

Bevezetés a hidrogeológiába

Kreditkód: gg1n1K34

Földtudomány és környezettudomány BSc

*3. szemeszterben
meghirdetett kurzus*

3. TK. Tótan

Előadó: Dr. Erőss Anita
tudományos munkatárs

3. TK.: Tótan

- 3.1. Fogalmak
- 3.2. Tavak keletkezése
- 3.3. Tavak morfológiai jellemzői
- 3.4. Tavak vízháztartása
- 3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása,
rétegzettségi típusok
- 3.6. Vízmozgások

Irodalom

Kötelező:

- Padisák Judit (2005): Általános limnológia. Egyetemi tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó (1-28, 38-80, 103-142 o.)
- Világatlasz: Az előadás anyagában szereplő tavakat el kell tudni helyezni vaktérképen!

Ajánlott:

- Borsy Zoltán (szerk.) (1993): Általános természetföldrajz. Egyetemi tankönyv. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

3

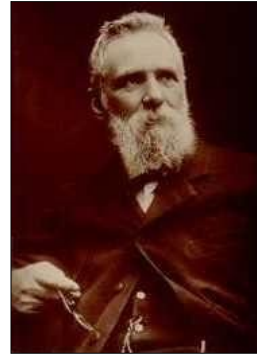
3. TK.: Tótan

3.1. Fogalmak

- 3.2. Tavak keletkezése
- 3.3. Tavak morfológiai jellemzői
- 3.4. Tavak vízháztartása
- 3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása, rétegzettségi típusok
- 3.6. Vízmozgások

4

- limnológia: „limne” (tó, tavacska, láp) + „logos” (tanulmány)
- Francois Alphonse Forel (a limnológia atyja): „ tónak az olyan stagnáló víztömeget nevezik, amely a talajnak a tengerrel közvetlen kapcsolatban nem álló, minden oldalról zárt mélyedését tölti ki”; „ a tavak oceanográfiája”.
- Nem a méret a lényeg: a pocsolya is tó (a jelenségek kicsiben ugyanazok).
- A *hidroszféra* vizeit tárgyaló tudományterületek:
 - Limnológia:
 1. szárazföldi állóvizekkel foglalkozó tudomány
 2. édesvizekkel, mint komplex – fizikai, kémiai és biológiai komponensek kölcsönhatása által létrejövő – rendszerekkel foglalkozik (Padisák, 2005)
 - *Potamológia: folyamok és folyók tudománya*
 - Glaciológia: a jégjelenségek és gleccserek tudománya
 - Oceanológia: tengerrel és az óceánokkal foglalkozik



Francois Alphonse Forel
(1841-1912)

5



- Az állóvíz a szárazföld mélyedéseiben elhelyezkedő, minden oldalról zárt, ± álló víztömeg, mely a tengerrel nincs közvetlen összeköttetésben.
- A légköri vízciklus zsákutcai. Minden állóvíz időszakos.
- **A tó olyan állóvíz, melyben a nyílt vízfelület dominál, a szegélynövényzet ill a hínaras állományok kizárólag egy keskeny part menti részre korlátozódnak (Padisák, 2005).**

6

- **Fertő:** még nagyok a nyílt vízfoltok, a szegélyeken a partmenti növénytársulások szélesek, hínárnövényzet nagyobb állományban található.
(pl. Fertő (!), Velencei- tó)
- **Mocsár:** nyíltvíz csak foltokban.
- **Láp:** már csak kis tocsogókban csillog a víz, a növényzet az uralkodó.
- **Időszakos vizek:** pocsolyák, tócsák, telmák.

telma: kicsi, speciális mélyedésekben időszakosan felgyűlő víz.

csigahéj: malakotelma; szárölelő levél: fitotelma; fatörzsmélyedés: dendrotelma

7

- **Wetland:** vizenyős terület: átmenetet képeznek a valódi szárazföldi és a vízi élőhelyek között.
- A Ramsari Konvenció (1971) védelme alá tartoznak: „a wetlandek olyan vizenyős területek, melyek lehetnek természetesen vagy mesterségesen, állandóak vagy időszakosak, vizük lehet álló- vagy folyóvíz, sós-, brak- vagy édesvíz, beleértve azokat a tengerparti területeket, ahol a víz apály idején nem mélyebb, mint 6 m.”
- Általános jellemzők:
 - a vízszint a felszínen vagy a felszín közelében van tartósan,
 - ezért vízi, vízközeli vegetáció megtelepedésére alkalmas,
 - 6m: bűvármadarak nem merülnek ennél mélyebbre,
 - a wetlandek vándorló vízimadarak számára nagyon fontosak,
 - védelmük megoldása alapvető környezet- és természetvédelmi feladat.
- A Föld biodiverzitásának fenntartásában ezeknek a területeknek kiemelkedően fontos szerepe van.

8

Kis-Balaton

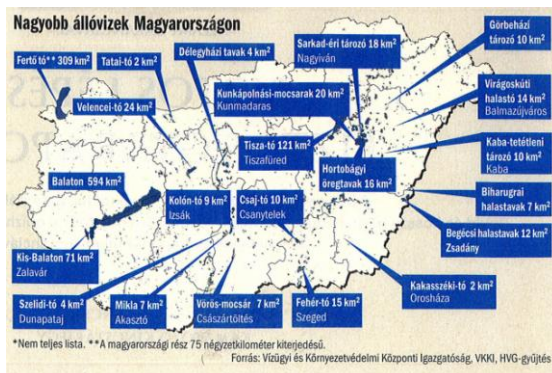
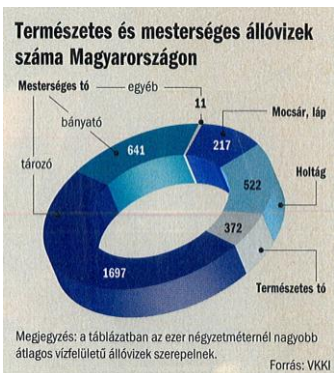


<http://www.meszi.hu>

- 1980-ban kezdődött
- Ramsari konvenció hatálya alatt áll
- Sió zsilip szárazodás
- Zala árvízvédelmi töltései meggátolták hogy a természetes szűrőként működő mocsárvilágon át jusson a vize a Balatonba.
- Csatornaépítések a talajvízszint csökkentésére, mezőgazdasági területek nyerésére.

Összes szennyező a Keszthelyi-öbölbe jutott (+hordalék, tápanyagok: P, N), ott rekedtek ⇒ eutrofizáció (algavirágzás) 9

Állóvizek katasztere



- 372 természetes állóvíz
- 217 mocsár, láp, fertő
- állóvizek 2/3-a mesterséges (tározó, bányató)
- VKKI: Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság 10

3. TK.: Tótan

3.1. Fogalmak

3.2. Tavak keletkezése

3.3. Tavak morfológiai jellemzői

3.4. Tavak vízháztartása

3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása,
rétegzetési típusok

3.6. Vízmozgások

11

Tavak keletkezése

Csoportosítás a kialakító erőhatások szerint:

- I. Endogén erők által létrehozott tavak
- II. Exogén erők által létrehozott tavak
- III. Kozmikus hatásra kialakult tavak
- IV. Antropogén eredetű tavak

A tavak jelentős része több folyamat közös munkájának eredménye.

