

Specifika údolních nádrží

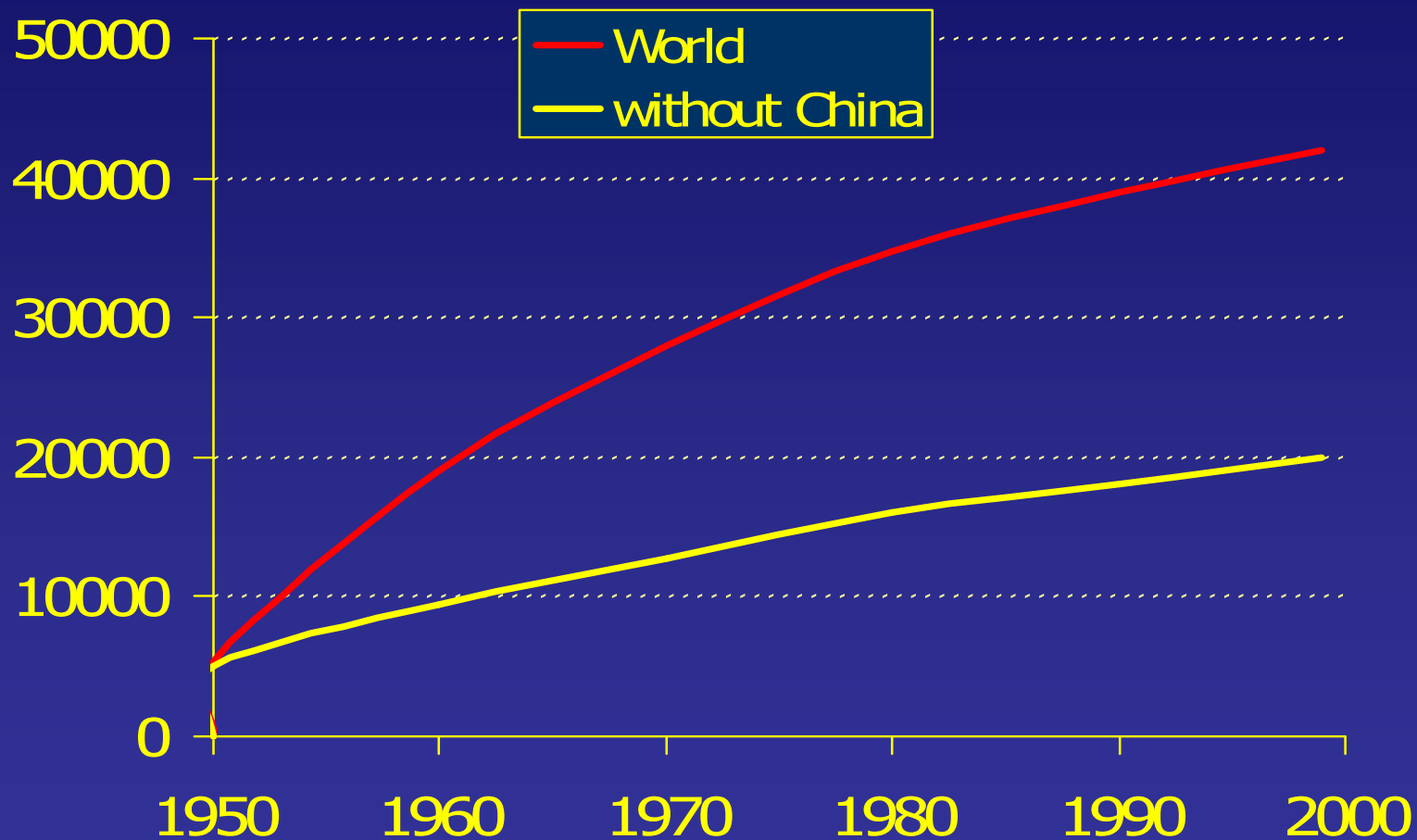
1 Účel a funkce nádrží

Proč se nádrže staví?

- hromadění vody pro její pozdější využití (**zásobní funkce**)
- zachycení povodňových průtoků pro ochranu
údolí pod nádrží (**ochranná funkce**)
- vytvoření **vodního prostředí** (akvakultury, rekreace, plavba)
- úprava **vlastností vody** (pitná voda, sedimentace)

