

Väljakutsed kalade elus

Arvo Tuvikene

EESTI MAAÜLIKOOLI HÜDROBIOLOOGIA JA
KALANDUSE ÕPPETOOL

Arvo.Tuvikene@emu.ee

RIIKLIKULT TUNNUSTATUD
TEADUSEN
POPULARISEERIJAS



www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskus – juhtiv teadusasutus sisevete uuringute alal



Foto: Arvo Tuvikene

Kõige kiiremini ujuv kala maailmas on MUST MARLIIN



Ernest Hemingway
„Vanamees ja meri“ – sinine marliin

Kõige kiirem ujuja Michael Phelps



Küsimus

Must marliin ja M. Phelps ujuvad lendstardist võidu 100 m.

Kui kaugele on jõudnud Michael Phelps, kui Marliin on jõudnud finišisse?

Vastus

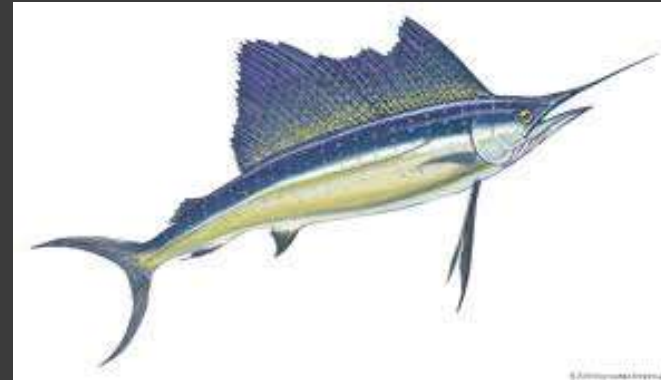
- 6 m 25 cm (must marliin)

Kui kiiresti kalad ujuvad

- Must marliin 128 km/h
- Purikala 110 km/h
- Mõõkkala 96 km/h
- Lõhe 60 km/h
- Haug 32 km/h
- Karpkala 6 km/h
- Merihobuke 30 m/h
- Michael Phelps 8 km/h



Lõhe



Purikala



Haug



Karpkala



Mõõkkala

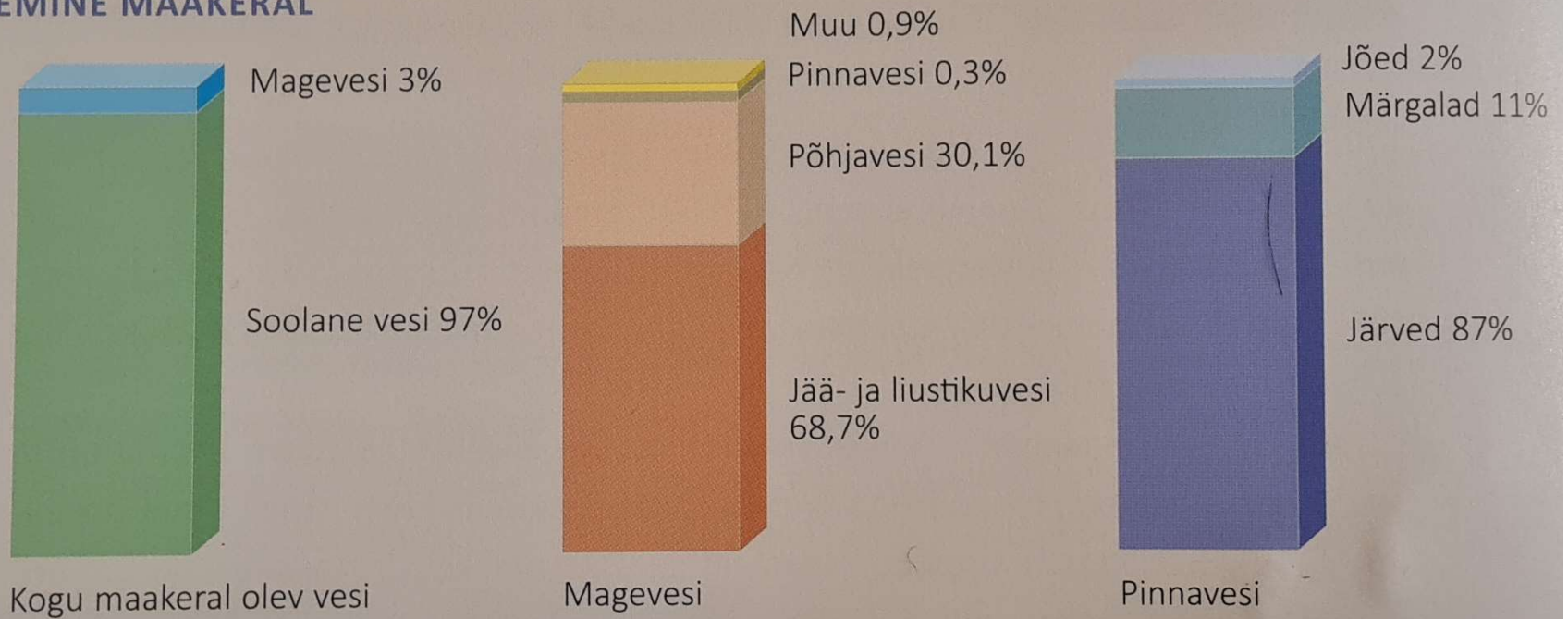


Merihobuke

Mõned faktid kaladest

Vee jagunemine maakeral

VEE JAGUNEMINE MAAKERAL

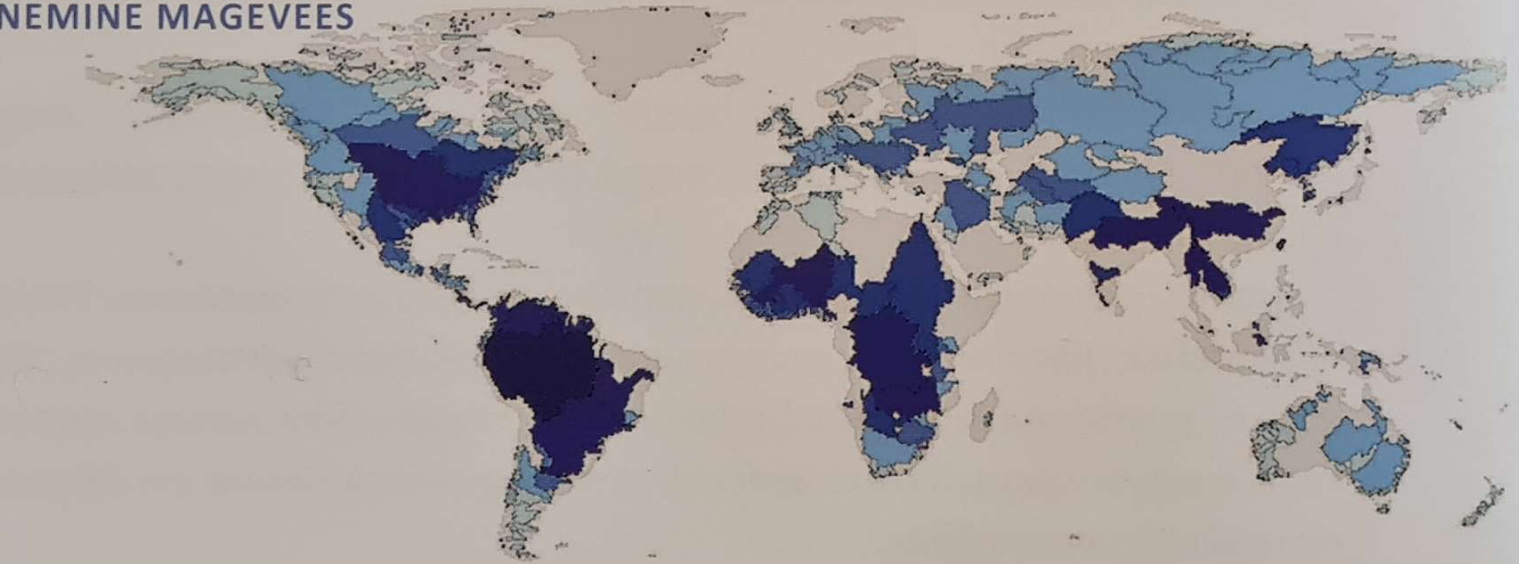
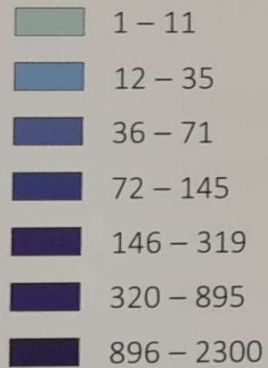


Allikas (km ³ x10 ⁶)	% kogu veest	Ruumala
Ookean	97,2	1350
Soolajärved	0,008	0,1
Magevesi (kogu)	2,8	37
Liustikud ja polaarjää	2,15	29
Põhjavesi	0,62	8,2
Pinnasevesi	0,005	0,07
Järved	0,009	0,12
Jõed	0,0001	0,001
Atmosfääri vesi	0,001	0,013
Organismide vesi	0,0001	0,001

- Maailmas kalaliike ca 34000 (ligikaudu pooled selgroogsetest), nendest 95% on luukalad
- Ligikaudu 5400 liiki elab Amazonases ja tema lisajõgedes
- Eestis kalaliike natuke üle 80, nendest 46 liiki mageveekalu

Kalaliikide levik magevees

KALALIIKIDE JAGUNEMINE MAGEVEES



Tuvikene, 2022

Amazonase ja Rio Negro veed kohtuvad

Üle 5000 kalaliigi elab Amazonase vesikonnas



pH = 6,8
ca 3900 kalaliiki

pH = 3,9
ca 1500 kalaliiki

Ära alati usu Vikipediat

- Rio Negros on must vesi, sellest ka nimi. See on sobimatu nii sääskede kui kalade eluks. Kala nappuse tõttu elab Rio Negro ääres vähe inimesi (Wikipedia).
- Rio Negros elab vähemalt 1500 liiki kalu
- Manaus – elanikke 2,2 miljonit

- Millises kohas elab kõige rohkem kalaliike? Kas ookeanides/meredes või magevees?

48% kalaliikidest elab magevees,
52% merevees (97% ookeanide
vesi; 0,005% magevesi)



Foto: Arvo Tuvikene

Kalaturg Amazonasel



Fotod: Arvo Tuvikene

Kalaturg Rio Negro ääres



1 m, 40 kg



Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Fotod: Arvo Tuvikene

Arapaima gigas - oblikatoorne õhuhingaja, oli veel hiljuti suurim mageveekala



Arapaima kaal võib olla üle 200 kg ja pikkus rohkem kui 4,5 meetrit

Foto: Arvo Tuvikene



Põud Amazonasel 2023. aasta lõpus

Foto: Arvo Tuvikene



Manause kalaturg

Foto: Arvo Tuvikene

Must kaiman



Film: Arvo Tuvikene

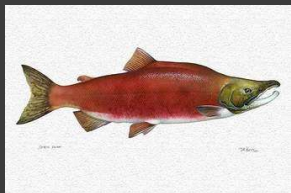


Foto: Arvo Tuvikene



Foto: Arvo Tuvikene

Kuriili järv: 2 liiki kalu



Nerka (*Oncorhynchus nerka*)



Malma (*Salvelinus alpinus*)

Film: Maksim Fedjusenko



Foto: Lea Tuvikene



Kalad, kes ei külmu (veres spetsiaalsed valgud e. antifriisid, mis ei lase veres jääkristalle tekkida.

- Suudavad elada Antartikas, kus veetemperatuur alla 0°C (-1,9),



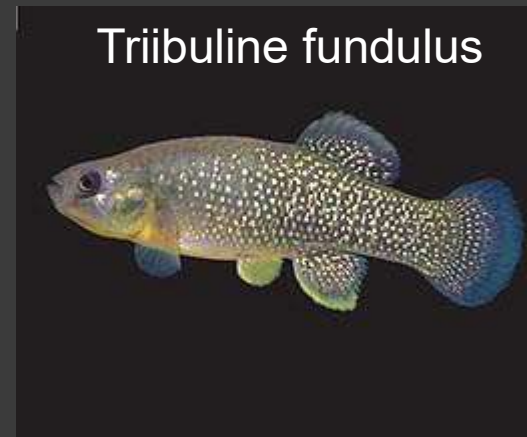
Jääkala, Foto: J. Gutt ja W. Dimmler



Foto: Marrabbio2

Magadi järves (Keenia) elab ainult Magadi tilaapia (*Alcolapia graham*), pinnahingamine järve temperatuur soojeneb kuni 43°C ja pH üle 10, erinevalt enamusest luukaladest lämmastikühendite laguprodukt on urea ja mitte ammoniaak)





- kõrgmägedes 4000 m üle merepinna. Praktiliselt destileeritud vees ja soolajärvedes (13,8 g/l). Siirdekalad võimelised liikuma mere- ja magevee vahet.

