Folyamatos üzem technológiai sémája



13. ábra

4.4.3 Kétfázisu tisztitás, folyamatos üzemben

A kétfázisu folyamatosan üzemelő berendezés technológaiai vázlatát a 14.ábra szemlélteti. Az első rész, a minimálisan 6 óra átfolyási időt biztositó medence- az asszimilációs folyamatok részére, - mig az ezt követő medence az endogén oxidációt biztositja. A teljes átfolyási időre itt is 2o-28 órás tartózkodást kell biztositani. Célszerü, - a recirkulációra való tekintettel-- az asszimilációs medence térfogatát legalább a duplájára növelni.

A szennyviz bevezetésre az egyfázisu rendszernél alkalmazott megoldás, azaz az asszimilációs medencénél a "teljesen elkevert" rendszert javasoljuk.

A recirkulációt ugy kell megosztani, hogy az asszimilációs részbe az egymedencés megoldásnak megfelelő iszapmennyiség, az endogén medencébe ennek az iszapmennyiségnek kb. 5o %-át kitevő mennyiség kerüljön visszaforgatásra.

A kétfázisu megoldás előnye, az iszappelyhek többszöri átlevegőztetése, jobb ülepedőképességü iszap biztositása, - az endogén medence alacsonyabb oxigénigénye következtében a gazdaságosabb üzemelés. Hátránya a kétféle levegőmennyiség bevitelének biztositásával járó komplikált gépészeti kialakitás. Ha a második fázisban csak a szükséges oxigénmennyiséget visszük be, esetleg iszap-ülepedési veszéllyel is számolni kell.

Tejipari szennyvizek eleveniszapos biológiai tisztítása
Folyamatos kélfázisú üzem technológiai sémája

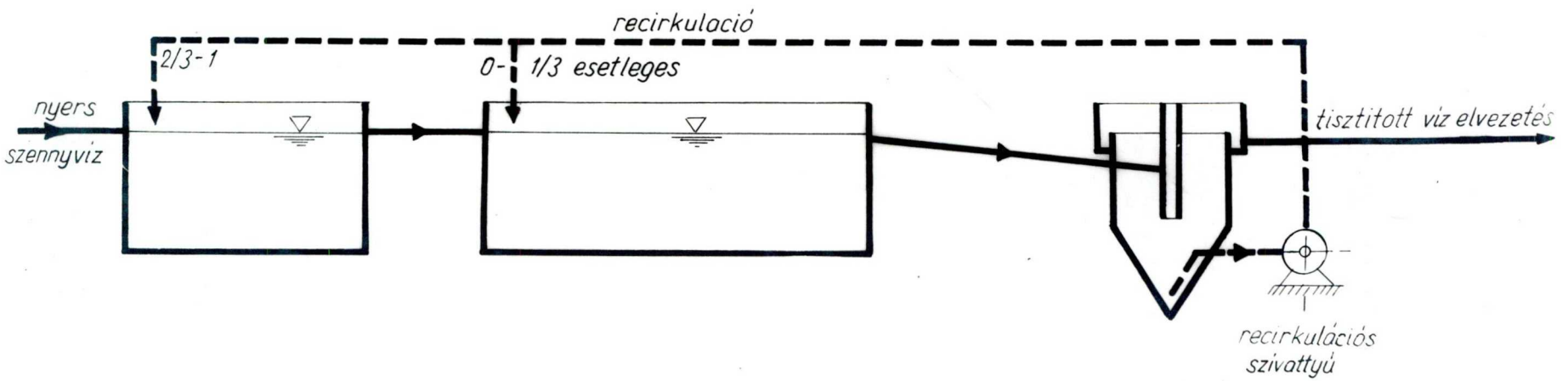
I. fázis (assimiláció)

Levegőztető medence
6-8 órás tartózkodásra

II. fázis (endogén)

Levegőztető medence
kb 20-28 órás tartozkodásra

Ülepítő



14. ábra

ÖSSZEFOGLALÁS

A tejipari szennyvizek tisztitása az egész világon probléma és aktuális kérdés. A szennyviz kémiai összetétele kedvez a baktériumok elszaporodásának.A könnyen bomló nagy szervesanyag tartalom az élővizekben jelentős oxigénigénnyel lép fel, ezért gyakori, hogy a szennyviz hatására anaerob viszonyok, tehát az egészségügyi és esztétikai szempontból meg nem engedhető körülmények alakulnak ki, és nagy a gazdasági kár (pl. halpusztulás történik).

