Gyógyszerhatóanyag-maradványok a balatoni vízgyűjtő felszíni vizeiben

Dr. Takács Péter
MTA ÖK BLI

Maász Gábor
MTA ÖK BLI

Science of the Total Environment 677 (2019) 545–555

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Spatiotemporal variations of pharmacologically active compounds in surface waters of a summer holiday destination

Gabor Maasz [a,*], Matyas Mayer [b], Zita Zrinyi [a], Eva Molnar [a], Monika Kuzma [b], Istvan Fodor [a], Zsolt Pirger [a,1], Péter Takács [c,1]

[a] NAP Adaptive Neuroethology, Department of Experimental Zoology, Balaton Limnological Institute, MTA-Centre for Ecological Research, 8237 Tihany, Hungary
[b] Department of Forensic Medicine, Medical School, University of Pecs, 7624 Pecs, Hungary
[c] Department of Hydrozoology, Balaton Limnological Institute, MTA-Centre for Ecological Research, 8237 Tihany, Hungary

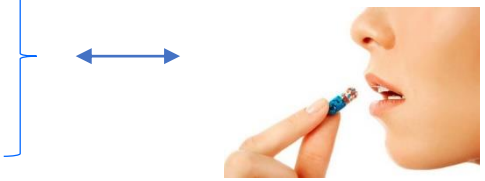
BRVT ülés, Tihany, 2019. június 13.

Balaton Fejlesztési Tanács támogatásából…

- 2016
- 5 millió Ft
- Idegenhonos fajok
- Gyógyszermaradványok
- Balaton hosszszelvények
- A vízgyűjtő 2017. évi monitorozása

Bevezetés

- Az elmúlt évszázadban az orvoslás területén számos felfedezés történt, a gyógyszertudomány jelentősen fejlődött.
- Következmények:
  - Az életszínvonal javult.
  - Az átlagos és a várható életkor növekedett.
  - A népességszám megemelkedett.

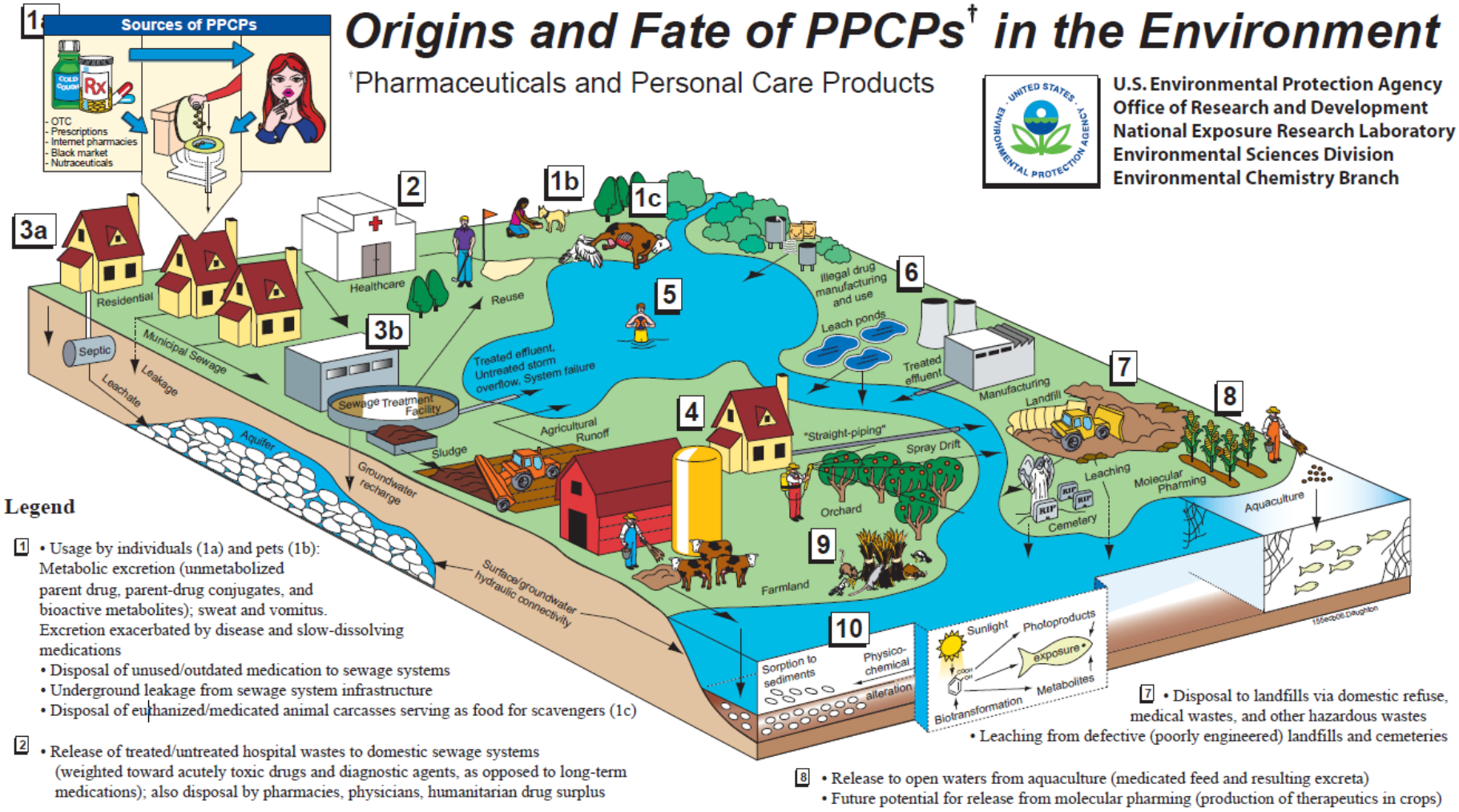


- A gyógyszerfogyasztás mértéke megváltozott.
- Többféle gyógyszertípust fogyasztunk.

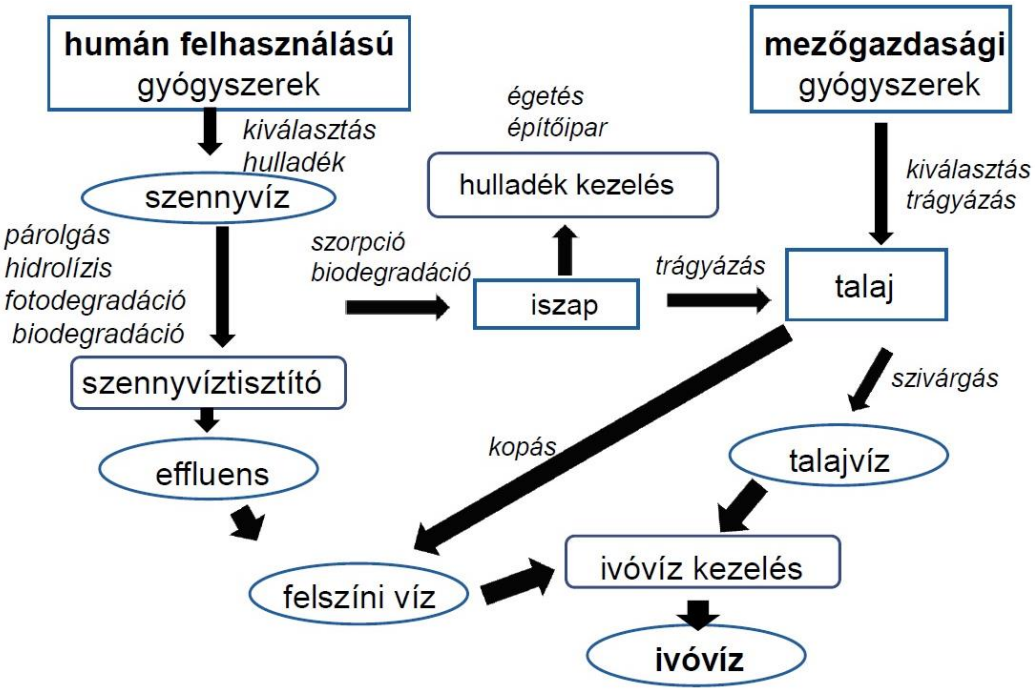
- A környezetanalitika is jelentős fejlődésen ment keresztül
  - nehézfémek
  - növényi tápanyagok (N, P)
  - növényvédő szerek
  - hormonrendszert megzavaró anyagok a (EDC-k, Endocrine Disrupting Chemicals)
  - háztartásban használt fertőtlenítő szerek
  - kozmetikumok
  - gyógyszerek

- Nemzetközi elfogadás
  - Egyesült Államok 1970-ben Shane Snyderet al (1970) Pharmaceuticals in the Water Environment.
  - Európa 1985, Angliában Richardson M.L. and Bowron J.M. (1985) Journal of Pharmacy and Pharmacology 37:1–12.

Gyógyszerhatóanyagok környezetbe való bekerülésének módjai



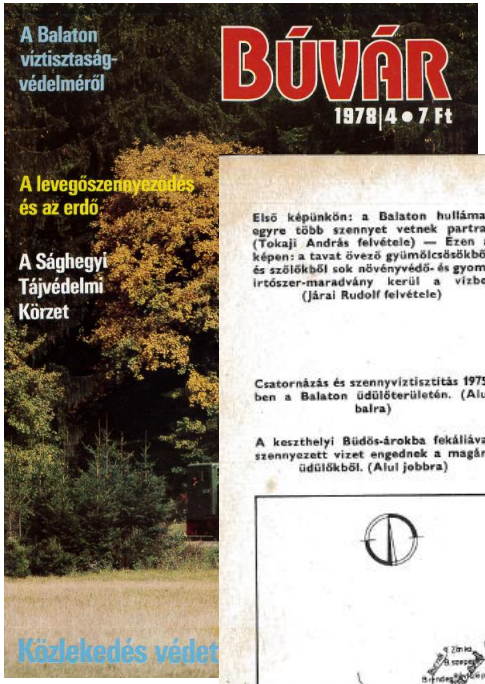
Gyógyszerhatóanyagok sorsa a környezetben



Forrás: Mikroszennyezők előfordulása különböző típusú vizekben
Gerencsérné dr. Berta Renáta, „XXIII. Konferencia a Felszín alatti vizekről”, Siófok, 2016

- A szennyvízkezelési technológiák folyamatosan fejlődnek, de gyógyszermaradványok még mindig megjelennek a tisztított szennyvízben és ezáltal természetes vizeinkben is.
- Évente közel 16 millió m^3 tisztított szennyvíz éri el a Balatont.
- Közvetlen ivóvízkivétel is történik a tóból (standard víztisztítással, főleg nyáron)

Dudás Károly



Első képünkön: a Balaton hullámai egyre több szennyet vetnek partra. (Tokaji András felvétele) — Ezen a képen: a tavat övező gyümölcsösökből és szőlőkből sok növényvédő- és gyomirtószer-maradvány kerül a vízbe. (Járai Rudolf felvétele)

Csatornázás és szennyvíztisztítás 1975-ben a Balaton üdülőterületén. (Alul balra)

A keszthelyi Büdös-árokba fekáliával szennyezett vizet engednek a magán-üdülőkből. (Alul jobbra)

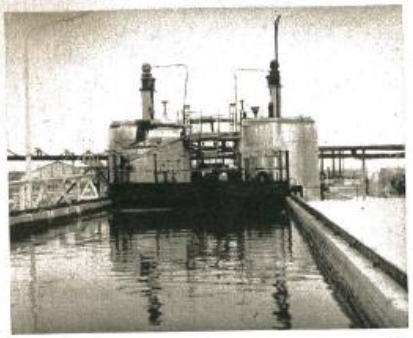
helyi-, 31%-a pedig a Szigligeti-öblön át kerül a Keszthelyi-öbölbe kerülő foszfor 83%-át a Zala hozza.