12

I. Endogén erők által létrehozott tavak

1. tektonikus árkokban, epirogenetikus süllyedésekben található a Föld legnagyobb, legmélyebb tavait:

Kaszpi-tenger, Bajkál-tó, Aral-tó, Viktória-tó, Közép- és Kelet-afrikai-árokrendszer tavai (Tanganyika, Nyassza...), Holt-tenger, Balaton

13

Kaszpi-tenger

- 371400 km², relikumtó, miocénben izolálódott a világtengertől, vize ma is sós, töményedő.
- táplálója: a Volga (tározói hordalék, tápanyag csapdák)
- édesvíz felszínen szétterül ⇒ anoxia



www.parstimes.com/MODIS/CaspianSeaTerra.jpg



fotó: Erőss Anita

- Környezetvédelmi gondok:
 - Halak ívása gátolt,
 - Olajkitermelés
 - Atomerőművek hűtővíz terhelése

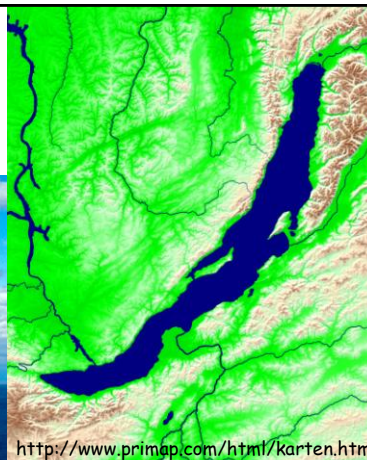
14

Bajkál-tó

- A Föld legmélyebb tava: 1637 m, kora: Harmadidőszak (60 millió év)



http://www.baikalhostels.com/html/english_presse.xml.php



<http://www.primap.com/html/karten.htm>

- Maradvány és endemikus fajok: 1200 fajból 50% csak itt, 1 édesvízi fókafaj

15

Holt-tenger 1

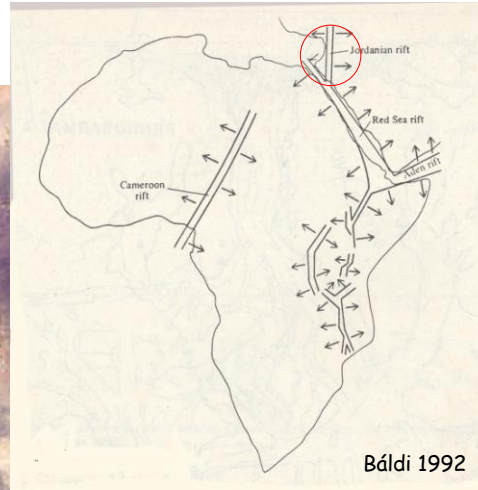
- A legalacsonyabb víztükrű tó: -405 m-en Kiszáradás fenyegeti (1m/év), Jordán vizének használata miatt, ET: legmagasabb sókoncentráció: 35%, baktériumok



www.alpin.hu/~apacs/_Jordan%2002%20199T.html

16

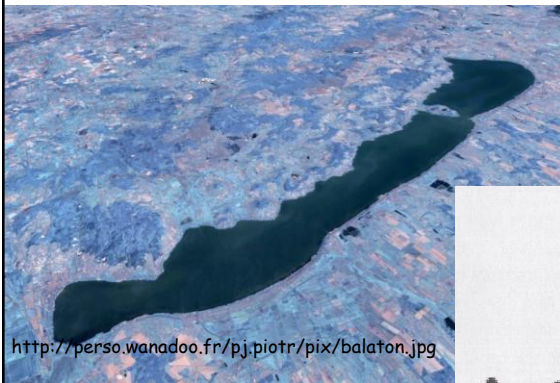
Holt-tenger 2



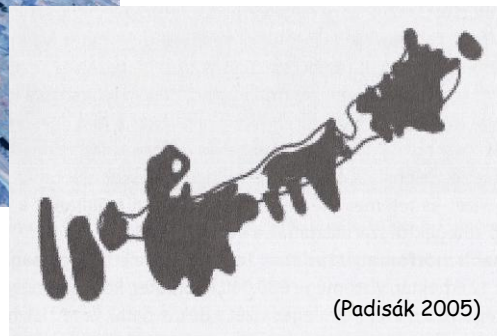
- transzform vető: laterális elmozdulás, hajlásnál elágazásnál: extenzió
- kapcsolat a Keletafrikai árokrendszerrel

17

Balaton



- Kora: 12-14 ezer év
- 5 tóból álló kaszkád,
- Előbalatoni karsztlápok
- Erózió: egységes meder 5-7 ezer év



18

I. Endogén erők által létrehozott tavak:

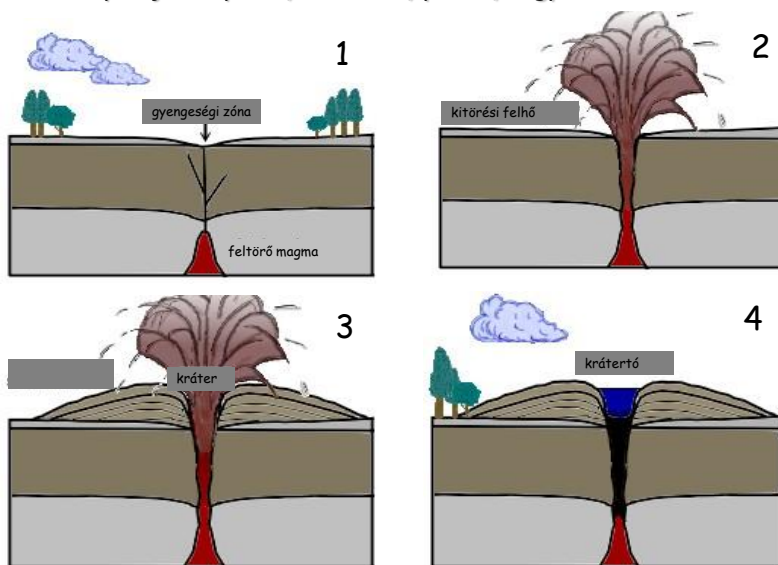
2. vulkanikus eredetű: kráter- és kalderatavak: inaktív vulkáni kráterekben, kalderákban foglalnak helyet.

- Vizük direkt csapadékból, ill. esetenként hóolvadás vizét hozó patakokból származik.
- Ideális objektumai a légköri eredetű szennyeződések tanulmányozásának.

19

Krátertavak keletkezése

- Táplálója: csapadék, hóolvadás, patak?; Fogyasztó: ET



<http://www.vulkane.net/>

20

Crater Lake Oregon, USA



21

earthobservatory.nasa.gov

Szent Anna tó



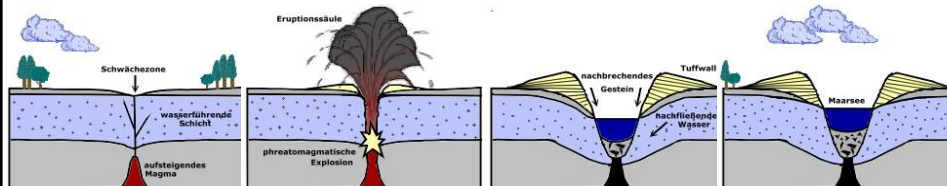
www.szereda.hu/anziksz/termeszet.html

22

fotó: Mádlné Szőnyi Judit

Maar-ok keletkezése

- Freatomágmás kitörés, hatalmas robbanás, felszínalatti víz hozzáfolyás



- Németország: Eifel-hegység

<http://www.vulkane.net/>

23

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

1. A glaciális tómedencék a jég (magashegységi, síkvidéki) felszínformáló munkájának eredményeként keletkeztek: a mozgó jég szabálytalan felszint hoz létre kőzetminőségi különbségek következtében (pl. Finn tóvidék).

Kiemelkedő a pleisztocén folyamán eljegesedett területek tósűrűsége (Észak-Amerika, Európa északi fele.)

24

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

1a. A glaciális tómedencék – jégtakaró hatása:

A jég letaroló munkája:

- mélyedések (eltérő keménységű kőzetek határán): Finn tóvidék
- jégpermi tavak: elgátolt medencék a felhalmozott morénaanyag által, (körív mentén): Nagy-Medve tó, Nagy-Rabszolga tó, Öt tó, Svéd- és Finnország D-i része, Német-lengyel alföld
- szollok: a jégtakaró visszahúzódása során leszakadt jégtömbök megvédték az aljzatukat a feltöltődéstől. kerekded < 300m átmérőjű mélyedések.
- szubglaciális (jégtakaró alatt mozgó) víz eróziója: hosszan elnyúló „csorgótavak” (Német-lengyel tóhátság).

25

Nagy-tavak



26

Lengyel- és Német-tóvidék



27

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

1b. A glaciális tómedencék – gleccserek hatása:

- kárfülkék kivésése – tengerszemek (Alpok, Pireneusok, Magas-Tátra, Déli-Kárpátok)
- gleccservölgyek mélyítése – völgyi tavak sorozata (Zürichi-tó, Garda, Salzkammergut) vagy tenger benyomulást követően fjord (Norvégia)
- hegységelőtéri tavak – a jég mellett a szerkezeteknek is volt szerepe (Bódeni-tó, Garda-tó)

28

Garda-tó

és norvég fjord



29

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

1c. Termokarsztos (fagykarsztos) tavak:

nem a jég mechanikai hatása, hanem annak elolvadása révén bekövetkező térfogatcsökkenés révén jönnek létre. Permafrost területeken gyakoriak.

