



HUNATiP

MAGYAR AKVAKULTÚRA TECHNOLÓGIAI
ÉS INNOVÁCIÓS PLATFORM



Segédanyag a recirkulációs rendszerek tervezéséhez: A mozgóágyas biofilterek (MBBR) méretezése

Péteri András, Diviki Sándor, Kovács Gyula, Wéber Csaba

SZARVAS
2024

Abstract

The conceptual planning process of MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) –based RASs was presented by authors, through the planning of a European catfish (*Silurus glanis*) production system. The presented scheme surveys all the steps from the collection of data on fish growth and feeding to the calculation of quantities of discharge pollutants from the system. The key numbers applied in the work are both derived from literature and the experience of authors in catfish production.

The planning process includes (i) the Collection of data on fish growth and feed requirements of different age groups and the determination of the phases of production in accordance with the requirement of production technology. (ii) Calculation of the number of fish in different age groups. (iii) Estimation of the number and length of production cycles and the rearing tank requirement necessary for the planned production. (iv) Determination of average standing crop and the average daily feed requirement in the system. (v) Sizing the partitioned biofilter for the nitrification, taking into account the heterotroph activity. (vi) Calculation of water exchange rate and water recirculation rate for maintaining the required ammonia, nitrate, and suspended solid concentration. (vii) Surveying the oxygen and carbon dioxide system. (viii) Calculation of quantities of pollutants which might be collected, and the quantities discharged into the environment. (ix) Preparation of flow chart and the conceptual 3D plan of the RAS.

Az alábbiakban bemutatjuk a biofilter méretezésének folyamatát, egy 18 t/év teljesítményű piaci méretű szürkeharcsa-nevelő rendszer példáján, melyből havonta 1,5 t 3 kg-os hal kerülhet eladásra. A példának használt egység viszonylag kicsi. Ilyen méretű rendszert csak akkor célszerű építeni és csak abban az esetben lehetne gazdaságosan üzemeltetni, ha a megtermelt halak hosszú kereskedelmi lánc mellőzésével, vagy a pontyfélékkel együtt, azokat a kereskedő számára attraktívabbá téve kerülnének értékesítésre. A méretezés folyamán az egyes tervezési kategóriák becslésekor reális, de viszonylag alacsony értékekkel számoltunk. A munkában megadtuk a rendszer folyamatábráját (1. ábra), és egy pdf formára egyszerűsített, 3 D formában elkészített látványtervét is (2. ábra). A tervezési séma más fajok vagy más technikai feltételek mellett is használható, ha egyes mutatókat az új helyzetnek megfelelően megváltoztatunk

Azért, hogy a harcsánál nagyobb környezeti érzékenységű halak számára alkalmas rendszerek tervezéséhez is használható legyen a tervezési séma, a folyamatábrán bemutatjuk, hogyan lehet a rendszert bővíteni ózonadagoló egység és fix-ágyas biofilter beiktatásával. A terv csak koncepció jellegű, a technikai mutatók kidolgozása további műszaki-mérnöki számításokat igényel.

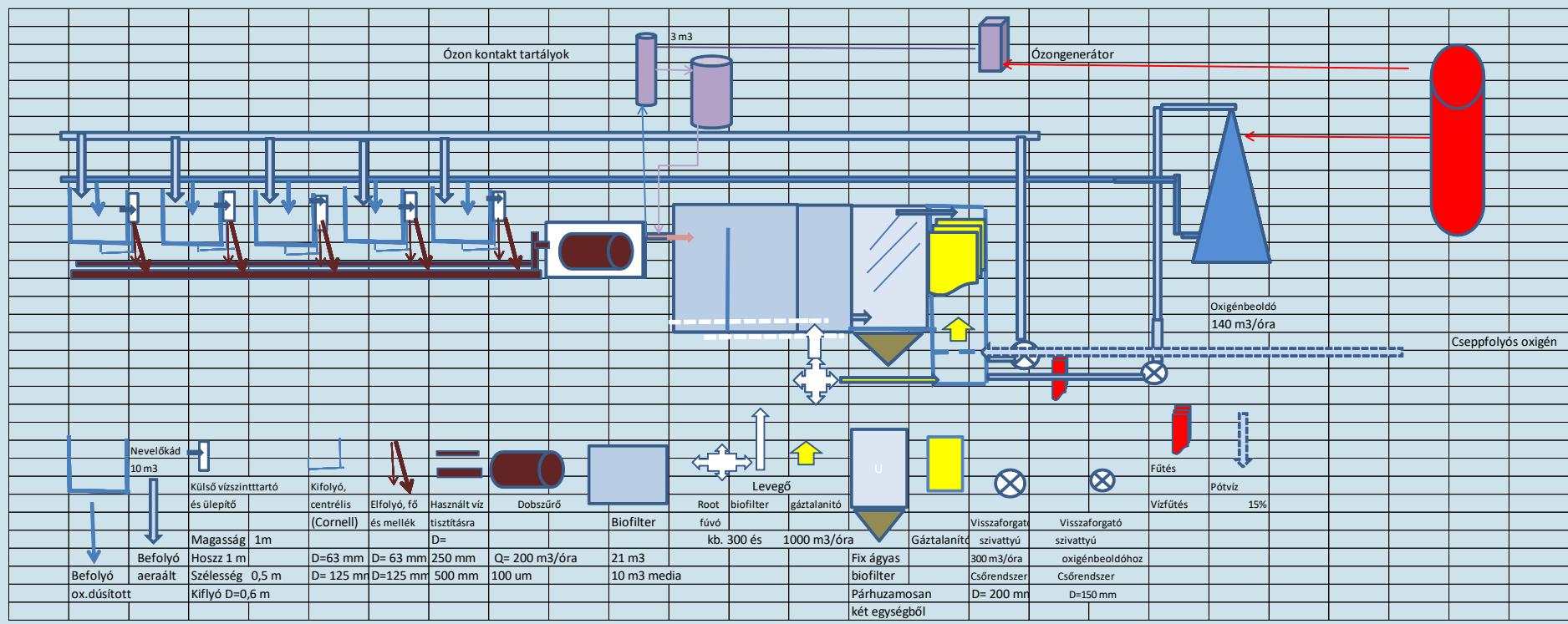
A kihelyezési anyag termeléséhez szükséges rendszerek méretezését és szerkezetét nem mutatjuk be ebben az összefoglalásban, csupán az árultermelés és a kihelyezési anyag termelés szinkronizálására térünk ki.

Megemlítjük, hogy hasonló kalkulációt készítettek Losordo és munkatársai (2000) (Losordo és Wester munkájára alapozva (1994), trickling filterre vonatkozó adatok felhasználásával. Wheaton et al. (1994) leírt egy általános tervezési sémát is, amelytől a biofilter szükséges méretének meghatározásakor tértünk el, ill. megadtuk a környezeti terhelés kalkulációjának módszerét is. A biofilter hatékonyságát Wheaton et

al. (1994) elárasztott, felső befolyású, alsó kifolyású biológiai filterre kifejlesztett módszerének MBBR-re történő adaptálásával számoltuk ki.