Világviszonylatban a szennyviz minőségét 35o-8ooo mg/l BOI_5 értékkel lehet összefoglalóan jellemezni. A termelés folyamán elhasznált viz fajlagos mennyisége o,6-3,5 m3/looo l feldolgozott tej. A hütőviz mennyisége a tejfeldolgozás 2-4-szerese. Az üzemekben felhasznált viz fajlagos szennyezettsége o,7-8,o4 kg/looo l feldolgozott tej.

A szennyviztisztitás egyik legnagyobb problémáját a lökésszerüen érkező szennyvizmennyiség mellett, a rendkivül változó szennyvizkoncentráció okozza. Ez külföldi tapasztalatok szerint lehet 4oo-szoros is.

A szennyviz tisztitását - tekintettel a nagy koncentrációra- általában a leghatásosabb, tehát a biológiai módszerek valamelyikével végzik. A helyi adottságoktól függően

különböző terhelési és üzemeltetési körülményeket valósitanak meg, és különböző mütárgyakat és tisztitótelep-elrendezést alkalmaznak.

Magyarországon jelenleg még jól és gazdaságosan üzemelő tisztitóberendezés nincs.

Tejüzemekben végzett vizsgálataim tapasztalata szerint (6. és 7.táblázat) a BOI_5 országos átlagban 680-7100 mg/l, tehát a szennyviz koncentráció jelentősen meghaladja a külföldi gyakorlatot. A szennyviz koncentráció változása kisebb, mint a külföldi adatok, maximálisan 75-szörös eltérést mértünk.

A termelésnél előálló fajlagos szennyviz mennyiség országos átlagban 7-8 m^3/1000 l feldolgozott tej. A felhasznált hütővizmennyiség a tejfeldolgozás 1-7-szerese között változik. A keletkező szennyviz mennyiségét elsősorban az üzem nagysága, és a kapacitás kihasználtsági foka befolyásolja és csak másodsorban a beszállitott tej mennyisége.

A hazai körülmények külfölditől eltérő volta, a tervezési irányelvek hiánya és a szennyviztisztitó berendezések nagy beruházási költsége indokolta, hogy az ipar sürgető igényének elegettéve részletes kisérleteket végezzünk.

A szennyviztisztitási technológia kidolgozására vég-

zett kisérlet-sorozat három csoportra osztható:

1. Laboratóriumi kisérletek, lombik méretben, a tisztitási folyamat elvi kérdéseinek vizsgálatára.

Az eleveniszapos szennyviztisztitásnál kialakuló egyensulyi viszonyokat tanulmányozva 2-4ooo mg/l eleveniszap koncentrációnál, az egyensuly o,o7-o,216 $\frac{T_k}{G_{sz}}$ terhelésnél jött létre (1.ábra). Az egyensulyi koncentrációt az eleveniszap-szervesanyag relativ mennyisége jobban befolyásolja, mint a lebontásra kerülő anyagfajta. Ez utóbbitól függ azonban az iszapszaporodás mértéke, mely a laktóz, kazein és tejipari szennyviz esetében 26-5o % között volt (13.táblázat).

A tejipari szennyviz szennyviztechnológiai szempontból fő alkotórészeinek lebomlási sorrendje: cukor, zsir, fehérje. Az egyes alkotórészek egymás melletti lebomlásának százalékos arányát - különböző terheléseknél - a 3.ábra szemlélteti.

Porges (49) kisérleteit kiegészitve - felállitottuk a tejipari szennyviz anyagmérlegét. Az iszapszaporulat 32-33 %; az oxidálódott anyagmennyiség 62-65 % (14.táblázat).

Az eleveniszapos szennyviztisztitás oxigénigényét Warburg készülékben mértük meg. Az asszimiláció alatt az oxigénigény a KOI 60 %-a, mig az endogén légzés oxigénigénye o,o8 g/g iszap naponta (5.ábra).