A talajban lévő jég a talaj részecskéi közti hézagot tölti ki. Ha ez megolvad, a felszínen berogyások, süppedések keletkeznek (tölcsérek, dolinák).

Észak-Amerika és Eurázsia tajgavidékén jellemzőek.

Mélybeszivárgás gátolt, ET kicsi, rossz oldalirányú lefolyás.

30

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

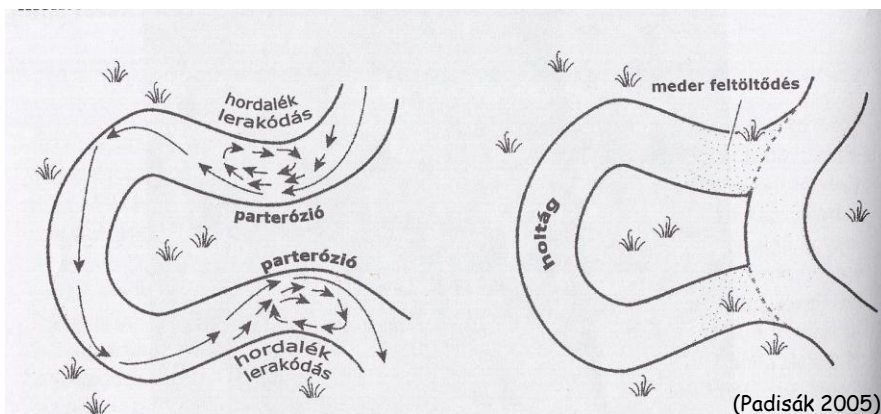
2. A folyóvíz felszínformáló munkájának
eredményeként keletkeztek:

Többnyire a folyóvízi akkumuláció következményei:

- morotvatavak (holtágak): kanyarulat lefűződésével
- árvizekből visszamaradó tavak (ausztrál kifejezés: billabong)
- a hordalékkúpjukon futásirányukat megváltoztató folyók elhagyott medrei
- (Alföld)

31

Morotvatavak kialakulása



32

Billabong



33

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

3. A szél felszínformáló munkájának eredményeként keletkeztek:

- kifúvásos vagy a szélhordta anyag mélyedéseiben megjelenő, általában időszakos, rendszerint sós tavak. Az is előfordul, hogy a víz a „tómedence” más-más részét borítja időről-időre: „csavargó” tavak.
- Száraz, félszáraz területeken is jellemzők: vízutánpótlódásuk gyakran bizonytalan (ld. Kelemenszék az aszályos DTK-n)
- (Nyíregyháza, Kiskunhalas: Sós-tó)

34

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

4. A tömegmozgások eredményeként keletkező tavak:

- omlások, csuszamlások során elgátolt mélyedések (Brazília tóvidéke, Gyilkos-tó)
- „hepe” tavak a csuszamlások következtében felfakadó forrásokból keletkeznek

35

Gyilkos-tó



foto: Mádlné Szócska Judit

- 1837
Gyilkoskő-Békás patak
Extrém csapadék
vagy 1838 földrengés.
- Fenyőket a tó vasoxidos-
meszes vize konzerválta

36

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

5. Karsztvidékeken előforduló tavak:

- oldódásos, omlásos mélyedések (dolinák, uvalák, poljék) alja ha vízrekesztő anyaggal töltődik ki, vízzel való kitöltés (Dinaridák: Ohridi- és Preszpa-tó; Magyarországon: Vörös-tó (dolina-tó), Aggteleki-tó (víznyelő-tó)
- időszakosan a karsztvízszint magas helyzete
- vízfolyásokban kiváló forrásmészkő gátakat formál: lépcsős tórendszerek: Plitvicei tavak

37

Plitvicei tavak



fotó: Bukovinszki Agnes

38

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

6. Tengerpartokon előforduló tavak:

- turzásokkal elzárt lagúnatavak (Balti-tenger lengyelországi partvonalala)
- tengeröböl lefűződése
- apály-dagály ill. beömlő folyók vízhozamának egyenetlenségei miatt: brakvízű (Franciaország: Landes a Garonne-torkolatánál)

39

Tengerparti tavak



Copyright 2001 Wikingerland / Ahlers

40

II. Exogén erők által létrehozott tavak:

7. Állat- és növényvilág közreműködésével kialakuló tavak:

- korallok: atollok lagúnáiból tó lehet, ha csökken a tengerszint
- hódgátak (európai max. 15 m, amerikai akár 50m)
- tőzegmoha (növénytömegek duzzasztó hatása, Velencei-tó, Császár patak)



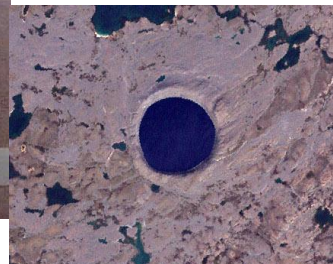
41

III. Kozmikus hatásra kialakult tavak:

meteoritbecsapódás során kialakuló, rendszerint körszimmetrikus medence feltöltődésével (Pingualuit kráter, Quebec, CA)



d=3,44 km
Mélység= 267 m
Kor= 1,4 millió év



42

IV. Antropogén tevékenység által létrehozott tavak:

- tározók (leggyakrabban folyógátak): Lázbérci-víztározó
- halastavak
- bányatavak: külszíni fejtés, kavicsbánya

43

Lázbérci-víztározó



44

www.fischinfo.com

Kavicsbányató (Ártánd)



45

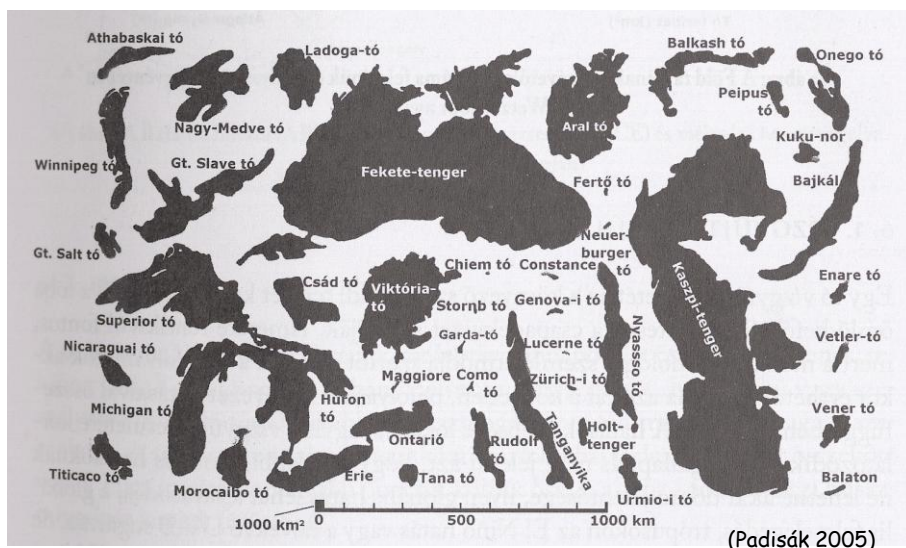
foto: Erőss Anita

3. TK.: Tótan

- 3.1. Fogalmak
- 3.2. Tavak keletkezése
- 3.3. Tavak morfológiai jellemzői**
- 3.4. Tavak vízháztartása
- 3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása,
rétegzettségi típusok
- 3.6. Vízmozgások

46

Tavak morfolometriai jellemzői 1



47

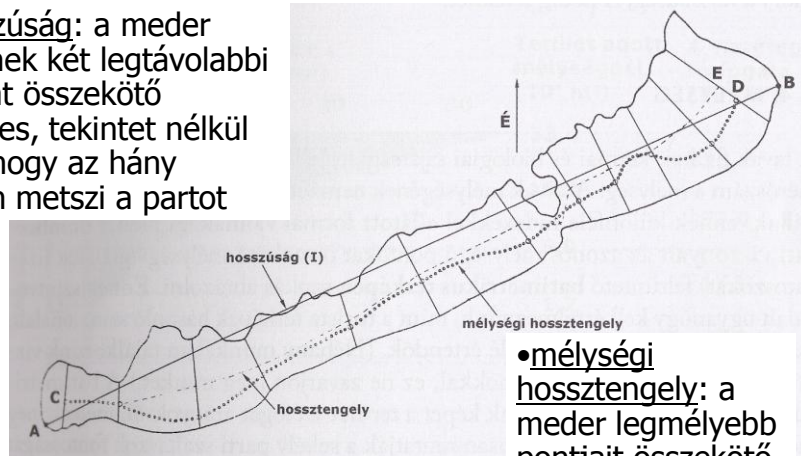
Tavak morfolometriai jellemzői 2

- vízgyűjtő terület: az a környező szárazföldi terület, melyről a tóba beömlő folyók együttesen a csapadékvizet szállítják
- área-koefficiens: a tó (S) és a vízgyűjtő területének (S_c) aránya: $A = S_c / S$
(legkisebb értéke=1)