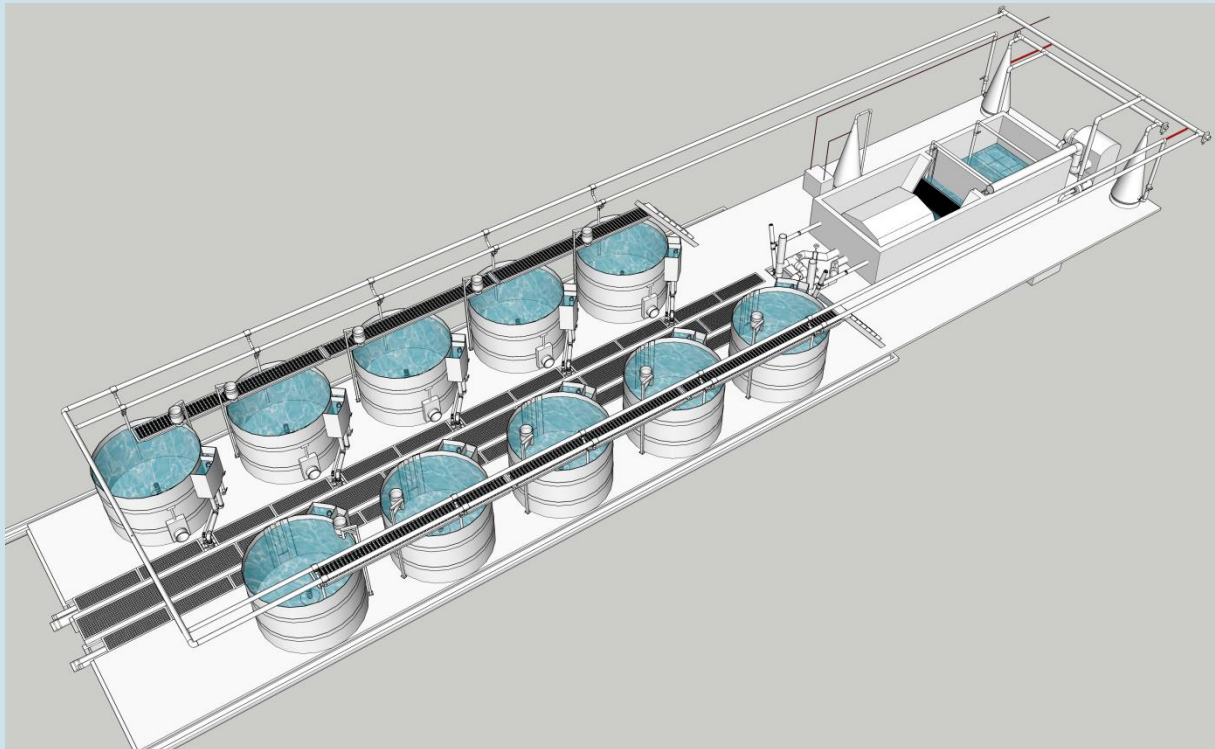
Lábjegyzet: A szerzők kérésre megküldik a 4. és 5. melléletek Excel fájljait számolásra alkalmas formában.

1. ábra: A rendszer folyamatábrája



Nevelőkád 10 m ³	Külső vízszinttartó és ülepítő	Kifolyó, centrális (Cornell) és mellék	Elfolyó, fő és mellék	Használt víz tisztításra D=	Dobszűrő	Biofilter	Levegő	Root fúvó	biofilter	gáztalanító	Gáztalanító	Visszaforgató szivattyú	Visszaforgató szivattyú	Fűtés	Pótvíz	15%
Befolyó aeraált	Hossz 1 m	D=63 mm	D= 63 mm	250 mm	Q= 200 m ³ /óra	21 m ³	kb. 300 és 1000 m ³ /óra	Fix ágyas biofilter				300 m ³ /óra	oxigénbeoldóhoz			
Befolyó ox.dúsított	Szélesség 0,5 m	D= 125 mm	D=125 mm	500 mm	100 um	10 m ³ media		Párhuzamosan két egységből				D= 200 mm	D=150 mm			

2. ábra: A nevelőrendszer látványterve (3 D konvertálva 2D pdf formátumba)



A tervezés folyamatának főbb fázisai

1. Adatgyűjtés a halak növekedéséről és takarmányszükségletéről. A termelési fázisok meghatározása, és a teljes növekedés megbontása a termelési fázisoknak megfelelően (1. melléklet).

A halnevelés szakaszolása termelés-technológiai alapelvek figyelembevételével történhet, azaz külön kell választani az ivadéknevelési fázist vagy fázisokat az áruhaltermeléstől.

2. A termelési cél eléréséhez szakaszonként szükséges halmennyiség, és az ennek előállításához szükséges medence- térfogat becslése, ill. kiszámítása (2. melléklet).

Célszerű visszafelé, a szükséges áruhalmennyiségből kiindulva számolni a kihelyezési anyag szükségletet, figyelembe véve a nevelés során bekövetkező kallódást, ill. a szelekció miatti veszteségeket.

A halnevelést 10 g-os egyedsúlyú ivadékkal indítjuk. Ezeket a halakat vagy egy külön szaporító/ivadéknevelő egységben kell/lehet előállítani, vagy vásárlásból történhet beszerzésük.

Termelés-technológiai megfontolásból az áruhal-előállítást megelőzően a kihelyezési anyagot külön recirkulációs rendszerben kell felnevelni, kb. 200 g-os egyedsúlyig, és ezt követheti az áruhalnevelés.

2.1 Növendéknevelő medencék kihelyezése, az állománynövekedés a nevelés I. fázisában

3. Az áruhalnevelő recirkulációs rendszer méretezése és biofilterének megtervezése

Az áruhalnevelő recirkulációs rendszer méretezésének folyamatát egy Excel táblában vezetjük le, megadva az alapadatokat, ill. az adatok közötti összefüggéseket. Ahol szükségesnek látszott, a számításokat szövegesen is magyaráztuk, ill. megadtuk számítások alapját képező irodalmakat.

3.1. A rendszerben nevelt halak maximális biomasszájának és a maximális napi takarmányadagnak a kiszámítása (3. melléklet).

3.2. A biofilter (MBBR) méretezése, víz, levegő és- oxigénellátása, valamint a kibocsátás okozta környezeti terhelés számítása (4. melléklet)

A méretezés folyamatát Excel fájlban írtuk le. Az Excel fájl első oszlopa („A”) a használt ill. számított tervezési kategóriák sorszámát tartalmazza.

A „B” oszlopban a tervezés során használt technikai fogalmakat/jellemzőket adtuk meg.

A „C” oszlopban az értékeket, a „D” és „E” oszlopokban a dimenziókat, a további oszlopokban a szükséges megjegyzéseket, ill. az értékek kiszámításának a képletét tüntettük fel. A tervezés folyamatát az alábbi lépések szerint végeztük:

- Az alapadatok összefoglalása Excel fájlban
- A TAN produkció, a tervezett ammónia N és nitrát N szint fenntartásához szükséges vízforgatás és szükséges biofilter hatékonyság számítása alapján (a hatékonyság számításának menete a 5. mellékletben)
- A biofilter méretezése a nitrifikációs és heterotroph aktivitás figyelembevételével
- A szuszpendált anyagok elfogadható szintjének fenntartásához szükséges vízforgatás és vízcseré
- Az oxigénigény alapján számított vízcseré és vízforgatás
- A biofilter oxigénmérlege
- Széndioxid termelés

4. A környezeti terhelés kiszámítása

A számítást a 3. pontban nyert adatok alapján végeztük, és a 4. melléklet Excel fájljának folytatásaként mutattuk be.

5. A számított adatok összefoglalása

Alapadatok

- Az áruhal-nevelési fázis 32 hétig tart.
- A halállomány (biomassza) 5300 és 6500 kg között változik a rendszerben.
- A rendszerben az átlagos biomassza 65 kg/m³.
- A napi takarmányadag 55 és 66 kg között változik.