Mezőgazdasági vegyszerek és az állattartás hatása

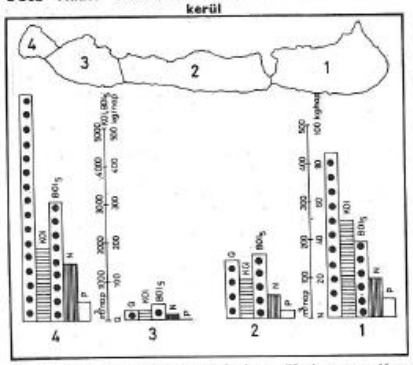
A műtrágya-felhasználás 1960-tól 1974-ig Somogyében 6,7-szeresére, Zala megyében pedig 10,2-szeresére növekedett.

A növényvédő és gyomirtó szerek széles körű, helyenként szakszerűtlen — alkalmazása komoly szélyt jelent a Balatonra és élővilágára. Környezetvédelmi szempontból kedvező, hogy 1970 óta a vízterületen tilos a DDT használata. A *Lindán* hatóanyagú készítmények használatát 1971—74 között felfüggesztették. *Endoszulfán* hatóanyagú szereket pedig harmadárra korlátozták, illetve betiltották. A *Lindán* tartalmú szerek alkalmazását a következő években várhatóan teljesen megszüntetik. *Endoszulfán* hatóanyagokét pedig a vízgyűjtő területen korlátozni fogják.

Ám nemcsak a műtrágyák és növényvédő szerek kozott használata okoz gondokat. A Balaton vízterületén az elmúlt években 68 állattartó telep lé Ezek közül 19 nagy mennyiségű hígtrágyát terme ken a telepeken jelenleg kb. 47 000 sertés, 3000 s marha, illetve 6500 baromfi hígtrágyájával kell szá



A füzfői Nitrokémiai Ipartelep szennyvize tisztítás után a Séd—Nádor—Malom csatornákon és a Sión át a Dunába kerül



A Balaton szennyvízterhelésének területi megoszlása. 1 — keleti medence, 2— középső medence, 3 — nyugati medence, 4 — Keszthelyi-öböl

A keszthelyi városi szennyvíztisztító telep, amely múlt évben annyi gondot okozott a Kis-Balaton környékén. (A szerző felvételei)

a Zala közvetlenül a Balatonba juttat. *A szennyvíztelep jelenlegi túlterheltségének kiküszöbölése megoldásra váró sürgős feladat.* Az új — 50 000 m³/nap kapacitású — szennyvíztisztító telep létesítése és első ütemének 1982-re történő megépítése ma még csak elképzelés. Reméljük, hogy a tervek hamarosan elkészülnek s ezt követi majd a kivitelezés.

A mezőgazdaságban és élelmiszeriparban keletkező hígtrágyák és szennyvizek tisztításának és hasznosításának különleges fontossága van a Balaton vízgyűjtő területén. A „magyar tenger" egyedülálló és pótolhatatlan nemzeti és természeti kincsünk. *Környezeti szennyeződésektől való megóvása népgazdasági szempontból sem közömbös, ezért védelme nem korlátozódhat csak a közvetlen környékére.* A védelemnek ki kell terjednie a teljes vízgyűjtő területre. A jelenlegi vízminőség megóvása, sőt lehetőség szerinti javítása elsődleges fontosságú. Mindez a komplex talajvédelem széles körű alkalmazásával, az erózió minimumra csökkentésével, partvédő művek építésével, a feliszapolódási gócok rendszeres kotrásával, az északi part nádasainak és hínárállományának visszaszorításával, a szálló por csökkentésével, nagyarányú erdősítésekkel, a hígtrágyák ésszerű hasznosításával, szükségszerű tisztításával, a regionálisan összegyűjtött ipari és kommunális szennyvizek mechanikai, kémiai és biológiai tisztítás utáni elvezetésével valósítható meg.

*

Lapzártakor érkezett a hír, hogy az idén újabb szennyvíztisztítómű építését kezdik el Siófokon. Ezzel együtt a szennyvíztisztító-rendszer napi 70 000 köbméter víz megtisztítására lesz alkalmas. Az északi part több települését — Zánkát, Balatonfüredet és környékét — is bekapcsolják ebbe a víztisztító hálózatba. Ezért Tihany térségében, a Balaton víztükre alatt olyan csatornát építenek, amelyen keresztül nyomásfokozóval juttatják a szennyvizet a siófoki víztisztítóműhöz. Balatonalmádi környékének szennyvizei pedig helyi tisztítás után, a Séd patakon és a Sión át kerülnek a Dunába. Balatonalmádiban már tavaly megkezdték a csatornázást, épül a két átemelőmű és a napi ötezer köbméter kapacitású szennyvíztisztító üzem. A Sió—Séd rendszertől távolabb eső területek regionális szennyvízcsatorna-rendszerének kialakítása folyamatban van. Ezeket a vizeket többszörös és a mostaninál erőteljesebb tisztítás után — kifogástalan higiénés állapotban — engedik majd a Balatonba.

DUDÁS KÁROLY

Kiszáritják a higannyal szennyezett Minamata-öblöt. A japán Kiusiu-sziget nyugati oldalán levő Minamata-öböl partmenti lakói körében 1953 és 1960 között súlyos tünetekkel járó, 200 halottat szedő rejtélyes betegséget észleltek, amelyet „Minamata-kórnak" neveztek el. Mint utóbb kiderült, a betegséget a tengeri halfogyasztásból származó higanymérgeződés okozta. Japánban most egy vállalatot azzal biztak meg, hogy a Minamata-öböl több mint 500 000 négyzetméternyi területét, amelynek 1,5 millió köbméternyi iszapja higannyal szennyeződött, helyezze szárazra, s a tengertől elhódított területen — miután a tengerfenék iszapjára földréteget teregetett — parkokat, üzemeket és kikötői berendezéseket létesítsen. Az 1983-ig végrehajtandó terv kereken 180 millió nyugatnémet márka költséget igényel, amelyből 110 milliót a higanytartalmú PVC-hulladékot annak idején a tengerbe bocsátó japán céggel fizettetnek meg. (*Kosmos*)

A vágóhídi hulladék nem a Balatonba való!

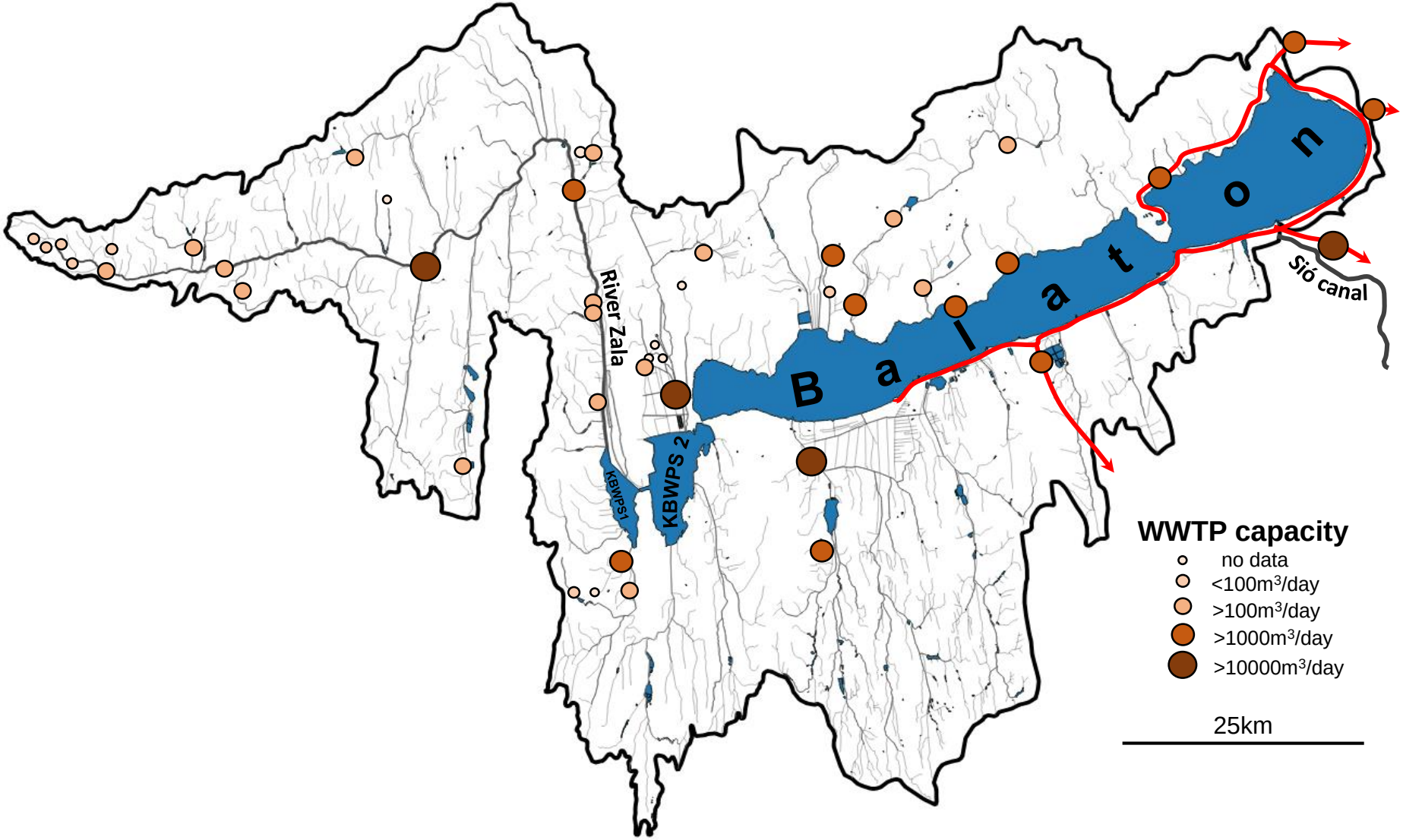
A Dél-zalai Víz-, Csatornamű és Fürdő Vállalat 1975-ben laboratóriumi vizsgálatot végzett. A vágóhídi szennyvizeknél a következő összetevőket tudta kimutatni:

BOI_5 (ötnaponként mért biológiai oxigénigény)	1876 mg/liter
KOI (kémiai oxigénigény)	5682 mg/liter
Éterextrakt	3862 mg/liter
Ammónia-tartalom	62 mg/liter
Szulfid-tartalom	23 mg/liter
Összes lebegőanyag-tartalom	6900 mg/liter

A Balaton vízgyűjtő területén két nagy vágóhíd működik. Az egyik a keszthelyi, melynek szennyvize *múlt év óta* a városi szennyvíztisztító telepre, onnan — mechanikai és biológiai tisztítás után — lápterületre kerül. A napi 1500 m³ városi szennyvíz tisztítására tervezett tisztítótelepen ma kényszerűségi okok miatt 7000 m³ szennyvizet tisztítanak — a körülményekhez képest — „viszonylag jó" hatásfokkal. (Sajnos a múlt évi madárpusztulás szomorú ténye mást bizonyít. A vizsgálatok során kiderült, hogy a tisztítómű túlterhelt, az adott körülmények között nem megfelelően üzemel. Alig áramoltatott, lefedetlenül tárolt szennyvizében elszaporodott baktériumok állandó fertőzésveszélyt jelentenek. *A szerk.*) Az együttesen kezelt ipari és kommunális szennyvíz a tisztítótelepről ma már nem a Balatonba kerül, hanem a lápon „hasznosul". A másik: Zalaegerszegen a ZALAHÚS, *melynek 6—700 m³/nap szennyvize még ma is tisztítatlan állapotban kerül a Valicska-patakba, majd a Zalán keresztül a Balatonba!*

Szakosított sertéstelepeken keletkező hígtrágya fontosabb vízminőségi mutatói

Komponens		Kövér hígtrágya (1 1 hígítás)		
		átlag	minimum	maximum
Hőmérséklet	C°	13,3	10,2	17,0
pH		7,9	7,2	9,0
Vezetőképesség	mho	10600	4600	26700
O_2 fogyasztás (dikromátos)	mg/l	32100	8600	90900
BOI_5	mg/l	15400	4000	41300
S-	mg/l	37,8	14,0	85,0
Összes N	mg/l	2600	800	8300
NH_4	mg/l	1400	260	6150
Vízoldható PO_4	mg/l	1000	300	1840
Vízoldható P_2O_5	mg/l	780	220	1380
Összes P_2O_5	mg/l	1270	690	2250
Összes K_2O	mg/l	2350	720	6350
Na %		21,5	14,0	31,0
Mg %		50,6	22,0	75,0
Össz. szárazanyag	mg/l	38400	12600	113000
Össz. szervesanyag	mg/l	31200	8500	97000
Össz. lebegőanyag	mg/l	31900	8800	98100
Össz. oldottanyag	mg/l	6400	2900	16100
Oldott ásványi anyag	mg/l	2900	950	6100



- 4 nagy, és több mint 30 kisebb szennyvíztisztító telep üzemel a Balaton vízgyűjtőjén.
- Körcsatorna

Miért fontos a gyógyszerhatóanyagok koncentrációjának ismerete?