48

Tavak morfológiai jellemzői 3

- hosszúság: a meder tükreinek két legtávolabbi pontját összekötő egyenes, tekintet nélkül arra, hogy az hány helyen metszi a partot



- hossztengely: a szemközti partok közti felezőpontokat összekötő vonal

- mélységi hossz tengely: a meder legmélyebb pontjait összekötő vonal

(Padisák, 2005)

49

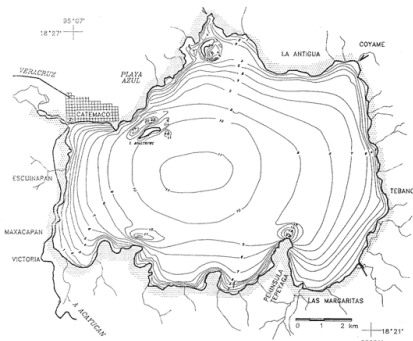
Tavak morfológiai jellemzői 3

- szélesség (átlagos): felület/hosszúság $b=A/l$
de célszerű a legnagyobb és a legkisebb szélességet is megadni
- közepes vízmélység térfogat/felület $z_m=V/S$
- relatív mélységarány ($z_r\%$): a tavak alakjának mérésére szolgál: $z_r(\%)= z_{max} \sqrt{\pi/20} \sqrt{A_0}$

50

Tavak morfolometriai jellemzői 4

- batimetrikus térkép: az azonos mélységű pontokat összekötő vonalakat (izobatosz, izobát) tünteti fel. Ez ad információt a terület/térfogat arányról.
- kriptodepresszió: a tó medencéje a tengerszint alá ér. Számítása: maximális mélység (z_{\max}) – tengerszintfeletti magasság (ahol a tó fekszik)



51

Tavak morfolometriai jellemzői 5

- terület (S)
- parthosszúság (L)
- partfelettségi index (D_L): a partvonal hossza (L) hányszorosa az adott tó területével (A_0) megegyező kör kerületének: $D_L = L/2\sqrt{\pi A_0}$
- parthossz-térfogat index (L/V): a parti tényezők befolyását érzékelteti a teljes víztömegre
- tómedence állandósági index: a parthossz-térfogat index reciproka

52

Tavak morfolometriai jellemzői 6

- medermélyülés (S %): két kiválasztott pont távolsága és vízmélység-különbsége alapján határozható meg:
 $S(\%) = L/h \cdot 100$
- teljes tóra vonatkozó medermeredekség:
 $S(\%) = 100z_{\max} / \sqrt{A/\Pi}$

53

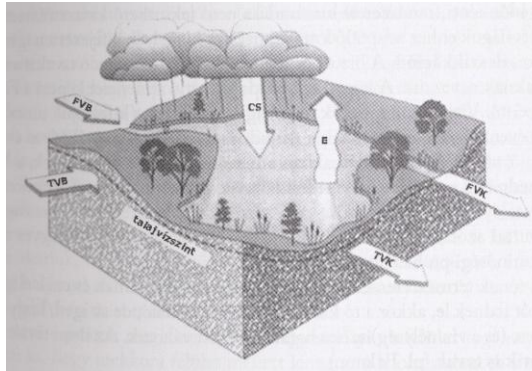
3. TK.: Tótan

- 3.1. Fogalmak
- 3.2. Tavak keletkezése
- 3.3. Tavak morfolometriai jellemzői
- 3.4. Tavak vízháztartása**
- 3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása, rétegzettségi típusok
- 3.6. Vízmozgások

54

Tavak vízháztartása 1

- A tavak vízháztartását a kimenő és bejövő vizek időintegrált egyenlege adja. Amennyiben ezek összege megegyezik, a tó vízmérete egyensúlyi, ha nem akkor víztöbbletről vagy vízhiányról beszélünk.



55

Tavak vízháztartása 2

- +: a tó felszínére eső csapadék; felszíni befolyók; felszínalatti vizekből való utánpótlás; humán eredetű vizek (csak ha más vízgyűjtőről származnak).
- -: evapotranspiráció; elfolyás a kifolyón keresztül; felszínalatti vízbe való beszivárgás; vízkivétel (ha más vízgyűjtőre viszik vagy elpárolog vízkivétel után)

56

Tavak vízháztartása 3

- aszztatikus tavak: bizonyos rendszerességgel kiszáradó tavak; se befolyó, se kifolyó nincs (pl. kiskunsági szikesek)
- szemiasztatikus tavak: kifolyó nincs, de befolyó van, a meder mérete és a vízmélység széles határok között változik (pl. Balaton)
- átmenet: Fertő, Velencei-tó kb. 100 évente kiszárad

57

Tavak vízháztartása 4

- endoreikus (zárt) tavak: sivatagi, félsivatagi területeken a nagy párolgás miatt a tóba torkolló folyók vize a medencéből elpárolog, a tengert nem éri el
- exoreikus (nyitott) tavak: kifolyó van, azaz a folyók átfolynak rajta
- egyensúlyi vízfelület: azt fejezi ki, hogy mekkora felület mellett lenne a tó lefolyástalan
- elméleti tartózkodási (retenciós) idő: az az idő, amíg a tó teljes vízmennyisége kicserélődik (pl. a tó teljes térfogatát osztjuk a kifolyó vízmennyiséggel)
- átmosódási ráta: az időegység alatt kifolyó vízmennyiséget a tótérfogat %-ban adjuk meg

58

3. TK.: Tótan

3.1. Fogalmak

3.2. Tavak keletkezése

3.3. Tavak morfológiai jellemzői

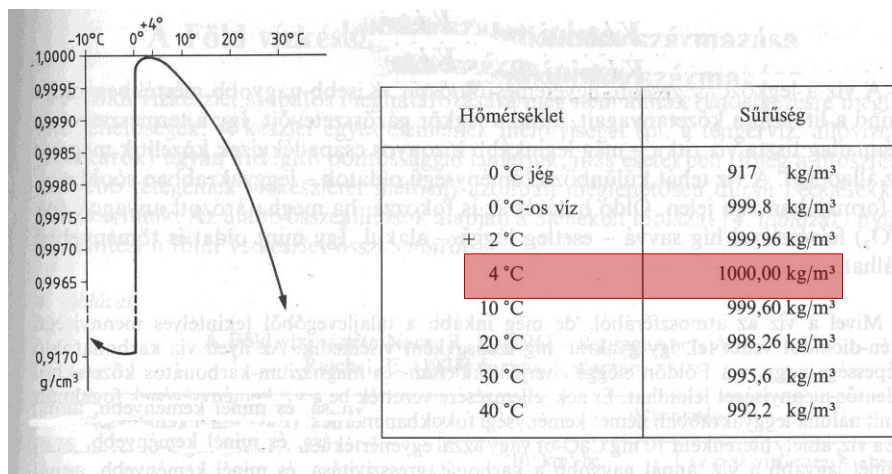
3.4. Tavak vízháztartása

3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása, rétegzettségi típusok

3.6. Vízmozgások

59

A víz sűrűsége és hőmérséklete közötti összefüggés



60

Tavak rétegzettségének kialakulása 1

- A téli olvadást követően tavunk vize 4 °C-os, a szelek a teljes vízoszlopot keveredésben tartják.
- Jön a tavasz, melegedik az idő, a víz legfelső rétege egyre jobban felmelegszik → könnyebb víz a felszínen. De amíg csak pár fokos hőmérsékletkülönbség alakul ki, a teljes keveredés tovább folytatódik (melegebb lesz a teljes térfogat).
- 1-2 hetes meleg idő tavasszal → felszíni vígréteg alaposan felmelegszik, s a rákövetkező viharok szelei már csak ezt a vígréteget tudják felkeverni (az alatta levő hideg vígréteg sűrűsége sokkal nagyobb!), azaz beállt a rétegzett állapot.