A nitrifikáció alapszámai

- A TAN produkció 2,6 kg/nap.
- A tervezett TAN szint a rendszerben 2 mg/L. Ennek fenntartásához 1772 m³/nap vízforgatás szükséges.

- A megengedhető nitrát-N koncentráció 200 mg/L, melynek fenntartásához napi 11 m³ vízfrissítés szükséges, ami alatta van a tervezett 15 %-os (18 m³/nap) vízcserének.
- A biofilter hatékonysága egy átfolyás esetén 52 % az adott forgatási gyakoriságnál.

A biofilter méretezése a nitrifikációhoz, figyelembe véve a heterotroph aktivitást

- A média teljes és aktív felülete 600 ill. 500 m²/m³.
- A becsült nitrifikációs aktivitás 0,6 g/m²/nap.
- A nitrifikáció média igénye 6 m³, a heterotroph aktivitás média igénye 4 m³.
- A teljes biofilter medence 21 m³ (50 %-os töltöttség).
- A rendszer teljes víztérfogata 119 m³.
- A napi vízcseré/vízfrissítés 15 %, azaz 18 m³.

A szuszpendált anyagok mennyisége (TSS) és a kívánatos szint fenntartásához szükséges vízforgatás

- A megengedett TSS szint 30 mg/L.
- Ennek fenntartásához 1039 m³/nap vízforgatás szükséges, ami messze alatta van a TAN szint fenntartásához szükséges vízforgatásnak.

Az oxigénigény és a biofilter oxigénmérlege

- Az oxigénigény, figyelembe véve egy 2-szeres biztonsági szorzót, 66 kg/nap.
- A vízforgatás 1,0 per óra a nevelő-medencékben, és 0,8 per óra az egész rendszerre számolva.
- A halas medencékbe befolyó víz oxigéntartalma 11,3 mg/L.
- A nevelőtérből kifolyó víz oxigéntartalma 5 mg/L.
- A szükséges vízforgatás a rendszerben a megfelelő oxigénellátáshoz 2400 m³/nap.
- A víz tartózkodási ideje a biofilterben 11 perc.
-

A széndioxid termelés

- A megengedett széndioxid-szint 50 mg/L.
- Az aktuális széndioxid szint 16 mg/L.
- A szint fenntartásához szükséges vízforgatás 1106 m³/nap, jóval alacsonyabb, mint az egyéb mutatók elfogadható szintjéhez szükséges vízforgatás.

A környezeti terhelés

- A nitrát N kibocsátás 3,6 kg/nap.
- A vízfrissítéssel (vízcserével) kibocsátott lebegőanyag 3,9 kg/nap.
- A dobszűrővel eltávolított lebegő-anyag 7,1 kg/nap.
- A dobszűrővel eltávolított foszfor 166 g/nap.
- A vízcserével eltávolított foszfor 71 g/nap.
- A dobszűrőben kiszűrt foszfor 166 g/nap
- A vízcserével kibocsátott BOD mennyisége 2,4 kg/nap.
- A dobszűrővel kivont BOD 5 kg/nap

Irodalomjegyzék

Aller Aqua <https://www.aller-aqua.com/species/warm-freshwater-species/european-catfish>

Bovendeur, J., Eding, E.H., Henken, A.M. 1987. Design and Performance of a Water Recirculation System for High-Density Culture of the African Catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture* (63) 329-353.

Blancheton, J.P., Roque, R. 2005. The wastes of fish production systems: characterisation, minimisation, treatment and valorisation. Environment control training course, Haki, Szarvas, Hungary September 26 – 30.

Chen, S., Ling, J., Blancheton, J., P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering* (34) 179-197.

Dalsgaard, J., Pedersen, B.V. 2011. Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture* 313, 92-99.

D' obcastel, R.E., Blancheton, J.P. 2006. The wastes from marine fish production systems: characterization, minimization, treatment and valorization. *World Aquaculture*, 2006. 28-35.

Drennan, G.D., Hosler, K.C., Francis, M., Weaver, D., Aneshansley, E., Beckman, G., Johnson, C.H. Cristina, C.M. 2006. Standardise evaluation and rating biofilters II. Manufacturer s and user s perspective. *Aquacultural Engineering* 34, 403-416.

Huguenin, J., E., Colt, J. 1989. Design and operating guide for aquaculture seawater systems. *Development in Aquaculture and Fisheries Science*, 20. Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam, The Netherlands. p. 264.

Huisman, E. A. (1974). Optimaliresing van de groei by the Karper (*Cyprinus carpio L.*) Dissertation, Agricult.Univ. Wageningen, The Netherlands. 95 p.

Hydrotech:

https://aquafeed.ru/sites/aquafeed.ru/files/files/filtry_i_povtornoie_ispolzovanie_vody_v_rybovodnyh_hozyaystvah_en.pdf

Janurik, E. Péteri, A. 2022. Az intenzív halnevelő rendszerek környezeti terhelése és a vízkivétel, valamint a kibocsátás szabályozása. Segédanyag recirkulációs rendszerek tervezéséhez. *Halászat-Tudomány*, 8. évfolyam, 1 sz. 3-14.

Kals, J. 2004. Recirculating aquaculture production systems. RIVO Internal Report No.: 04.019. pp 204.

Kamstra, A., Van der Heul, J.W., Nijhof, M., 1998. Performance and optimization of trickling filters on eel farms. *Aquacultural Engineering* (18) 175-192.

Losordo, M.T., Hobbs, O. A. 2000. Using computer spreadsheets for water flow and biofilter sizing in recirculating aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering* 23, 95-102.

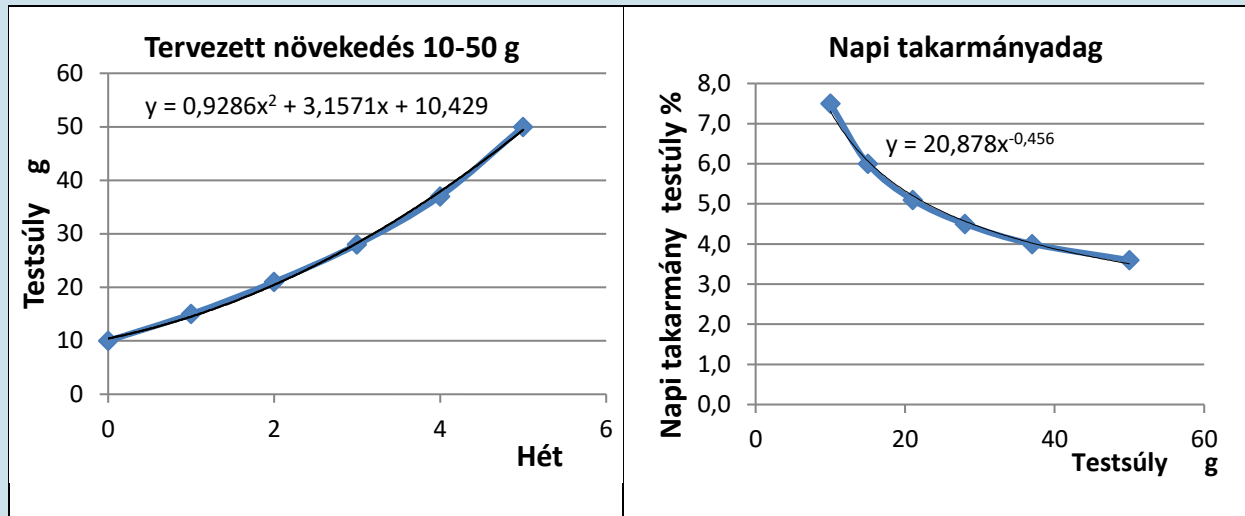
Losordo, T.M., Hobbs, O.A., DeLong, P.D. 2006. The design and operational characteristics of the CP/EPRI fish barn: A demonstration of recirculating aquaculture technology. *Aquacultural Engineering* 22, 3-16.