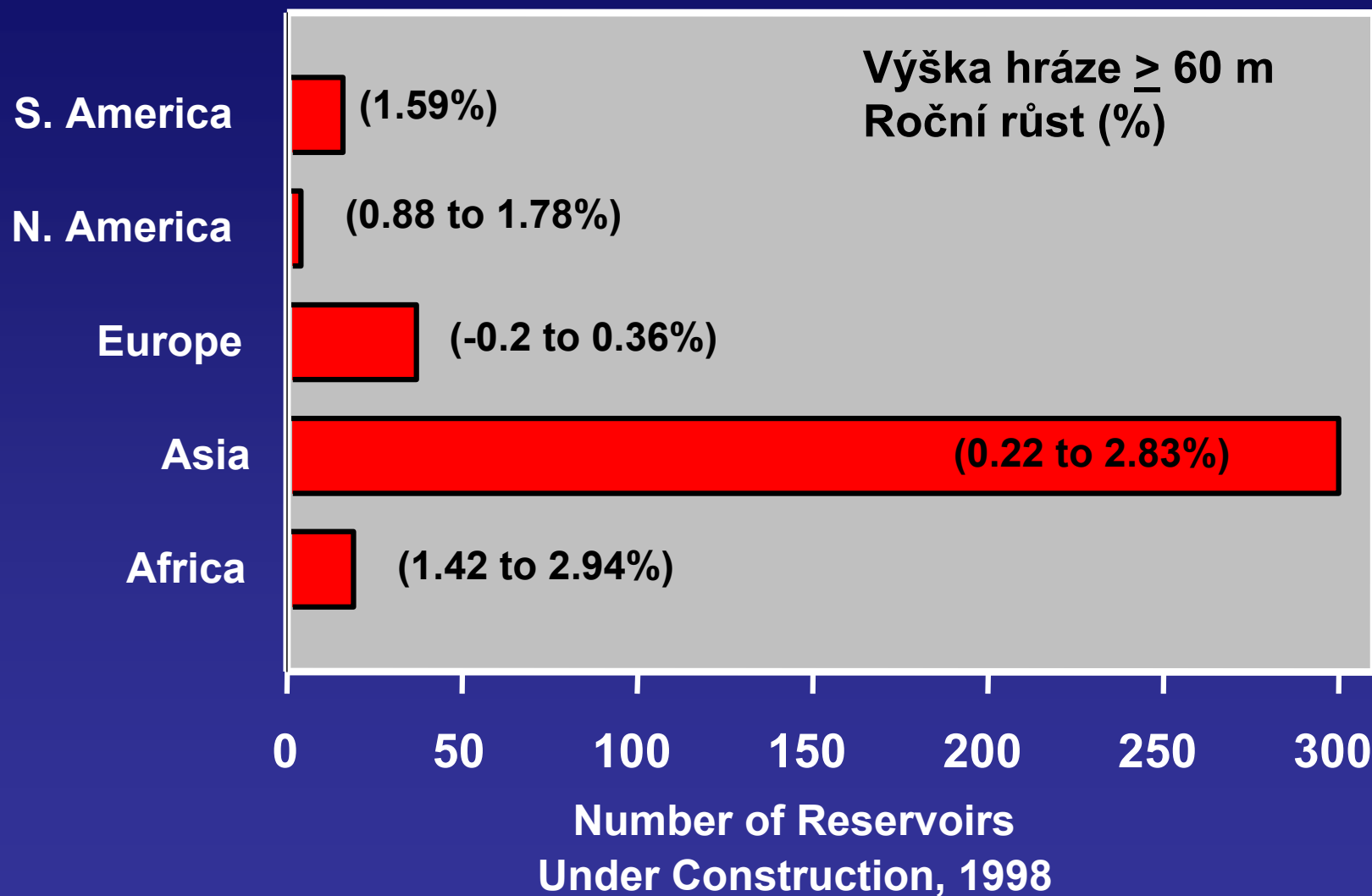
2 Historie rozvoje nádrží ve světě

Počet nádrží na světě

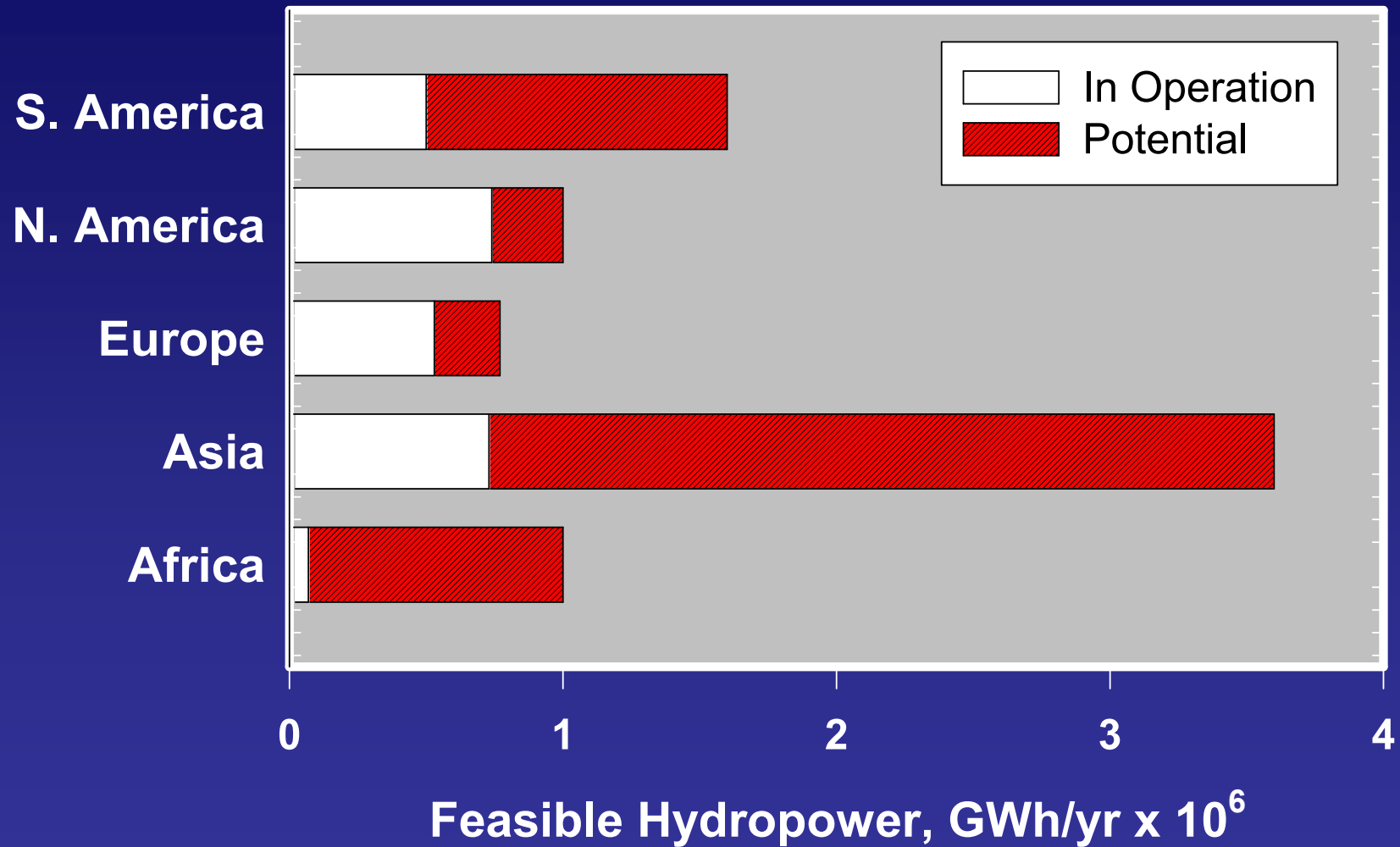


*Int'l J. Hydropower and Dams
World Atlas and Industry Guide, 1998*

Výstavba přehrad ve světě



Hydroenergetický potenciál nádrží



*Int'l J. Hydropower and Dams
World Atlas and Industry Guide, 1998*

Největší vodní nádrže světa (ICOLD 1984)

Název	Stát	Rok	Objem [10 ⁹ m ³]
Owen Falls	Uganda	1954	204,800
Bratsk	SSSR	1964	169,270
High Aswan (Sadd-el-Aali)	Egypt	1970	169,000
Kariba	Rhodesie/Z.	1959	160,368
Akosombo	Ghana	1965	148,000
Daniel Johnson	Kanada	1969	141,852
Guri	Venezuela	-	135,000
Krasnojarsk	Rusko	1970	73,300
W.A.C.Bennett	Kanada	1967	70,309
Zeja	Rusko	1975	68,400
Cabora Bassa	Mozambik	1974	64,000
La Grande 2	Kanada	-	61,715
La Grande 3	Kanada	-	60,020
Ust' - Ilimsk	Rusko	-	59,300
Kujbyšev	Rusko	1958	58,000

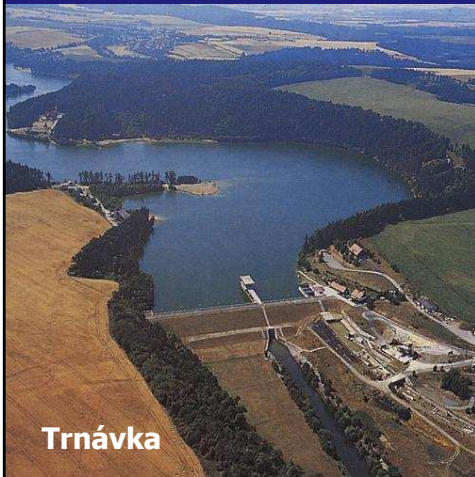
3 Nádrže v Česku

Vodní útvary (3 ekoregiony)

Typ	N	V, mil.m ³	A, km ²
přírodní	5	6	<1
umělé	24 000	3 900	650
„velké“ úd. nádrže 118 (výška hráze >10m)		3 459	286



Černé jezero



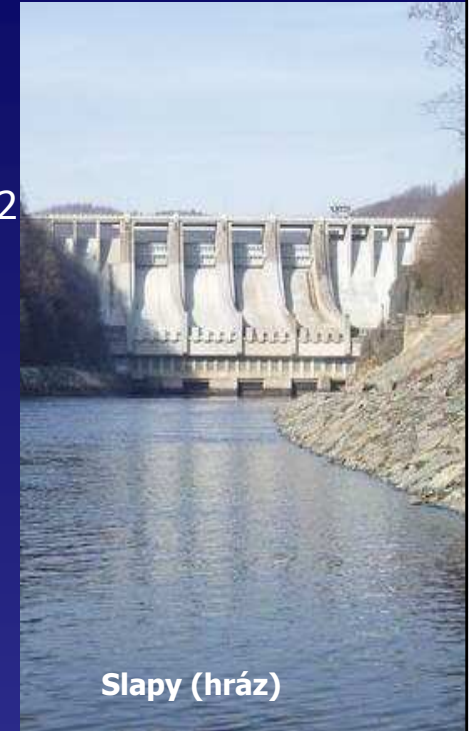
Trnávka



Radimovický rybník



TŘEBOŇSKO - Staňkovský rybník



Slapy (hráz)



Hněvkovice

Historie výstavby vodních nádrží na území ČR

a) Rybníky (největší rozkvět 14-16. století)

rozvoj od středověku – Pardubicko, Poděbradsko, Třeboňsko
koncem 16. století byla zatopená plocha asi 1800 km²

Rybníky ČR v r. 2003

Velikost zatopené plochy (ha)	Počet rybníků
>50	110
10-50	668
5-10	940
<5	cca 20 000

b) Nádrže pro potřebu hornictví (16-19. stol.)

- Krušné hory a Slavkovský les - 16. století
- okolí Banské Štiavnice a Příbrami - 18. století (budování přivaděčů)

c) Nádrže pro plavení dřeva (do konce 19. stol.)