2. Laboratóriumi kisérletek üzemi körülmények között, 2o l-es modellben (1.kép, 6.ábra). Cél a technológiai jellegü kérdések (terhelhetőség, tisztitási hatásfok, iszapminőség,stb.) megvizsgálása, a félüzemi kisérletek előkészitése volt.

Gyakorlatilag állandó 9o % feletti tisztitási hatásfokot értünk el, lényegesen magasabb terhelésnél, mint Voigt (93) (7.ábra, 15.táblázat). Az eleveniszap minősége azonban, - valószinüleg a modell kis méretei miatt , - nem volt jó. Apró, szétesett volt az iszap, az iszapindex magas.

3. Félüzemi kisérletek, tervezési alapadatok megállapitása (8.ábra, 2., 3.kép).

A félüzemi berendezést igen széles terhelési határok között átlagban 95 % feletti tisztitási hatásfokkal üzemeltettük (hidraulikus terhelés o,8-3,428 m3/m3; KOI terhelés 1,485-6,o19 kg/m3). A szennyviztechnológiai szempontból jellemző adatokat a 16.táblázatban mutatom be.

Károsan befolyásolja a tisztitás hatásfokát a tullevegőztetés (iszap szétesés, porladás miatt) és a magas oxigéntartalom (iszap feluszás miatt), ezenkivül télen a levegőztető medence hőmérsékletének lecsökkenése.

Az optimális oxigéntartalom 2-4 mg/l közötti volt.

A tisztitatlan és tisztitott szennyviz minőségének összefüggését a különböző terhelési körülmények között áb-

rázolva megállapitottam a teljesoxidációs és teljesbiológiai tisztitást eredményező terhelési körülményeket (1o.ábra; Teljesoxidáció: $\frac{T_k}{G_{sz}}$ = o,1-o,3; Teljesbiológiai tisztitás: $\frac{T_k}{G_{sz}}$ = o,2-o,6)

A gyakorlat számára legkedvezőbb a 26-18 órás levegőztetési idő. Ekkor az elérhető legjobb tisztitott-vizminőség 4o-7o mg/l KOI és 1o-2o mg/l BOI_5; 13oo-17oo mg/l KOI szennyezettségü viz tisztitásánál (11.ábra). A tisztitott viz teljesen "viztiszta", átlátszó volt.

A iszap minősége is igen jó, nagypelyhes, könnyen ülepedő, az iszapindex 5o-9o ml/g (3o' alatt).

A tejipari szennyvizek tisztitására - a kisérleti tapasztalatok alapján - a hazai körülmények ismeretében, legmegfelelőbb a teljesoxidációs eljárás.

A tisztitás a helyi sajátosságok (szennyvizmennyiség, területi adottságok, befogadó igényei) szerinti megvalósitható szakaszos üzemben, vagy folyamatos üzemben egy és kétfázisu megoldással (12., 13., 14.ábra).

A teljesoxidációs tisztitóberendezés méretezése , az érkező szennyvizmennyiség, a szennyviz szervesanyag tartalmának és kémiai oxigénigényének, valamint a szervesanyagból várhatóan keletkező uj iszapmennyiségének (átlagban 3o-4o %)

ismeretében történik. Kiválasztjuk a megfelelő levegőztetési időt (javasolt a kb. 24 óra);ezután az egyensulyi állapot biztositásához szükséges szervesiszap mennyiségét a 9.ábra, és a szükséges oxigénigényt az 5.ábra segitségével számitjuk ki.

- . -

A disszertáció tárgyában megjelent közleményeim:

1. Toókos I. 1962: Laboratóriumi modellkisérletek tejipari szennyvizek tisztitására.
VITUKI Beszámoló, 246-257.

2. Toókos I. és Tiefenbach L. 1964: Tejüzemek szennyvizének jellemzése és a vizsgálatokból levont következtetés.
Élelmezés Ipar 18, 171-177.

3. Toókos I. és Tiefenbach L. 1964: A tejipari szennyviztisztitás magyarországi helyzete.
Tejipari Dolgozók Lapja 11, (7) 13-18.

4. Toókos I. 1965: Modellkisérletek a tejipari szennyvizek levegőztetéssel történő tisztitására.
Élelmezés Ipar 19, 367-371.