Losordo, T.M., Westers, H. 1994. System Carrying Capacity and Flow Estimation. In: *Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management*. Ed. Timmons, M.B., Losordo, T.M. Elsevier, Amsterdam, pp.9-60.

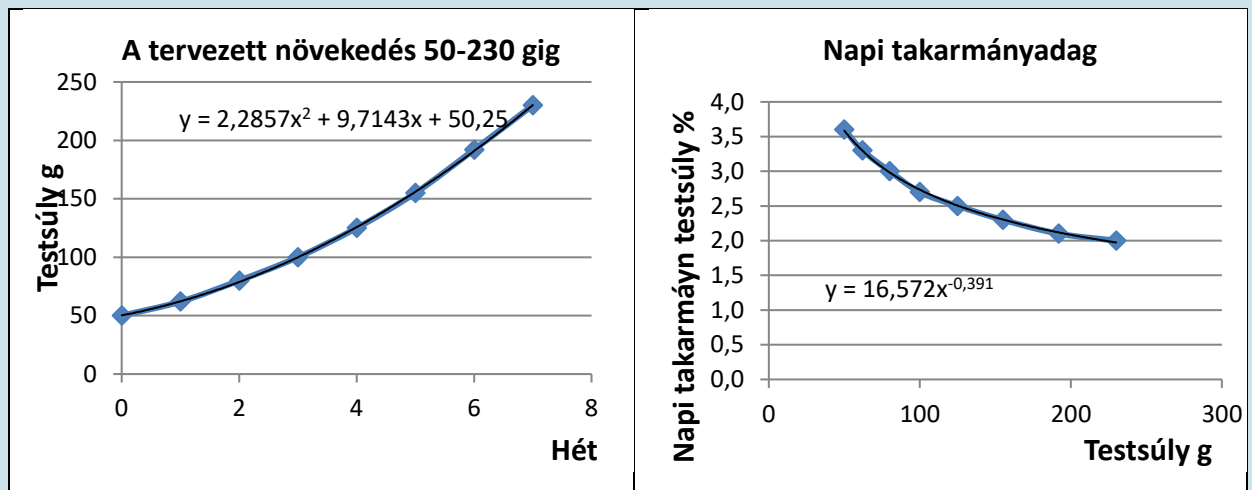
- Nijhof, M., Bovendeur, J. 1990. Fixed Film Nitrification Characteristics in Sea-Water Recirculation Fish Culture Systems. *Aquaculture* (87) 133-143.
- Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., Lygren, E. 2006. Design and operation of the Kaldness moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering* 34, 322-331.
- Rusten, B., Hem, L.J., Odegaard, H. 1995. Nitrification of municipal wastewater in moving-bed biofilm reactors. *Water Environment Research*, Volume 67, Number 1, January/February, pp. 75-86.
- Tal, Y., Schreier, H.J., Sowers, K.R., Stubblefield, J.D., Place, A.R., Zohar, Y. 2009. Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquaculture* (286) no. 1-2. 28-35.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M. 2007. *Recirculating Aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures. NRAC Publication No. 01-007. p. 973.
- Westers, H. 1979. *Principles of intensive fish culture*. Mich. Dept. of Nat. Res. 108 pp.
- Wheaton, F.W., Hocheimer, J.N., Kaiser, G.E., Malone, R.F., Kronos, M.J., Libey, G.S., Easter, C.C. 1994. Nitrification Filter Design methods. In: *Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management*. Ed. Timmons, M.B., Losordo, T.M. Elsevier, Amsterdam, pp.127-172.
- Zhu, S., Chen, S., 2001. Effects of organic carbon on nitrification rate in fixed film biofilters. *Aquacult. Eng.* 25, 1-11.
- Zhu, S., Chen, S. 2002. The impact of temperature on biofiltration rate in fixed film biofilters. *Aquacultural Engineering* (26) 221-237.

1. melléklet Növekedés és a napi takarmányfogyasztás

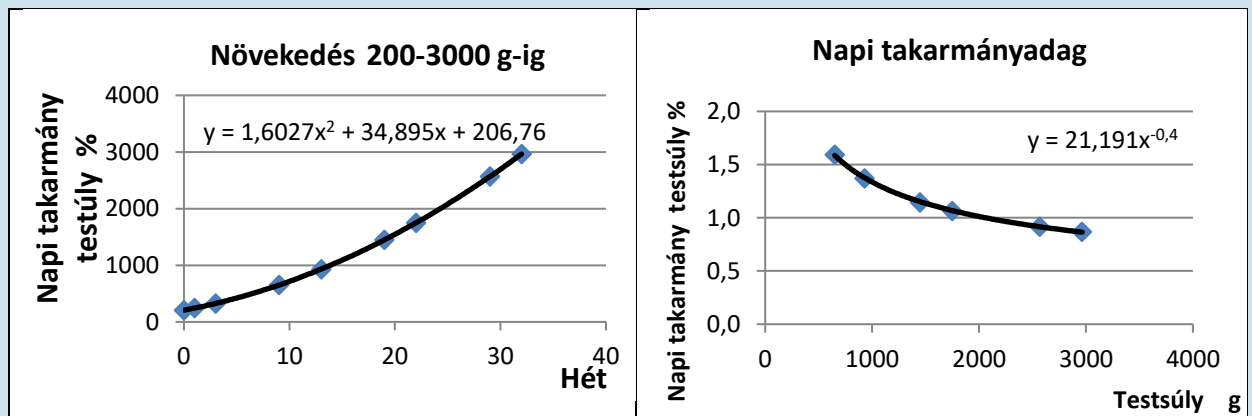
Tervezett növekedés és a napi takarmányadag 10-50 g-ig



Tervezett növekedés és a napi takarmányadag 50-230 g-ig



Tervezett növekedés és a napi takarmányadag az áruhal-nevelésnél, 200-3000 g-ig



2. melléklet A halak mennyisége az egyes nevelési fázisokban, a takarmányadag, és a szükséges nevelő-térfogat

Növendéknevelő medencék kihelyezése, és az állománynövekedés a nevelés I. fázisában

15 %-os veszteséggel számolva 1500 db 10 g-os hal kihelyezése

Medenceméret: 2 db 2 m³, 4 db 0,5 m³

Hetek	Átlagsúly	Darabszám	Állomány	Tak.adag
	g	db	kg	%
0	10	1500	15	7,5
1	15	1400	21	6,0
2	23	1350	31	5,1
3	30	1350	41	4,5
4	38	1350	51	4,0
5	50	1350	68	3,6

Növendéknevelő medencék kihelyezése, és az állománynövekedés a nevelés II. fázisában

15 %-os veszteséggel számolva 1300 db 50 g-os hal kihelyezése

Medenceméret: 5 db 2 m³, 2 db 0,5 m³

Hetek	Átlagsúly	Darabszám	Állomány	Tak.adag
	g	db	kg	%
0	50	1300	65	3,6
1	62	1260	78	3,3
2	80	1240	99	3,0
3	100	1220	122	2,7
4	125	1200	150	2,5
5	155	1200	186	2,3
6	192	1100	211	2,1
7	230	1100	253	2,0

Áruhalas medencék kihelyezése, és az állománynövekedés és a takarmány az áruhalnál