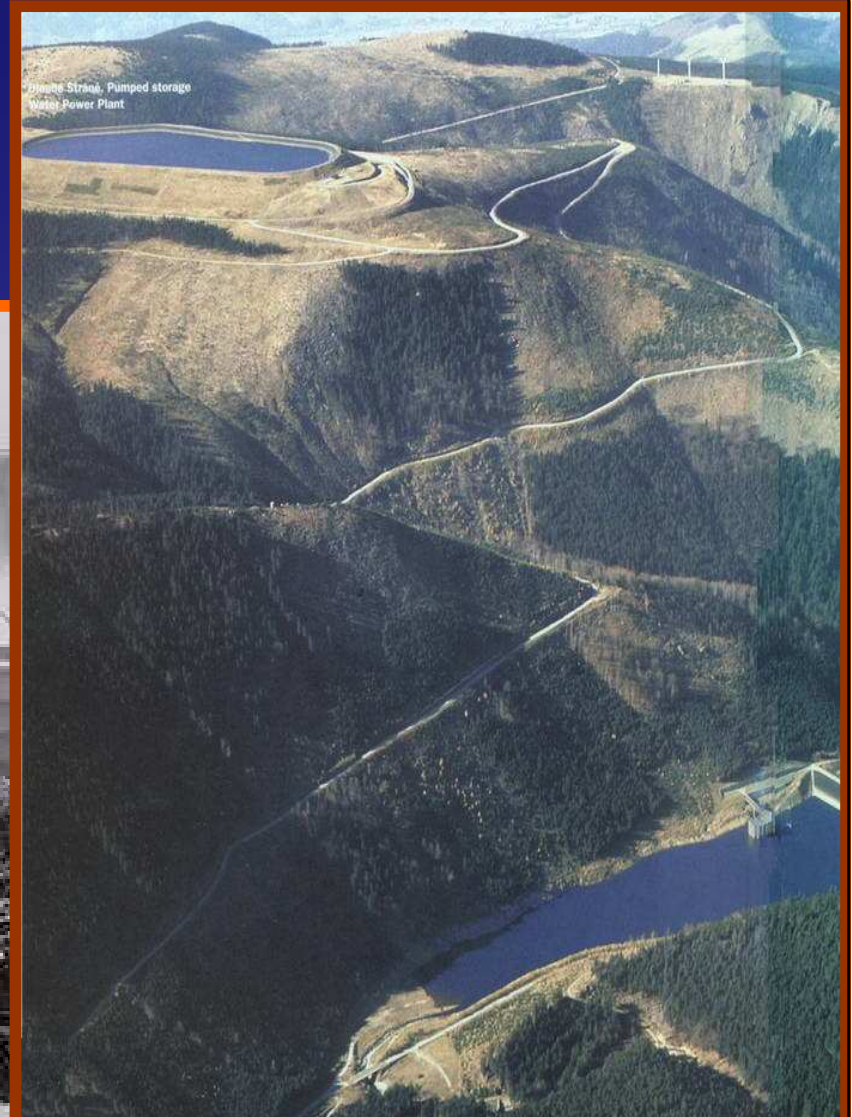
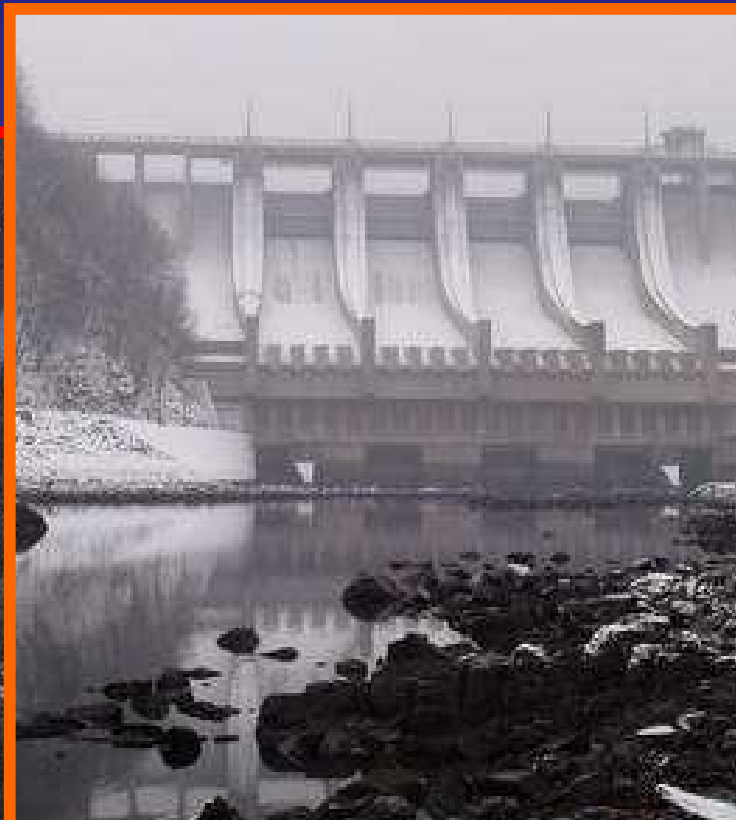
- Šumava (povodí Vydry a Křemelné)

d) Ochranné nádrže (konec 19. a začátek 20. stol.)

- Jevišovský potok u Jevišovic na Moravě (1897)
- povodí Nisy v severních Čechách (pět ochranných nádrží, tzv. libereckých, do r. 1910)
- do roku 1945 - 23 nádrží (2/3 celk. počtu)
- později - sdružená funkce

e) Energetické nádrže

- první - na Želivce u Sedlic (2,36 MW) - 1927
- Lipno (120 MW), Slapy (144 MW) a Orlick (364 MW) na Vltavě s objemem 270 až 704 mil. m³ - 1954-1961
- Dlouhé Stráně, špičková přečerpávací elektrárna (650 MW) - 1996



f) Nádrže k zásobení obyvatelstva a průmyslu vodou

- nejstarší Jordán v Táboře (1492)
- po roce 1945 stále více převažuje výstavba vodárenských nádrží

g) Nádrže k zemědělským účelům (závlahy)

- Vihorlat na východním Slovensku (336 mil. m³), Rozkoš u České Skalice (76 mil. m³) a Nové Mlýny na Dyji (145 mil. m³)

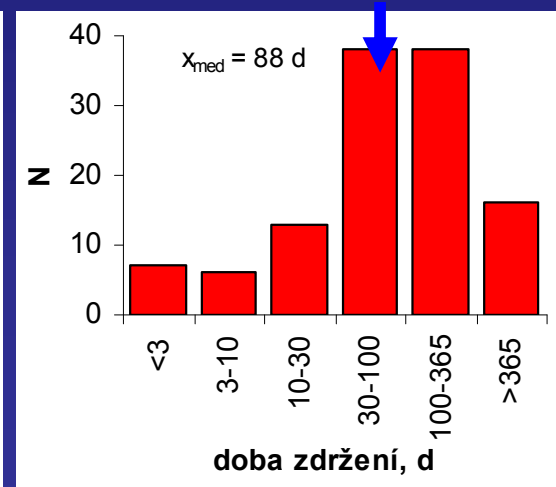
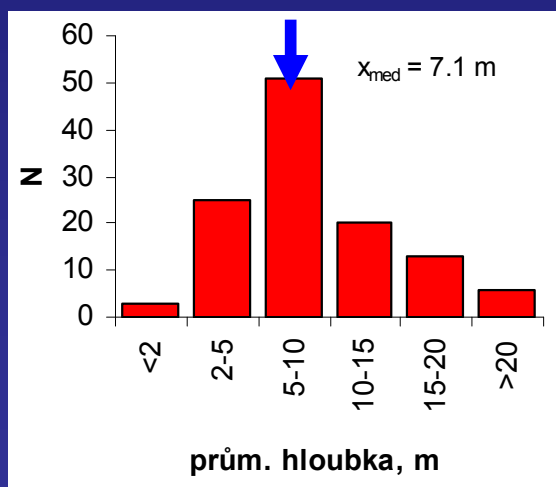
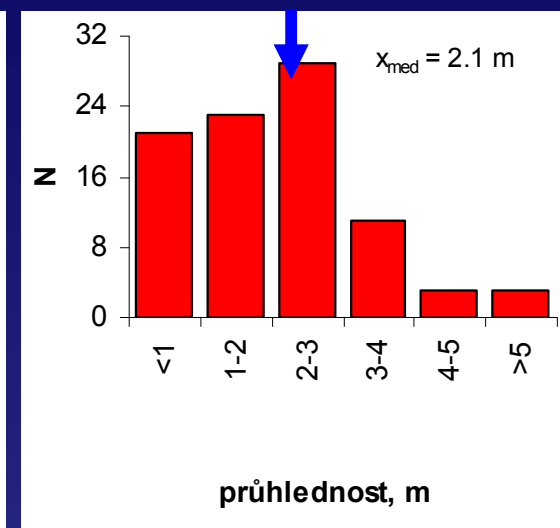
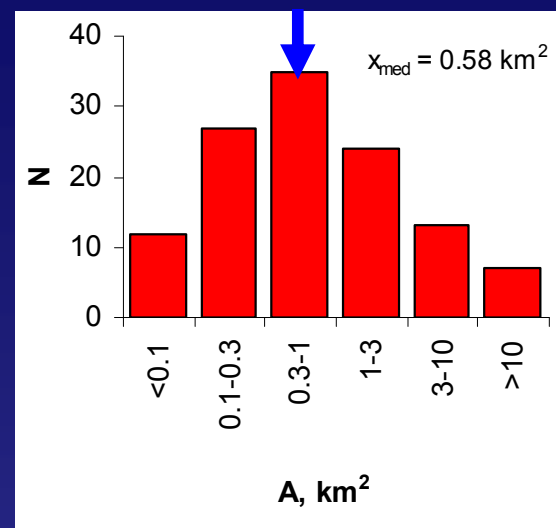
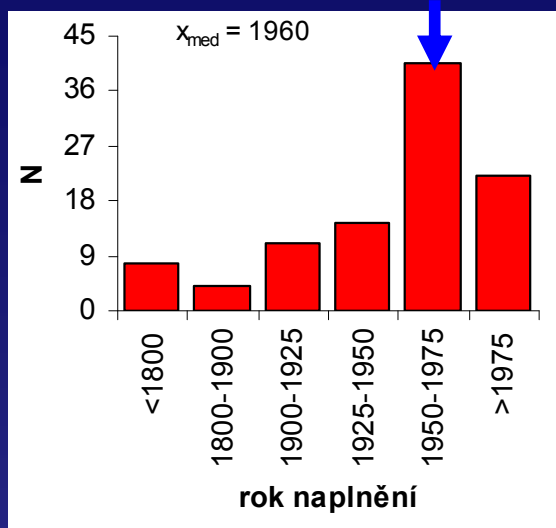
h) Nádrže s hlavním účelem pro rekreaci