- Korábbi felmérések a vizsgálati régióban:

Short communication

Drug Testing and Analysis

Received: 14 March 2015 Revised: 18 May 2015 Accepted: 24 May 2015 Published online in Wiley Online Library: 8 June 2015

(www.drugtestinganalysis.com) DOI 10.1002/dta.1829

HPLC-MS/MS analysis of steroid hormones in environmental water samples

P. Avar,[a]* G. Maasz,[a,b] P. Takács,[c] S. Lovas,[b] Z. Zrinyi,[b] R. Svigruha,[d] A. Takátsy,[a] L. G. Tóth[c] and Z. Pirger[b]

Environ Sci Pollut Res

DOI 10.1007/s11356-016-6276-2

RESEARCH ARTICLE

β-Estradiol and ethinyl-estradiol contamination in the rivers of the Carpathian Basin

Péter Avar[1] · Zita Zrínyi[2] · Gábor Maász[1,2] · Anikó Takátsy[1] · Sándor Lovas[2] · László G.-Tóth[3] · Zsolt Pirger[2]

progesztogének: 1-10 ng/L **ösztrogének: 0.1-1 ng/L**

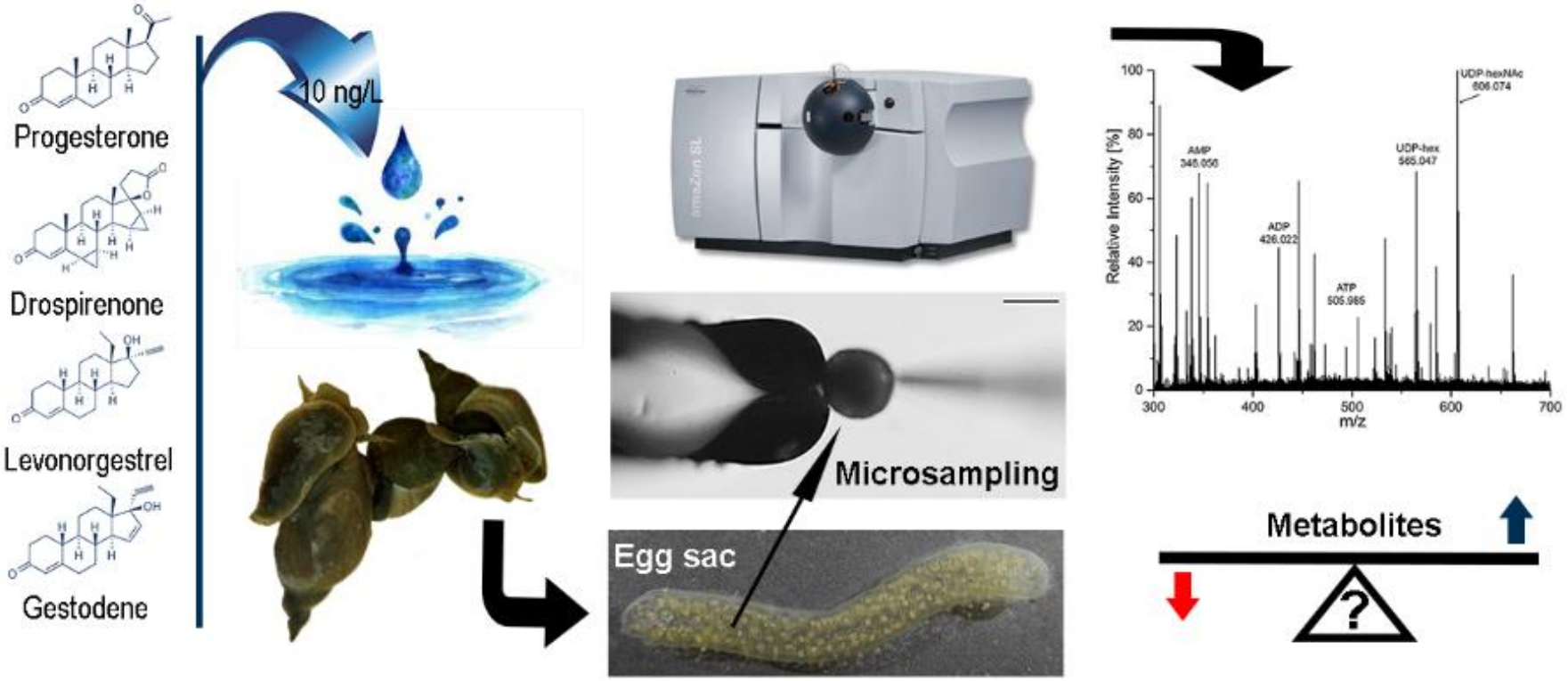
- Ökotoxikológiai kutatási eredmények hormonokkal:

  - A LNG (0.80 ng/L) és a DRO (0.66 ng/L) hatására csökkent a tűzcselék (*Pimephales promelas*) termékenysége.
  - 3.3 ng/L LNG a nőstény Dél-afrikai karmos békák (*Xenopus laevis*) elférfiasodását okozta.
  - 6.5 ng/L LNG negatív hatással volt a hímnemű tüskés pikók (*Gasterosteus aculeatus*) szaporodására.
  - 13 ng/L LNG káros hatást gyakorolt a még fejlődésben lévő bodorkák (*Rutilus rutilus*) szaporító rendszerére.
  - E2 és EE2 hatására különböző fejlődési korú hal egyedek esetében megváltozott a spermiumok mozgékonysága, a termékenység, és a túlélési képesség.

A fogamzásgátló tablettákban a hatóanyag tartalom: 20 μg – 3 mg azaz 20.000 – 3.000.000 ng

Akut (rövidtávú) kezelés <-> Krónikus (hosszútávú) kezelés hatása???

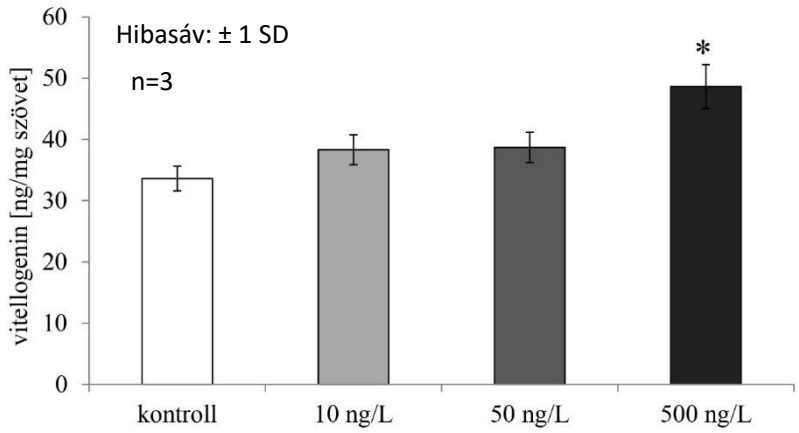
Fogamzásgátló hatóanyag-maradványok által kiváltott molekuláris változások gerinctelen vízi tesztállaton



Fogamzásgátló hatóanyag-maradványok által kiváltott szomatikus és molekuláris változások gerinces vízi tesztállatokon

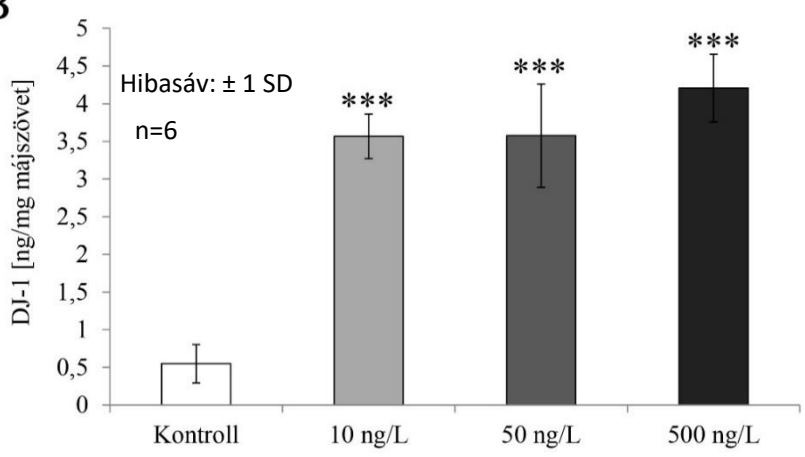
Linnaeus, 1758

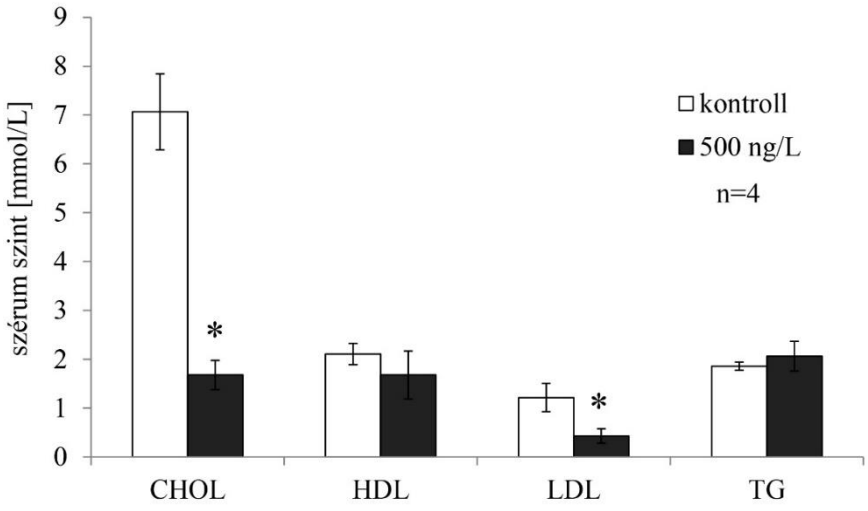
A



- kontroll, **10**, **50**, **500** ng/L-es progestin mix kezelt csoport (progestin mix – drospirenon, levonorgesztrel, progeszteron, gesztodén)