10 %-os veszteséggel számolva 550 db 200 g-os hal kihelyezése

Medenceméret: 3 m x 1,5 m víz, kb. 2 m medencefal-magasság= 10 m³ hasznos térfogat

Hetek	Átlagsúly g	Darabszám db	Állomány kg	Tak.adag %
0	207	550	114	2,6
1	243	530	129	2,5
2	283	515	146	2,3
3	326	515	168	2,2
4	372	515	192	2,0
5	421	515	217	1,9
6	474	515	244	1,8
7	530	515	273	1,7
8	588	515	303	1,7
9	651	515	335	1,6
10	716	510	365	1,5
11	785	510	400	1,5
12	856	510	437	1,4
13	931	510	475	1,4
14	1009	510	515	1,3
15	1091	510	556	1,3
16	1175	510	599	1,2
17	1263	510	644	1,2
18	1354	510	691	1,2
19	1448	510	739	1,1
20	1546	505	781	1,1
21	1646	505	831	1,1
22	1750	505	884	1,1
23	1857	505	938	1,0
24	1967	505	994	1,0
25	2081	505	1051	1,0
26	2197	505	1110	1,0
27	2317	505	1170	1,0
28	2440	505	1232	0,9
29	2567	505	1296	0,9
30	2696	505	1361	0,9
31	2829	505	1428	0,9
32	2965	500	1482	0,9

3. melléklet A maximális halterhelés és a hozzá tartozó napi takarmánymennyiség számítása

Maximális halterhelés										
0	114									
1	129									
2	146									
3	168									
4	192	114								
5	217	129								
6	244	146								
7	273	168								
8	303	192	114							
9	335	217	129							
10	365	244	146							
11	400	273	168							
12	437	303	192	114						
13	475	335	217	129						
14	515	365	244	146						
15	556	400	273	168						
16	599	437	303	192	114					
17	644	475	335	217	129					
18	691	515	365	244	146					
19	739	556	400	273	168					
20	781	599	437	303	192	114				
21	831	644	475	335	217	129				
22	884	691	515	365	244	146				
23	938	739	556	400	273	168				
24	994	781	599	437	303	192	114			
25	1051	831	644	475	335	217	129			
26	1110	884	691	515	365	244	146			
27	1170	938	739	556	400	273	168			
28	1232	994	781	599	437	303	192	114		
29	1296	1051	831	644	475	335	217	129		
30	1361	1110	884	691	515	365	244	146		
31	1428	1170	938	739	556	400	273	168		
32	1482	1232	994	781	599	437	303	192	114	
33	1500	1296	1051	831	644	475	335	217	129	6478
		1361	1110	884	691	515	365	244	146	
		1428	1170	938	739	556	400	273	168	
		1482	1232	994	781	599	437	303	192	114

Takarmány maximális mennyisége									
0	3								
1	3								
2	3								
3	4								
4	4	3							
5	4	3							
6	4	3							
7	5	4							
8	5	4	3						
9	5	4	3						
10	6	4	3						
11	6	5	4						
12	6	5	4	3					
13	7	5	4	3	Takarmány max. : 66 kg/nap				
14	7	6	4	3					
15	7	6	5	4					
16	7	6	5	4	3				
17	8	7	5	4	3				
18	8	7	6	4	3				
19	8	7	6	5	4				
20	9	7	6	5	4	3			
21	9	8	7	5	4	3			
22	9	8	7	6	4	3			
23	10	8	7	6	5	4			
24	10	9	7	6	5	4	3		
25	10	9	8	7	5	4	3		
26	11	9	8	7	6	4	3		
27	11	10	8	7	6	5	4		
28	12	10	9	7	6	5	4	3	
29	12	10	9	8	7	5	4	3	
30	12	11	9	8	7	6	4	3	
31	13	11	10	8	7	6	5	4	
32	13	12	10	9	7	6	5	4	66
33		12	10	9	8	7	5	4	
34		12	11	9	8	7	6	4	
35		13	11	10	8	7	6	5	
36		13	12	10	9	7	6	5	
37									

4. melléklet A biofilter (MBBR) méretezése, víz, levegő és- oxigénellátása és a környezeti terhelés számítása

Az alapadatok összefoglalása excel fájlban

A	B	C	D	E	F
1	1. Termelési cél	18	t/év		
2	Lehalászási gyakoriság	12	1/év		
3	Egy alkalommal lehalászva	1,5	t		
4	Biomassza a nevelés végén	1,5	t/mdence		
5	Átlagsúly a lehalászáskor	3	kg		
6	Darabszám a lehalászáskor	500	db/mdence		
7	Áruhal maximális sűrűsége	150	kg/m ³		
8	Medencetérfogát	14	m ³		
9	Medence hasznos térfogata	10	m ³		
10	Medencék száma	10	db		
11	Teljes nevelési térfogat	100	m ³		
12	Standard biomassza "Alapadatok"-ból	6478	kg		
13	Napi takarmány "Alapadatok"-ból	66	kg/nap		
14	2. Tervezési sarokszámok/kritériumok				
15	Vízforgatás a Cornell rendszerű nevelőkádakban	1,0-2,0	per óra		
16	Napi vízfrissítés	15	%	0,15	
17	Nevelési hőmérséklet	25	C°		
18	A telített víz oxigéntartalma	8	mg/L		
19	A megengedett TAN (Total Ammonia Nitrogen) szint	2	mg/L		
20	A megengedett nitrát-N szint	200	mg/L		
21	A max. SS (Suspended Solids, lebegő, szemcsés anyag)	30	mg/L		
22	A nevelőkádból elfolyó víz oxigénszintje	5	mg/L		
23	A média felülete (a baktériumok megtelepedésére alkalmas közeg)	600	m ² /m ³		
24	A média aktív felülete	500	m ² /m ³		
25	A nitrifikációs ráta	0,6	g/m ² /nap		
26	Ex-situ nitrifikáció	15	%	0,15	
27	A megengedett széndioxid szint	50	mg/L		

10. sor Medencék száma a termelési ciklusok alapján (3. ábra)

15. sor Vízforgatás a Cornell-rendszerű nevelőkádakban: Timmons és Ebeling, (2007), 139. oldal.

16. sor Napi vízfrissítés Tal et al. Aquaculture 2009. vol. 286.no. 1-2. 28-35.

19. sor A megengedett TAN szint: A recirkulációs rendszer vízben tervezett TAN (Total Ammonia Nitrogén) koncentráció a faj, ill. az irodalom által elfogadhatónak tartott 0,025 mg/L-es szabad ammónia (NH₃-N) szint alapján határozható meg (Huguenin és Colt, 1989, in Timmons és Losordo, 1994 16. oldal). A TAN és a szabad ammónia N aránya pH függő.

$$\text{NH}_3\text{-N} = a \times \text{TAN}$$

A szabad ammónia nitrogén = a szabad ammónia mol frakciója az adott pH-és hőmérsékleten x total ammónia koncentrációval

Példánkban a 25 C°-os vízben a szabad ammónia a következő módon alakul:

pH	a érték	Feltételezett TAN szint mg/L	Szabad ammónia szint mg/L
7,0	0,0056	2	2x0,0056=0,0112
7,8	0,0346	2	2 x 0,0346=0,0692
7,9	0,0431	2	2x 0,0431=0,0862

Látható, hogy a 0,025 mg/L-es limitet nem lépi át a szabad ammónia szint akkor ha a pH 7, és a TAN 2 mg/L. Mivel a recirkulációs rendszerek vizében általában 7-es alatti pH alakul ki, így a 2 mg/L-es TAN nagy biztonsággal elfogadható. (Losordo and Westers, 1994)., Timmos és Ebeling, (2007), 90. oldal.