Titicaca järv,
3812 m üle
merepinna



Fotod: Lea Tuvikene

KALADE KEELTEST JA MEELTEST

Kalad saavad informatsiooni mitmete meelte abil:

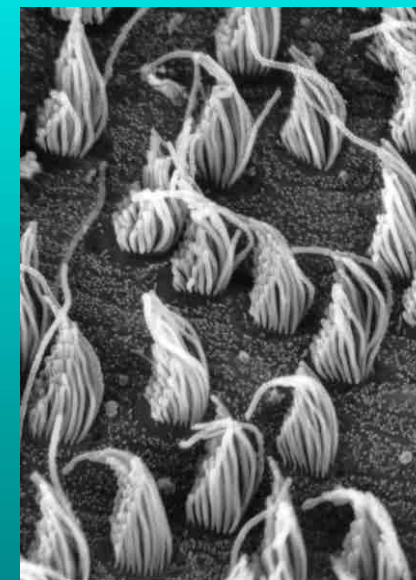
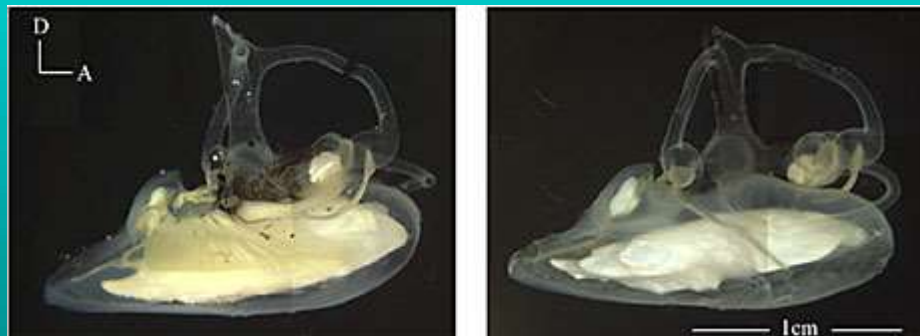
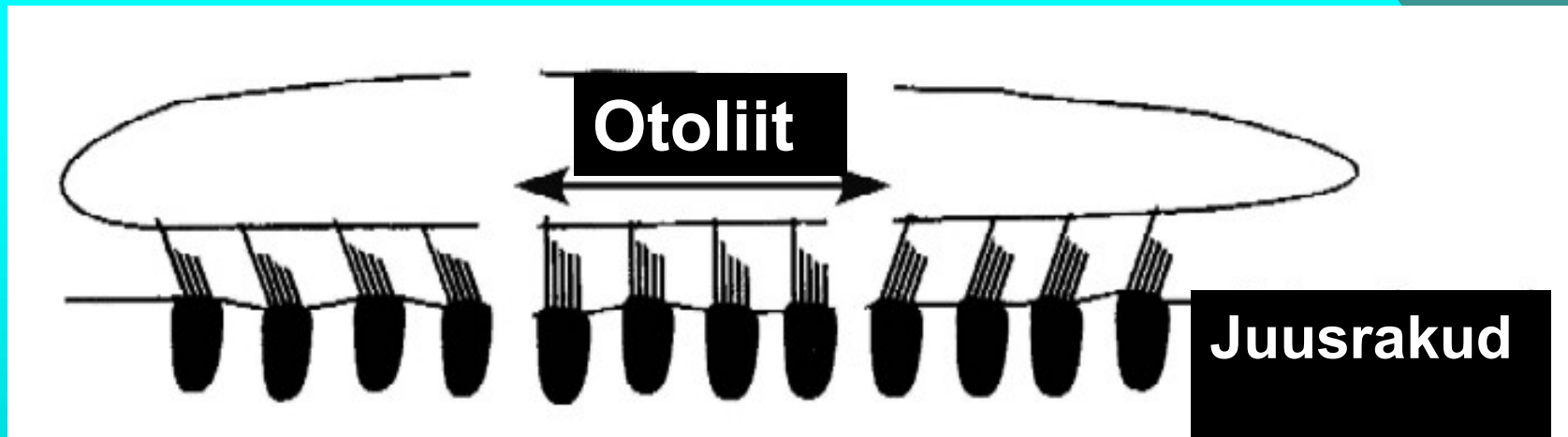
- Haistmine
- Kuulmine
- Küljejoon
- Kompimine
- Nägemine
- Maitsmine
- Elektrivälja tunnetamine

Pikka aega arvati, et kalad ei kuule,
või kuulevad väga halvasti.
Kalal ei ole välis-, ega keskkõrva,
aga on sisekõrv



Vesi on kuulmiseks hea keskkond

- Heli liigub vees ca 5 korda kiiremini kui õhus.
- Heli sumbub vees väga aeglaselt



Kala labürintorgan. Valged kolm otoliiti

Kalade kuulmise ulatus

- Enamus kalu kuuleb hästi helivahemikku 20-1000 Hz (inimene kuuleb 16-20 000 Hz), aga paljud kalad kuulevad hästi infraheli (alla 20 Hz) ja mõned väga kõrgeid ultraheliseid (180 000 Hz).

Kalad võib jagada kuulmisvõime järgi:

⦿ Kehvad kuuljad

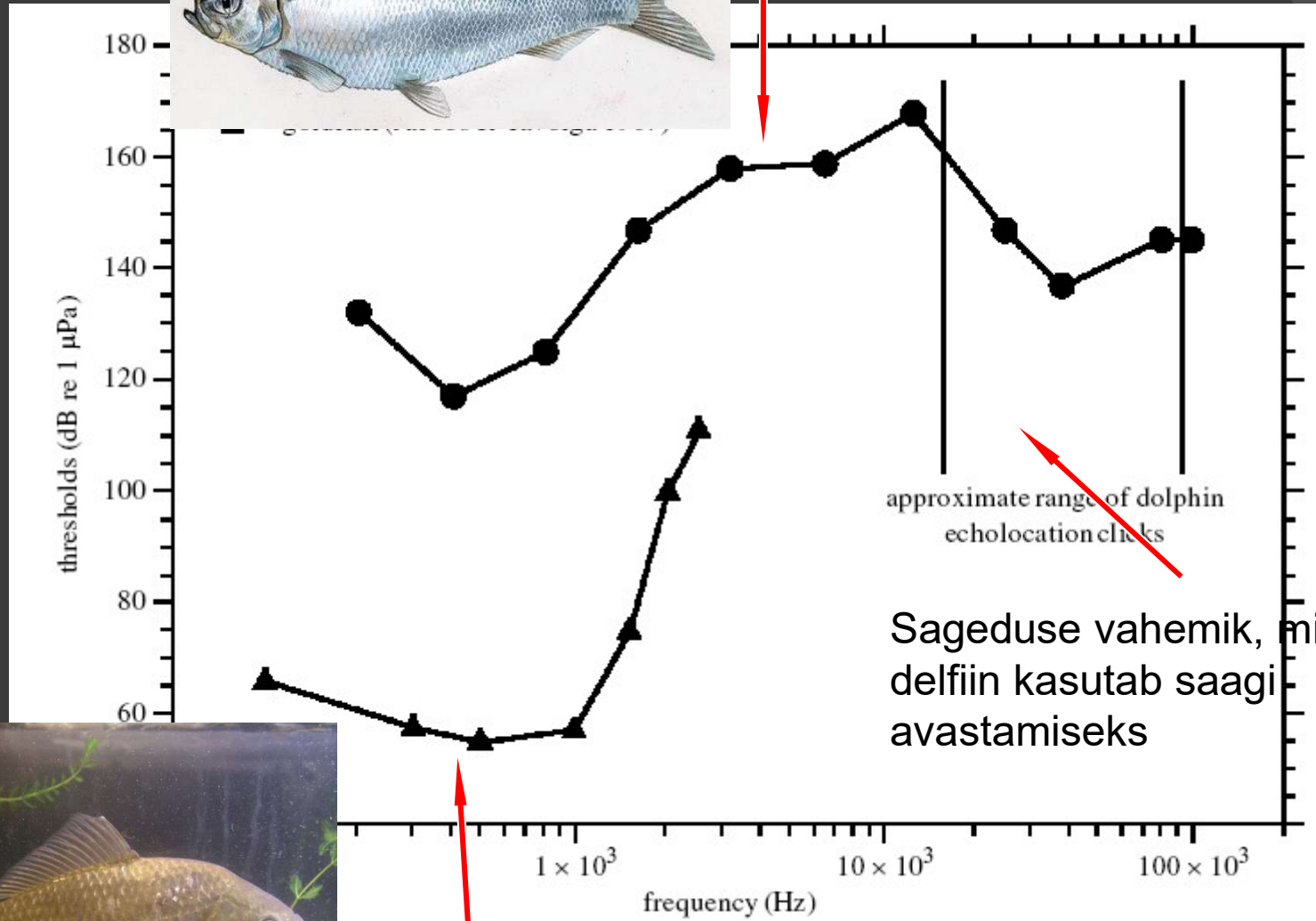
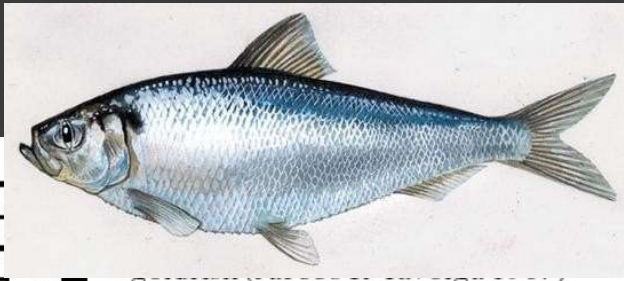
- Ujupõis puudub – lestad
- Ujupõis esineb, kuid ei moodusta jätkeid sisekõrva – lõhilased, ahvenlased

⦿ Head kuuljad

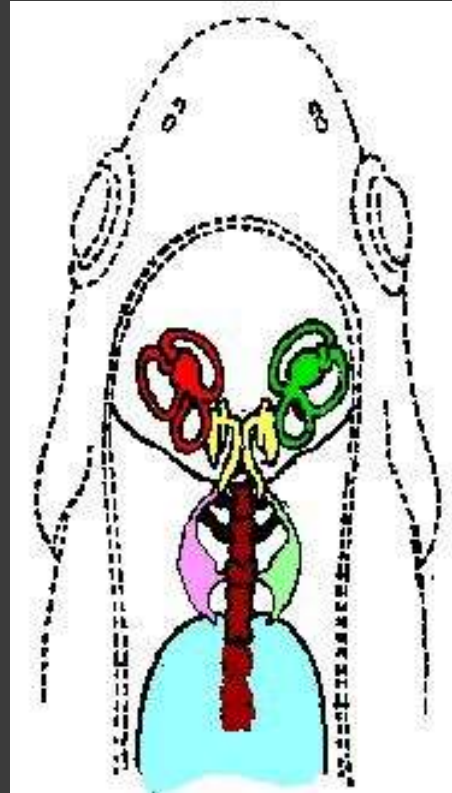
- Ujupõis moodustab jätked sisekõrva – tursk, heeringas
- Ujupõis ühenduses sisekõrvaga Weberi aparadi kaudu – karpkalalased, hinklased, sägalased



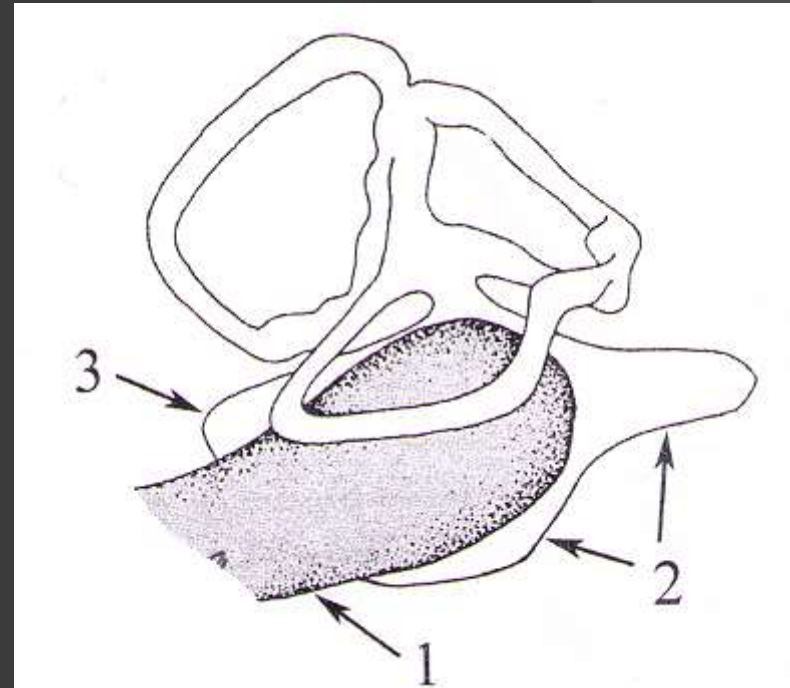
Alosa (heeringaline)



Hõbekoger (kuldkala)