B





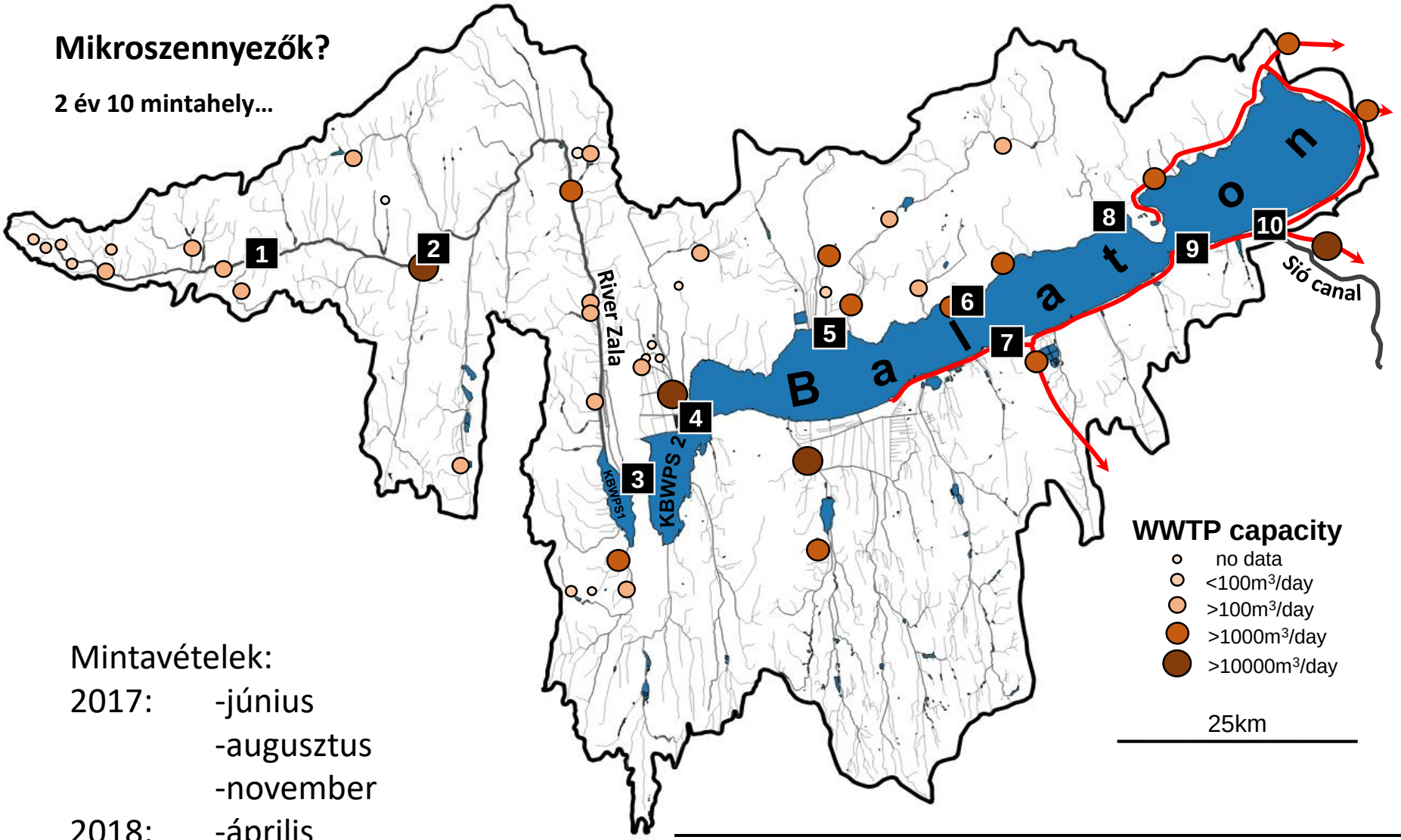
Vizsgált szerves komponensek

- Alkaloidok
- Antiepileptikumok
- Antipszichotikumok/antidepresszánsok
- Szorongásoldó szerek
- Kardiovaszkuláris szerek
- Disszociatív anesztetikumok/Pszichedelikus szerek
- Hormonok/ Hormonszármazékok
- Helyi érzéstelenítők
- Kábítószerek/Nyugtatók/ Görcsoldók
- Nem szteroid gyulladásgátló szerek
- Ópiát- és Morfinszármazékok
- Stimulánsok/Hallucinogének és metabolitjaik

Összesen 134 vizsgált hatóanyag

Mikroszennyezők?

2 év 10 mintahely…



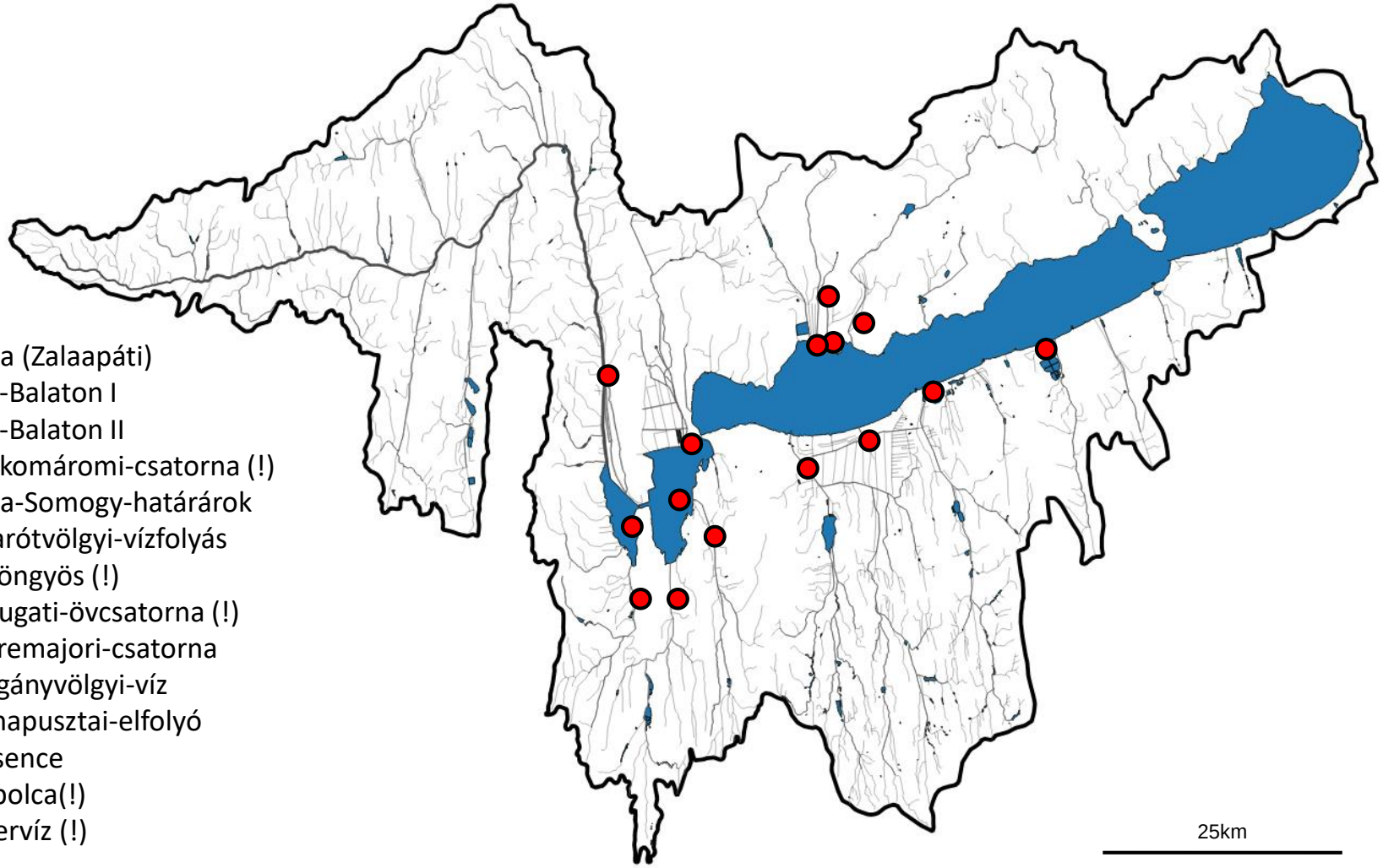
Mintavételek:

2017: -június
-augusztus
-november

2018: -április

No	Location	Coordinates	pH	O_2 [mg/L]	Connductivity [µS/cm]	T [°C]
1.	River Zala	46.85024, 16.62694	8,3-7,6	6,6-11,9	362-386	18,4-9,0
2.	River Zala	46.85234, 16.8608	8,4-7,5	10,2-11,6	760-700	21,1-10,7
3.	River Zala KB1	46.63706, 17.18347	9,4-7,6	9,2-8,7	310-709	30,3-9,7
4.	River Zala KB2	46.70243, 17.25866	8,2-7,4	6,2-11,1	770-793	29,1-8,4
5.	Lake Balaton	46.78541, 17.4349	9,0-7,5	4,1-7,2	778-792	24,5-8,0
6.	Lake Balaton	46.82411, 17.60672	8,4-7,9	3,4-10,0	830-841	24,2-8,6
7.	Lake Balaton	46.79708, 17.72528	8,4-8,0	7,0-14,0	764-794	26,7-9,7
8.	Lake Balaton	46.90339, 17.85037	9,5-7,9	9,8-10,1	784-700	28,5-8,7
9.	Lake Balaton	46.88524, 17.93291	8,5-8,2	7,1-10,0	828-800	25,7-9,8
10.	Lake Balaton	46.91102, 18.04604	8,4-8,2	6,7-14,0	867-818	25,4-10,9

Újabb vizsgálatok a Kis-Balatonon és a kisebb befolyókon

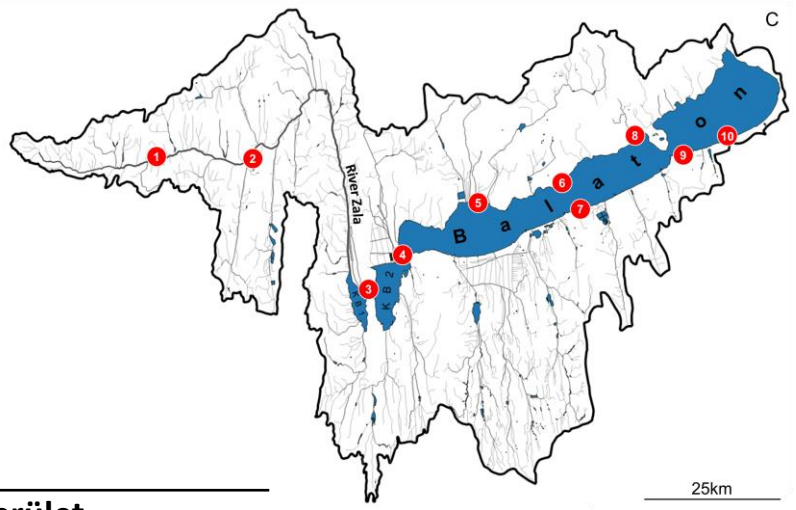


- Zala (Zalaapáti)
- Kis-Balaton I
- Kis-Balaton II
- Kiskomáromi-csatorna (!)
- Zala-Somogy-határárok
- Marótvölgyi-vízfolyás
- Gyöngyös (!)
- Nyugati-övcsatorna (!)
- Imremajori-csatorna
- Pogányvölgyi-víz
- Irmapusztai-elfolyó
- Lesence
- Tapolca(!)
- Egervíz (!)

Eredmények

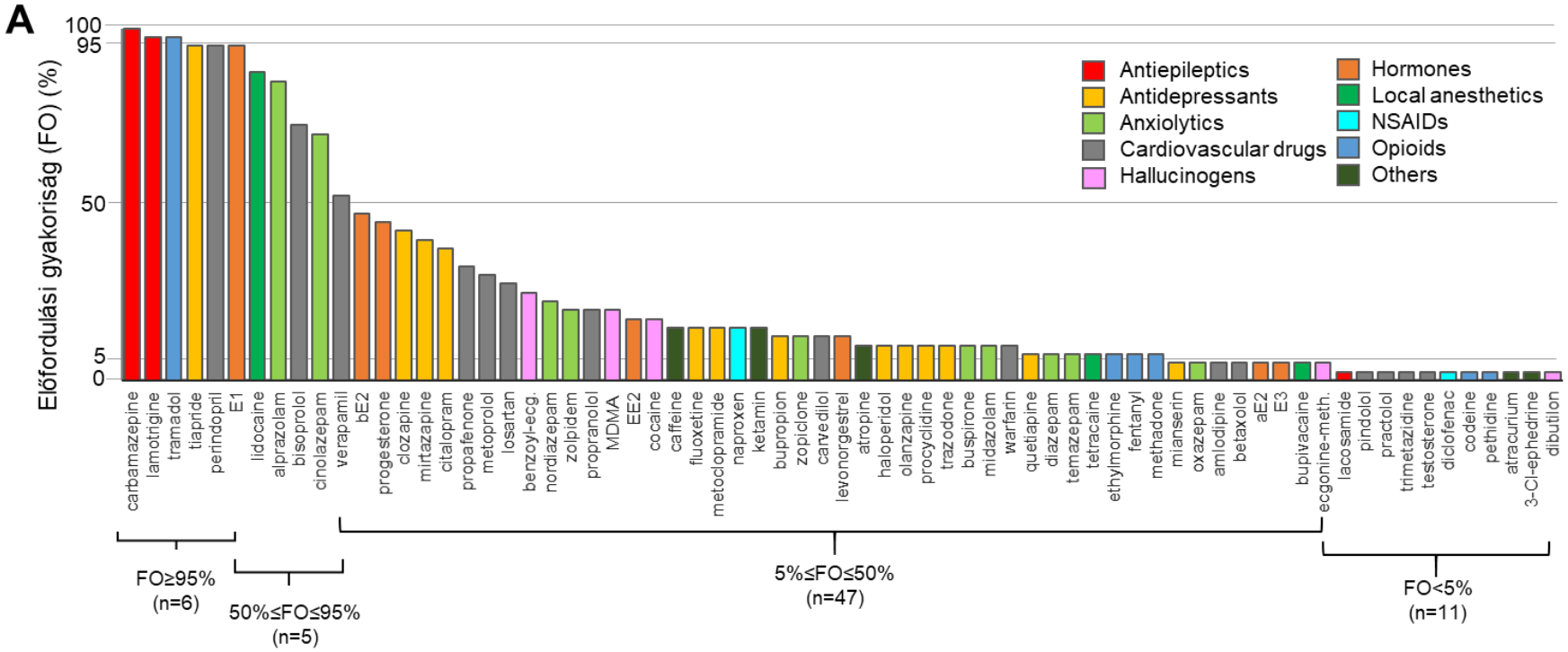
10 mintahely, 4 időpont

134 teszteltből 69 féle gyógyszerhatóanyag….