20. sor A megengedett nitrát-N szint: A megengedhető Nitrát-N koncentráció választott érték (200 mg/L) Ennél jóval magasabb koncentrációt elviselnek a halak (Timmoms és Ebeling, 2007, 94. oldal).

21. sor A maximálisan megengedett szuszpendált anyag (SS) szintje: Timmons és Ebeling, (2007), 94. oldal

23-24. sor A média felülete, A média aktív felülete: A média felülete és az aktív felület különbözik, ui. heterotrophok által uralt, a nitrifikáció szempontjából „halott” zónák is kialakulnak. A gyártó/forgalmazó megadja ezeket az értékeket. Rusten et al Aquacult. Eng. 34 (2006) 322-331

25. sor A nitrifikációs ráta : A nitrifikációs aktivitás értéke sok tényezőtől függ, Rusten et al. 2006, Zhu és Chen, 1999, és 2001, Bovendeur és mtársai 1987, Kamstra és munkatársai 1998, Nijhof és Bovendeur 1990, Chen és mtársai 2006), valamint függ a biofilter korától is. Az elsődlegesen meghatározó tényező az oxigénszint és a BOD (biológiai oxigénigény) érték. A példánkban 0,6 g/m² –es értékkel számoltunk.

26. sor Ex-situ nitrifikáció: Timmons és Ebeling (2007., 337. oldal) szerint értéke elérheti a 30-50 %-ot. Itt Drennan és mtársai szerint (2006) óvatosan becsülve 15 %-os szinttel számolunk.

27. sor A megengedett széndioxid szint: Timmons és Ebeling, (2007), 92. oldal,

A TAN produkció, a tervezett ammónia N és nitrát N szint fenntartásához szükséges vízforgatás és szükséges biofilter hatékonyság számítása alapján (a hatékonyság számításának menete a 5. mellékletben)

28	3. TAN produkció számítása és a nitrifikációhoz szükséges térfogat				
29	Takarmány fehérjetartalma	42	%	0,42	
30	TAN produkció	2,6	kg/nap		(C13*E29)*0,09
31	Maradék a vízfrissítés után	2,2	kg/nap		C30*(1--E16)
32	Ex-situ nitrifikáció (a biofilteren kívüli nitrifikáció)	0,3	kg/nap		C31*E26
33	A TAN maradék a rendszerben a bioszűrőre	1,8	kg/nap		C31-C32
34	A média szükséges mennyisége a nitrifikációhoz	6	m3		((C33*1000)/C25)/C24
35	Vízfrissítés, a tervezett nitrát N koncentrációhoz	10839	L/nap		(C31*1000000)/C20
36	- "	11	m3/nap		C35/1000
37	A TAN eltávolítás szükséges hatékonysága per pass (egy átfolyásnál)	52	%	0,52	
38	A biofilteren átfolytatandó víz mennyisége a kívánt TAN koncentráció				
39	fenntartásához (vízforgatás)	1771681	L/nap		(C33*1000000)/(C19*E37)
40	- "	1772	m3/nap		C39/1000
41	- "	74	m3/óra		C40/24

30. sor TAN produkció: Timmons és Ebeling (2007 87. oldal) alapján.

35.sor Vízfrissítés a tervezett nitrát N koncentrációhoz fenntartásához: Losordo és Hobbs (2000).

37. sor A TAN eltávolítás szükséges hatékonysága per pass (egy átfolyásnál): Részletezve az 5. mellékletben.

38-39. sor Losordo és Hobbs (2000).

A biofilter méretezése a nitrifikációs és heterotroph aktivitás figyelembevételével

43	4. Biofilter méretezés				
44	3.1.A nitrifikációhoz szükséges média mennyisége				
45	A becsült nitrifikációs aktivitás	0,6	g/m ² /nap	0,6	
46	A szükséges média térfogat (34.sor)	6	m ³		
47	A biofilter medence térfogata nitrifikációra számolva (töltöttség 1/2)	12	m ³		
48	3.2 A heterotroph aktivitás media igénye				
49	A nitrifikációval arányos heterotroph baktériumtömeg	2,2	kg/nap	(C31*0,2)*5	
50	Feces mennyisége (trágya veszteség) ponty	393	g/kg táp		
51	Feces COD pontytáp után	448	g/kg táp		
52	Feces mennyisége (trágya veszteség) A. harcra	236	g/kg táp		
53	Feces COD A harcra után	240	g/kg táp		
54	Feces mennyisége (trágya veszteség) pisztráng	126	g/kg táp		
55	Feces COD pisztráng után	142	g/kg táp		
56	Választott feces mennyiség a fentiek alapján	252	g/kg táp	(C50+C52+C54)/3	
57	Választott COD (kémiai oxigénigény) érték a fentiek alapján	277	g/kg táp	(C51+C53+C55)/3	
58	Feces mennyisége	17	kg/nap	C13*(C56/1000)	
59	A Cornell központi gyűjtő és a particle trap (lebegőanyag csapda)elvisz fecesből	40	%	0,4	
60	Maradvány fecesből a particle trap után	10	kg/nap	C58*(1-E59)	
61	A dobszűrő a fecesből elvisz (beleértve a Cornell sűrített anyagából)	60	%	0,6	
62	Maradvány a fecesből a dob után	6,6	kg/nap	C58*(1-E61)	
63	A feces maradvány COD értéke	7,3	kg/nap	C62*(C57/C56)	
64	BOD/COD arány (biokémiai oxigénigény/kémiai oxigénigény)	0,8	g/g		
65	A feces maradvány BOD értéke	5,8	kg/nap	C63*C64	
66	A heterotroph baktériumokból (bioflok) a dob elvisz	50	%	0,5	
67	Maradvány a heterotrophokból	1,1	kg/nap	C49*(1-E66)	
68	Heterotrophok BOD értéke	0,6	g/g		
69	BOD a heterotrophokból	0,7	kg/nap	C67*C68	
70	Az összes maradvány BOD érték	6,5	kg/nap	C69+C65	
71	Biofilter média aktivitás heterotrophra BOI-ban	2,5	g/m ² /nap		
72	A heterotrophra szükséges biofilter térfogat	2597	m ²	(C70*1000)/C71	
73	- " -	4,3	m ³		
74	5. Teljes térfogat és vízcseré				
75	A teljes média térfogat a heterotrophra és nitrifikációra	10,3	m ³	C73+C46	
76	Teljes biofilter térfogat 50 %-os töltöttségnél	21	m ³		
77	Média köztes szabad tere (void space)	80	%	0,8	
78	Média köztes szabad tere (void space)	8,3	m ³	C75*E77	
79	A teljes víztérfogat	119	m ³	C11+(C76/2)+C78	
80	Napi vízfrissítés	15	%	0,15	
81	- " -	18	m ³ /nap	C79*E80	

47. sor A biofilter medence térfogata nitrifikációra számolva (töltöttség 1/2): Rusten et al. (2006) és Timmons és Ebeling, (2007), 363. oldal.

49. sor A nitrifikációval arányos heterotroph baktériumtömeg: Timmons és Ebeling, (2007), 280. oldal. A heterotroph aktivitás media igényének meghatározásához a Timmons és Ebeling (2007, 284. oldal) megadott, és a Zhu és Chen, S., (2001) által meghatározott nitrifikálók/heterotrophok arányát leíró összefüggéseket használtuk, mely szerint 1 g TAN termelés együtt jár 0,2 g nitrifikáló baktérium és 5x0,2 g heterotroph baktérium-tömeg kifejlődésével.