61

Tavak rétegzettsége

- felül úszik egy könnyebb, melegebb vígréteg, melyet a szél továbbra is kever: **EPI LIMNION**
- ezt követi egy keskeny váltóréteg, mely meredek hőmérsékleti gradienssel jellemezhető: **METALIMNION**
- az alsó réteg hőmérséklete ugyanolyan marad, mint a teljes felkevert állapot utolsó hőmérséklete: **HIPOLIMNION**

62

Tavak rétegzettségének kialakulása 2

- **TERMOKLIN**: az a mélységi pont, ahol a hőmérsékletcsökkenés maximális
- kiszámítása: azt a két mélységadatot, melyek között a legnagyobb a hőmérsékletkülönbség, mélységre átlagoljuk
- a termoklin egyben **PIKNOKLIN** is, azaz sűrűségbeli váltóréteg

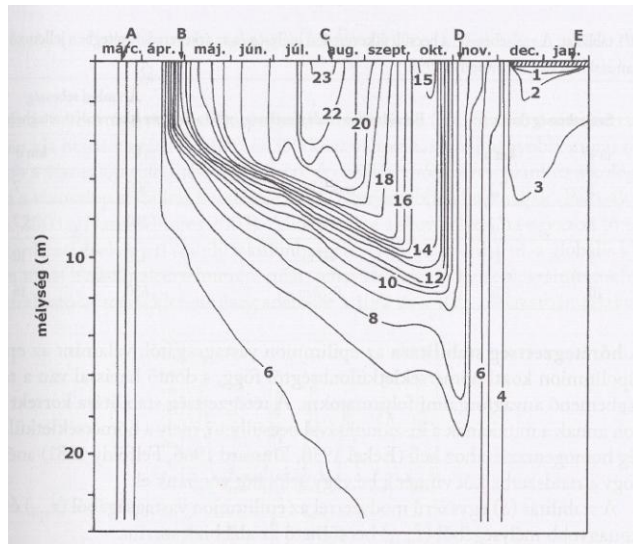
63

Tavak rétegzettségének kialakulása 3

- A nyár elmúltával az epilimnion hőmérséklete csökkenni kezd. A szelek a termoklin egyre lejjebb nyomják, azaz egyre mélyebb réteget tudnak felkavarni.
- Ez a rétegzettség megszűnéséhez vezet. Tavunk ismét egyenletes hőmérsékletű lesz, beáll a homotermia vagy izotermia.
- Tovább hűl az idő, a felszínen 4°C-nál hidegebb (könnyebb) vizek helyezkednek el: beáll a fordított rétegzettség.
- A jég elősegíti ennek fennmaradását (szelek nem érik el).
- A jég elolvadásával, a tó újra teljesen felkeveredik.

64

Tavak rétegzettségének szemléltetése



(Padisák, 2005)

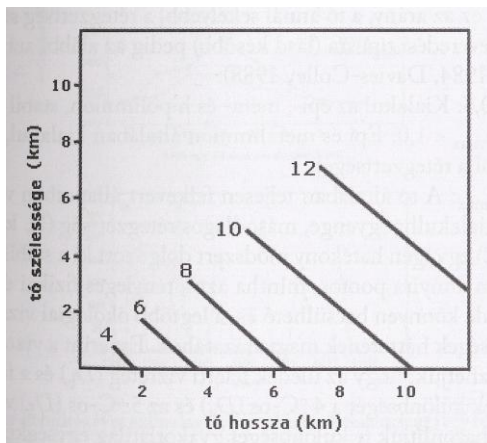
65

Tavak rétegzettségével kapcsolatos számítások

- az epilimnion vastagságának Patalas-féle becslése:
 $E = 4,4\sqrt{D}$, ahol $D = l_{\max} + b_{\max}/2$
 D : közepes hatásos átmérő
 l_{\max} : max. hosszúság
 b_{\max} : max. szélesség
 az összefüggés csak 0,5-7 km-es tartományban érvényes
- hőrétegzettség stabilitása (S): az a munka, amivel az epilimnion és hipolimnion hőmérséklet-különbségét homogenizálni lehet
 számítása:
 epilimnion vastagsága (z_{epi}) / legnagyobb mélység (z_{max})

66

Előrejelzés a termoklin mélységére



A Patalas-függvény előrejelzése a termoklin mélységére a meder hosszának és szélességének függvényében

(Padisák és Reynolds (2003) in Padisák (2005))

67

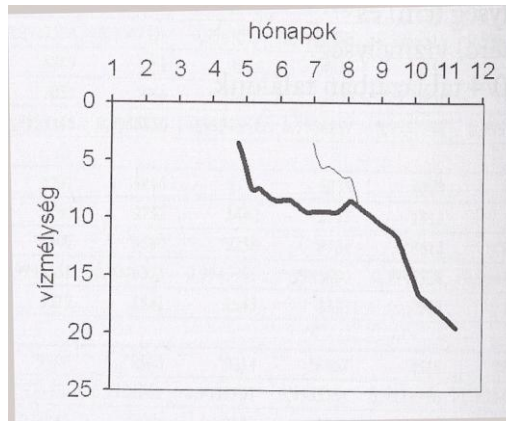
Tavak rétegzettségénél a vízoszlop stabilitása

- vízoszlop stabilitása (RWCS): Welch-féle összefüggés: az üledék feletti vízréteg (D_b) és a felszíni vízréteg (D_s) sűrűségkülönbségét elosztjuk a 4°C-os (D_4) és az 5°C-os víz (D_5) sűrűségkülönbségével:
$$RWCS = \frac{D_b - D_s}{D_4 - D_5}$$

68

Másodlagos termoklin

- mélysége azt a vízréteget jelzi, amit a napi hőingadozás által keltett konvekciós áramlások kevert állapotban tartanak. Nyugodt szélmentes időjárás esetén alakul ki.



(Padisák, 2005) 69

Tavak rétegzettségi típusai 1

A tavak osztályozásának legfőbb alapja rétegzettségi mintázatuk.

Három alaptípus:

- **AMIKTIKUS**: soha nem keveredik fel teljes mélységben
- **MEROMIKTIKUS**: a keveredés csak a víztest egy részére korlátozódik
- **HOLOMIKTIKUS**: különböző rendszerességgel teljesen felkeveredik

70

Meromiktikus tavak 1:

a tó rendszeresen átkeveredik, de nem teljes mélységében

- keveredő réteget mixolimnionnak, a nem keveredőt monimolimnionnak nevezzük.
- egyik oka morfológiai (morfometriai meromixis): nagyon mély tavaknál a szél energiája (keverő hatása) disszipálódik mielőtt a tó fenekét elérné, azaz nagy mélységük miatt nem keverednek fel teljesen
- pl. Bajkál-tó ($z_{\max}=1637$ m)

71

Meromiktikus tavak 2:

másik ok: sűrűség gradiens

- ektogén (külső hozzáfolyás) vagy endogén (belső) eredetű meromixis
- pl. nagy sótartalmú források fakadnak a tó fenekén (krenogén meromixis)
- helioterm tavak: mixo- és monimolimnion határán sótartalom változás miatt egy kemoklin van, mely hőcsapdaként működik (infravörös sugárzás akkumulációja).
 - pl. Medve-tó: 1,32 m mélyen 71°C!

72

Helioterm tó: Medve-tó



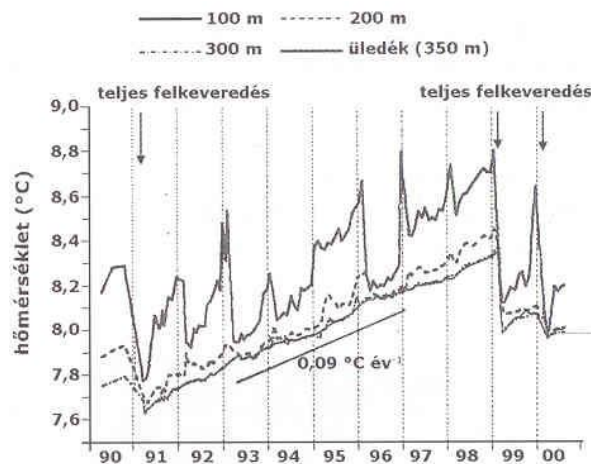
fotó: Eröss Anita

73

Oligomiktikus tavak:

nem keverednek fel rendszeresen minden évben, de legalább időnként igen.