№	hely	jun. 2017	aug. 2017	nov. 2017	apr. 2018	terület	Σ
1.	Zalalövő-Budafa	24	33	28	20		
2.	Zalaegerszeg	46	46	43	34		
	ΣZala	**46**	**48**	**47**	**37**	**66**	
3.	Balatonhídvég	17	17	13	15		
4.	Balatonberény	18	16	17	10		
	ΣKis-Balaton	**20**	**22**	**18**	**15**	**29**	
5.	Szigliget	13	11	11	16		
6.	Révfülöp	13	19	11	11		
7.	Balatonlelle	13	13	10	8		
8.	Tihany-Sajkod	14	15	10	10		
9.	Zamárdi	16	18	11	5		
10.	Siófok	9	20	9	4		
	ΣBalaton	**24**	**27**	**14**	**24**	**42**	
	időszakok	**49**	**55**	**48**	**43**		**69**

Maász et al. STOTEN 2019


A
Előfordulási gyakoriság (FO) (%)
100
95
50
5
0
Antiepileptics
Antidepressants
Anxiolytics
Cardiovascular drugs
Hallucinogens
Hormones
Local anesthetics
NSAIDs
Opioids
Others
carbamazepine
lamotrigine
tramadol
tiapride
perindopril
E1
lidocaine
alprazolam
bisoprolol
cinolazepam
verapamil
bE2
progesterone
clozapine
mirtazapine
citalopram
propafenone
metoprolol
losartan
benzoyl-ecg
nordiazepam
zolpidem
propranolol
MDMA
EE2
cocaine
caffeine
fluoxetine
metoclopramide
naproxen
ketamin
bupropion
zopiclone
carvedilol
levonorgestrel
atropine
haloperidol
olanzapine
procyclidine
trazodone
buspirone
midazolam
warfarin
quetiapine
diazepam
temazepam
tetracaine
ethylmorphine
fentanyl
methadone
mianserin
oxazepam
amlodipine
betaxolol
aE2
E3
bupivacaine
ecgonine-meth.
lacosamide
pindolol
practolol
trimetazidine
testosterone
diclofenac
codeine
pethidine
atracurium
3-Cl-ephedrine
dibutilon
FO≥95%
(n=6)
50%≤FO≤95%
(n=5)
5%≤FO≤50%
(n=47)
FO<5%
(n=11)

Nemzetközi összehasonlítás

Biológiai funkció	Hatóanyag	Min ng/l	Max ng/l	Átlag ng/l	Előfordulási gyakoriság %	Nemzetközi adatok ng/l
Antiepileptikumok	karbamazepin	4.7	804.6	115.5	100.0	25 (D), 78 (F), 75(A), 138(Balti)
	lamotrigin	5.7	1734.8	156.1	97.5	190 (D-Afrika)
Antipszichotikumok/Antidepresszánsok	citalopram	0.1	17.7	3.9	37.5	30(Balti), 6-219(USA)
	fluoxetin	0.5	3.4	1.8	15.0	5.6-48(USA)
Szorongásoldószerek	alprazolam	0.1	12.6	1.3	85.0	2.9-9.1(S)
Hormonok/hormon származékok	bE2	0.1	19.6	6.7	47.5	2.4(F, USA), 0.015(Balti)
	E1	0.2	10.5	1.8	95.0	0.2(Balti), 2.35(F), 1.35(USA)
	EE2	0.2	2.7	1.2	17.5	2.1(F, USA), 0.025(Balti)
	progeszteron	0.6	2.3	1.0	45.0	9.15(USA)

(D=Németo.; F=Franciao.; A=Ausztria; S=Spanyolo.)

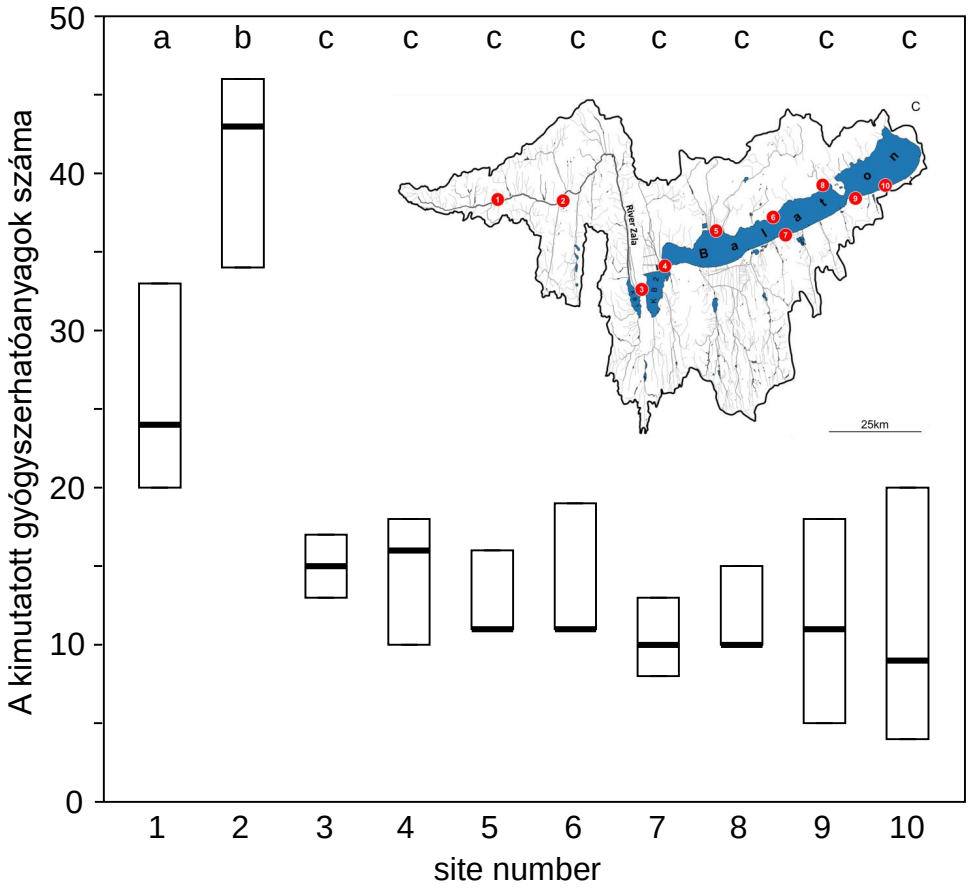
A vizsgált komponensek koncentrációja európai viszonylatban átlagos vagy átlag alatti.

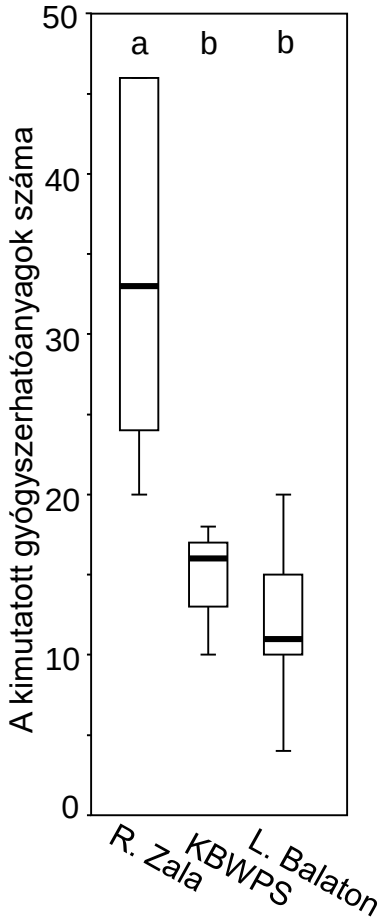
Szükséges a szennyvíztisztítási technológiák fejlesztése vagy más alternatív útvonalak keresése, hogy

- **a gyógyszerhatóanyagok koncentrációjának növekedését megállítsuk a természetes vizeinkben.**
- **megvédjük az ökoszisztémákat a további károsodástól.**

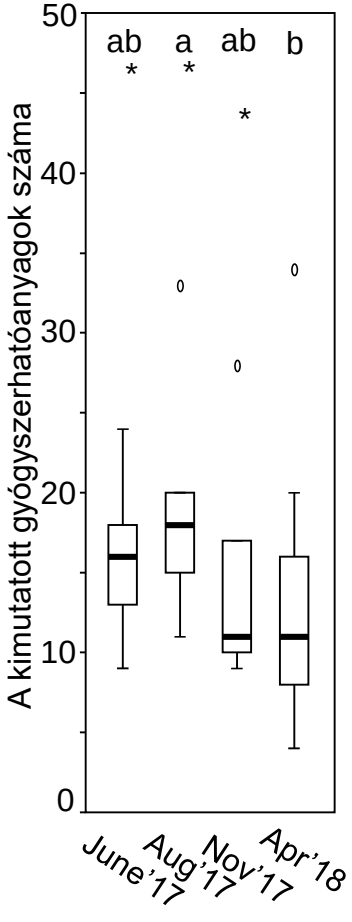
(lacosamide, metoclopramide, procyclidine, buspirone, cinolazepam, practolol, propafenone, trimetazidine, dibutylon, bupivacaine, tetracaine, ethylmorphine, 3-Cl-ephedrine, atropine, and atracurium)

MELY MINTAPONTOK A LEGSZENNYEZETTEBBEK?