50-57. sor A haltrágyából keletkező heterotroph baktériumtömeg meghatározása több lépésben történhet. Ismeteres az irodalomból a feces/COD (kémiai oxigénigény) arány különböző táplálkozási típusú halaknál (Hydrotech adatai). Janurik és Péteri meghatározta a takarmány/feces/COD arányt pontynál, afrikai harcánál és pisztrángnál (2022). Jelen esetben a fenti fajokra vonatkozó értékek átlagával számoltunk. Ezen adatok alapján más fajnál is megbecsülhető ez az arány, a táplálkozási típus hasonlósága alapján.

59. sor A Cornell központi gyűjtő és a lebegőanyag-csapda elvisz fecesből: A központi gyűjtőből a zagy kerülhet ülepitő medencébe, kerülhet egy külső lebegőanyag

csapdába, majd a csapda túlfolyója bejuthat a dobszűrőbe. A jelen tervezet ez utóbbi megoldáson alapul (Losordó et al. (2000), valamint Timmons és Ebeling (2006) alapján.

61. sor A dobszűrő a fecesből elvisz (beleértve a Cornell sűrített anyagából): Hydrotech

64. és 68. sor BOD/COD arány: Irodalmi adatok alapján ismeretes a BOD/COD arány (Bovendeaur *et al.*, 1987), ill. a heterotrophok BOD értéke (68. sor), ami Hydrotech in Janurik és Péteri (2022) szerint 0,6 g baktérium-tömeg/g BOD. Bovendeaur et al. 1987, Hydrotech, Dalsgraard és Pedrsen (2011),

71. sor Biofilter média aktivitás heterotrophra BOD-ban: Rusten, 2006

76. sor Az irodalom szerint az MBBR –nél az 50 %-os töltöttség az optimális. (Timmos, Ebeling 2007, Timmons Losordo 1994, Rusten, 2006).

77. sor Média köztes szabad tere (void space): A gyártó által megadott érték

A szuszpendált anyagok elfogadható szintjének fenntartásához szükséges vízforgatás és vízcseré

82	6. A szuszpendált anyag szinten-tartásához				
83	szüksége visszaforgatás				
84	A takarmányból keletkező solid waste (szilárd hulladék)	30	%	0,3	
85	- " -	20	kg/nap		C13*E84
86	Heterotroph baktériumtömeg (49. sor)	2,2	kg/nap		
87	Vízcseré után marad a fecesből	16,8	kg/nap		C85*(1-E16)
88	Vízcseré után marad a heterotrophból	1,9	kg/nap		C86*(1-E16)
89	A Cornell központi gyűjtő és a particle trap elvisz fecesből	40	%	0,4	
90	Feces és heterotroph maradvány összesen	18,7	kg/nap		C87+C88
91	A dobszűrő elvisz az SS-ből	60	%	0,6	
92	A dobszűrő utáni SS maradvány	11,2	kg/nap		C90*E91
93	A vízfolyás (forgatás) a SS lecsökkentésére a kívánatos szintig	1038889	L/nap		C90/(E91*(C21/1000000))
94	- " -	1039	m3/nap		C93/1000
95	- " -	43	m3/óra		
96	Forgatás	9	per nap		C94/C79

84. sor A takarmányból keletkező solid waste: Timmons és Ebeling (2007), 87. oldal.

93. sor Losordo et al (2000) A.E. szerint számolva

Az oxigénigény alapján számított vízcseré és vízforgatás

97	7. Oxigénigény és a biofilter oxigénmérlege				
98	A halak oxigénigénye	230	g/kg táp		
99	- " -	15	kg/nap		C13*(C98/1000)
100	A nitrifikáció oxigénszükséglete	120	g/kg táp		
101	A nitrifikáció oxigénszükséglete	8	kg/nap		C13*(C100/1000)
102	A heterotrophok oxigénigénye	150	g/kg táp		
103	A teljes heterotroph oxigénigény	10	kg/nap		C13*(C102/1000)
104	Teljes oxigénigény	33	kg/nap		C99+C101+C103
105	Timmons -féle biztonsági szorzó	2			
106	Teljes biztonságos oxigénigény	66	kg/nap		
107	A biofilter oxigénfogyasztása (ex-situ =0)	36	kg/nap		(C101+C103)*2
108	A levegő súlya	1,29	kg/m3		
109	A levegő oxigéntartalma 21 %	21	%	0,21	
110	Az oxigén beoldódása	0,03	%	0,03	
111	100m3 levegővel bevihető oxigén mennyisége	0,8	kg 100 m3		((100*C108)*E109)*E110
112	Napi levegőszükséglet a biofilterben	4385	m3/nap		(C107/C111)*100
113	Biofilter levegőztetése óránként	183	m3/óra		C112/24
114	A halak oxigénigénye	633	g/óra		(C99/24)*1000
115	<i>Egyszeresen forgatott vízmennyiség a halnevelő térben (C 11 sor)</i>	100	m3/óra		
116	A 25 C° os víz 100 %-os oxigéntartalma	8	mg/L		
117	A halas medencékbe befolyó átlegegőztetett víz oxigén-telítettsége 25 C°	90	%	0,9	
118	A halas medencékbe befolyó átlegegőztetett víz oxigéntartalma	7,2	mg/L		C116*E127
119	Ebből elfogyasztható	2,2	mg/L		C118-C22
120	Egyszeri forgatás alatt bevitt oxigén	220	g/óra		(C115*(C119/1000))*1000
121	Hiányzó oxigén	413	g/óra		C114-C120
122	A hiányzó pótlása liquid oxigénből	4,1	mg/L		(C121/(C115*1000))*1000
123	A halnevelő medencébe befolyó víz oxigéntartalma	11,3			C118+C122
124	Ez a vízforgatás a teljes rendszerre nézve, ha a nevelőtérben 1/óra	0,84	per óra		C11/(C11+(C76/2)+C78)
125	Az oxigénellátás biztosításához szükséges vízforgatás	2400	m3/nap		C115*24
126	Vízforgatás a biofilterben	5	per óra		C115/((C76/2)+C78)
127	Tartózkodási idő a biofilterben	11	perc		60/C124

97. sor A halak oxigénigénye Huisman,(1974) in Timmos/Losordo (1994), Westers, H. 1979 in Timmos és Ebeling (2007).

100. és 101 sor A nitrifikáció oxigénszükséglete, A heterotrophok oxigénigénye. Timmons és Ebeling (2007) 87. oldal.

105. sor Timmons-féle biztonsági szorzó: Timmons és Ebeling (2007), 87. oldal.

110. sor Az oxigén beoldódása: Becsült érték, Timmons és Ebeling (2007), 426. oldal, valamint Kals, (2004) alapján.

113. sor A biofilter levegőigénye az irodalom szerint: Kaldness, peronal communication és Timmons és Ebeling (2007), 363. oldal.

119. sor Az 5mg/L-es medence-elfolyóból 2,5 mg/L hasznosítható: Rusten et al. (1995) és Chen és mtársai, (2006) alapján.