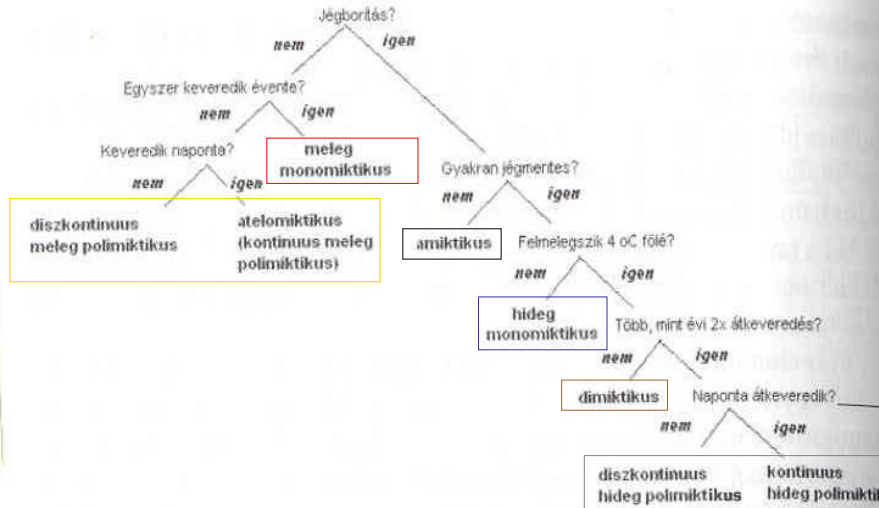
•pl. Garda-tó



(Padisák, 2005)

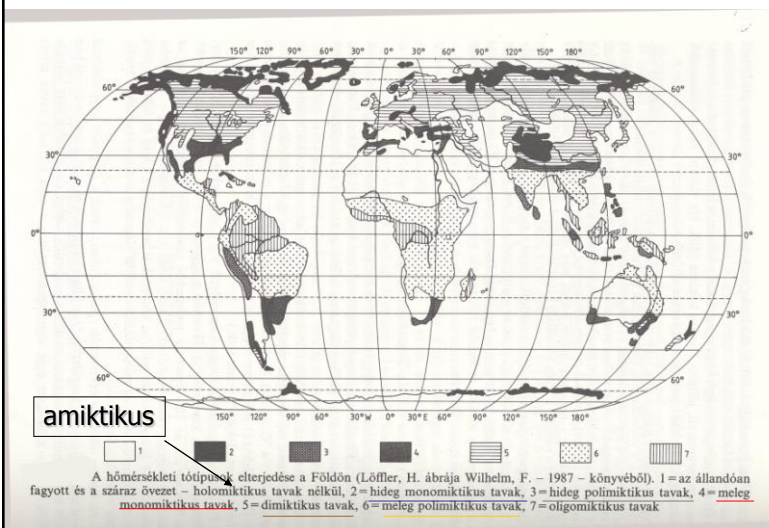
74

Tavak rétegzettségi típusai 2



(Padisák, 2005) ⁷⁵

Tavak rétegzettségi típusainak földrajzi elterjedése



(Borsy, 1993)

76

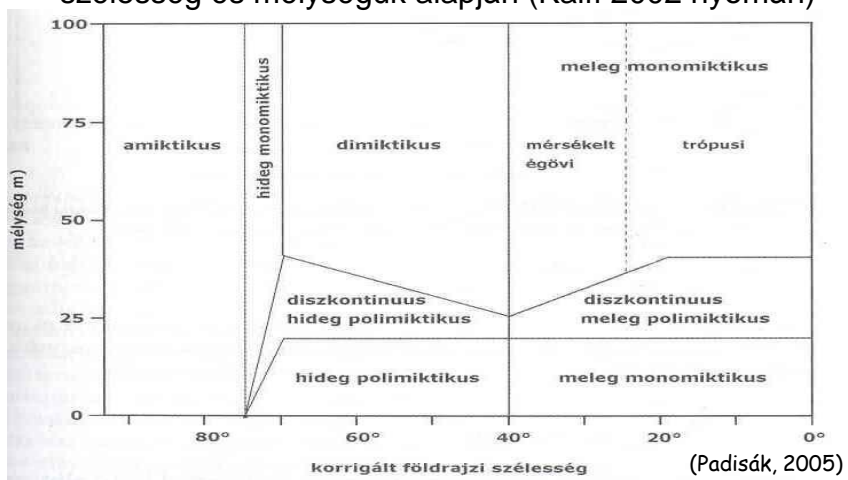
A rétegződési formák kialakulásáért a tavak földrajzi elhelyezkedése és a tó mélysége felelős.

Vannak azonban egyéb tényezők is:

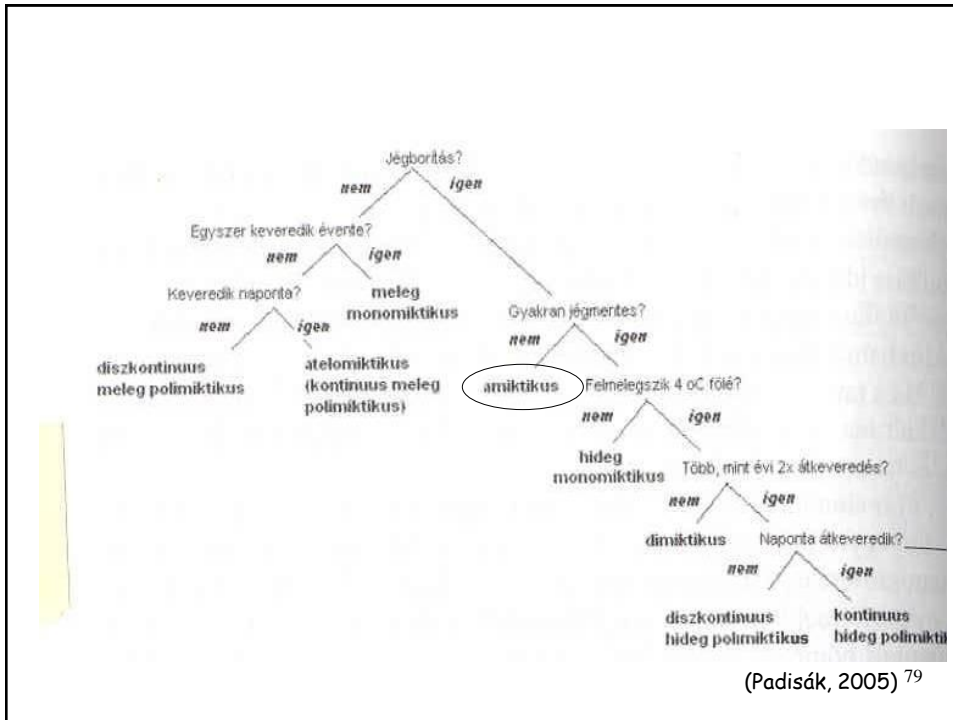
- tengeráramlatok melegítő hatása a földrajzi elhelyezkedés hatását módosíthatja
- nem mindig egyforma klíma (szárazabb-csapadékosabb évek, melegebb-hidegebb telek stb.)
- nordikus eltolódás: tengersizintfeletti magasság hatása

77

A nyolc fő rétegzettségi tótypus megoszlása a földrajzi szélesség és mélységük alapján (Kalff 2002 nyomán)



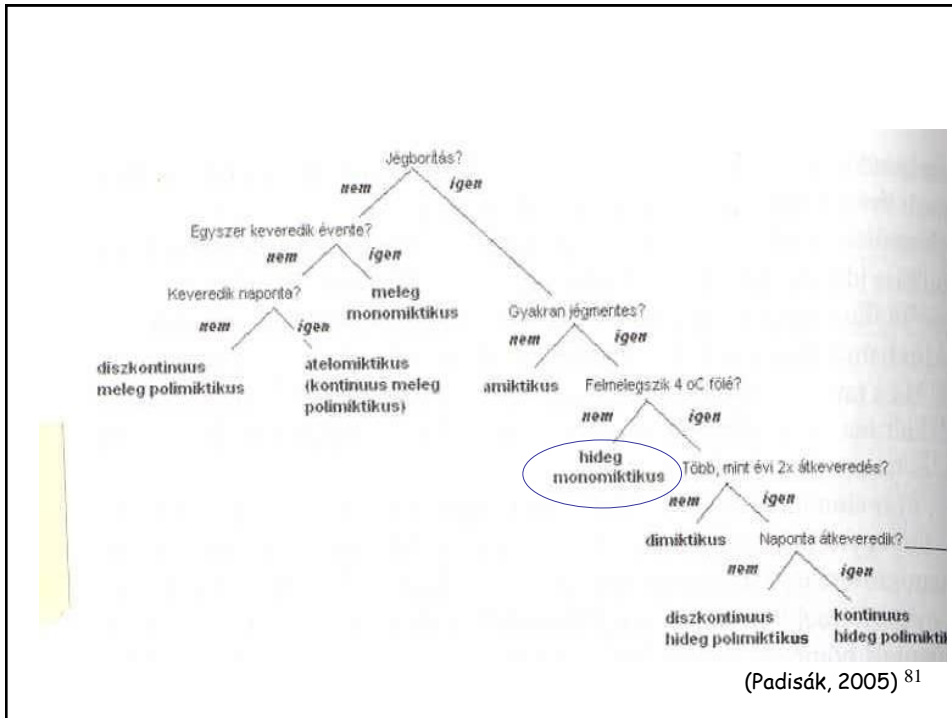
78



Amiktikus tavak:

egész évben jég fedí ezeket, ezért a szél keverő hatása nem érvényesül soha.