- souběžné využití s jinými účely - liberecké nádrže, Bystřička, Vranov, Seč, Kníničky, Orava, Slapy, Lipno atd.
- čistě rekreační nádrže - Hostivař (1962), České údolí u Plzně (1973)

Perspektiva další výstavby nádrží v ČR ?

- nejistá
- celková míra akumulace v nádržích ČR - 22% (2000)
- existující nádrže se budou nadále využívat

Charakteristiky 'velkých' nádrží v ČR



Srovnání s přírodními jezery:

- velmi mladé
- častější krátká a střední doba zdržení vody
- velmi úživné (eutrofní)
- ostatní charakteristiky se překrývají

Zdroje dat:

- ICOLD 2002: stáří, plocha, hloubka, doba zdržení (N=118)
- www.voda.gov.cz: průhlednost 2004-2005 (N=90)

Aktuální informace **i**

Evidence ISVS

Projekt ISVS - VODA

Dne 1.7.2004 nabyla účinnosti vyhláška

Stavy a průtoky

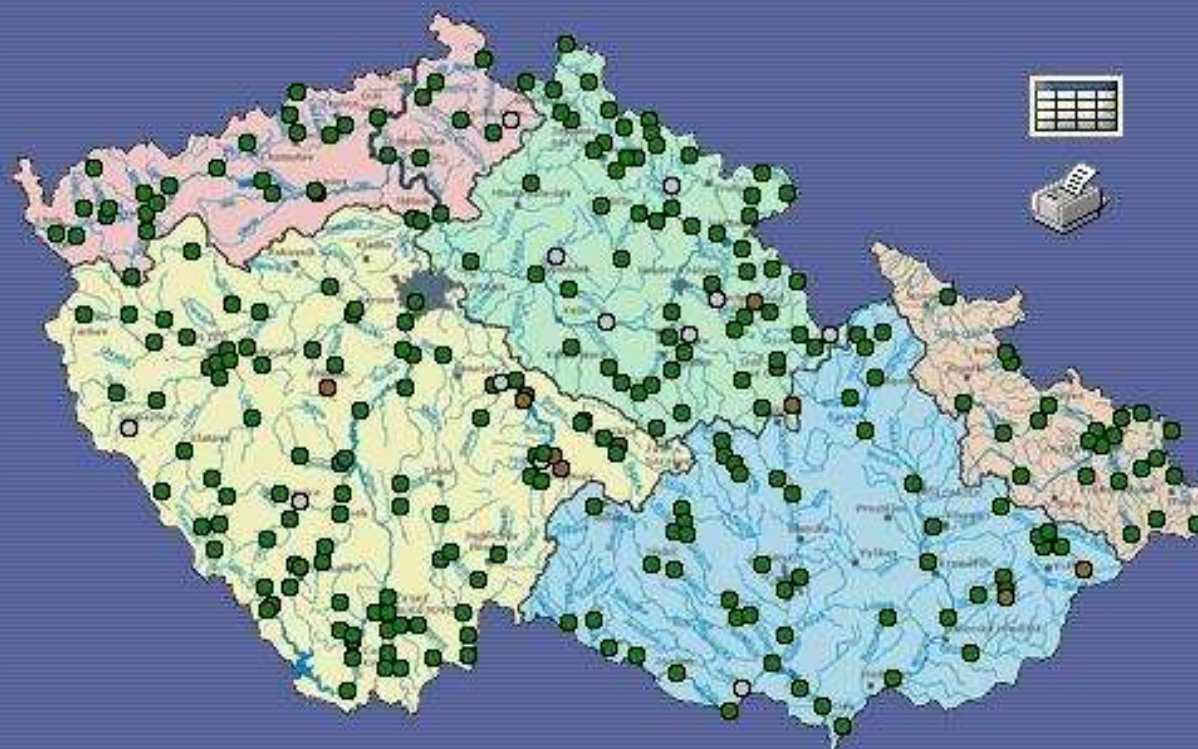
Srážky

Jakost vody

Technická evidence

Kontakty

Odkazy



Poslední aktualizovaná hodnota

Povodí Labe, s.p.	01.10.2007 20:00
Povodí Vltavy, s.p.	01.10.2007 21:00
Povodí Ohře, s.p.	01.10.2007 21:30
Povodí Odry, s.p.	01.10.2007 21:20
Povodí Moravy, s.p.	01.10.2007 21:00

Legenda hydrologických jevů

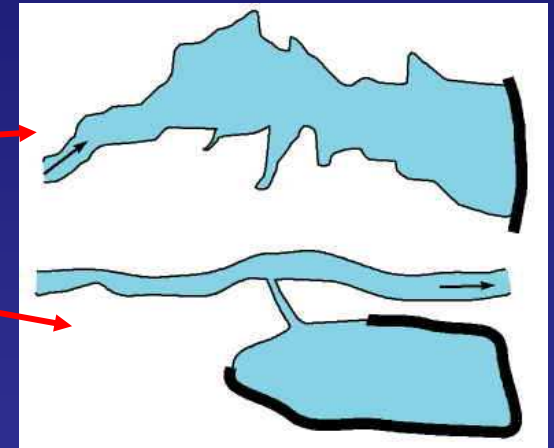
- údaj není k dispozici
- sucho
- normální stav
- 1. stupeň povodňové aktivity (bdělost)
- 2. stupeň povodňové aktivity (pohotovost)
- 3. stupeň povodňové aktivity (ohrožení)