5. Toókos I. 1965: Tejüzemi szennyvizek tisztitása. Kisminta kisérletek.
VITUKI Tanulm. Kut. Eredm. 17, 1-75.

6. Toókos I. 1965: Félüzemi kisérletek a tejipari szennyvizek biológiai tisztitására.
VITUKI Beszámoló, 328-353.

7. Toókos I. 1966: Versuche zur Reinung von Molkerei-Abwässern.
Wasserwirtschaft-Wassertechnik 4, 133-136.

8. Toókos I. 1967: Tejipari szennyvizek tisztitása, félüzemi kisérletek, tervezési irányelvek.
VITUKI Tanulm.Kut.Eredm. 21, 1-32.

Köszönetnyilvánitás

A disszertációban bemutatásra kerülő munkát részben a Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet laboratóriumában, részben Budapest két legnagyobb tejüzemében, az Erzsébetvárosi és Kelenföldi Tejüzemben végeztem.

A munka első részére a Mezőgazdasági és Élelmezésipari Minisztérium Müszaki Fejlesztési Főosztálya biztositott pénzügyi fedezetet, mig a második rész VITUKI költségvetésből történt.

Szeretném hálámat kifejezni a VITUKI Vezetőségének, a Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Minisztérium Müszaki Fejlesztési Főosztályának, az Erzsébetvárosi és Kelenföldi Tejüzem Vezetőségének, hogy lehetővé tették a kisérletek végrehajtását. Szeretném megköszönni minden kolléganőmnek és kollégámnak, akik velem együtt résztvettek a kisérletek végrehajtásában, lelkes és segitőkész munkájukat.

A szennyviztechnológiában általánosan alkalmazott jelölések

T_h (m^3/m^3.nap) Térfogatterhelés (az 1 m^3 levegőztető medence térfogatra 1 nap alatt jutó szennyvizmennyiség)

T_{KOI} (kg/m^3/nap) Kémiai oxigénigény terhelés (a levegőztető medence térfogategységére naponta érkező KOI mennyisége)

N_{KOI} (kg/m^3) Naponta lebontott T_{KOI} értéke

G_{sz} (kg/m^3) A levegőztető medence térfogategységére eső eleveniszap szárazanyag tartalma

G_{sze} (kg/m^3) A levegőztető medence térfogategységére eső szervesiszap tartalom

G_{of} (kg O_2/m^3.nap) A biokémiai folyamatok által naponta fogyasztott oxigén 1 m^3 levegőztető medencére vonatkoztatva

IRODALOM

1. "A vizügyről" 1964 évi IV sz. törvény.
   1964: Vizügyi Értesitő 21.sz. 227.oldal.

2. "A káros vizszennyezésről és a szennyvizbirság mértékéről" 5/1966 Kormány sz. rendelet.
   1966: Vizügyi Értesitő 4.sz. 42.oldal.

3. "A szennyvizbirságról" 19/1966 sz. OVF utasitás
   1966: Vizügyi Értesitő 13.sz. 134.oldal.

4. "A vizek minőségének hatékonyabb védelméről" 28/1967 Kormány sz. rendelet
   1967: Vizügyi Értesitő 25.sz. 196.oldal.

5. ADAMSE, A.
   1966: Bacteriological studies on dairy waste activated sludge
   Meded.Landbhoogesch. Wageningen, 66 (6) 1-82.old

6. ADAMSE, A.
   1968: Bulking of Dairy Waste Activated Sludge
   Water Research, 2 (10) 715-722.

7. ADAMSE, A.
   1968: Response of Dairy Waste Activated Sludge to Experimental Conditions Affecting pH and Dissolved Oxygen
   Water Research, 2 (10) 703-713.

8. ANDERSON, H.E. and MORRIS, H.A.
   1966: The problem of waste disposal Systems used by selected dairy plant. I. Spray irrigation systems.
   Mtd. Milk Prod. J. 57,(8) 8-12.

9. BARTHA I.
   1961: Tejipari szennyvizek tisztitása.
   ÉM MÉLYÉPTERV Általános Müszaki Osztály kiadványa, Budapest.

10. BENEDEK P.

1964: Házi szennyvizek tisztitása

Mérnök Továbbképző Intézet kiadványa, Budapest.