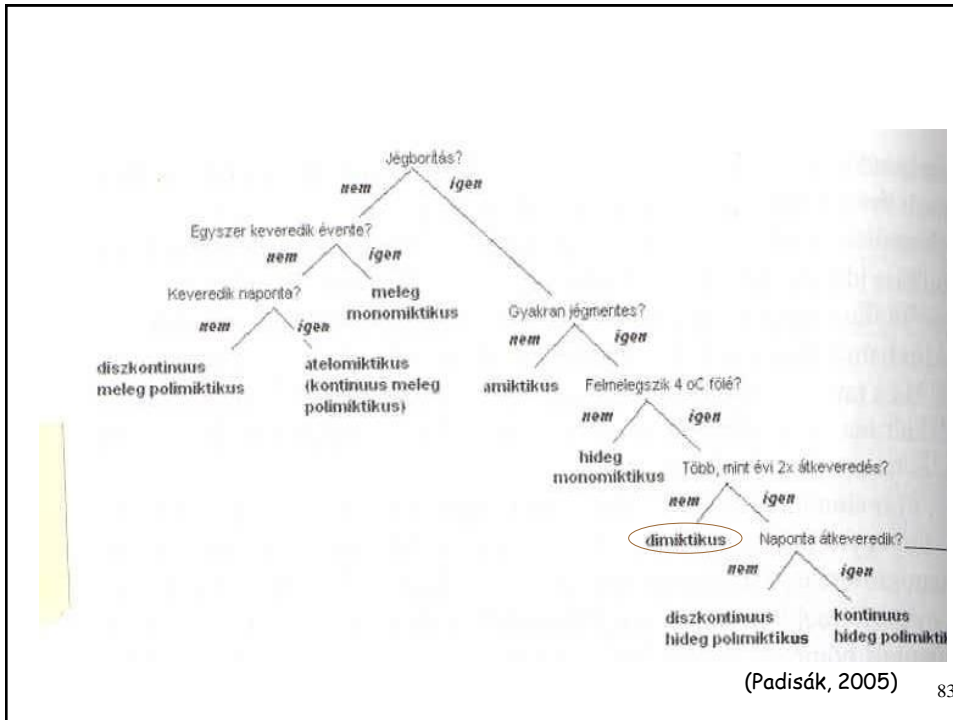
pl. Grönland és az Antarktisz tavai
(északi vagy déli szélesség 80° felett vagy 6000 m feletti tszfm-on)



Hideg monomiktikus tavak:

évente csak egyszer keverednek.

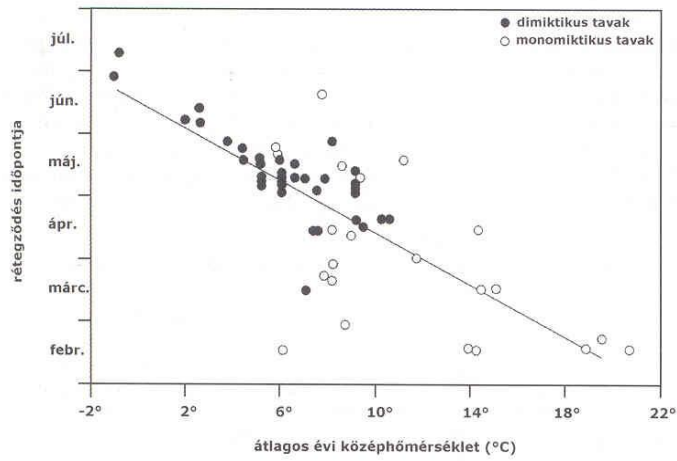
- az év nagy részében jég fedi őket, ezért fordított rétegzettségük az év nagy részében fennáll.
- a tavaszi napsugárzás energiája a jég felolvasztására fordítódik, csak kis része képes a vízszlopot melegíteni, ezért a hőmérsékletük 4°C körüli.
- teljes keveredés csak akkor lehetséges, ha jég felolvad.
- a jégmentes időszak túl rövid a rétegzettség beálltához
- pl. Char tó (Kanada), Lappföld egyes tavai



Dimiktikus tavak

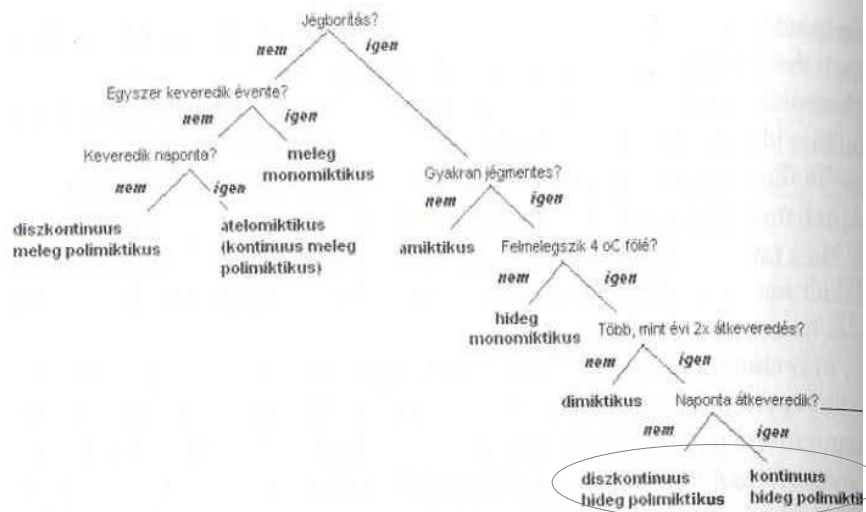
- alapvetően mélyek.
- északi és déli mérsékelt öv azon részén található, ahol a tél elég hideg ahhoz, hogy a tavak befagyjanak.
- őszi és tavaszi teljes átkeveredés jellemzi őket.

Dimiktikus/monomiktikus jelleg az éves átlaghőmérséklet alapján



(Padisák, 2005)

85



(Padisák, 2005) ⁸⁶

Hideg polimiktikus tavak:

évente több, mint kétszer keverednek fel (=poli) teljes mélységükben.

- az év egy részében jég fedi őket (fordított rétegzettség)
- nyárra kiolvadnak, de sekélységük miatt mindig felkeverednek, megtörik az épp kialakulni készülő rétegzettség.
- pl. szubarktikus, szubantarktikus régió tavai
- mélyebb tavakban kialakulhat rétegződés: szakaszosan (diszkontinuusan) hideg polimiktikus tavak

87



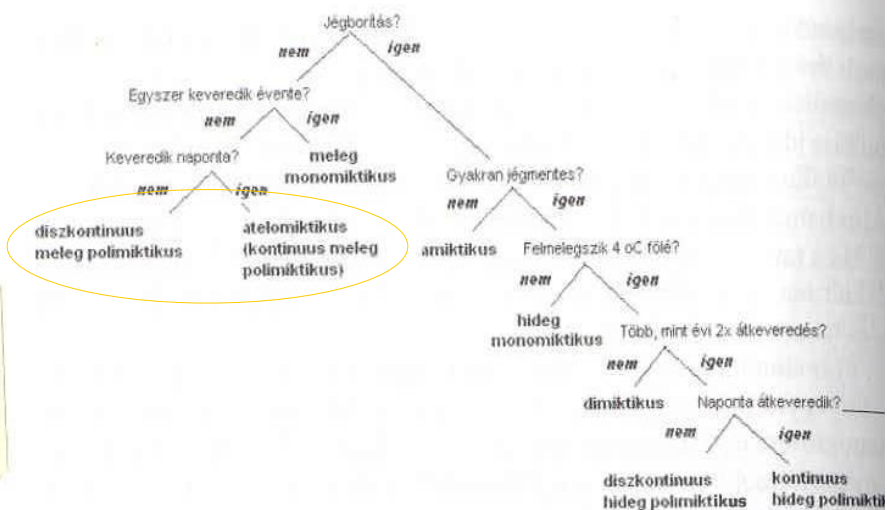
(Padisák, 2005) 88

Meleg monomiktikus tavak:

jégtakaró rajtuk soha nem alakul ki.