Karpkalalase Weberi aparaat



Ujupõie jätke
heeringalistel

Mõnede kalade kuulmisulatus

Kuulmisgeneralistid

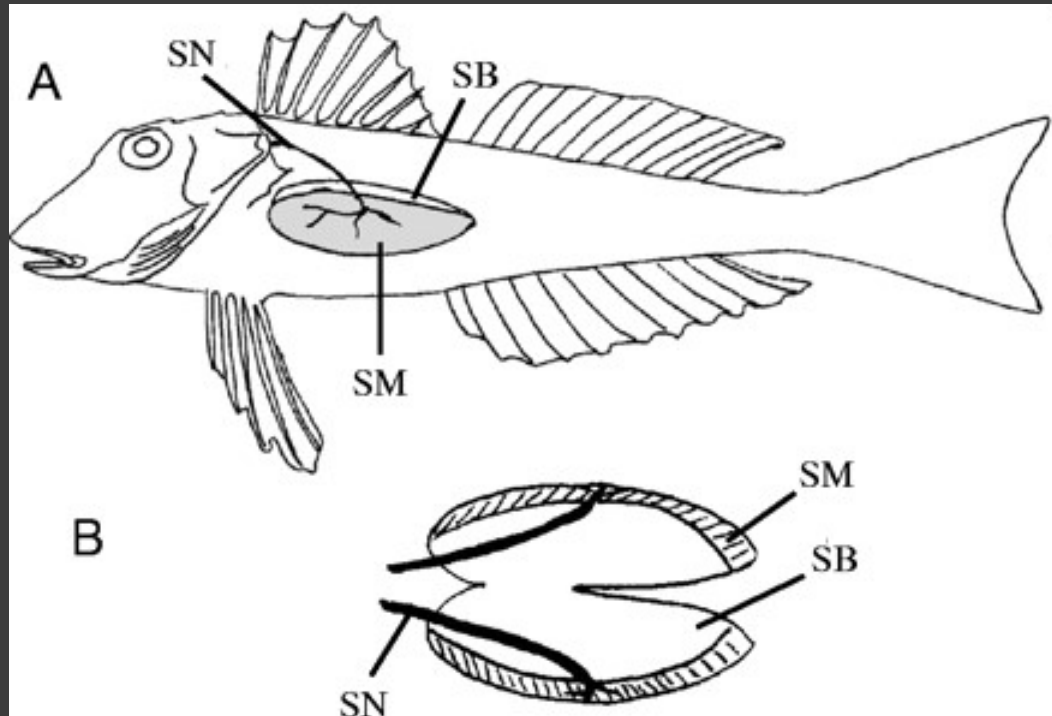
Liik	Hz
Lest	< 450
Tursk	< 470
Angerjas	< 650
Lõhe ja meriforell	< 300
Makrell	< 300

Kuulmisspetsialistid

Liik	Hz
Koger	< 4000
Lepamaim	< 8000
Mõned sägad	< 13000

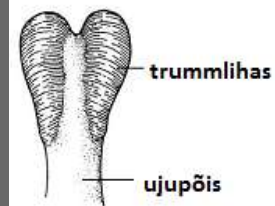
Tuvikene, 2022

TUMM NAGU KALA?



Kalad tekitavad helisid näiteks helilihase e. trummlihase (SM) vibreerimisega vastu ujupõit (SB). SN – helinärv. Õhu väljasurumisega ujupõiest. Luude, hammaste, uimekiirte hõõrumisel üksteise vastu.

Lutsu
trummlihase



Miks me ei kuule kalade hääli?

- Kui helilaine liigub veest õhku või vastupidi, kaotab see 99,9% oma energiast.

Stetter, H. Z. 1929. *Vergl. Physiol.* 9: 339-477

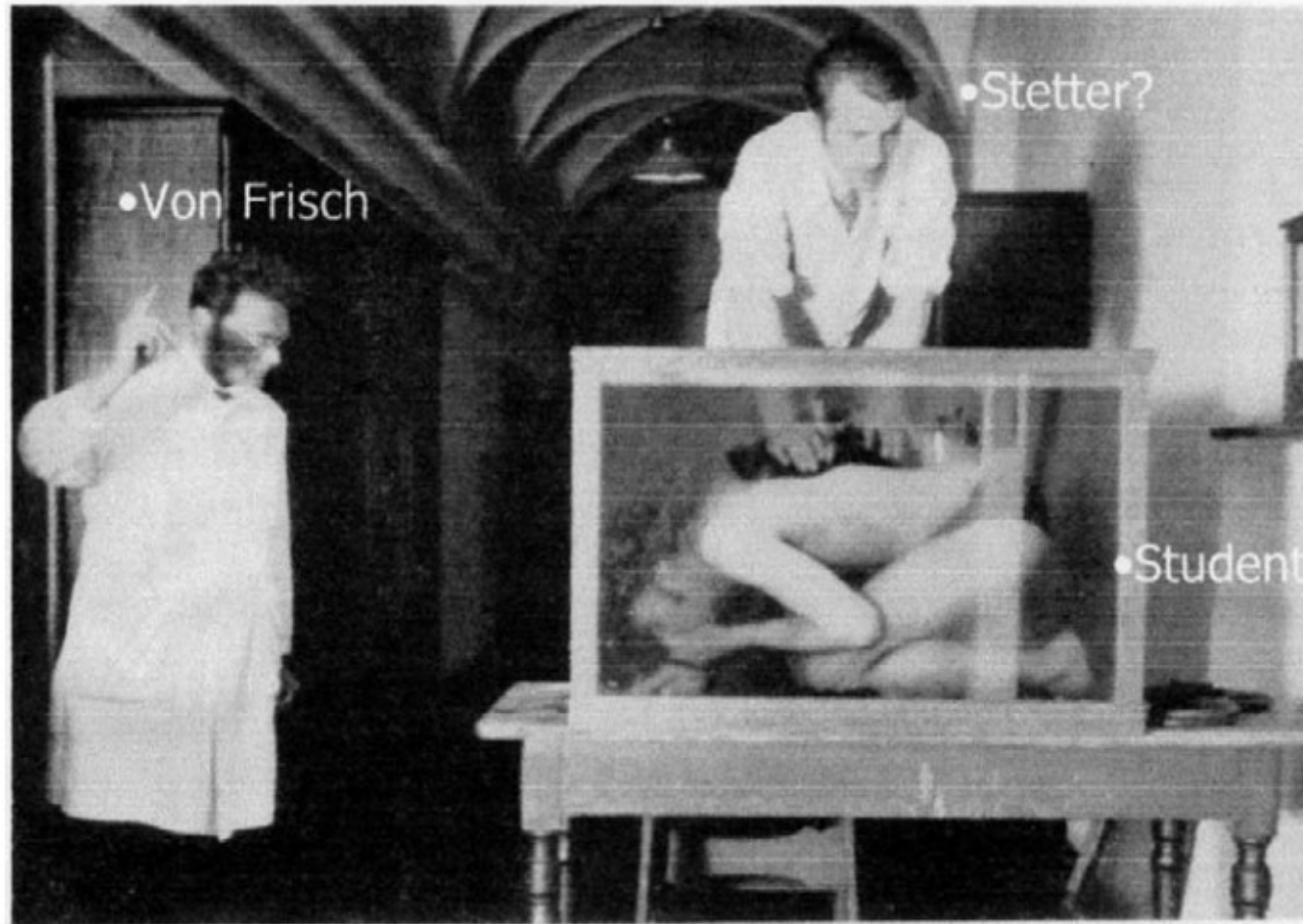
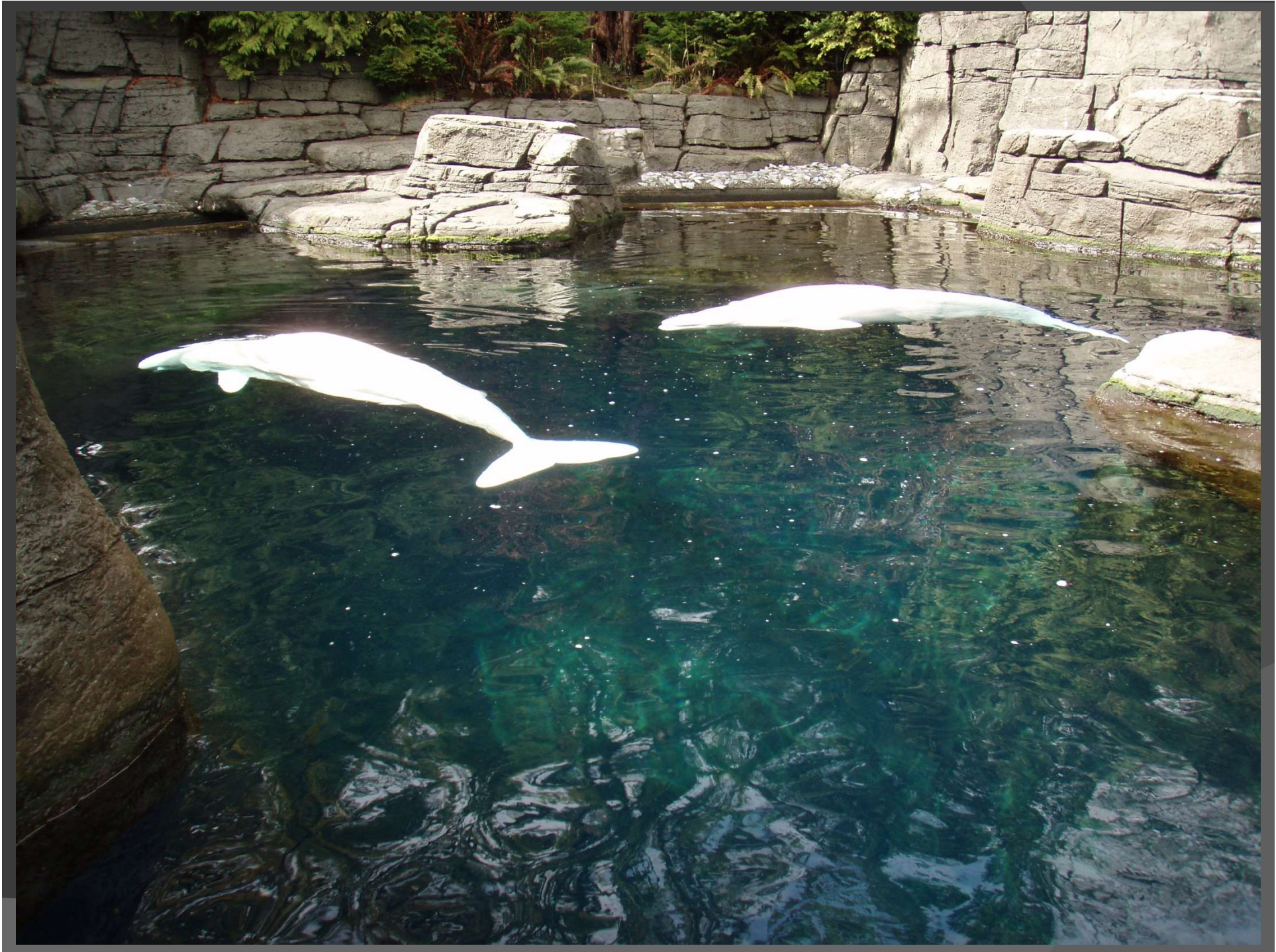


Abb. 7. Versuchsanordnung für die Vergleichsversuche mit Menschen unter Wasser.