- Stavy a průtoky na vodních tocích
- Hladiny vody v nádržích

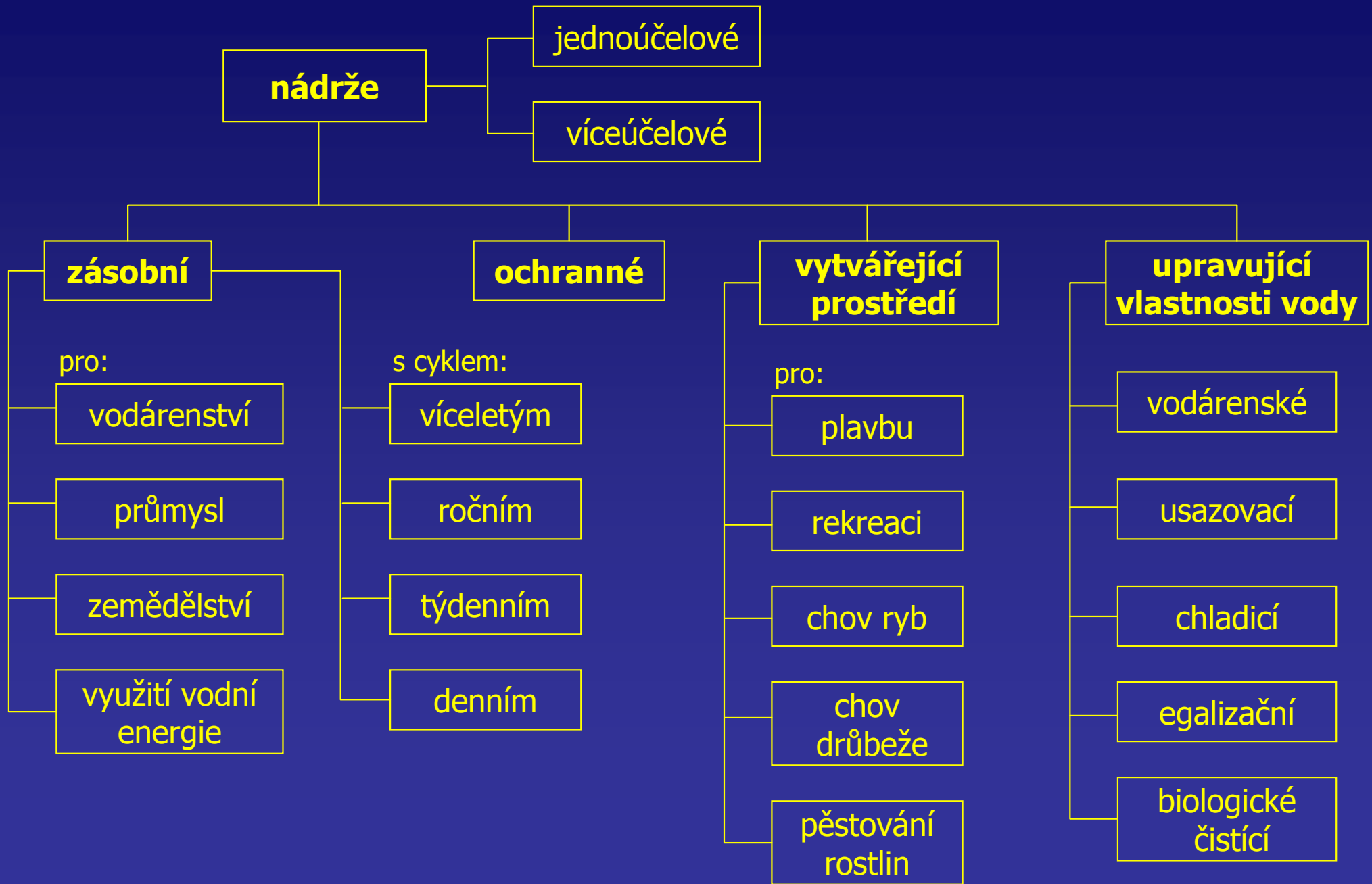
4 Klasifikace nádrží

Podle vzniku a místa

- přírodní - jezera ledovcová, tektonická,....
- umělé - nádrže hrázové, hloubené
- protékané
- neprotékané - bez vlastního povodí
- údolní - přehrazení údolí
- hloubené - lomy, pískovny, těžební jámy
- postranní (boční) - mimo tok
- vrcholové - u přečerpávacích elektráren

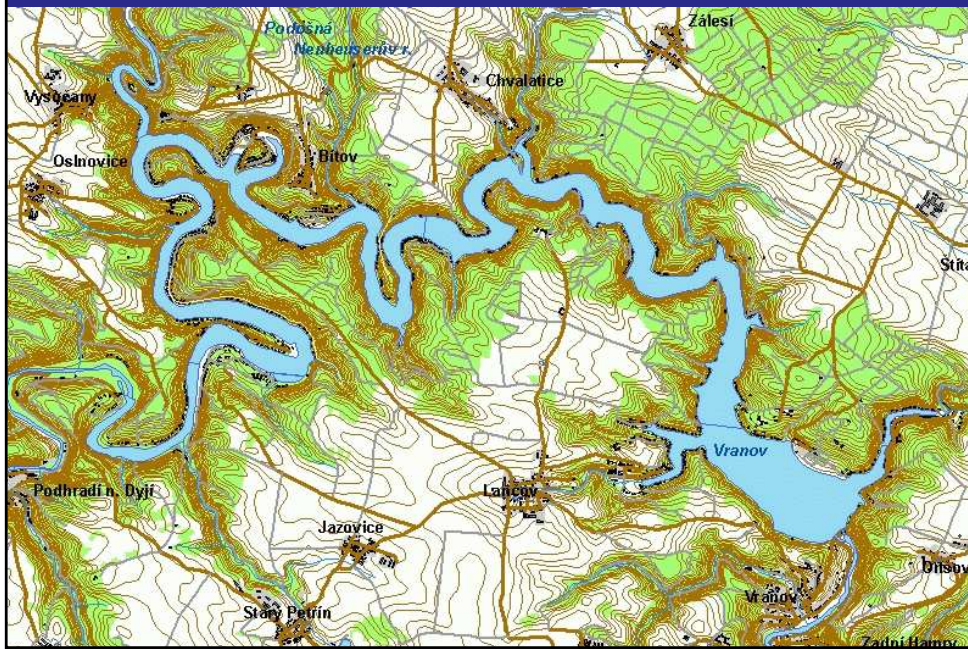


Podle účelu



Podle hloubky

Korytovité (Vranov)

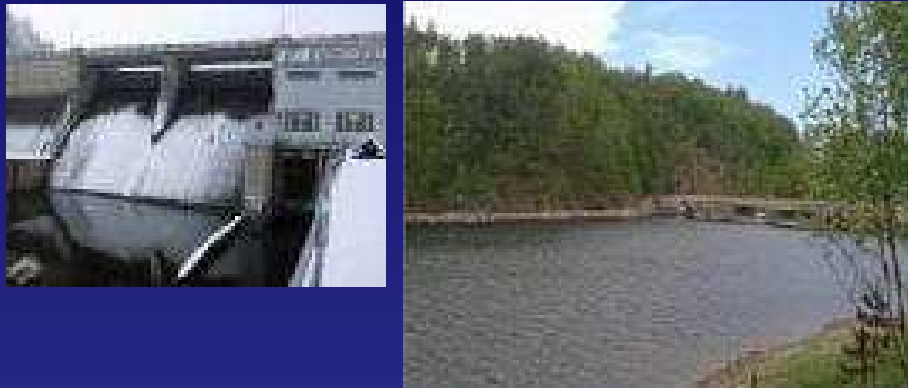


Rozlivné (VD Nové Mlýny)

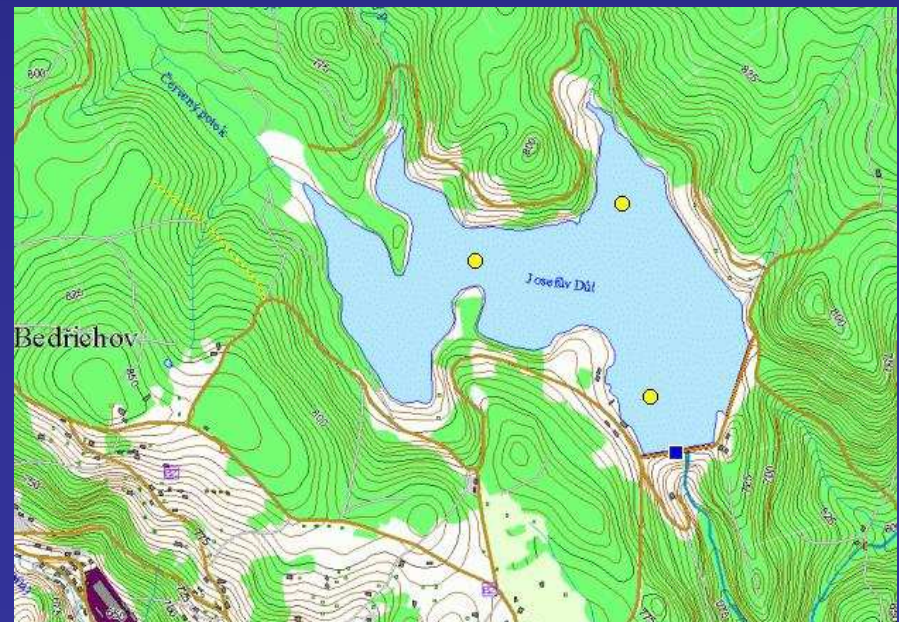
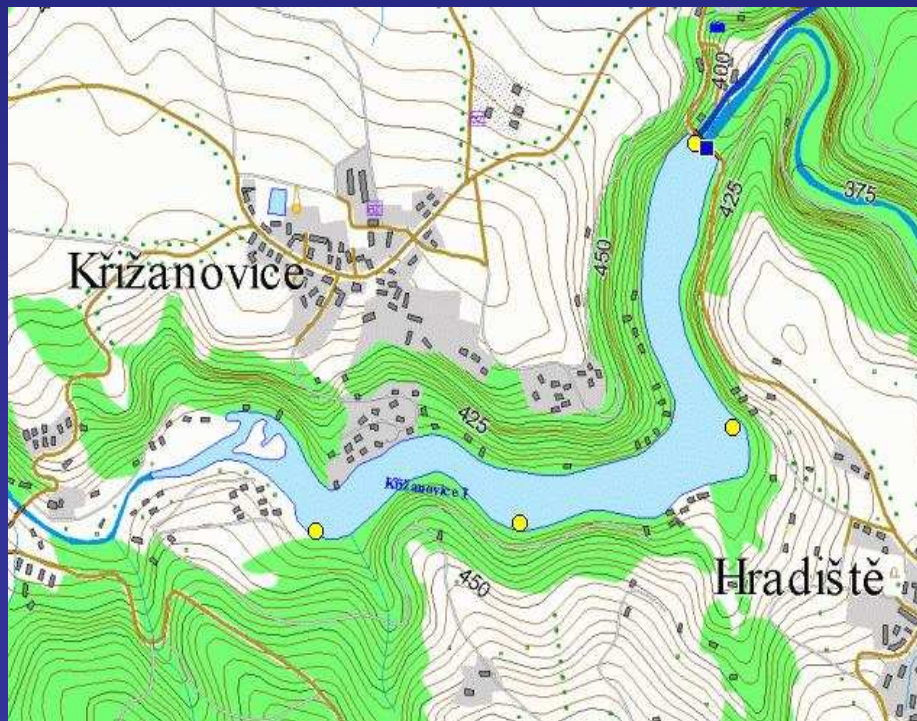