11. BENEDEK P.

1967: A városi és ipari szennyvizek eleveniszapos tisztitásának egységes alapelvei. (Az eleveniszapos szennyviztisztitás kinetikai jellemzése.)

VITUKI Tanulm. Kut. Eredm. 20. 1-63.

12. BENEDEK P. - FARKAS P.

1968: Über die Betriebsparameter des Belebtschlammverfahrens

GWF, 109 (44) 1239-1245.

13. BERG, R.H.

1966: Some aspects of the biological metabolism of a partially colloidal substrat.

Thesis, Oregon State University. Diss.Abstr.27, 2000.

14. BERGMAN, T..

1966: Influence of a standstill on the quantity and composition of dairy waste water

Dairy Congr. Proc. 17th, Munich, 753-6.

15. BICZÓ I.

1961: Tejipari szennyvizek kezelése

Vizügyi Közlemények, 2, 196-217.

16. BUCKSTEEG, W.

1965: Schaffung geeigneter Grundlagen zur vergleichender Bewertung organisch und mineralisch verschmutzter Abwässer.

H.9 der Schriftenreihe des DAW. Erich Schmidt Verlag, Berlin-Bielefeld.

17. BUNESOVA,S. - DVORAK, M.

1968: Mlékárenské odpadni vody a jejich aerobni cisteni

Vodni. Hospod. 10, 466-467.

18. ECKENFELDER, W.W.

1961: Biological Waste Treatment.

Pergamon Press, Headington Hill Hall Oxford.

19. ECKENFELDER, W.W.
1967: Theory of Biological Treatment of Trade Wastes
J. Water Poll. Contr. Fed. 39 (2) 240-250.

20. ECKHOFF, W. and JENKINS, D.
1967: Activated Sludge Systems Kinetics of the Steady and Transient States
Report on U.S. Publ. Health Serv. Research Grant No WP-00787

21. FARKAS P.
1967: A városi és ipari szennyvizek eleveniszapos tisztitásának egységes alapelvei. (Az eleveniszap légzésének vizsgálata.)
Kézirat, VITUKI összefoglaló jelentés, 1-78.

22. FÜRHOFF, W.
1961: Versuche zur biologischen Behandlungen von Molkereiabwasser.
Vom Wasser, 28, 239-245.

23. HANDLOSER, H.
1967: Ergebnisse von Abwasseruntersuchungen bei Molkereibetrieben im Rahmen der Planung von zentralen Kläranlagen.
Wasser u. Boden, 9, 268-271.

24. HOLLÓ J. - NYESTE L. - PUSKÁS A.
1967: Biológiai iparok müveletei
Kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest.

25. HORVÁTH I.
1964: Beszámoló jelentés lengyelországi tanulmányutról
Kézirat, VITUKI 1-15.

26. HUDSON, H.
1965: Physical Aspects of Flocculation.
J. AWWA 7, 885-892.

27. INGRAM, W.
1961: Trickling filter treatment of whey wastes
J.Water Poll.Contr.Fed. 8, 844-855.

28. IMHOFF, K.
1964: Taschenbuch der Stadtentwässerung
R. Oldenbourg Verlag, München.

29. JASEWITZ, L. - PORGES, N.
1958: Aeration of Whey Wastes. Part I.
Sew. Ind. Wast. 30 (4) 555-560.

30. JASEWITZ, L. - PORGES, N.
1959: Aeration of Whey Wastes. Part II.
Sew. Ind.Wast. 31 (4) 443-446.

31. JOHANSON, S.
1966: Separation of butter wash water
Ber.XVII. Int. Milchwirtsch.Kongress, München, Sect. F.6. 757-762.

32. KATZ,J. and ROCHLICH, A.
1956: A Study of the Equilibria and Kinetics of Adsorption by Activated Sludge. Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes.
Vol.I.66-87.
Edited by McCabe and Eckenfelder. Reinhold Publishing Corporation New York.

33. KOUNTZ, R.
1956: Dairy Waste Treatment Plant Design. Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes.
Vol.I.356-357.
Edited by McCabe and Eckenfelder. Reinhold Publishing Corporation New York.

34. "Különböző ipari szennyvizek tisztitási és kezelési kérdései"
1966: KGST 10 sz. téma, II. ütem, összefoglaló jelentés, kézirat (forditás).