Haug

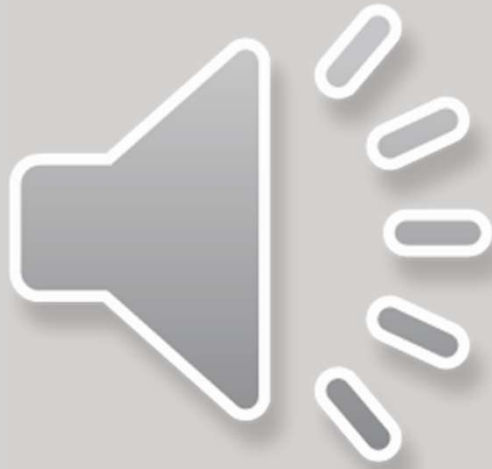


Lindistus Sture Palmer



Foto: Arvo Tuvikene

Karp



Lindistus: Sture Palmer

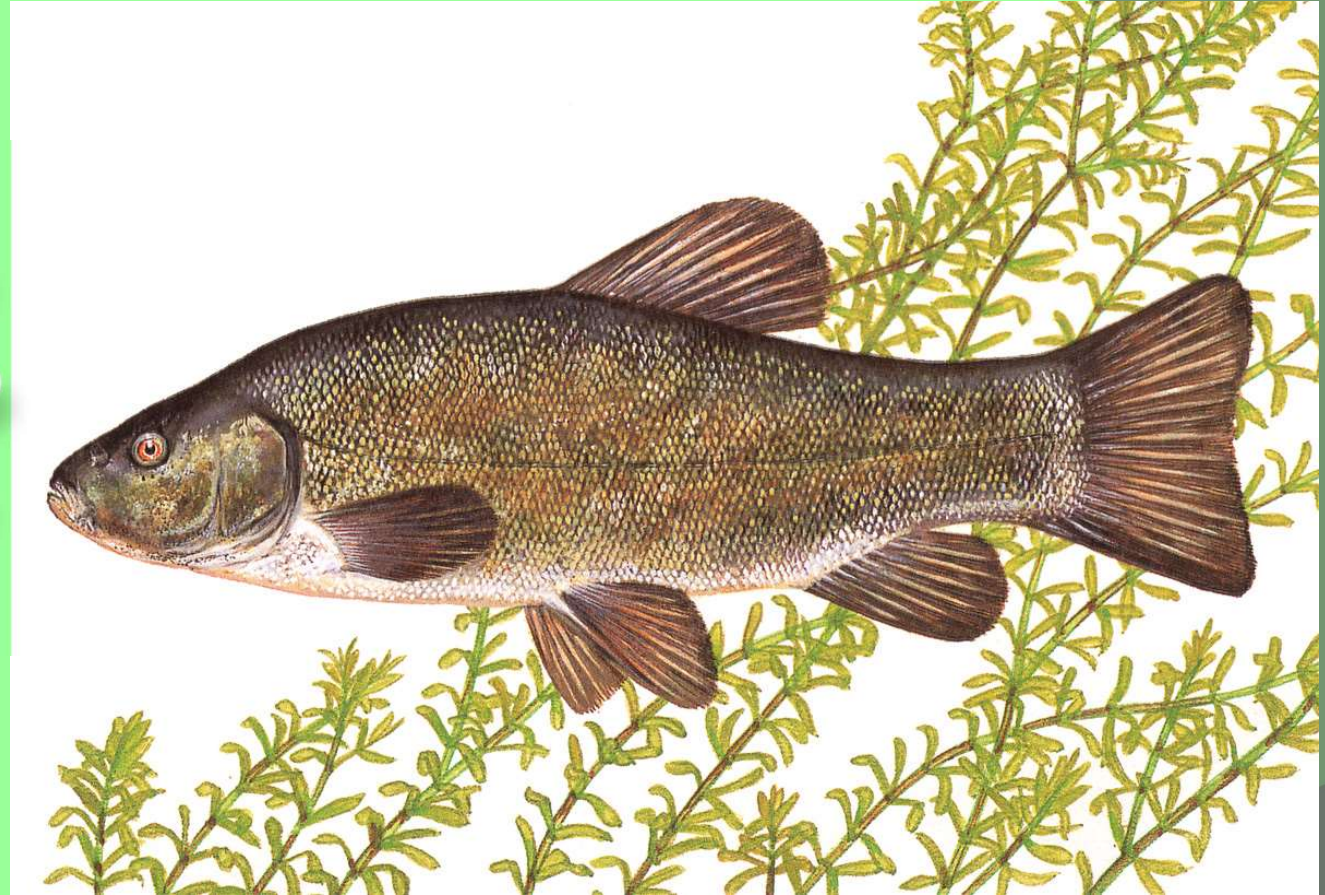


Foto: internet

Linask



Lindistus Sture Palmer



Löhe



Lindistus Sture Palmer

Foto: www.enature.com

Luts



Lindistus: Bergeni Ülikool





Lindistus Sture Palmer

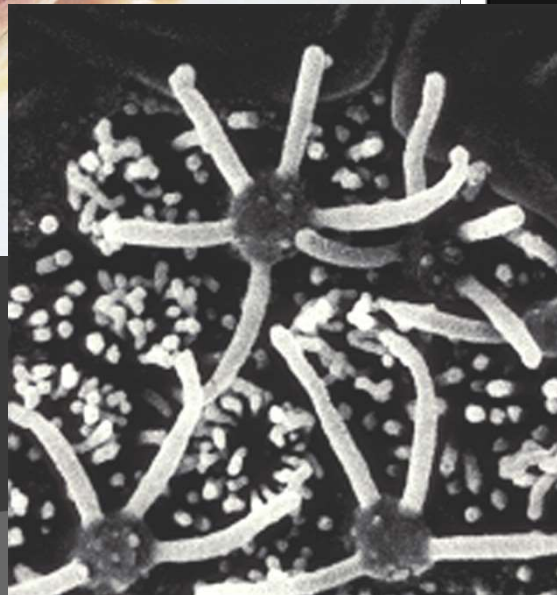
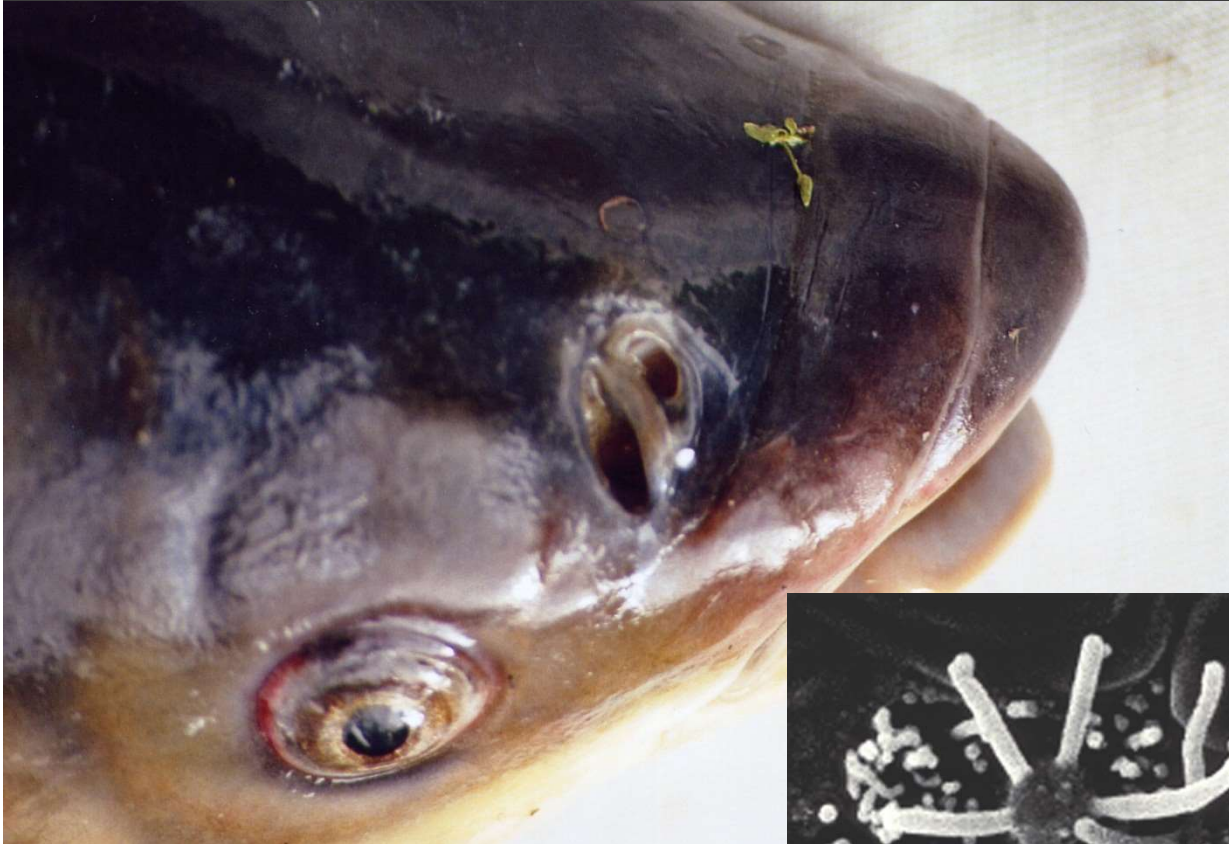
Angerjas



Foto: Arvo Tuvikene

Kalade haistmine

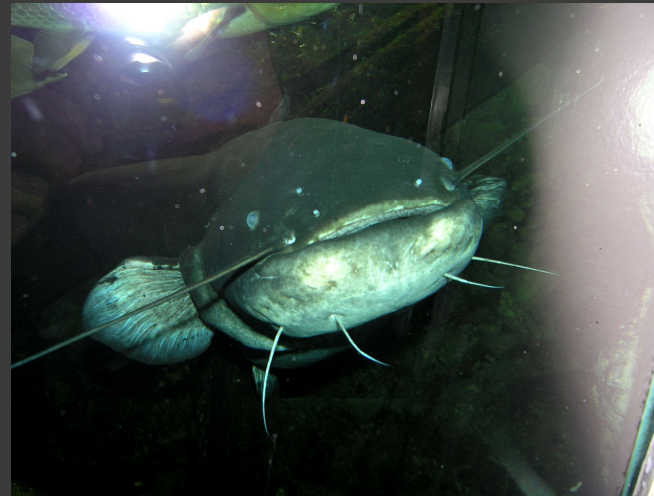
Kala olfaktorine organ



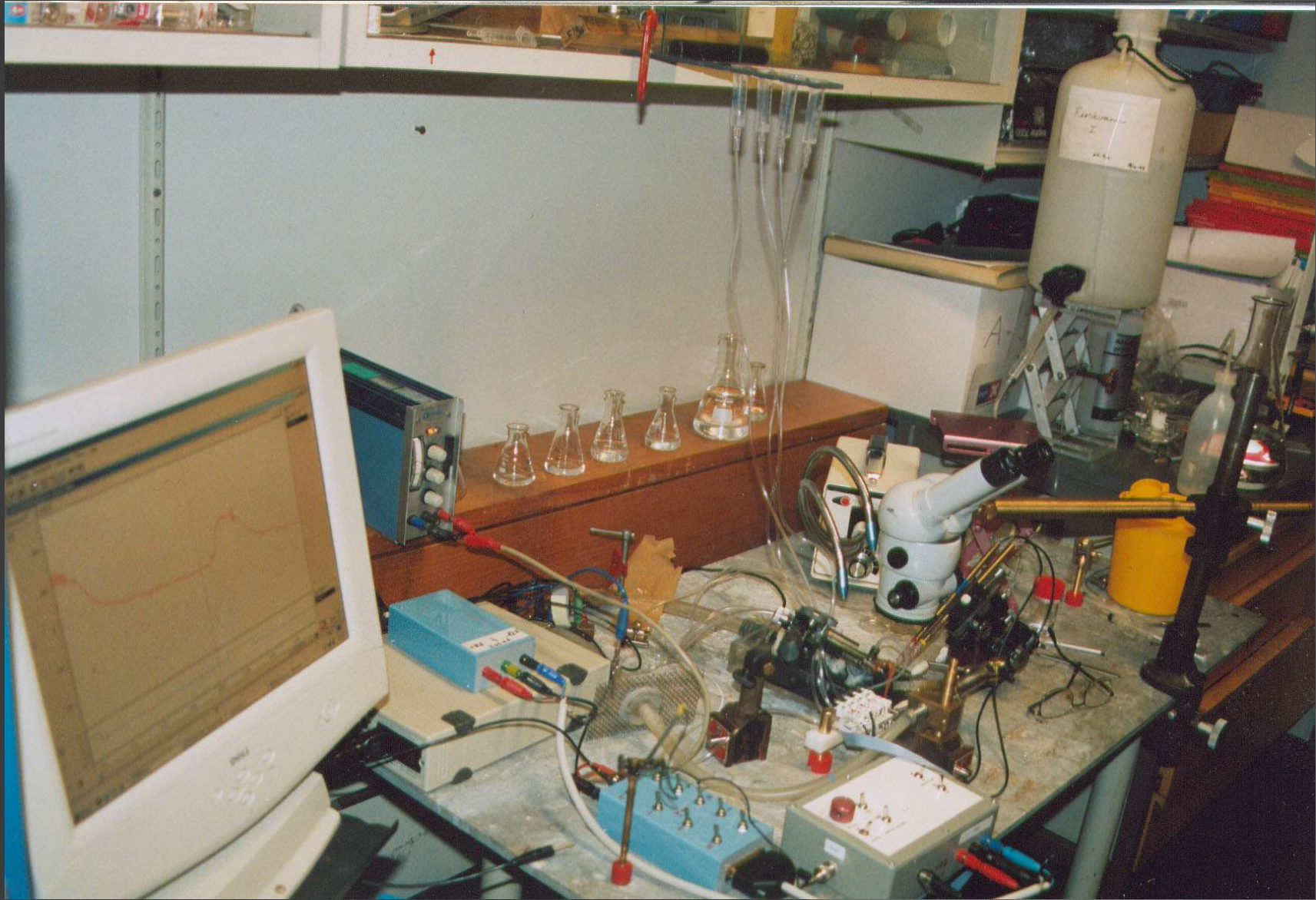
Fotod: Eckart Zeiske

Haistmisretseptorrakkude koguhulk mõnede kalade ja imetajate haistmisorganites

Ahven	3 000 000
Haug	6 000 000
Latikas	27 000 000
Säga, angerjas	155 000 000
Inimene	10 000 000
Koer	224 000 000

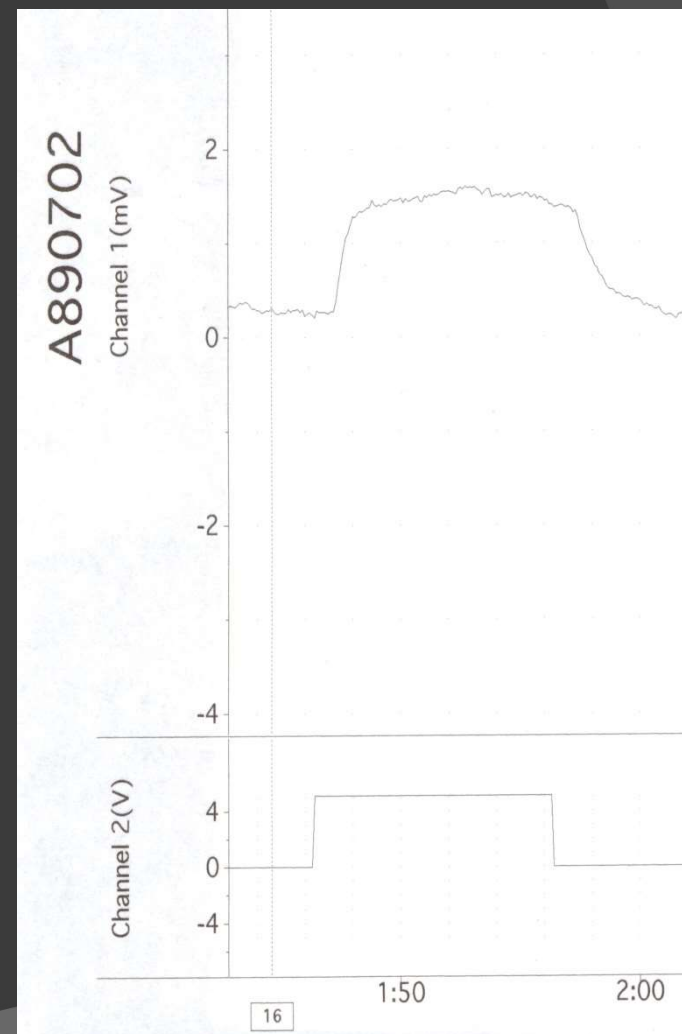


Fotod: Arvo Tuvikene





1% põlevkivituha ekstrakt Balti SEJ tuamägedelt



Angerja haistmine on ülitundlik

- Arvatakse, et angerjas tajub parfümeerias kasutatavat roosilõhnaga fenüületüülalkoholi kontsentratsioonil $2,8 \times 10^{-18}$.
- 1g seda ainet tuleks lahustada 357 km³ (357 Vörtsjärves).