Podle průtočnosti

Průtočné, nestratifikované
(Křižanovice)



Neprůtočné, stratifikované
(Josefův Důl)

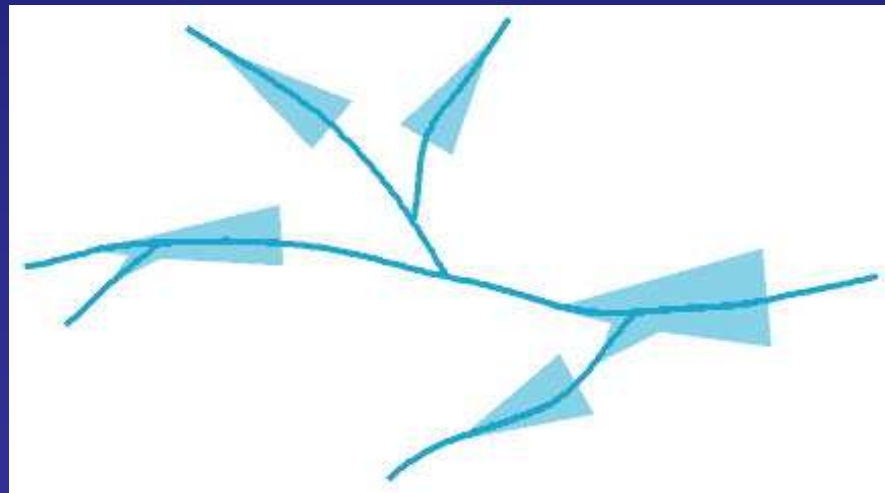


Podle uspořádání více nádrží

- kaskáda nádrží
(Vltavská kaskáda)

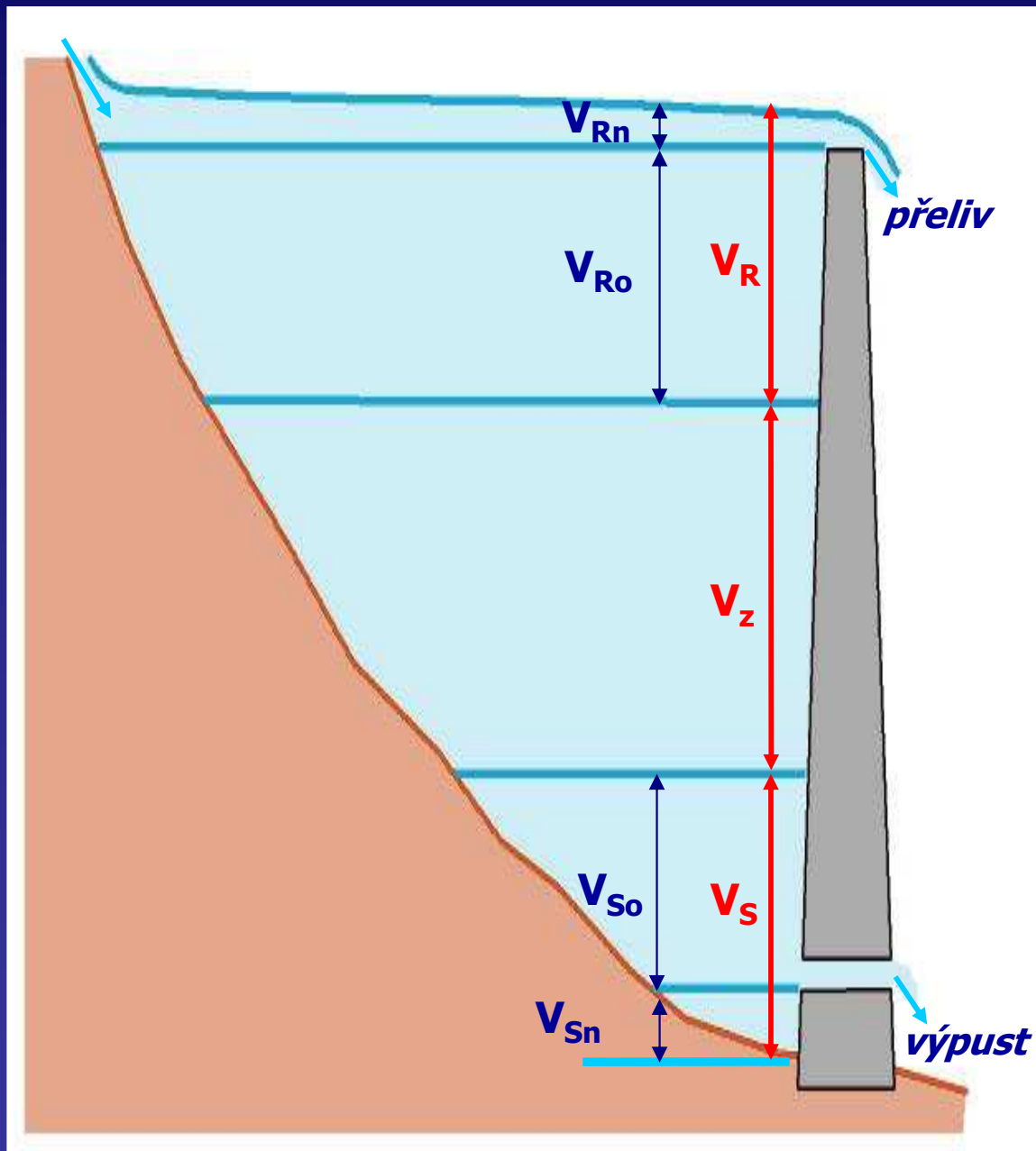


- soustava nádrží
(vodárenské nádrže
v Krušných horách - Fláje,
Janov, Jirkov, Přísečnice,
Křímov, Kamenička - pro
Chomutov-Most-Teplice-
Ústí n.L.)