Szendioxid termelés

128	8. Széndioxid termelés				
129	Oxigénfogyasztás-arányos	1,38	g CO2/gO2		
130	A tényleges oxigénfogyasztás biztonsági szorzó nélkül (102. sor)	33	kg/nap		
131	Szendioxid termelés	46	kg/nap		C130*C129
132	Eltávolítva vízcserével	15	%	0,15	
133	Szendioxid maradvány	39	kg/nap		C131*(1-E32)
134	A napi vízforgatás	2400000	L/nap		C125*1000
135	A gáztalanító egység hatékonysága	70	%	0,7	
136	Az aktuális széndioxid terhelés	16	mg/L		(C133*1000000)/C134
137	A széndioxid szinttartásához szükséges vízforgatás	1106	m3/nap		((C133)/(E135*C27/1000000))/1000
138	- " -	9	per nap		C137/C79

128. sor Oxigénfogyasztás-arányos: Timmons és Ebeling (2007), 426. oldal.

135. sor Losordo és Hobbs (2000) alapján számolva. A 0,7-es szorzó Timmons és Ebeling (2007), 431. oldal alapján becsülve.

A környezeti terhelés kiszámítása

139	9. Környezeti terhelés				
140	A megengedett nitrán-N szint (20.sor)	200	g/m3		
141	Napi eltávolítás vízfrissítéssel (81. sor)	18	m3/nap		
142	Nitrát-N kibocsátás	3,6	kg/nap		C141*(C140/1000)
143	Lebegő anyag SS				
144	Szuszpendált anyag fecesből (85. sor)	20	kg/nap		
145	Heterotroph baktérium-eredetű SS (86. sor)	2,2	kg/nap		
146	A napi vízcseré (81.sor)	18	m3/nap		
147	Vízcserevel elvitt feces eredetű lebegőanyag	3,0	kg/nap		(C144/C79)*C146
148	Vízcserevel elvitt heterotroph eredetű lebegőanyag	0,3	kg/nap		(C145/C79)*C146
149	A vízcserevel elvitt alap- terhelés (21.sor)	0,5	kg/nap		(C146*1000)*(C21/1000000)
150	Vízcserevel elvitt összes	3,9	kg/nap		C147+C148+C49
151	Maradvány összes	18,3	kg/nap		(C144+C145)-C150
152	Dobszűrő utáni maradvány a rendszerben (92. sor)	11,2	kg/nap		
153	A dobszűrőben megfogott SS	7,1	kg/nap		C151-C152
154	Foszfor terhelés				
155	A takarmány P tartalma	1,2	%	0,012	
156		12	g/kg táp		
157	Napi takarmány "Alapadatok"-ból (13.sor)	66	kg/nap		
158	Napi foszfor fogyasztás	792	g/nap		C157*C156
159	A halba beépülő foszfor	40	%	0,4	
160		317	g/nap		C158*E159
161	Fecesben megjelenő (szuszpendált anyagban)	70	%	0,7	
162		333	g/nap		(C158-C160)*E161
163	Az oldott formában megjelenő foszfor	30	%	0,3	
164		143	g/nap		(C158-C160)*E163
165	A vízcserevel eltávolítva	71	g/nap		(C164+C162)*E16
166	A dobszűrő hatékonysága	50	%	0,5	
167	A dobszűrőben kiszűrt foszfor	166	g/nap		C162*E166
168	Összes foszfor eltávolítás a rendszerből vízcserevel és a dobszűrővel	238	g/nap		C165+C167
169	A napi BOD kibocsátás				
170	A feces mennyisége	17	kg/nap		
171	A vízcserevel utáni maradvány feces	14	kg/nap		C170*(1-E16)
172	A heterotroph bakteriumok (bioflok)mennyisége (49.sor)	2,2	kg/nap		
173	A heterotroph bakteriumok (bioflok)mennyisége a vízcsere után	1,9	kg/nap		C172*(1-E16)
174	A vízcserevel kibocsátott feces	2,5	kg/nap		C170-C171
175	Ennek COD értéke	2,7	kg/nap		C174*(C57/C56)
176	Ennek BOD értéke a 64. sor alapján	2,2	kg/nap		C175*C64
177	A vízcserevel kibocsátott bioflok	0,3	kg/nap		C172-C173
178	Ennek BOD értéke a 68. sor alapján	0,2	kg/nap		C177*C68
179	Az összes vízcserevel kibocsátott BOD érték	2,4	kg/nap		C176+C178
180	A vízcsere utáni maradvány feces és bioflok	16,0	kg/nap		C171+C173
181	A particle trapban (lebegőanyag csapda) leválasztva	40,0	%	0,4	
182		6,4	kg/nap		C180*E181
183	Ennek COD értéke	7,0	kg/nap		C182*(C57/56)
184	Particle trapban (lebegőanyag csapda) leválasztott BOD érték	5,6	kg/nap		C183*C64
185	Maradvány	9,6	kg/nap		C180-C182
186	A dobszűrő kivesz a maradványból	60,0	%	0,6	
187		6	kg/nap		(C180-C182)*E186
188	Ennek COD értéke	6,3	kg/nap		C187*(C57/C56)
189	Ennek BOD értéke	5	kg/nap		C185*C64
190	Összes eltávolított BOD érték	11	kg/nap		C184+C189

139. sor Dalsgraad és Pedersen, 2011. adatait felhasználva

154. sor E. Roque D'orbcastel and J.P. Blancheton, 2006 alapján

155. sor Aller Aqua <https://www.aller-aqua.com/species/warm-freshwater-species/european-catfish>

158-164. sor Blancheton, és Roque (2005) alapján

5. melléklet A biofilter hatékonyságának számítása*

*Az sorszámok csak az adott mellékletre vonatkoznak, függetlenek a 4. mellékletben megadott sorszámoktól.

1	A ponty oxigénszüksége	230	g/kg táp			
2	Átlagos biomassza a rendszerben	6478	kg			
3	Napi átlagos takarmányadag	66	kg/nap			
4	Napi TAN produkció	2,6	kg/nap			
5	Napi takarmányfogyasztás	10	g táp/kg hal/nap		$(C3*1000)/C2$	
6	A halak oxigénfogyasztása	2,3	g O ₂ /kg hal/nap		$C1/(1000/C5)$	
7	TAN	0,000393677	kg TAN/kg hal/nap		$((C5/1000)*0,42)*0,092$	
8	-"-	0,39	g TAN/kg hal/nap		$C7*1000$	
9	A halak oxigénfogyasztása	1,6	mg O ₂ /kg hal/perc		$(C6*1000)/1440$	
10	A rendelkezésre álló oxigén	30	kg/nap		Átvéve	
11		7,1	mg/L		$(C10*1000000)/427000$	
12	Haleltartó képesség (carrying capacity)	4,4	kg hal/L/perc		$C11/C9$	
13	A szükséges vízfolyás az állományra	1485	L/perc		$C2/C12$	
14	A kifolyó vízzel elvitt TAN	1771	mg/perc		$(C4*1000000)/1440$	
15	A kibocsátott víz TAN koncentrációja egy átfolyásnál	1,19	mg/L		$C14/C13$	
16	TAN koncentrációs faktor a recirkuláltatás miatt	1,68			$2/C15$	
17	A boifilter hatékonysága (egyszeri átfolyásnál a biofilteren)	0,52	52%		$(1+(C16*0,85)-C16)/(C16*0,85)$	
18	A biofilter hatékonysága nagyobb vízforgatás esetén					
19	Vízforgatás 150 m ³	2500	L/perc			
20	A biofilter hatékonysága egyszeri átfolyásnál	24	%			
21	Vízforgatás 200 m ³	3333	L/perc			
22	A biofilter hatékonysága egyszeri átfolyásnál	14	%			

A számítást Wheaton és munkatársai (1994) alapján készült (Wheaton et al. 1994, 131-133 oldal, in Timmons és Losordo (1994).

A hatékonyság függ a forgatás sebességétől.