Alarmreaktsiooni avastas Austria teadlane
Karl Ritter von Frisch

Sai 1973.a. Nobeli preemia
(koos Nikolaas Tinbergeni ja
Konrad Lorenziga)

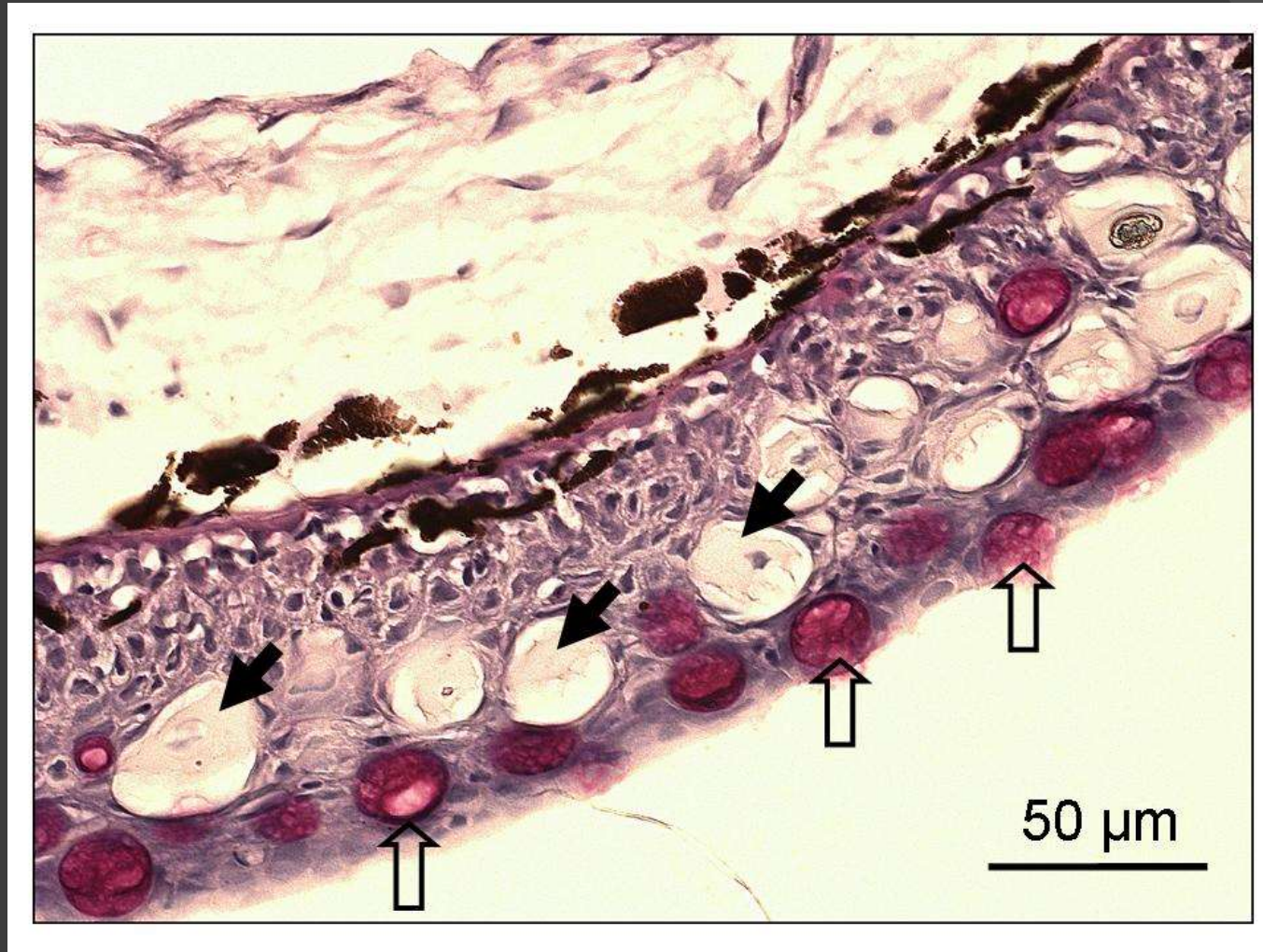


Wikipedia

Kogre alarmreaktsioon



Film: Arvo Tuvikene

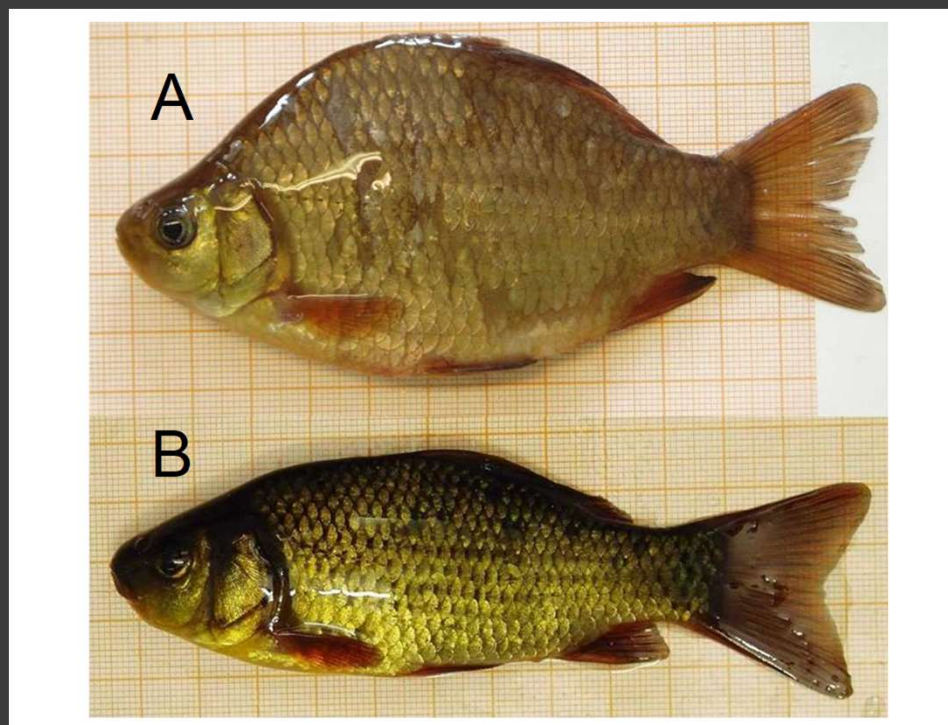


Alarmainerakud (mustad nooled) ja limarakud
(valged nooled) kogre nahas

Ole B. Stabell, Anne Vegusdal, K. Håkan Olsén and Arvo Tuvikene, 2010

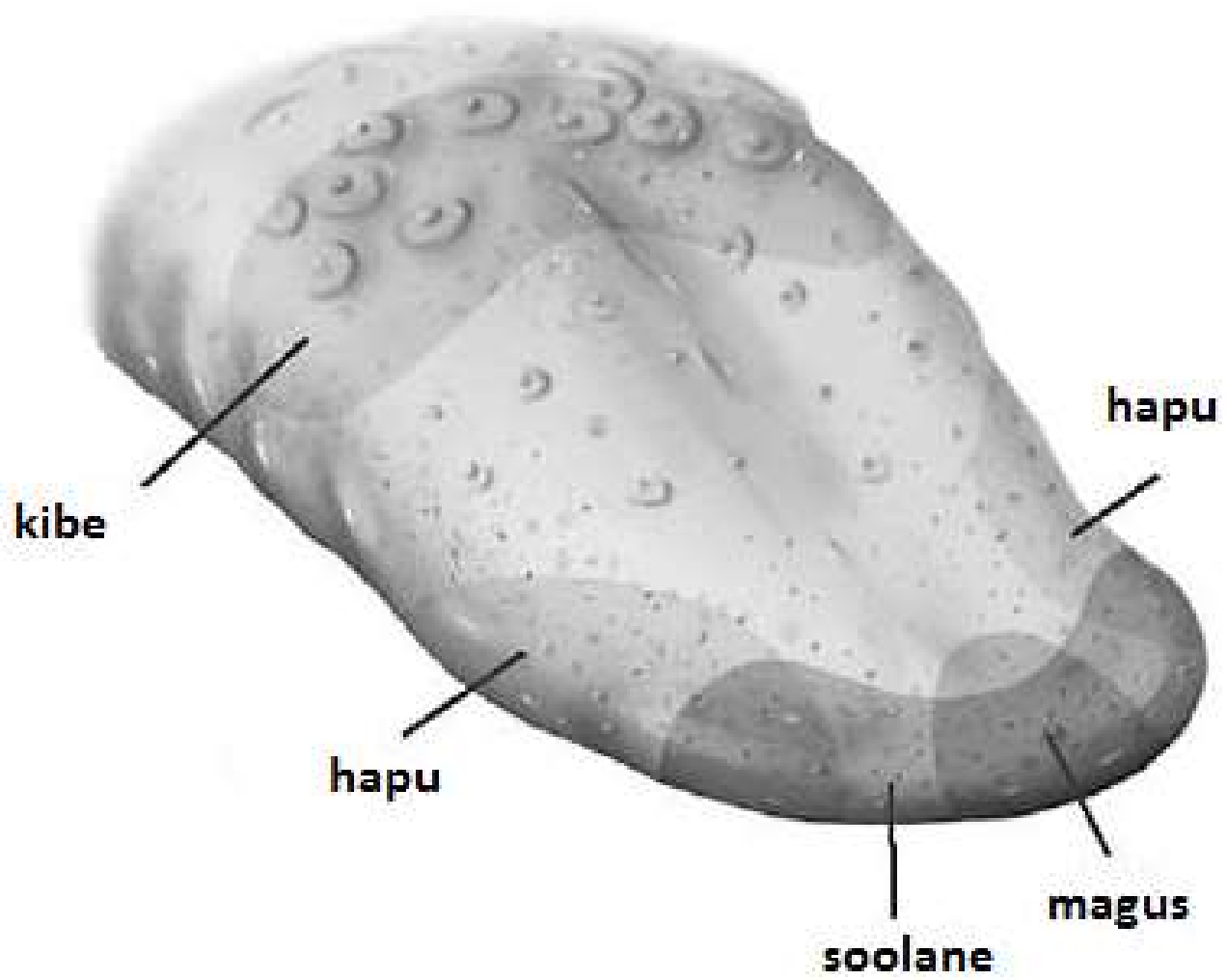
Alarmaine põhjustab keha väliskuju muutust

A) Tüese koger elab veekogudes, kus esineb röövkalu.