35. MALONEY, T.E.
1960: Effect of Whey Wastes on Stabilization Ponds
J. Water Poll. Contr. Fed. 32 (12) 1283-1285.

36. MANZAK, H. - KURBIEL, J.

1963: Postep techniczny w dziedzinie oszyszczania sciekow (15)

"Materialy na VI. Konf. Naulkowo-Techniczka, Katowice", Warszawa.

37. McKINNEY, R.E.

1956: Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes.

Vol.I. 88-100.
Edited by McCabe and Eckenfelder. Reinhold Publishing Corporation, New York.

38. MEINCK, F. - STOOF, H. - KOHLSCHÜTTER, H.

1960: Industrie Abwässer

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

39. MISUKOV, B.G.

1964: Iszszlegovanie gyejsztvija aeracionnoj baszszejni gyejsztvujuscsej sz nizkonapornoj aeraciój i szluzsascsej celju biohimicseszkoj ocsisztki sztocsnih vod iz molecsnih predprijatij.

Szanit.Teckn. 1, 26-29.

40. MITCHELL, W.D. - CASSIDY, N.G.

1966: Utilization of casein wastes for pasture irrigation

Ber.XVII. Int.Milchwirtsch. Kongress, Sect. F.6,München 745-752.

41. MNOSZ 15302-6212 szabvány

1962: Budapest

42. MUERS, M.M.

1968: Wastes from the processing of milk and milk product

J. Water Poll. Contr.Fed. 67 /6/ 644-654.

43. MÜLLER, K.

1964: Beitrag zur Reinigung von Molkereiabwasser mit dem Belebungsverfahren

Von der Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule Hannover zur Erlangung des Grades Doktor-Ingenieur, genehmigte Dissertation

44. NAGY I. - TOÓKOS I.

1964: Beszámoló jelentés a leningrádi Épitőmérnöki Intézetben történt tanulmányutról

VITUKI, Kézirat, 1-8.

45. NEHRKORN, A.

1966: Betriebserfahrungen mit Oxydationsgräben bei der Reinigung von Molkereiabwasser

Ges. Ing. 87, (5) 143-156.

46. PARABRAHMAN, M. - LAKSHMINARAYANA, J. - MOHAWRAO, G.

1963: Proceeding of symposium on waste treatment by oxidation ponds, 10, 29-30

Central Public Health Engineering Research Institute, Naypur.

47. PESTER, A.

1959: Die Behandlung von Molkereiabwässern als verfahrungstechnisches Problem

Molkerei u. Käserei Zt. 27, (10) 258-267.

48. POPESCU, V.

1966: Cercetari priviud apele reziduale dela e fabrica de produse lactate studii de protectia si epurarea apelor

Inst. Sted. Cucetari Hidr. 1. 261-263.

49. PORGES, N. - JASEWICZ, L. and HOOVER, R.

1953: A Microbiological Process Report, Aerobic Treatment of Dairy Wastes

Appl. Microbiol. 1. 262-269.

50. PORGES, N.

1958: Practical application of laboratory data to dairy waste treatment

Food Technol. 2. 78-80.

51. PORGES, N.

1958: Dairy Wastes Disposal by Balanced Biochemical Bio-Oxidation. Part.1.

Dairy Engineering, 9, 255-258.

52. PORGES, N.

1958: Dairy Wastes Disposal by Balanced Biochemical Bio-Oxidation. Part 2.

Dairy Engineering, 10, 294-297.

53. PORGES, N. - MICHENER, T.S. - JASEWITZ, L. - HOOVER,S.R.

1960: Dairy Waste Treatment by Aeration. Theory, Design, Construction, Operation.

Agriculture Handbook, U.S.Dept. of Agriculture. Washington.176.

54. RENSINK, H.J.

1965: Installation - pilote pour eaux de laiteries.

La Trib. du CEBEDEAU, 257, 201-204.

55. RENSINK, H.J.

1965: L'influence du déversement d'eaux usées de laiterie surbs eaux de surface

La Trib. du CEBEDEAU, 260, 420-424.

56. REYNOLDS, D.J.

1966: Methods of estimating the "strength" of dairy effluents.

Ber.XVII.Int. Milchwirtsch. Kongress, München, Sect. F-6, 773-780.