5 Vodohospodářské řízení nádrží

5.1 Prostory v nádrži



V_z - zásobní prostor

V_R - ochranný (retenční)

V_{Rn} - neovladatelný

V_{Ro} - ovladatelný

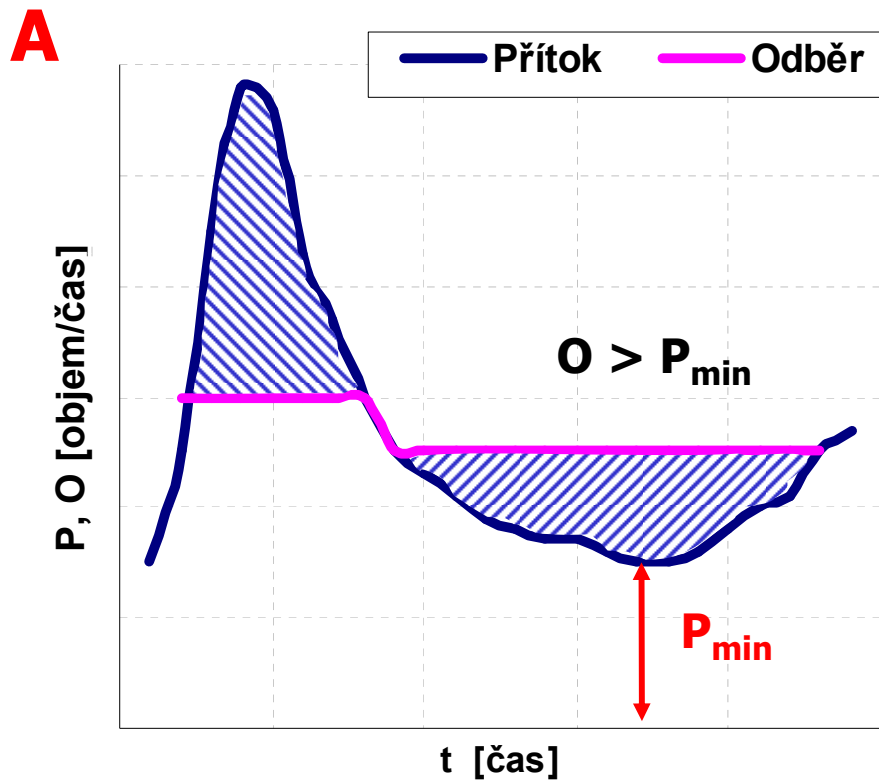
V_s - stálého nadržení

V_{So} - ovladatelný

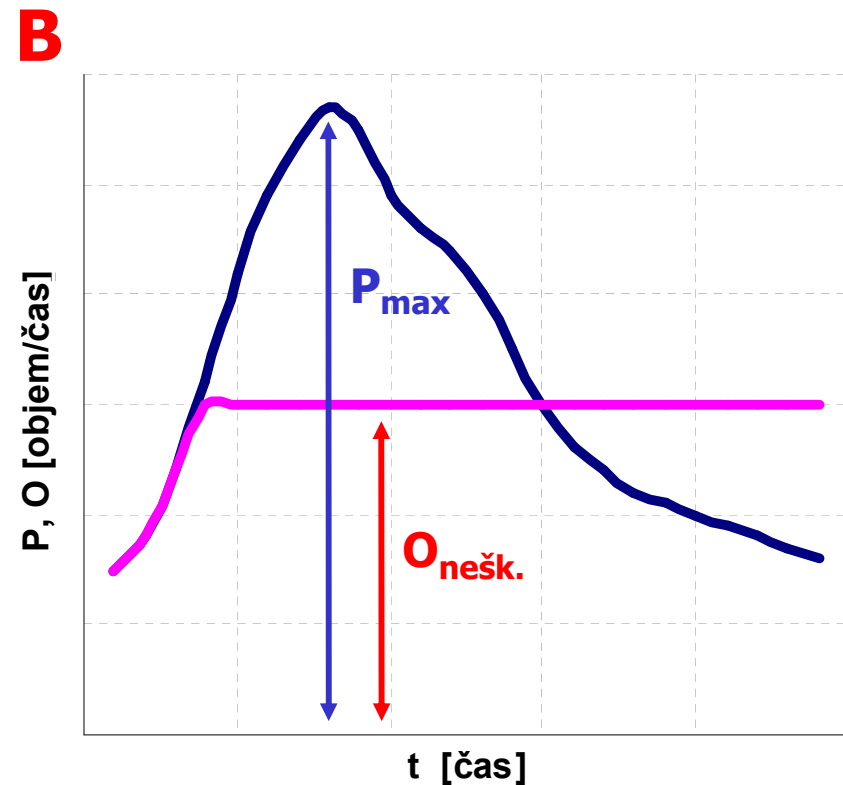
V_{Sn} - neovladatelný

5.2 Zásobní a ochranná funkce nádrže

Funkce zásobní



Funkce ochranná



Součinitel nalepšení průtoku

(součinitel relativní velikosti odběru):

$$\alpha = O_p / Q_a \quad (1)$$

kde: O_p - odběr se zabezpečeností p

Q_a - průměrný průtok (dlouhodobý)

Součinitel relativní velikosti nádrže

(průměrná doba zdržení vody v pracovním objemu nádrže):

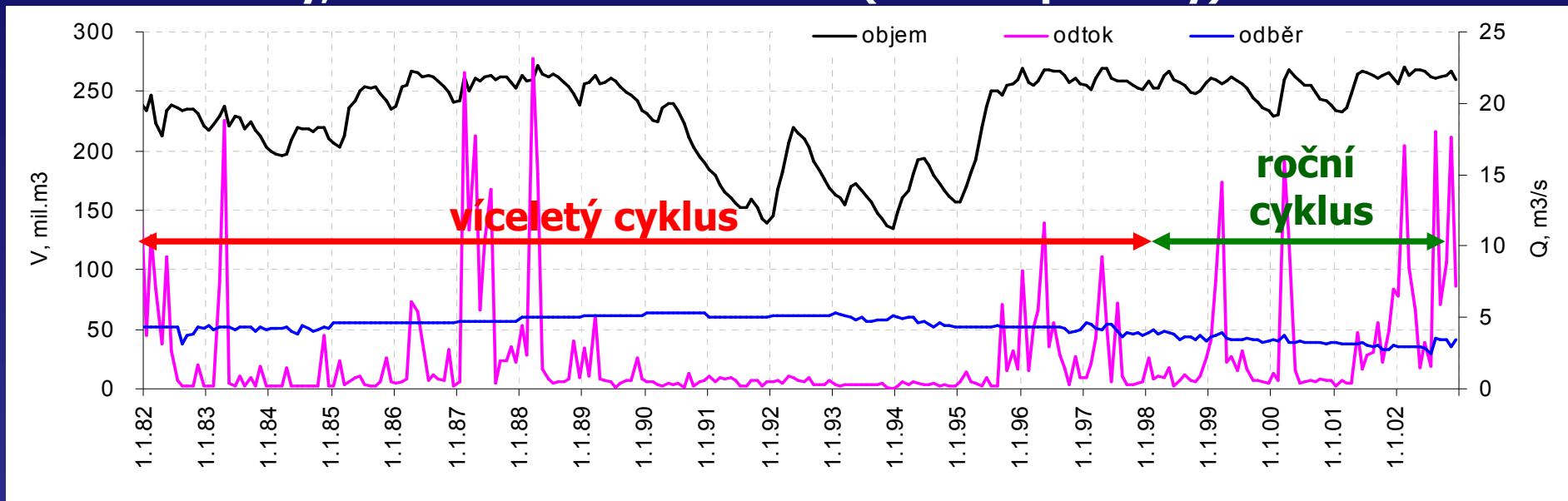
$$\beta = V / O_p \quad (2)$$

kde: V - objem pracovního prostoru nádrže

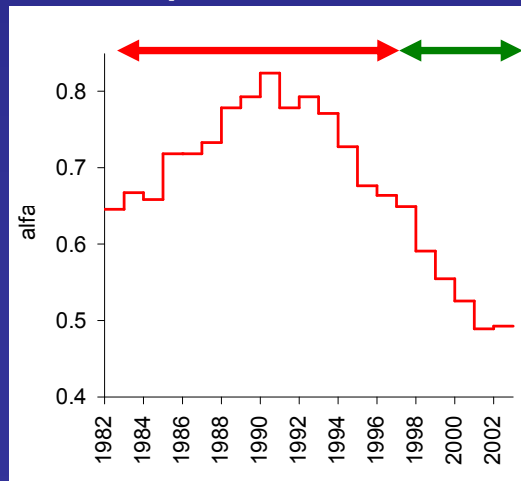
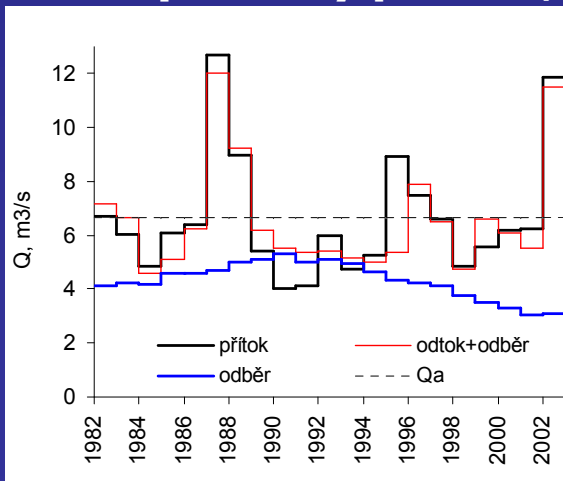
5.3 Délka cyklu řízení nádrže