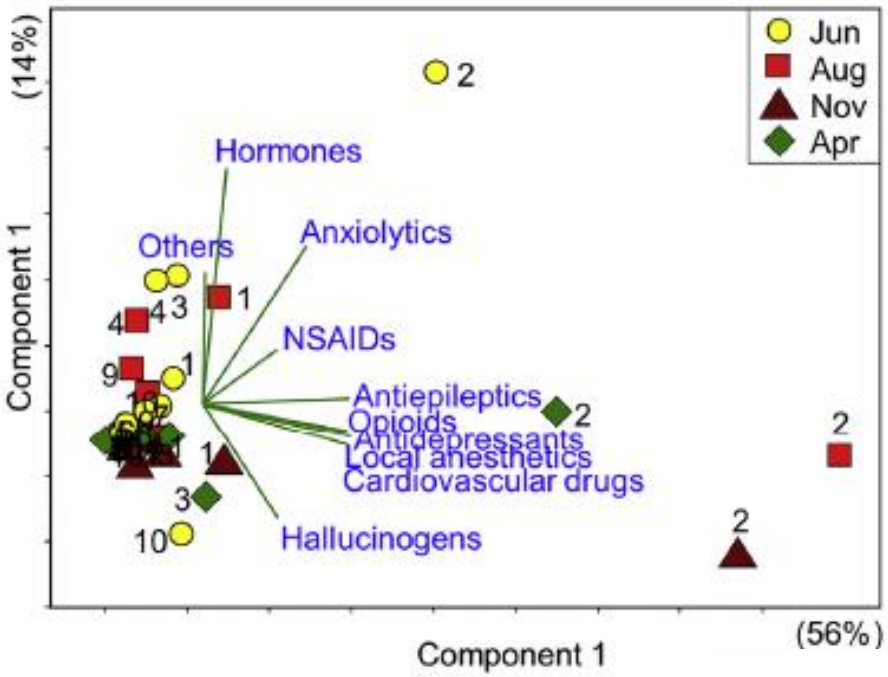




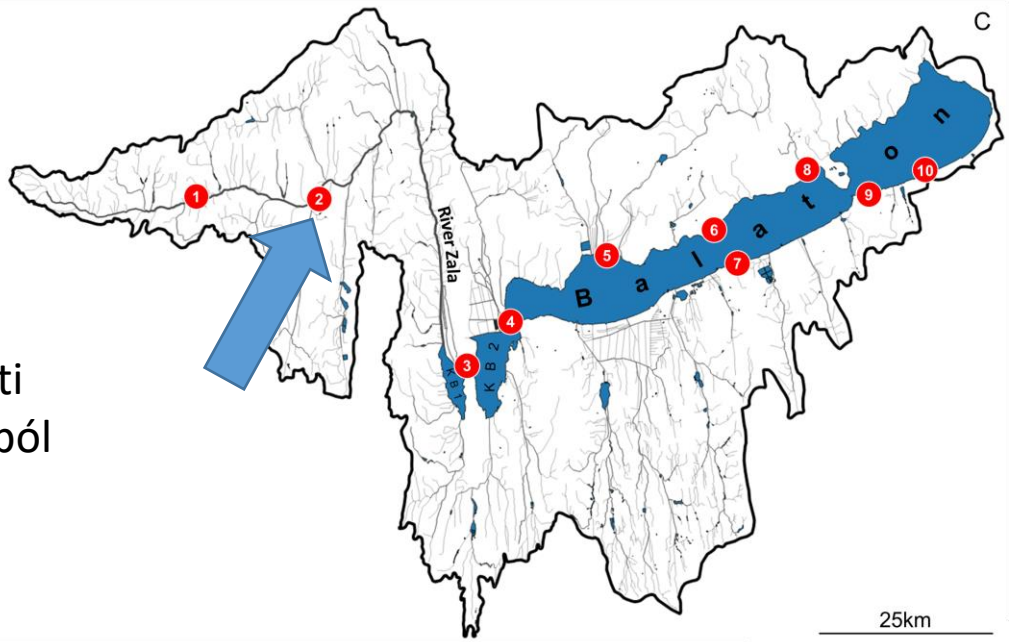
MELY TERÜLET?



MELY IDŐSZAK?

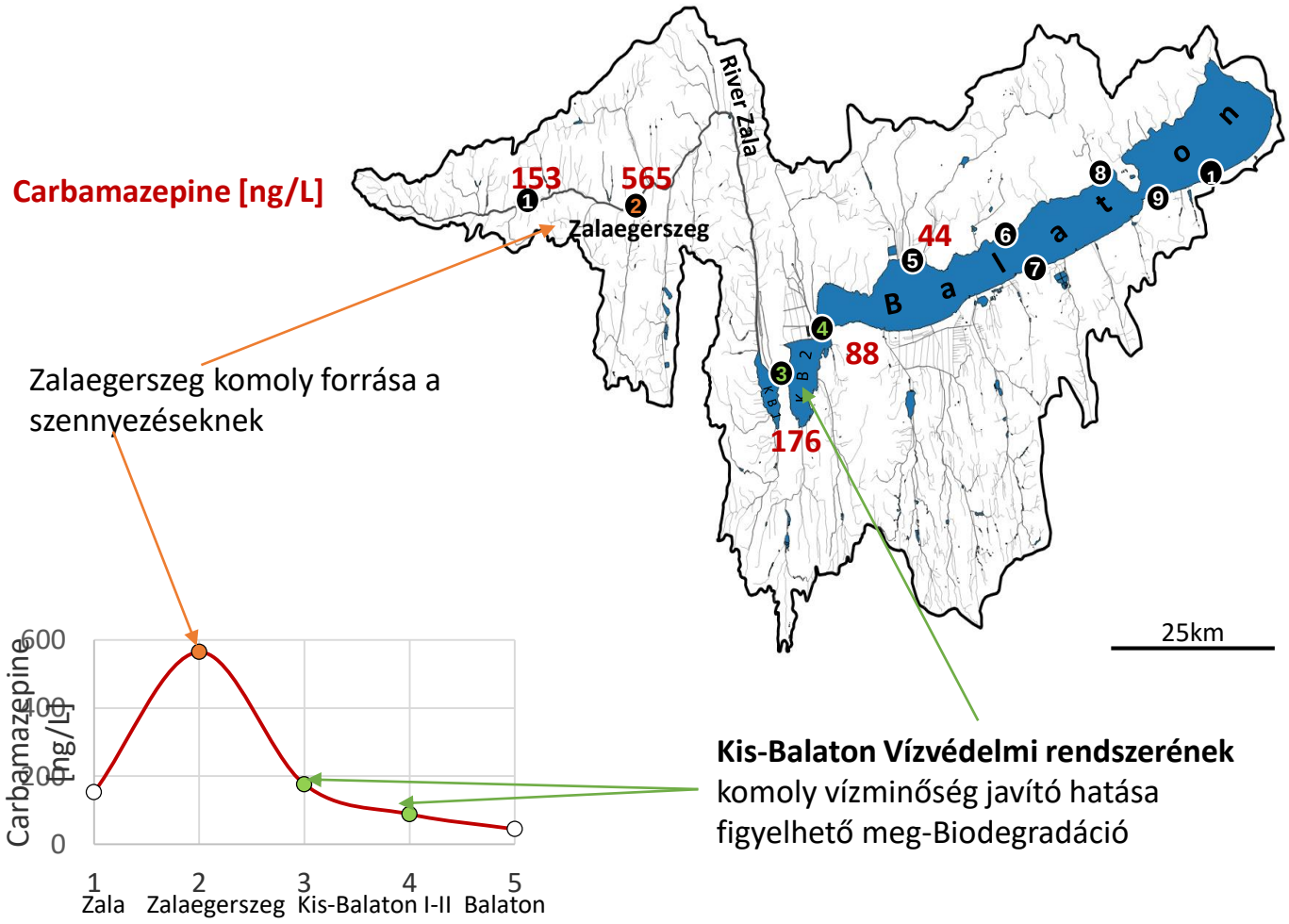


Koncentrációk?

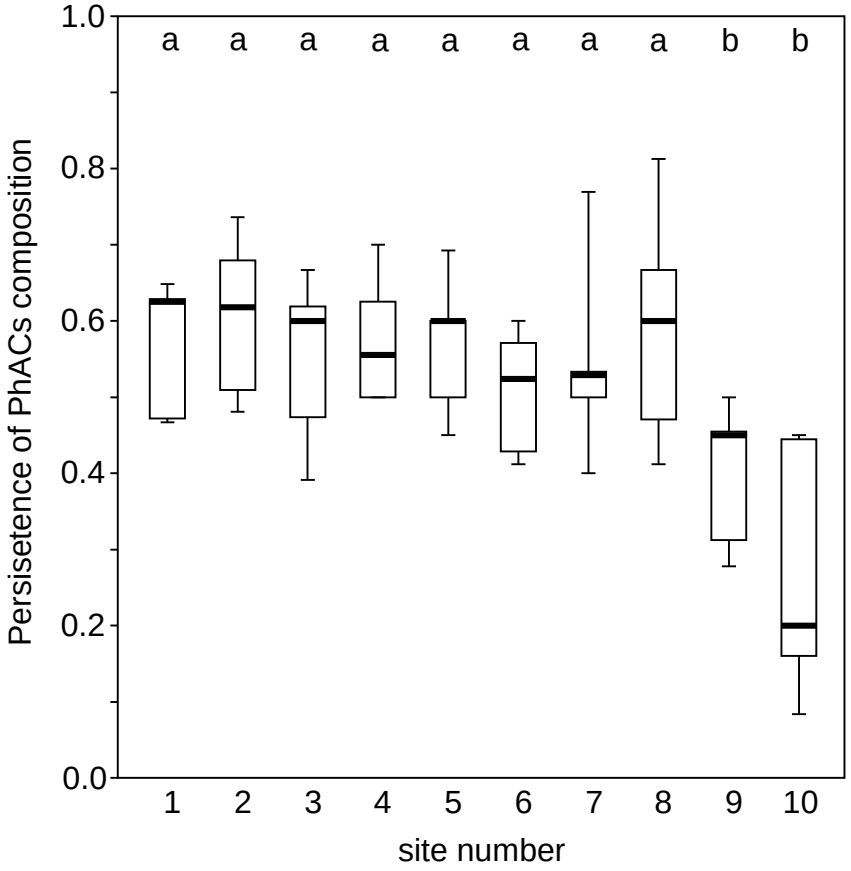


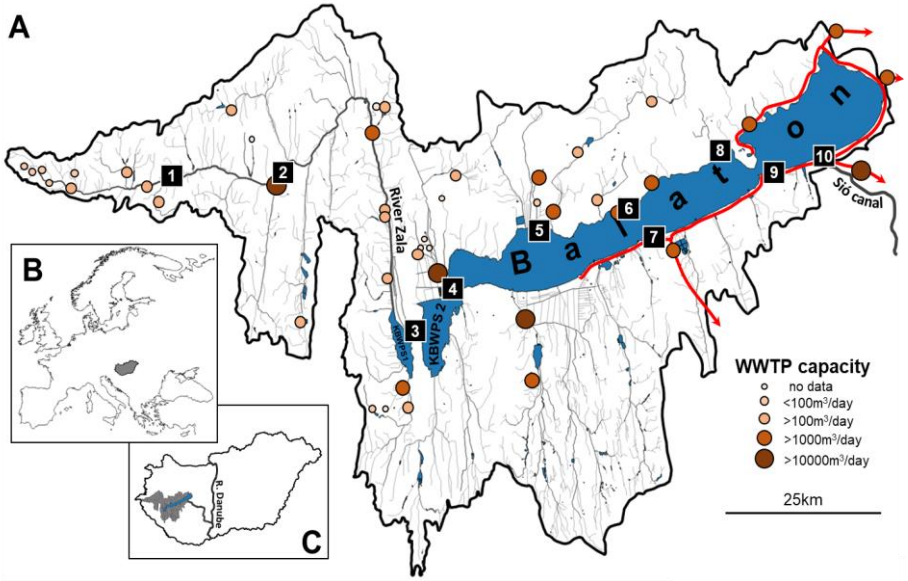
Általában a legmagasabb koncentrációkat a Zalaegerszeg alatti mintavételi ponton gyűjtött mintákból mértük

Térbeli hatások



MENNYIRE ÁLLANDÓ A TERHELÉS?