57. ROMANKOVA, A.G.

1962: Microflora and microfauna of activated sludge used for purifying waste water from a milk combine

Vodosnabzh. i Kanaliz. Leningrad 59-62
Biol.Abstr. 46. 1349-1350, 1965.

58. RUDOLFS, W.

1953: Industrial Wastes

Reinhold Publishing Corporation, New York.

59. RÜFFER

1966: Abwässer der Nahrungsmittelindustrie und ihre Reinigungsmöglichkeiten

La Pollution des Eaux, Eyrolles, Chapitre V. Paris, 92-112.

60. SANDER, P.

1958: Molkereiabwässer und die Möglichkeiten ihrer Reinigung und Beseitigung

Industrie Abwassertechnischen Vereinigung, H.10, Die Stuttgarter Tagung.

61. SCHERB, K.

1959: Schwierigkeiten bei der Erfassung organischer Abwässer, besprochen am Beispiel der Molkereiabwässer.

Münchener Beiträge zur Abwasser-Fischerei- und Flussbiologie, 6, 91-96.

62. SCHROPP, W. - VOGT, K.F.

1966: Verwertung von Molkereiabwässern in der Landwirtschaft.

Ber.XVII.Int. Milchwirtsch. Kongress, Sect.F.6. München, 735-744.

63. SCHULZ - FALKENHAIN, H.

1955: Beschaffenheit des Abwassers von Betrieben der Milchwirtschaft

Molkerei u. Käserei Zt. 6, 1116-1124.

64. SCOTT, R.

1962: Disposal of high organic content wastes on land

J. Water Poll. Contr. Fed. 34 (9) 932-950.

65. SIERP, Fr.

1959: Die gewerblichen und industriellen Abwässer

Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

66. SIFRIN, S.M. - BURCEV, V.

1965: Ocsisztka sztocsnüh vod szurogyelnüh zavod.

Vodosznabzs. Szanit. Tekn. 10, 30-32.

67. SIFRIN, S.M. - FEOFANOV, J.A.

1967: Clarification of sewage from the Leningrad dairy products plant on high-load biological filters

Szanit. Tekn. 1. 20-23.

68. SLADKÁ, A.

1965: Biocenosis of a trickling filter.

Vodni Hospod. 15, 263-267.

69. SVOBODA, M.

1961: Jednostupuová fermentace mlékárenskych odpadnich vod.

Vodni Hospod., 4, 168-173.

70. SVOBODA, M. - HLÁVKA, M. - SALPLACHTA, J. - STELCLOVA, D.

1962: Studium mnocstvi a zatizeni opradnich vod csesko-slovenskych mlékáren

Potravinarská technologie, 6, (2) 139-168.

71. SVOBODA, M. - SALPLACHTA, J. - HLÁVKA, M. - STELCLOVA, D.

1963: Dalsi zkusenosti s jednostupuovon fermentaci mlékárenskych odpadnich vod

Prumysl. Potravin, 4, 216-238.

72. SVOBODA, M. - GILLAR, J. - SALPLACHTA, J. - HLAVKA, G.-

- STELCLOVA, D. - MARVIN, P.

1964: Secondary stage treatment of dairy waste water on deep trickling filter

Vodni Hospod. 14, 219-222.

73. SVOBODA, M. - GILLAR, J. - HLÁVKA, M. - SALPLACHTA, J. -

- STELCLOVA, D. - MARVIN, P.

1966: Purification of dairy waste waters by means of lagoons

Ber. XVII. Int. Milchwirtsch. Kongress, Sect. F.6, München, 715-722.

74. SVOBODA, M. - SALPLACHTA, J. - HLAVKA, P. - STELCLOVA, D.

1966: Trickling filter plant treatment as a final stage in the treatment of dairy waste waters

Int. Dairy Congr. Proc. 17th Munich, 5, 723-734.

75. SVOBODA, M. - GILLAR, J.

1967: Jednostupnova fermentace mlékareskych odpadnich vod v novych cistirnach

Prumysl. Potravin, 18, 342-351.