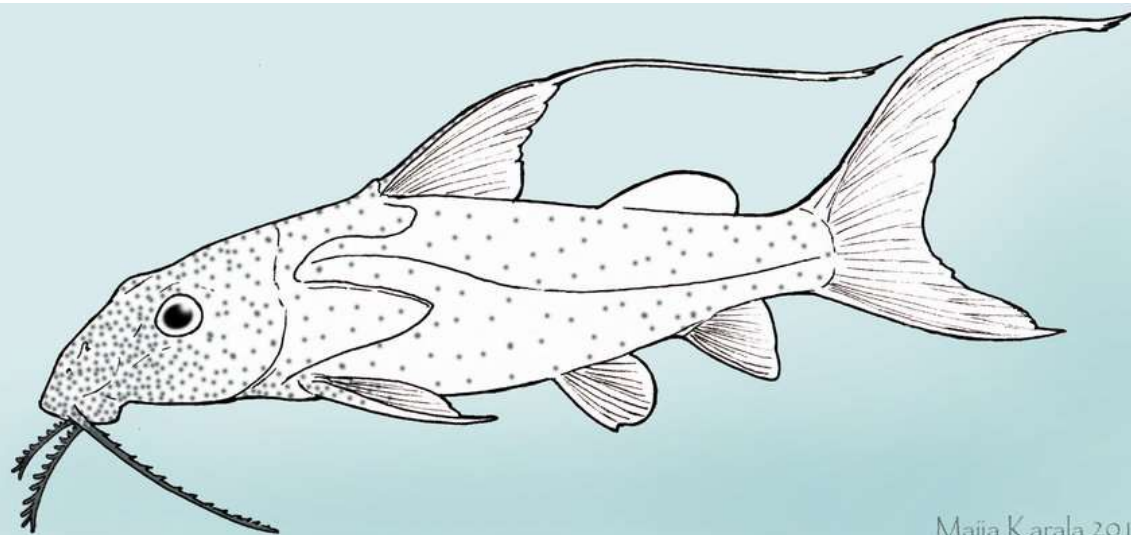


B) Sale koger seal, kus röövkalu ei ole ja elab sageli monokultuurina.

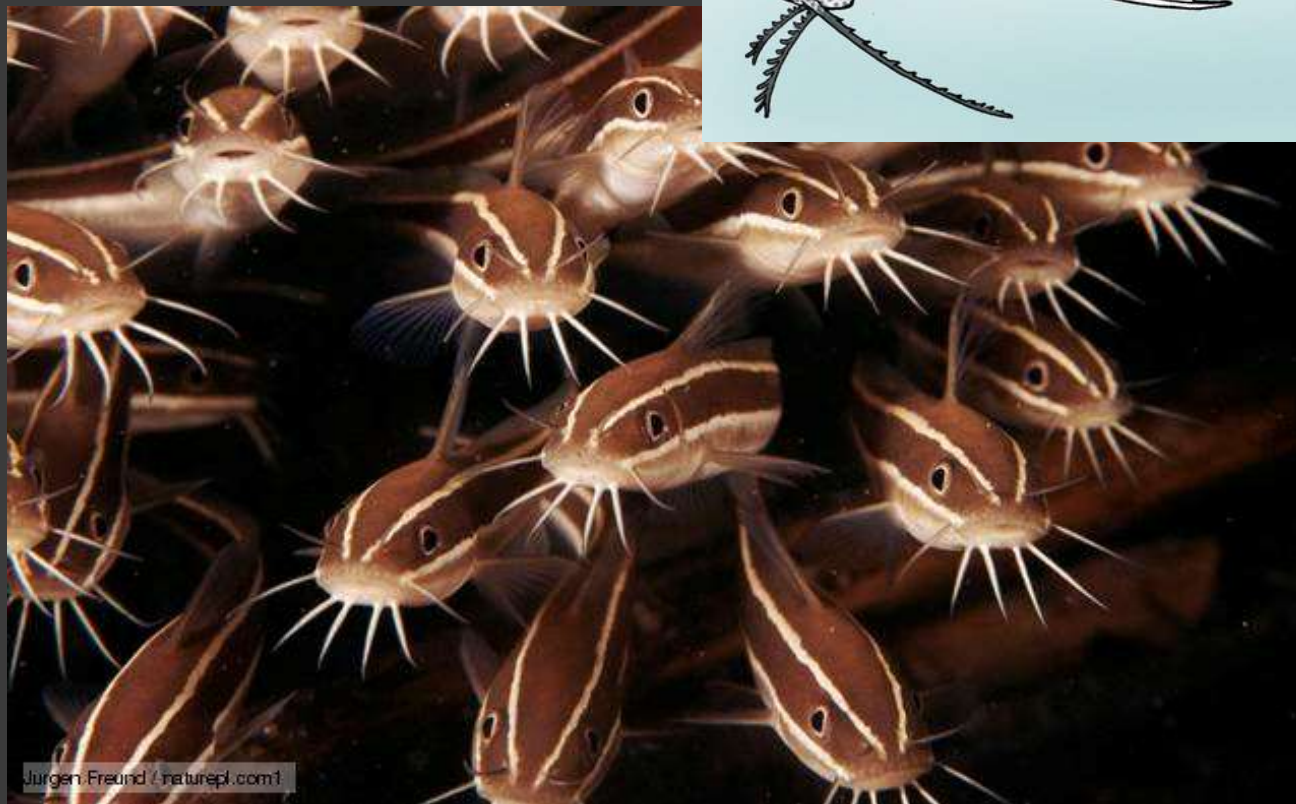
KALADE MAITSMISMEEL



Iga täpp tähistab
100 maitsmispunga



Maija Karala 2012



Neil sägadel on üle kogu keha 100 000 maitsmispunga

Maitsmispung angerja keelel. Kaladel on maitsemeel arenenud ka väljaspool suud, nahal ja uimedel

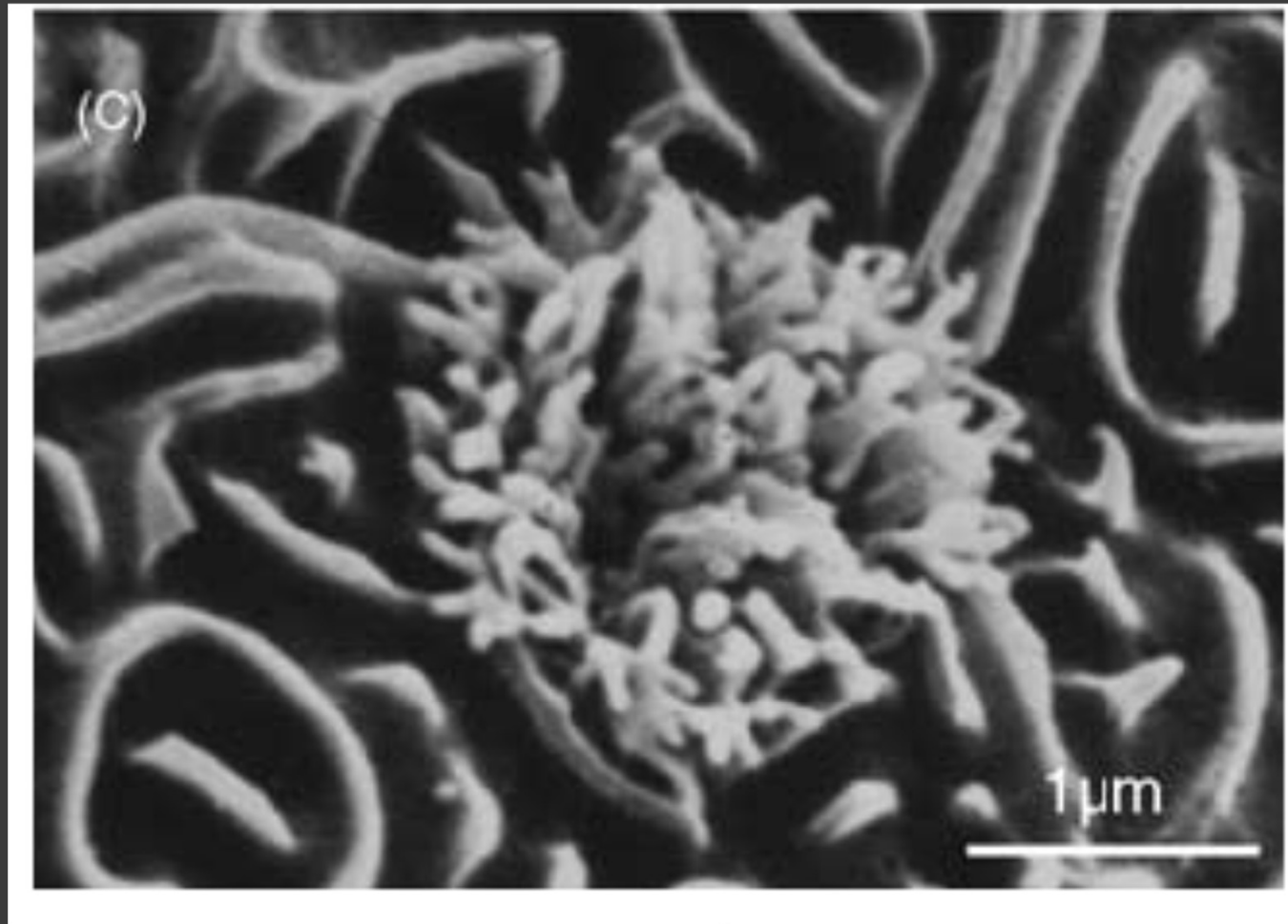
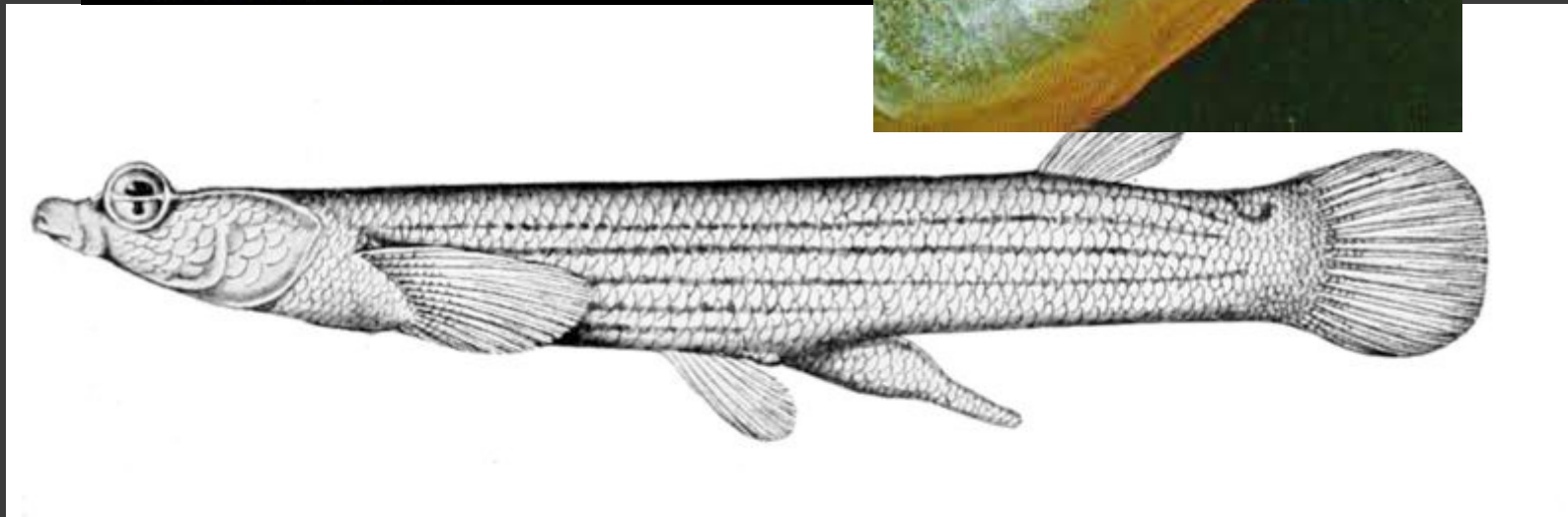
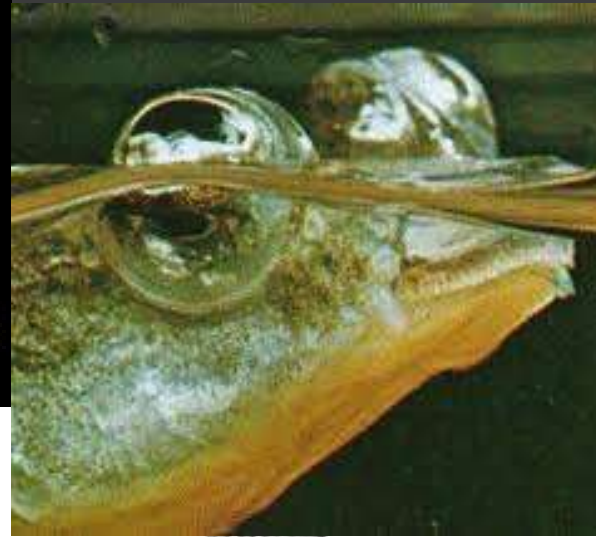
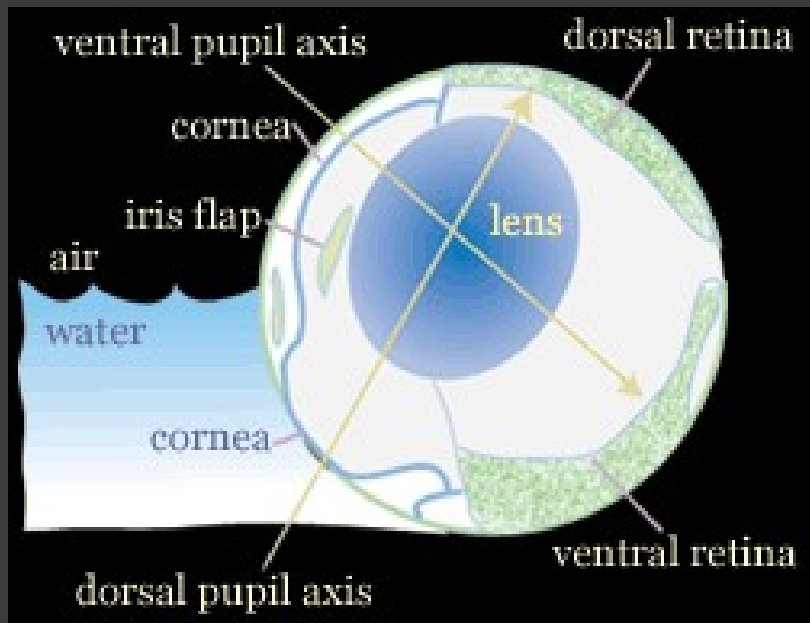