- stabil rétegzettség alakul ki bennük a melegebb időszakban.
- hidegebb időszakban a teljes felkevertség állapotában vannak.
- a hipolimnion legalacsonyabb lehetséges hőmérséklete = leghidegebb hónap középhőmérséklete
- pl. északi és déli melegebb mérsékelt öv közt található mélyebb tavak.

89



(Padisák, 2005) ⁹⁰

Meleg polimiktikus tavak:

jégtakaró rajtuk soha nem alakul ki.

- sekélységük miatt gyakran felkeverednek, megtörik a néhány napos/hetes rétegzettség.
- mélyebb tavakban kialakulhat hosszabb rétegződés: szakaszosan (diszkontinuusan) meleg polimiktikus tavak.

91

Atelomiktikus (naponta keveredő, kontinuos meleg polimiktikus) tavak:

trópusi régióra jellemző, de bárhol kialakulhatnak, ahol nagy a napi hőingadozás.

- részleges atelomixis: csak az epilimnionra korlátozódik a napi keveredés
- másodlagos termoklin alakulhat ki az epilimnionban

92

3. TK.: Tótan

- 3.1. Fogalmak
- 3.2. Tavak keletkezése
- 3.3. Tavak morfológiai jellemzői
- 3.4. Tavak vízháztartása
- 3.5. Tavak rétegzettségének kialakulása, rétegzettségi típusok
- 3.6. Vízmozgások**

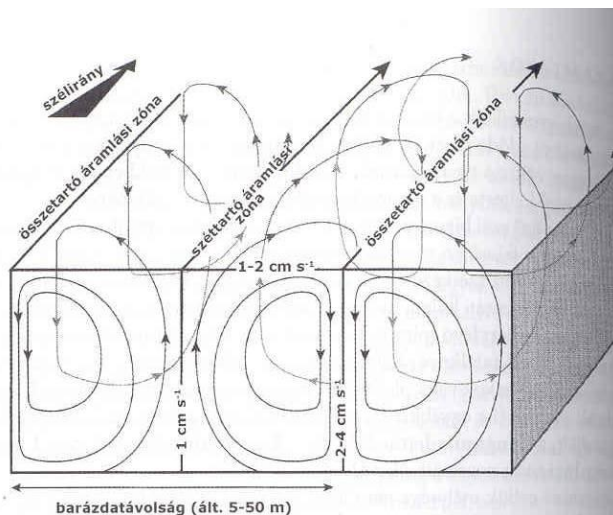
93

Vízmozgások típusai 1

- **áramlások két fő típusa:** szél keltette, sűrűségkülönbség okozta
 - **turbulencia:** a víztestben bármely ponton, bármely irányban változó áramlási sebesség észlelhető
 - **Langmuir-cirkuláció:** a felszínre érő szél keltette áramlás során a víz egymással párhuzamos spirálisok mentén halad, melyek hossz tengelye a széliránnyal párhuzamos. Az egymás melletti spirálisokon belül a víz forgásirány ellentétes.
- Széliránnyal párhuzamos habcsíkok, kékalga virágzási csíkok.

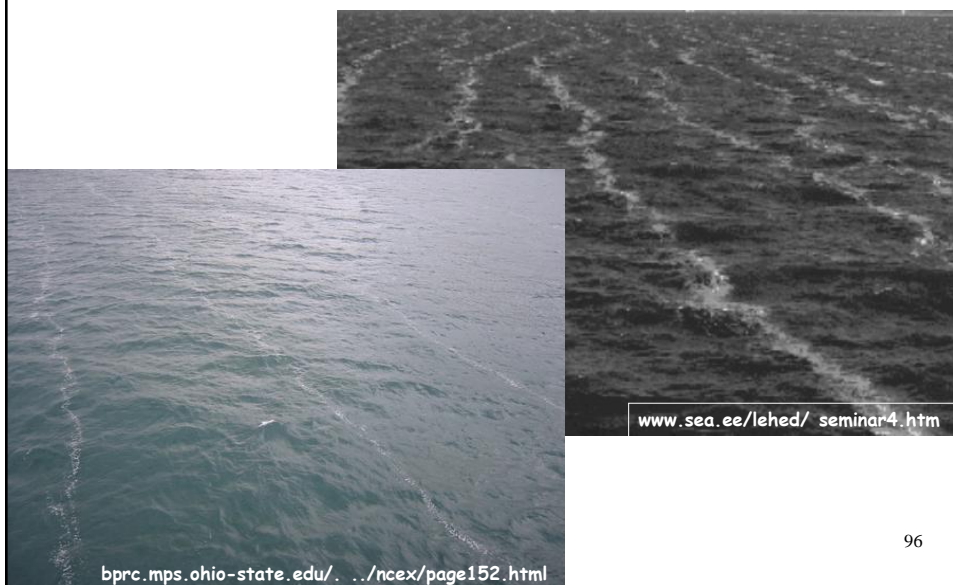
94

Langmuir-cirkuláció



(Padisák 2005) 95

Langmuir-cirkuláció



96

Vízmozgások típusai 2

•**denivelláció (vízkilendülés):** a szél keltette áramlások miatt a víz a szél felőli oldalon apad, a másik oldalon feltorlódik, majd visszaáramlik → horizontális áramlási mintázatok

•**konvekciós áramlások:** sűrűségkülönbségek miatt jönnek létre (pl. napi hőingadozás, eltérő oldott anyag tart. víz folyik be) → atelomixis, másodlagos termoklin kialakulása

•**tólenngés (seiche):** nagy tavaknál előfordul, hogy a légnyomás a tó egyik részén alacsony, másik részén magas → vízáramlás indul meg a magasabb légnyomású részről, a tó denivellálódik. Az anomália megszűntekor mérleghinta-szerű mozgás jön létre, ez a seiche. Ritmikus állóhullám.

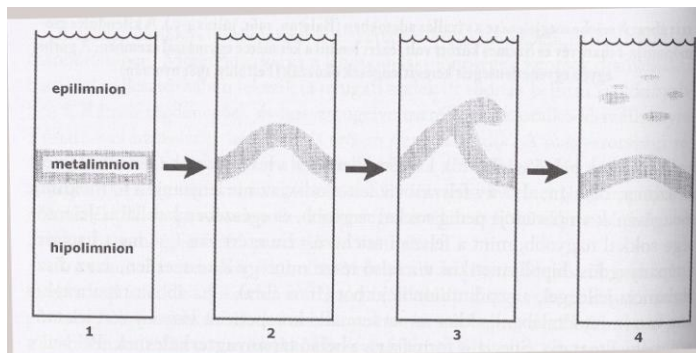
A seiche-t keltő erőkhöz tartozik a földrengés is → szökőár

Megdönti a vizet → destabilizálja a termoklint

A termoklin hintamozgása a vízfelszín stabilizálódása után is tart: belső seiche.

97

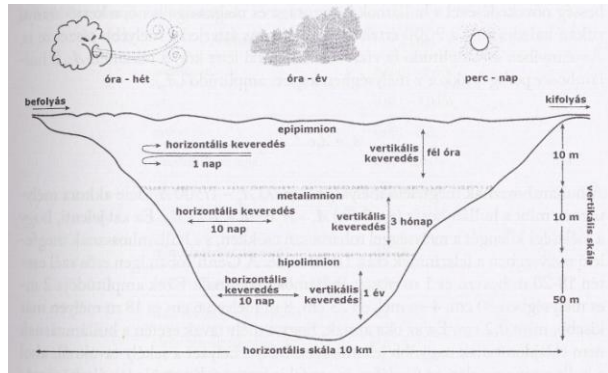
Belső seiche



Padisák 2005

98

- **hullámozás**: a mozgás (energia) terjed, de tömeg nem
- **fetch-hossz**: annak a szabad vízfelületnek a hossza, amin a szél bele tud kapaszkodni a vízbe, hogy hullámozást keltsen. Függ a széliránytól.



Padisák 2005

99