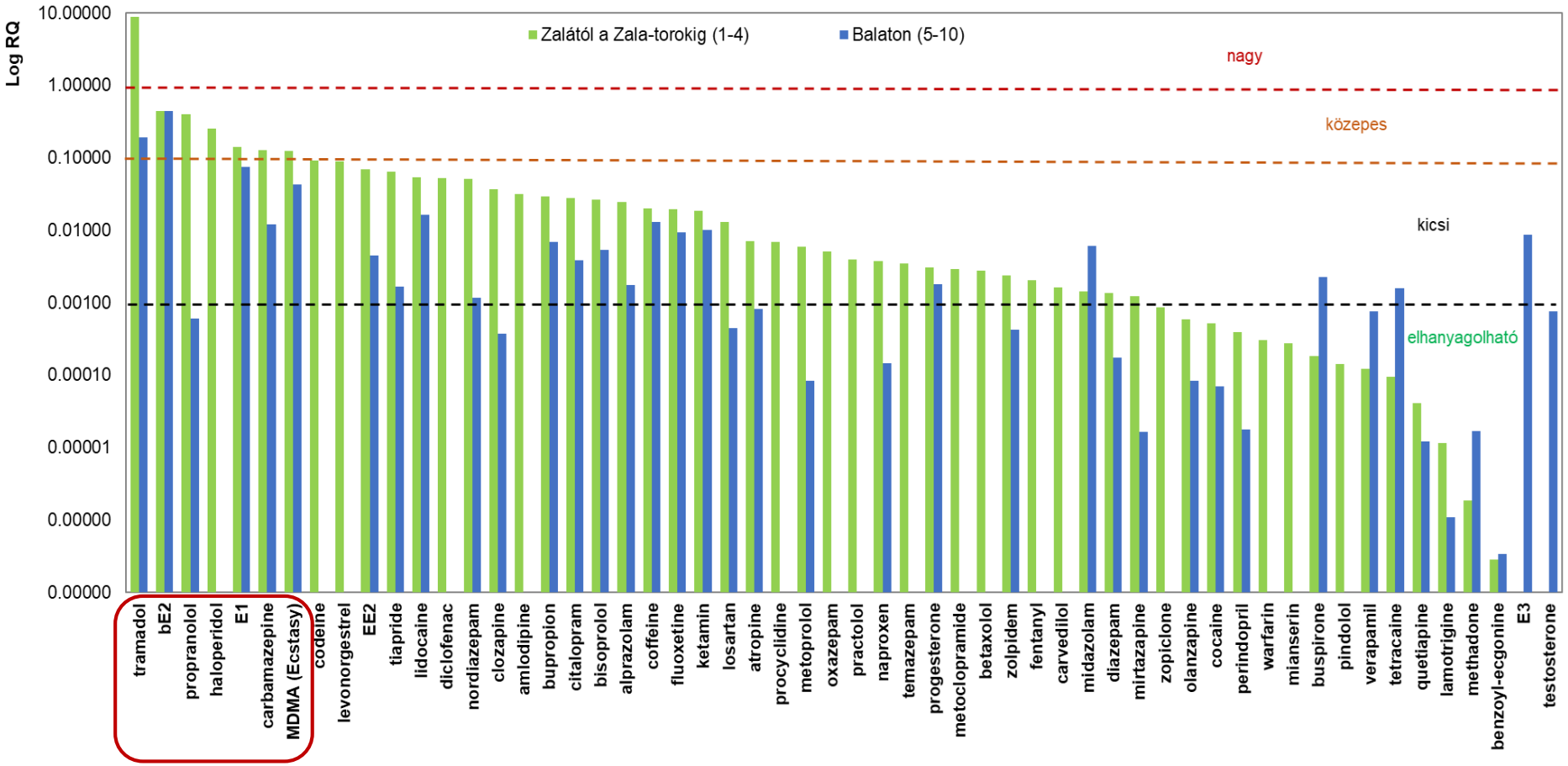
A körcsatorna által érintett helyeken általában jóval alacsonyabb számban mutattuk ki gyógyszerhatóanyagokat, ugyanakkor ezek összetétele jóval változékonyabb

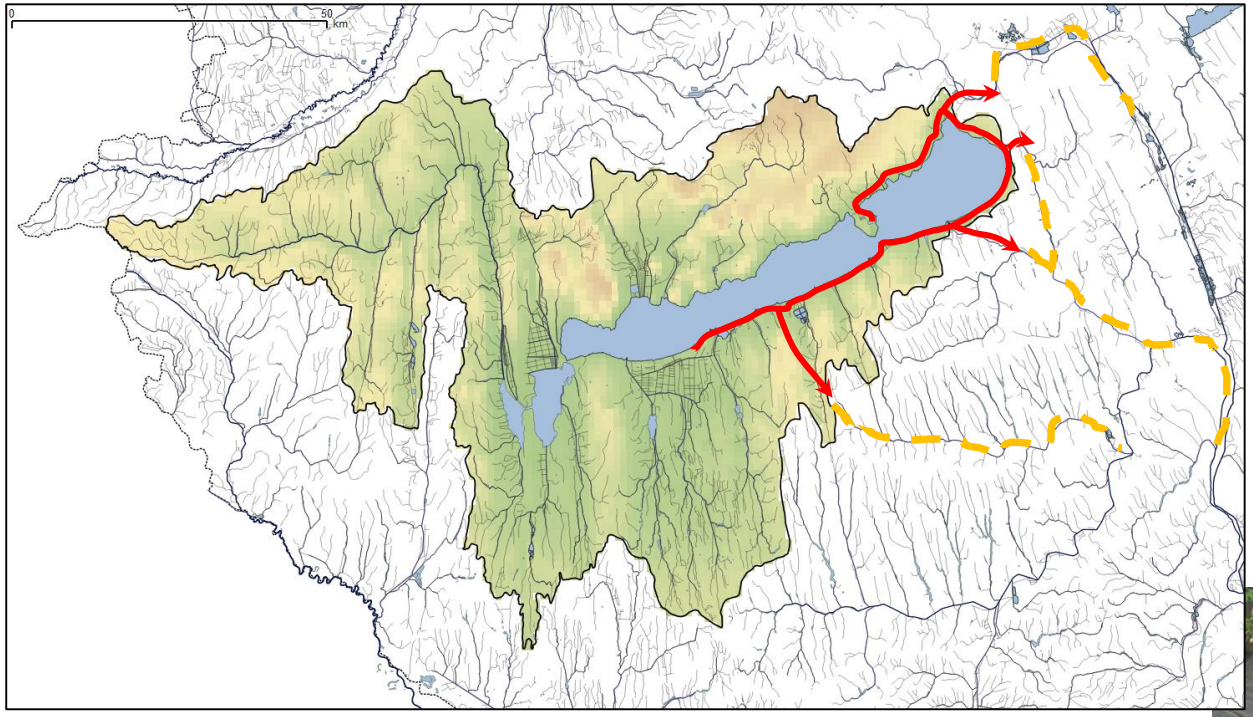
- nyár, koffein, drogok

Környezeti kockázatbecslés

A detektált hatóanyagok megoszlása RQ besorolás és mintavételi régió szerint		
	Zalától a Zalatorokig (1-4)	Balaton (5-10)
RQ nagy (%)	2	0
RQ közepes (%)	11	4
RQ kicsi (%)	59	34
RQ elhanyagolható (%)	29	63

$$Risk\ Quotient = RQ = \frac{Maximal\ Environmental\ Concentration}{Predicted\ No\ Effect\ Concentration} = \frac{MEC}{PNEC}$$





- Koppány
- Séd
- Sió
- Cinca-Csíkgát

- **A szennyezés nem szűnik meg, csak más vízgyűjtőkre tevődik át…**
- **A tisztítóművek üzemeltetését kellene átalakítani…**

- **melegítés? (>40°C), UV?, pihentetés?, gyökérzónás tisztítás?**
- **szakirodalom**

Ecological Engineering 100 (2017) 157–164

Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoleng

Removal of pharmaceuticals by a pilot aerated sub-surface flow constructed wetland treating municipal and hospital wastewater

Hannele Auvinen[a,b,*], Iva Havran[b], Laurens Hubau[a], Lize Vanseveren[a], Wilhelm Gebhardt[c], Volker Linnemann[c], Dion Van Oirschot[d], Gijs Du Laing[b], Diederik P.L. Rousseau[a]

[a] Laboratory of Industrial Water and Ecotechnology, Ghent University Campus Kortrijk, Graaf Karel De Goedelaan 5, Kortrijk 8500, Belgium
[b] Laboratory of Analytical Chemistry and Applied Ecochemistry, Ghent University, Coupure Links 653, Ghent 9000, Belgium
[c] The Institute of Environmental Engineering, RWTH Aachen University, Mies-van-der-Rohe-Str. 1, 52074 Aachen, Germany
[d] Rietland BVBA, Van Aerselaerstraat 70, Minderhout 2322, Belgium

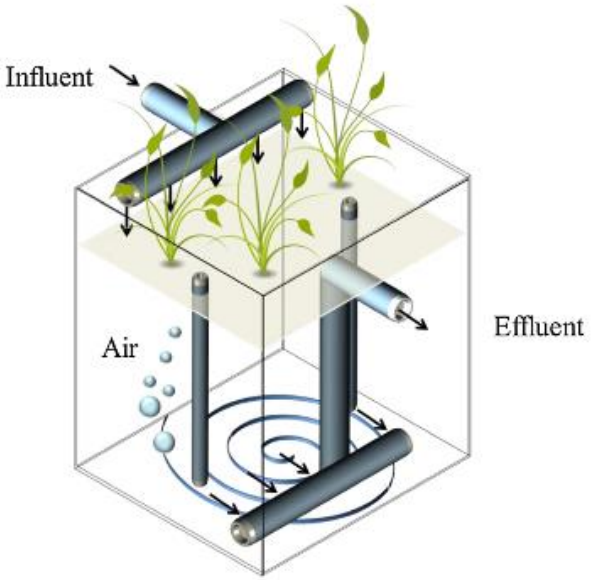


Fig. 1. A schematic representation of the pilot CW.

eltávolítási ráta: 99% - metformin, valsartan
75% - atenolol, bisoprolol
Alacsony - carbamazepine, diclofenac, gabapentin, sulfamethoxazole

Environmental Science and Pollution Research
https://doi.org/10.1007/s11356-018-1505-5

RESEARCH ARTICLE

Comparison of emerging contaminants in receiving waters downstream of a conventional wastewater treatment plant and a forest-water reuse system

Andrew D. McEachran[1] · Melanie L. Hedgespeth[1,2] · Seth R. Newton[2] · Rebecca McMahen[3] · Mark Strynar[2] · Damian Shea[4] · Elizabeth Guthrie Nichols[1]

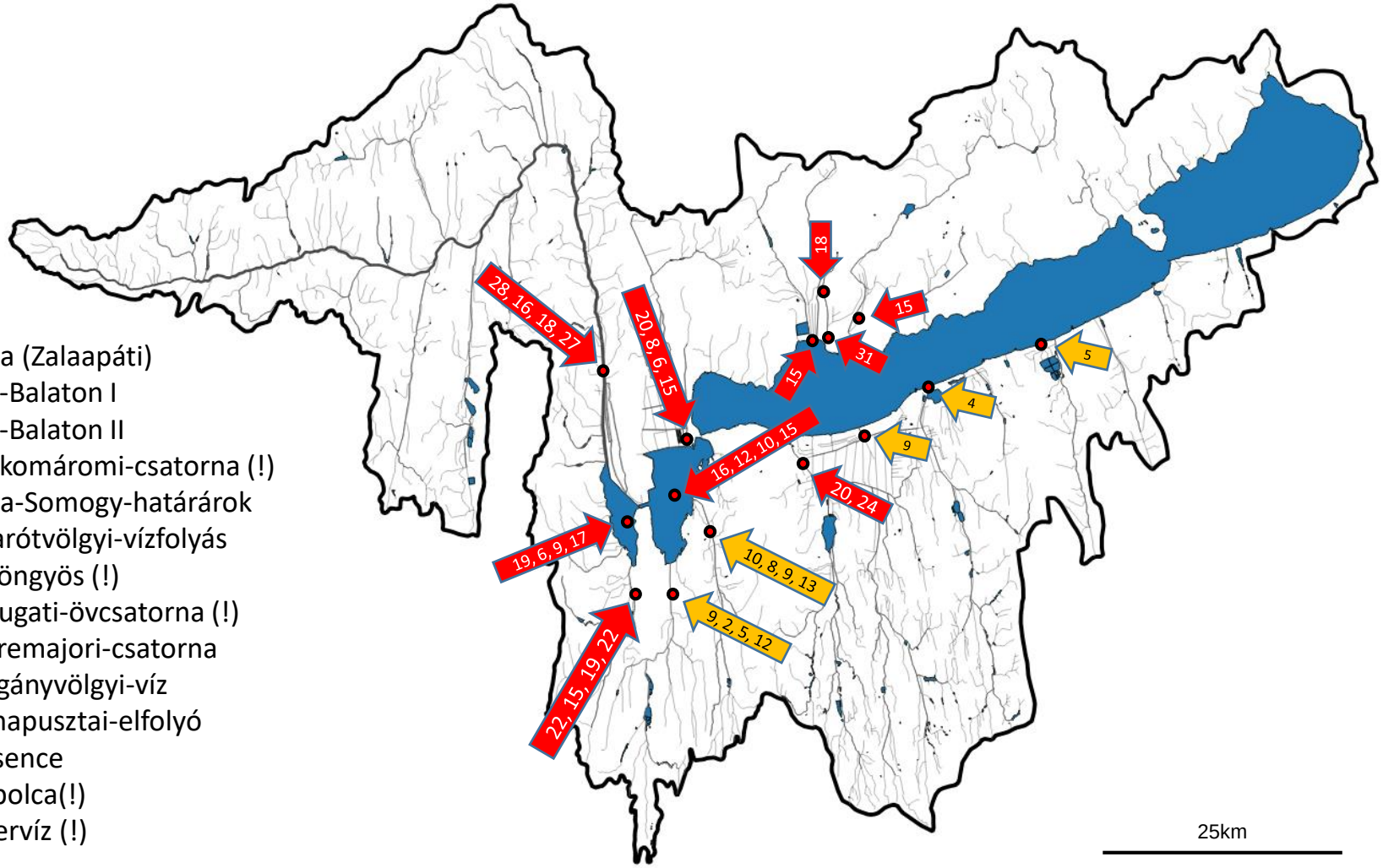
Received: 3 November 2017 / Accepted: 6 February 2018
© This is a U.S. Government work and not under copyright protection in the US; foreign copyright protection may apply 2018