Foto: Kjell Døving

Kalade nägemine

Nelisilmkala





Film: Arvo Tuvikene

Elevantkala öösel



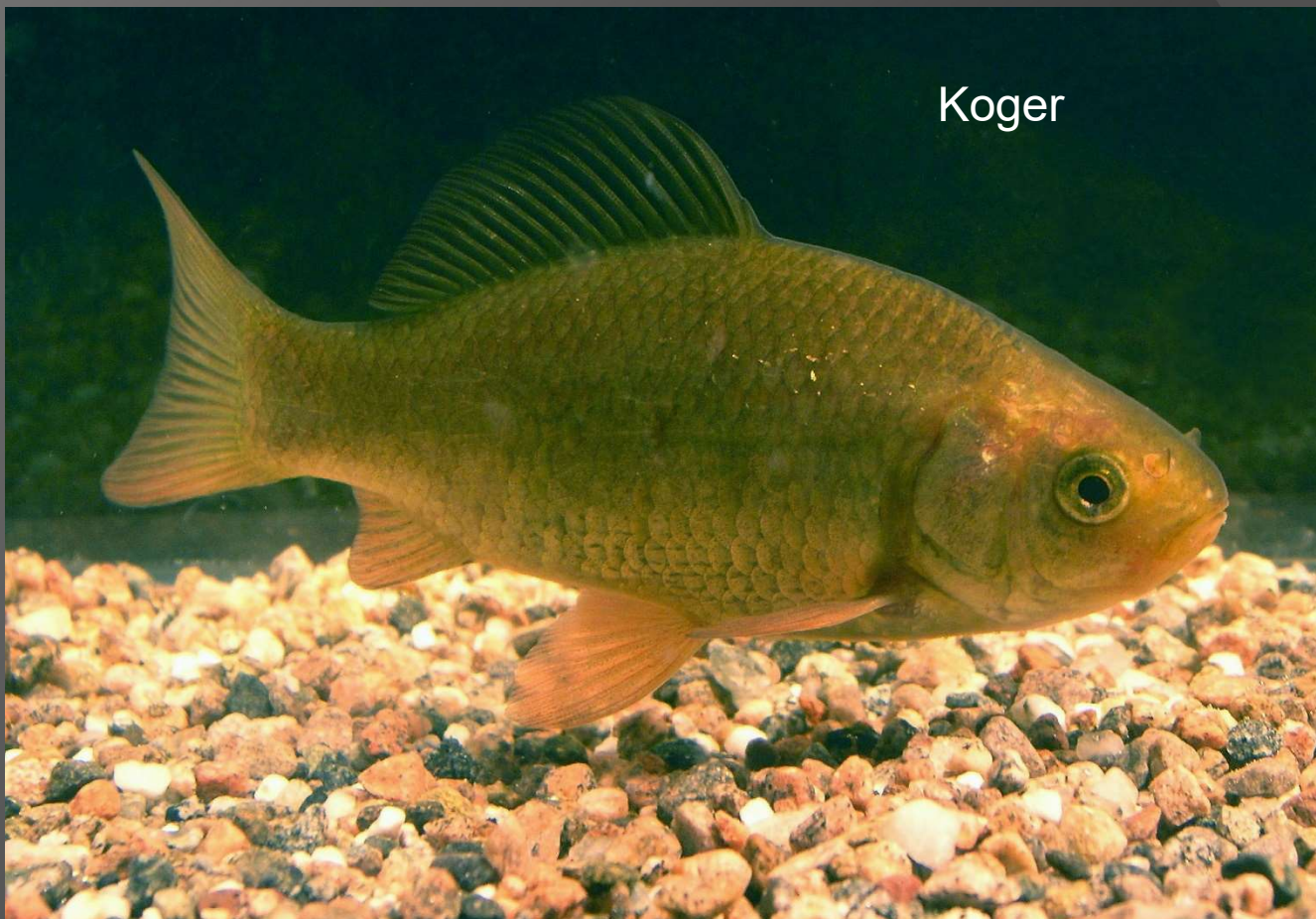
Film: Arvo Tuvikene

Mudahüpik on kala, kes enamuse aja elab veest väljas – sellest tuleneb see, et näeb paremini õhus kui vees.



Foto: Bjørn Christian Tørrissen

Kalad ja hapnikupuudus



Koger

Foto: Arvo Tuvikene

Vingerjas



Foto: Arvo Tuvikene



Hink

Foto: Arvo Tuvikene

Õhk vingerja sooles

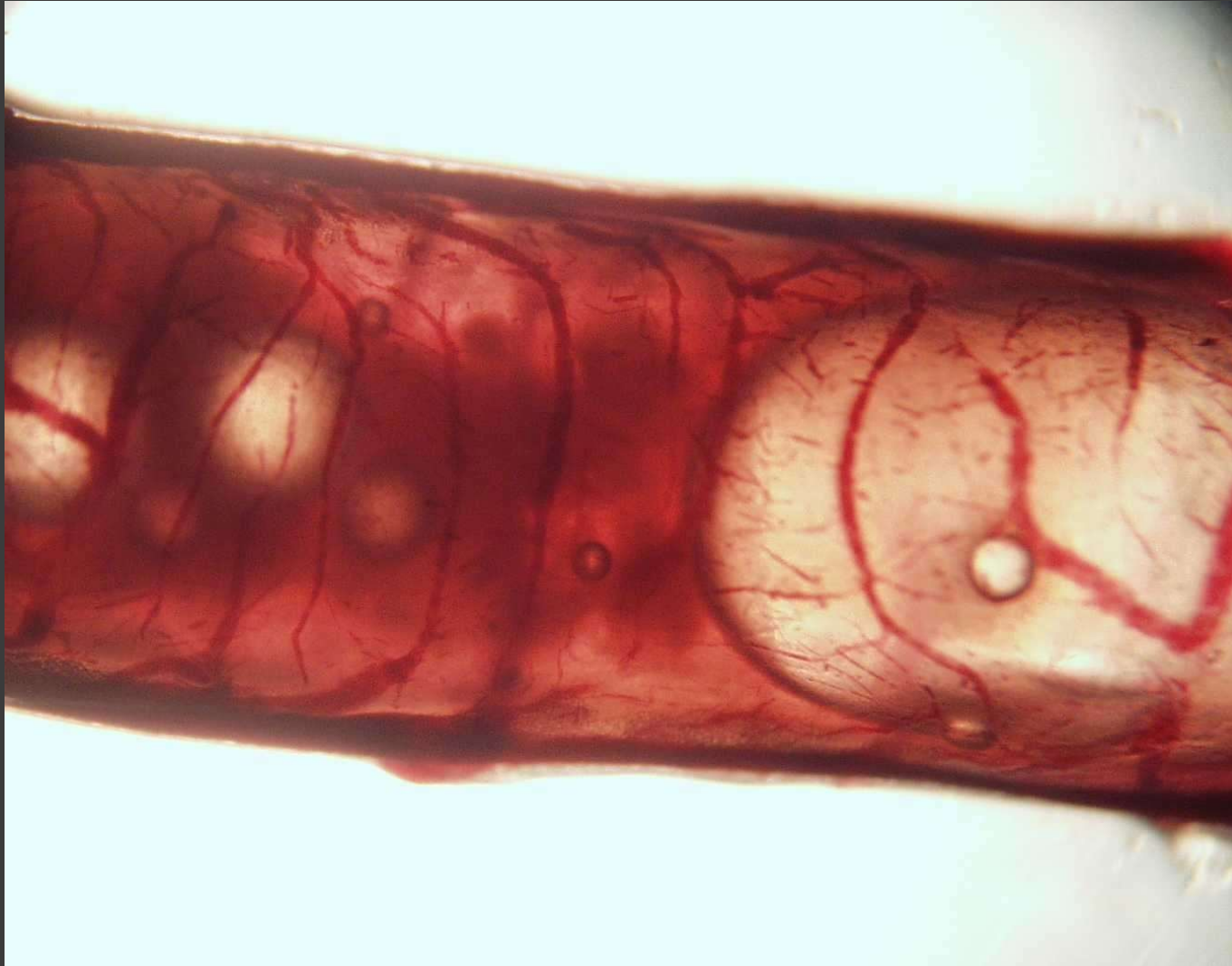


Foto: Martin Kessler

Kas kormoranid söövad kõik kala ära
(Võrtsjärve näide)?



Foto: Priit Zingel



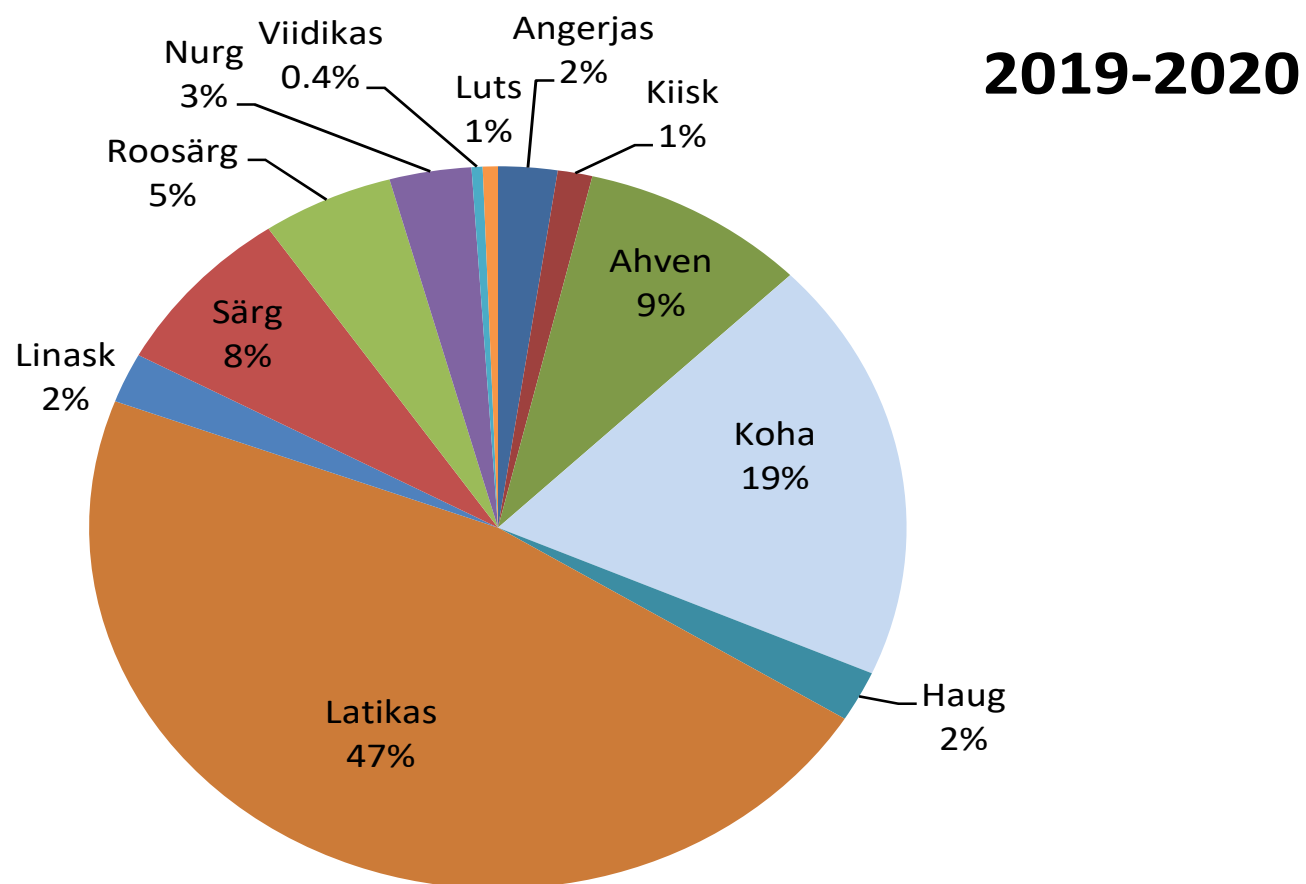
Foto: Arvo Tuvikene

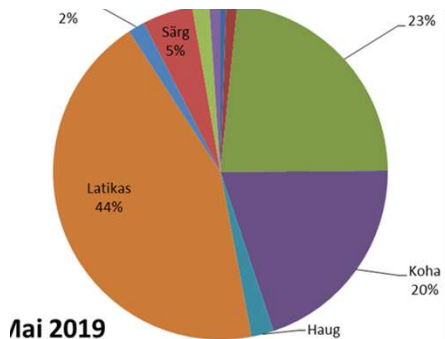
Kormoranide asurkonna hinnanguline suurus aastatel 2019 ja 2020 Võrtsjärvel läbiviidud loenduste alusel

	aprill	mai	juuni	Juuli	august	september	oktoober	november
2019	540	485	480	500	490	480	320	15
2020	580	520	495	520	450	450	280	10