76. SZALAI J. - FRENYÓ V.
1962: Növényélettani kisérletek
Növényélettani praktikum II. kötet. Budapest, 195-203.

77. SYMONS, J. - McKINNEY, R.E. - HASSIS, L.
1960: A procedure for determination of the biological treatability of industrial wastes
J. Water Poll. Contr. Fed. 32, 324-329.

78. THOM, R.
1966: Die Reinigung von Molkereiabwässern nach der Belebtschlamm-Methode bei grobblasiger Belüftung
Ber.XVII. Int. Milchwirtsch. Kongress, Sect.F.6. München, 709-714.

79. TISCHLER, F. - ECKENFELDER, W.
1968: Linear substrate removal in the activated sludge process
Water Pollution Research, 2,(4) 625-234.

80. TOÓKOS I.
1961: A kalocsai tejüzem szennyvizviszonyainak vizsgálata
VITUKI összefoglaló jelentés (kézirat), Budapest, 1-18.

81. TOÓKOS I.
1962: Laboratóriumi modellkisérletek tejipari szennyvizek tisztitására
VITUKI Beszámoló, 246-257.

82. TOÓKOS I. - TIEFENBACH L.
1964: Tejüzemek szennyvizeinek jellemzése és a vizsgálatokból levont néhány következtetés
Élelm. Ipar 18, (6) 171-177.

83. TOÓKOS I. - TIEFENBACH L.
1964: A tejipari szennyviztisztitás magyarországi helyzete
Tejipari dolgozók lapja, 11, (7) 18-23.

84. TOÓKOS I.
1965: Szakvélemény a Tatabányai Tejüzem szennyvizvizsgálatával kapcsolatban
VITUKI, (kézirat), Budapest, 1-7.

85. TOÓKOS I.
1965: Kunszentmiklósi Tejüzem oxidációstó vizsgálata
VITUKI összefoglaló jelentés (kézirat), Budapest, 1-14.

86. TOÓKOS I.
1965: Tejüzemi szennyvizek tisztitása. Kisminta kisérletek
VITUKI Tanulm. Kut. Eredm. 17, 1-75.

87. TOÓKOS I.
1965: Modellkisérletek a tejipari szennyvizek levegőztetéssel történő tisztitására
Élelm. Ipar 19, 367-371.

88. TOÓKOS I.
1965: Félüzemi kisérletek a tejipari szennyvizek biológiai tisztitására
VITUKI Beszámoló, 328-353.

89. TOÓKOS I.
1966: Versuche zur Reinigung von Molkerei-Abwässern
Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 4, 133-136.

90. TOÓKOS I.
1967: Tejüzemi szennyvizek tisztitása, félüzemi kisérletek, tervezési irányelvek
VITUKI Tanulm. Kut. Eredm. 21. 1-32.

91. VIEHL, K.
1961: Die Abwasserfrage bei Molkereien.
Molkerei u. Käserei Zt. 12, 369-373.

92. VIEHL, K.
1963: Erfahrungen mit Belebungs- und Oxydationsgräben in Niedersachsen.
Ges. Ing. 9, 260-264.

93. VOIGT, G.

1963: Behandlung von Molkereiabwässern nach dem Belebungsverfahren

Wasserwirtschaft - Wassertechnik 4, 169-171.

94. VRIGNAUD, J.

1964: Purification of effluent from cheese factories. The Fromageries Bel process.

Techn. lait. 40-41.

95. WAGNER, H.

1950: Die Bewertung von Abwassereinleitungen

Ges. Ing. 71, 73-77.

96. WÄLZHOLZ, G.

1961: Die Behandlungen der Molkerei-Abwässer

Fette, Seifen, Anstrichmittel, 3, 276-279.

97. WÄLZHOLZ, G.

1966: Die abwassertechnische Kontrolle des Molkereibetriebes

Ber. XVII. Int. Milchwirtsch. Kongress, Sect.F.6. München, 785-792.

98. WHEATLAND, A.B.

1967: The treatment of effluents from the milk industry

Chem. Ind. 37, 1547-1551.

99. WUHRMANN, K.

1964: Biologische und biochemische Grundlagen der biologischen Abwasserreinigung

Biologische Verfahren der Abwasserreinigung p.7. Hans der Techn. E.V. Essen, Vertragsveröffentlichungen H.28. Vulkan - Verlag, Essen.

József Attila Tudományegyetem Könyvtára SZEGED