WWTP ~ 1000 ng/L

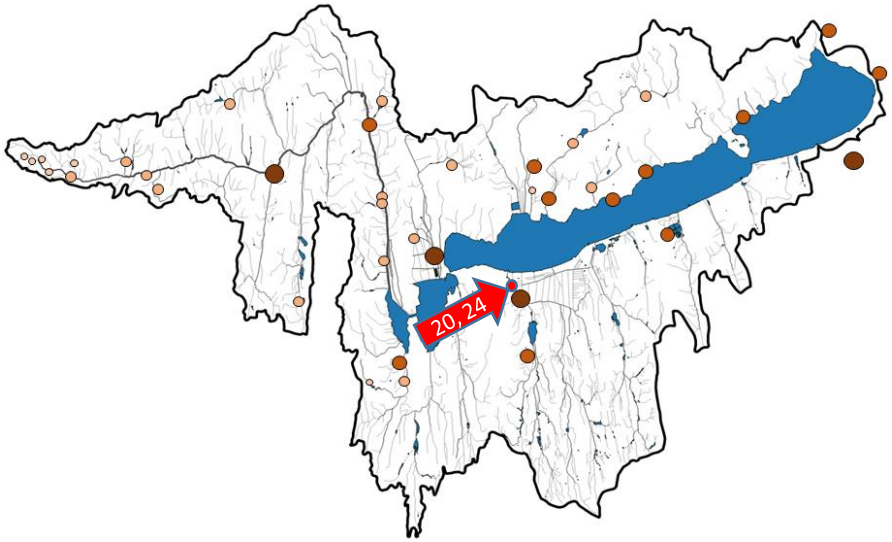
FWR ~ 30 ng/L

Újabb vizsgálatok a Kis-Balatonon és a kisebb befolyókon

- Zala (Zalaapáti)
- Kis-Balaton I
- Kis-Balaton II
- Kiskomáromi-csatorna (!)
- Zala-Somogy-határárok
- Marótvölgyi-vízfolyás
- Gyöngyös (!)
- Nyugati-övcsatorna (!)
- Imremajori-csatorna
- Pogányvölgyi-víz
- Irmapusztai-elfolyó
- Lesence
- Tapolca(!)
- Egervíz (!)



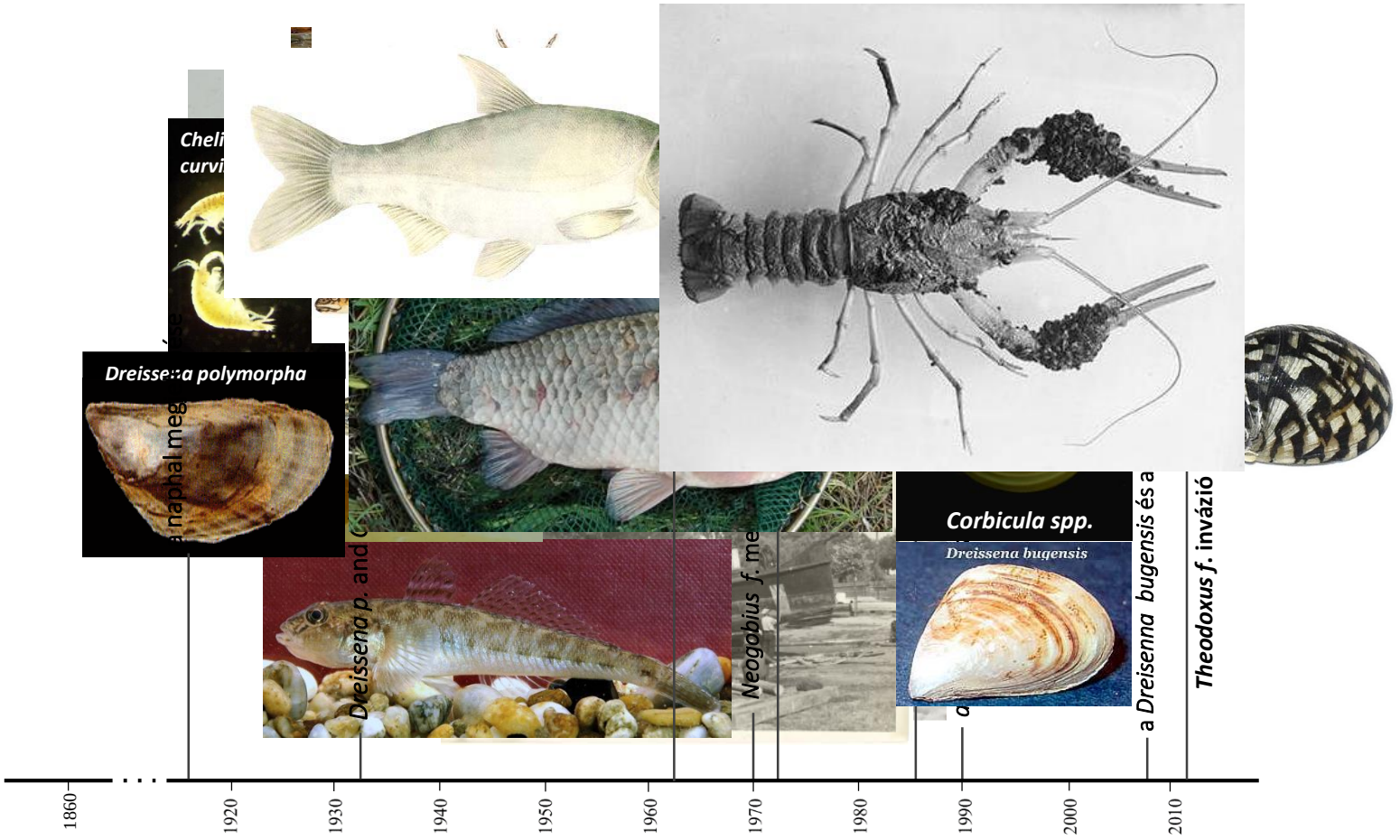
- Nagymértékű éven belüli ingadozás!!
- Kis-Balaton szerepe (UV, felmelegedés, mikrobiális bontás)
- Bypass?



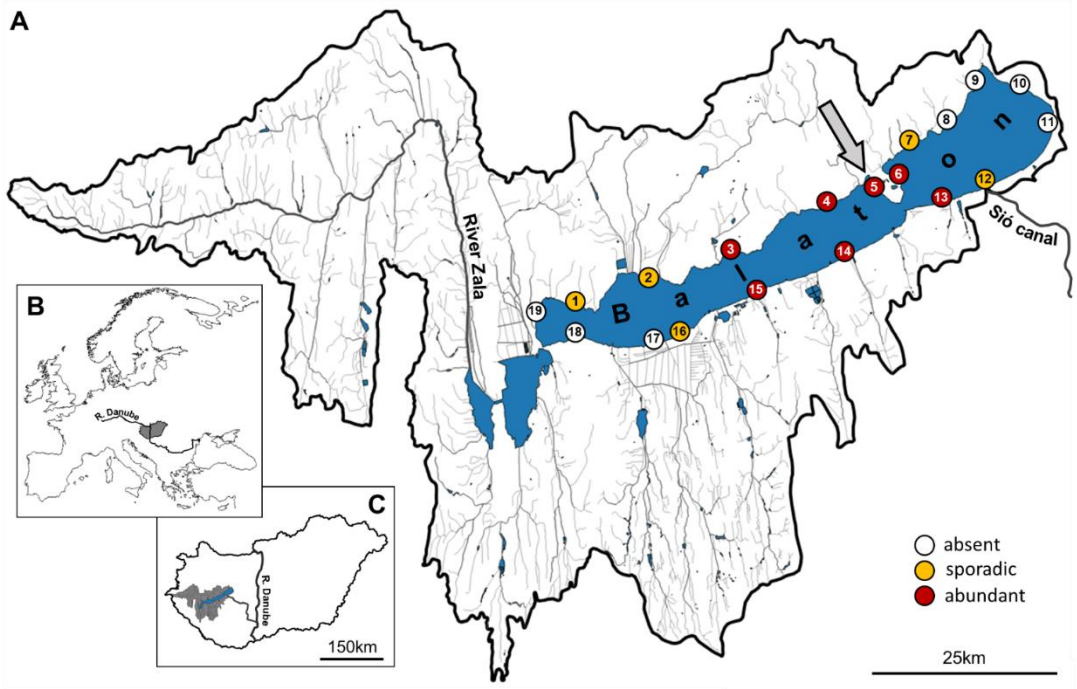
Nyugati-övcsatorna

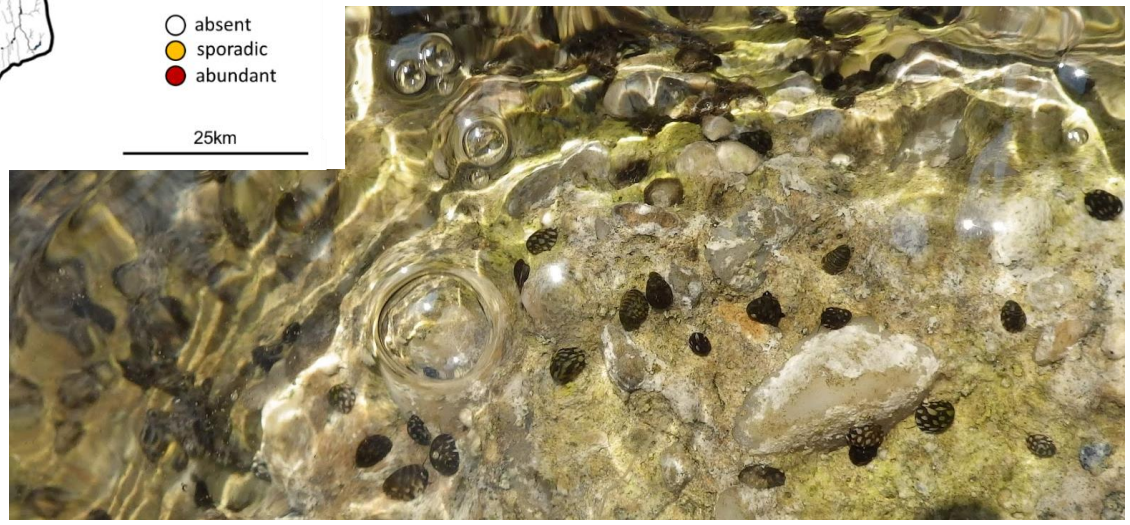
Köszönöm figyelmüket!

Idegenhonos fajok megjelenése az utóbbi évtizedekben



A folyami bödöncsiga megjelenése és terjedése a Balatonban





Takács et al. "Invasion in progress": first occurrence and spread of river nerite (*Theodoxus fluviatilis*, L. 1758) in the largest Central European shallow lake, Lake Balaton, Hungar. BIOINVASIONS RECORDS 8(2): 273-280.