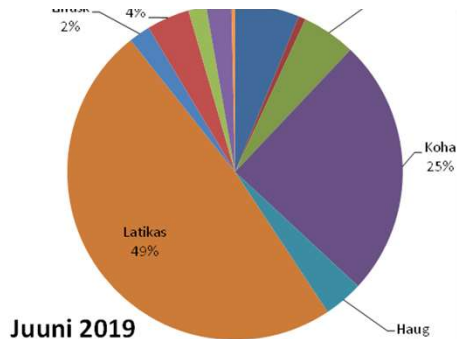
EMÜ uuringud, 2020

Kalaliikide arvuline jaotus kormoranide räppetompudes (%)
aastatel 2019-2020 (EMÜ uuringud, 2020)

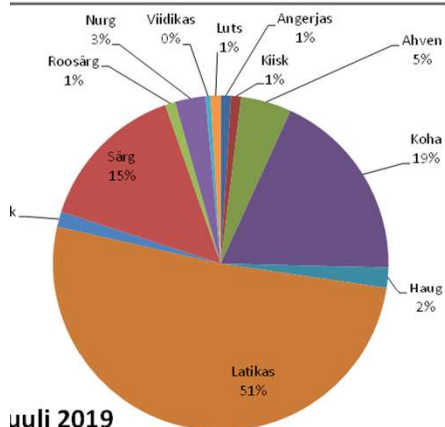




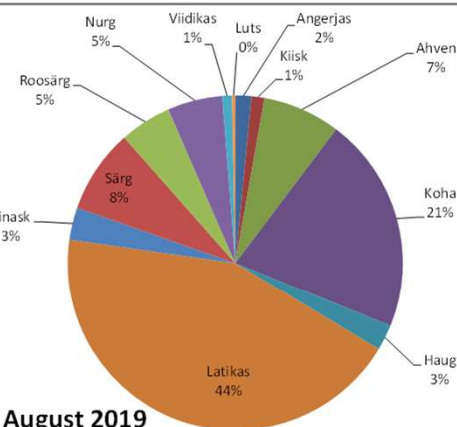
Mai 2019



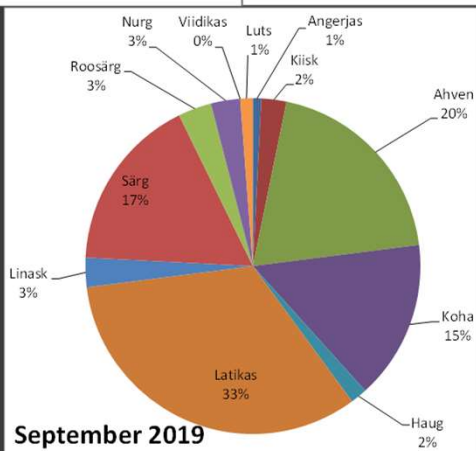
Juuni 2019



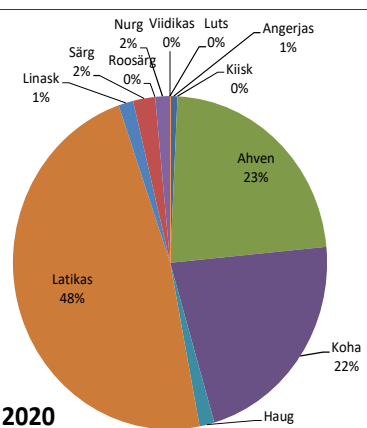
Juuli 2019



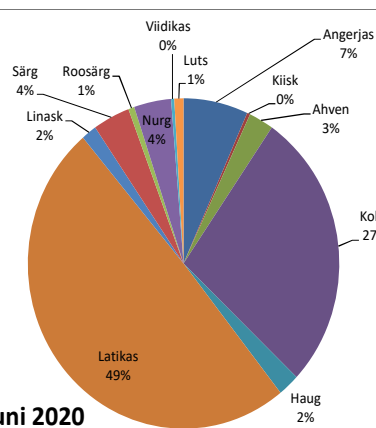
August 2019



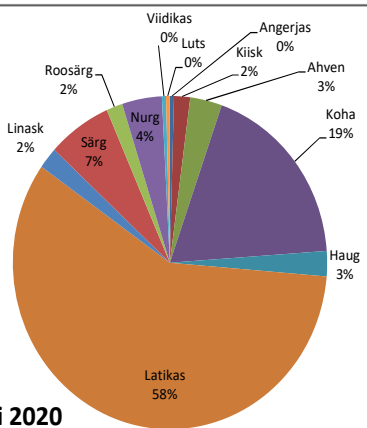
September 2019



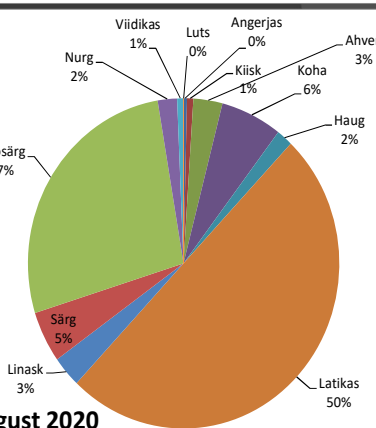
Mai 2020



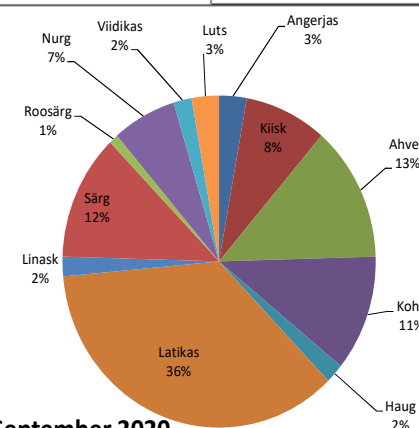
Juuni 2020



Juuli 2020



August 2020

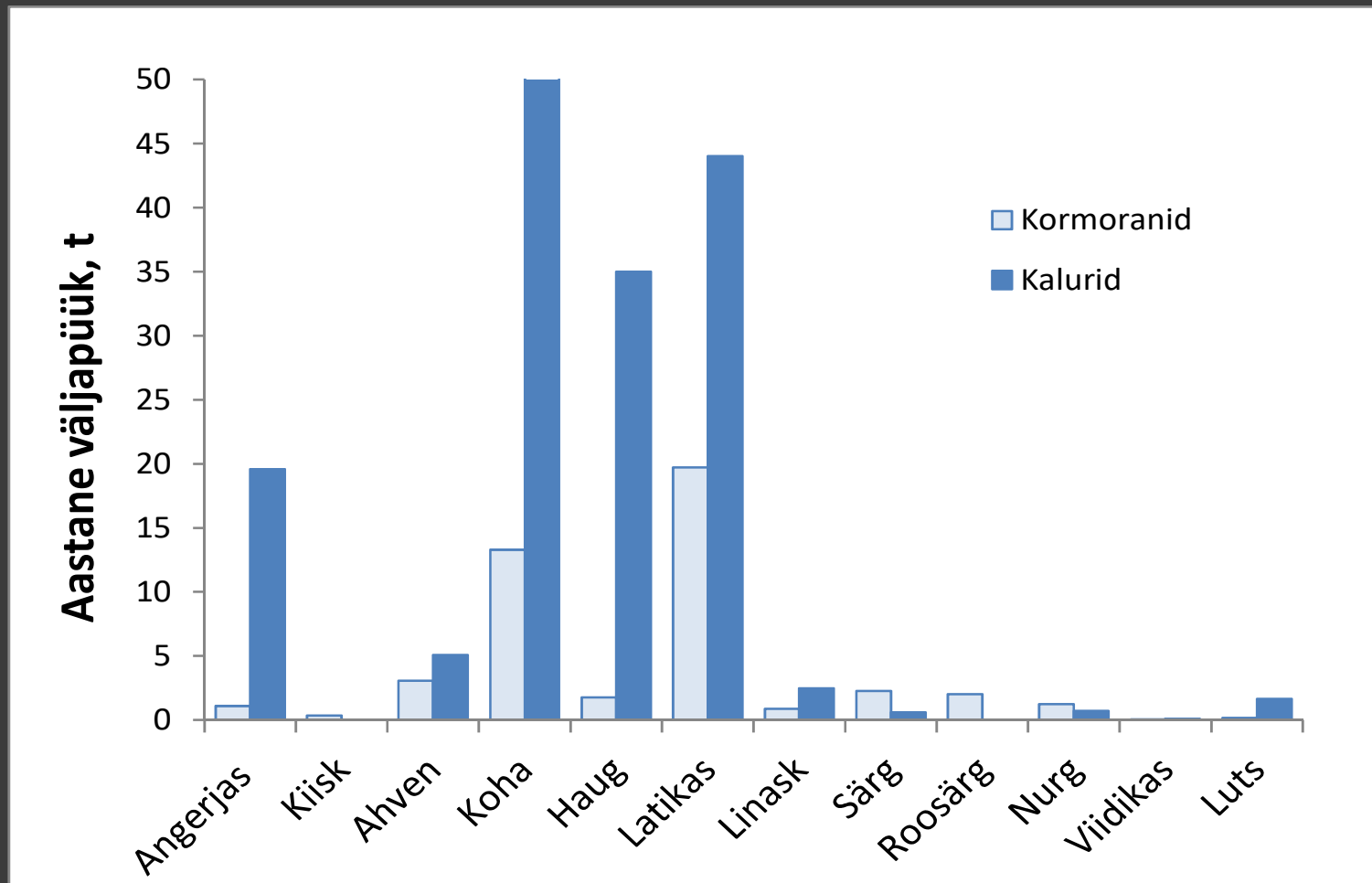


September 2020

EMÜ uuringud, 2020

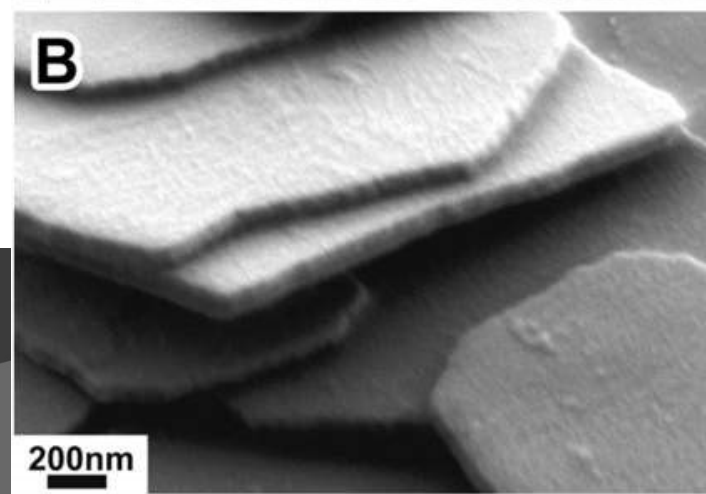
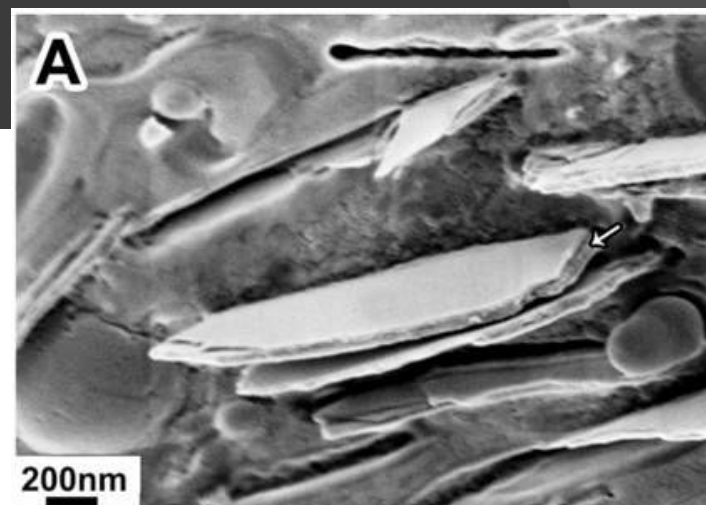
Kalaliikide arvuline jaotus kormoranide räppetompudes (%) aastal 2019-2020.

Kormoranide ja kalurite aastane väljapüük (t) Võrtsjärves 2019-2020 (EMÜ uuringud, 2020)



Tänapäeva kosmeetika ja
ilutoodetes kasutatakse
sageli midagi kalast. Mida?

Paljud huulepulgad, küünelakid, šampoonid sisaldavad kalasoomustest pärit guaniini – paneb need tooted läikima.





Räime sabauim ja pigmendirakud(Foto: Arvo Tuvikene)

Veekogude ökotoksikoloogia ja kalade füsioloogia

Arvo Tuvikene, Ph.D

kaasprofessor

EMÜ PKT Limnoloogiakeskus

arvo.tuvikene@emu.ee





Tänan!

Foto: Lea Tuvikene