VD Želivka - příklad víceletého a ročního cyklu řízení

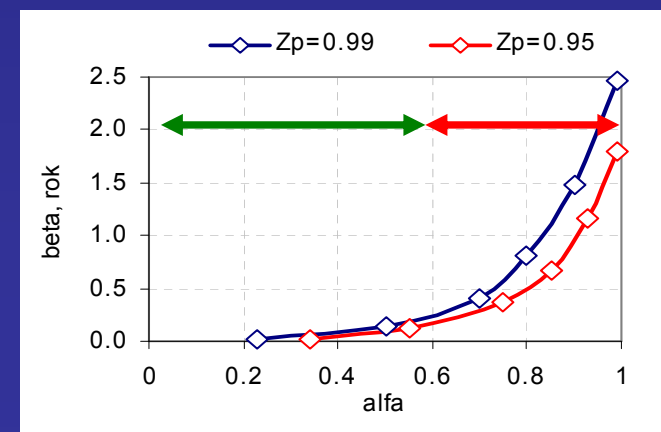
Kolísání hladiny, odtok a odběr 1982-2002 (měsíční průměry)



Roční průměry přítoku, odtoku, odběru a α

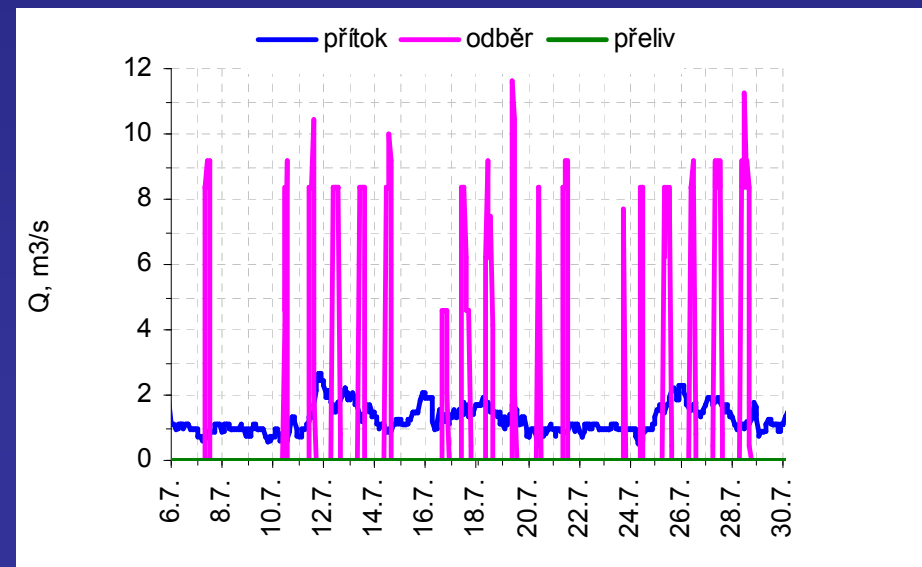
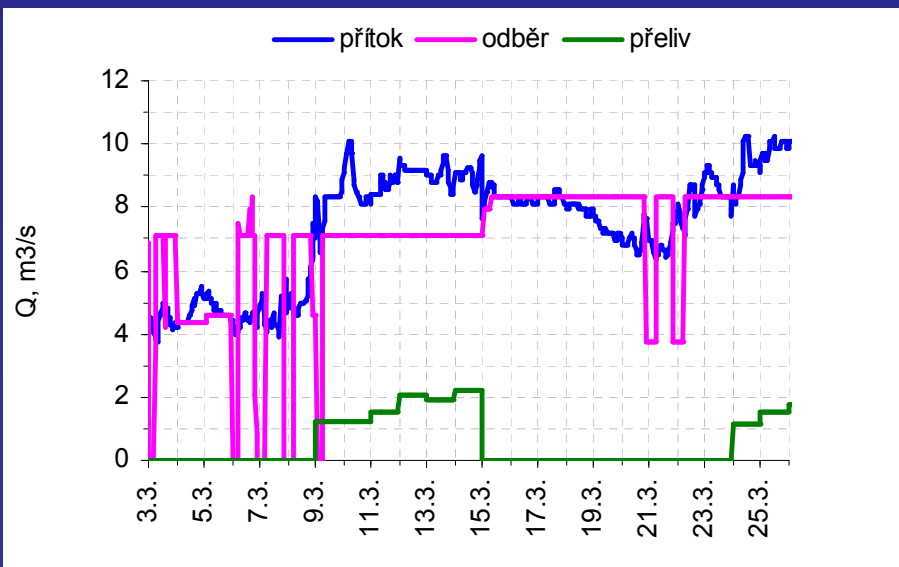
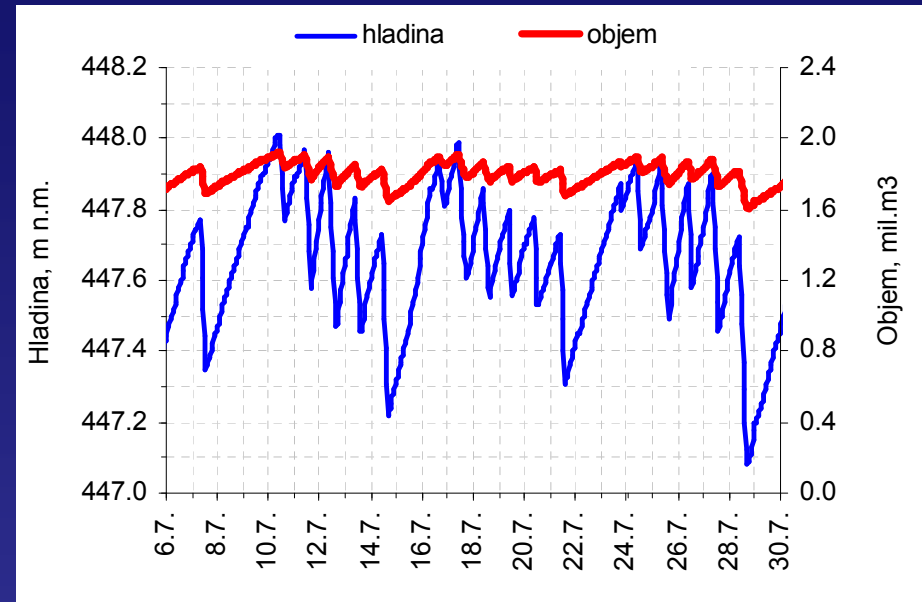
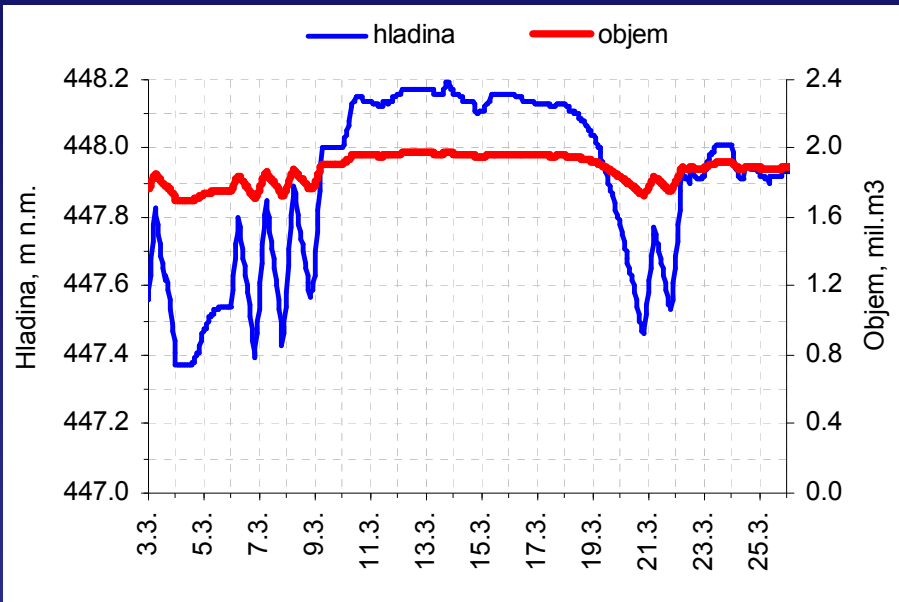


Závislost pracovního objemu nádrže na velikosti odběru



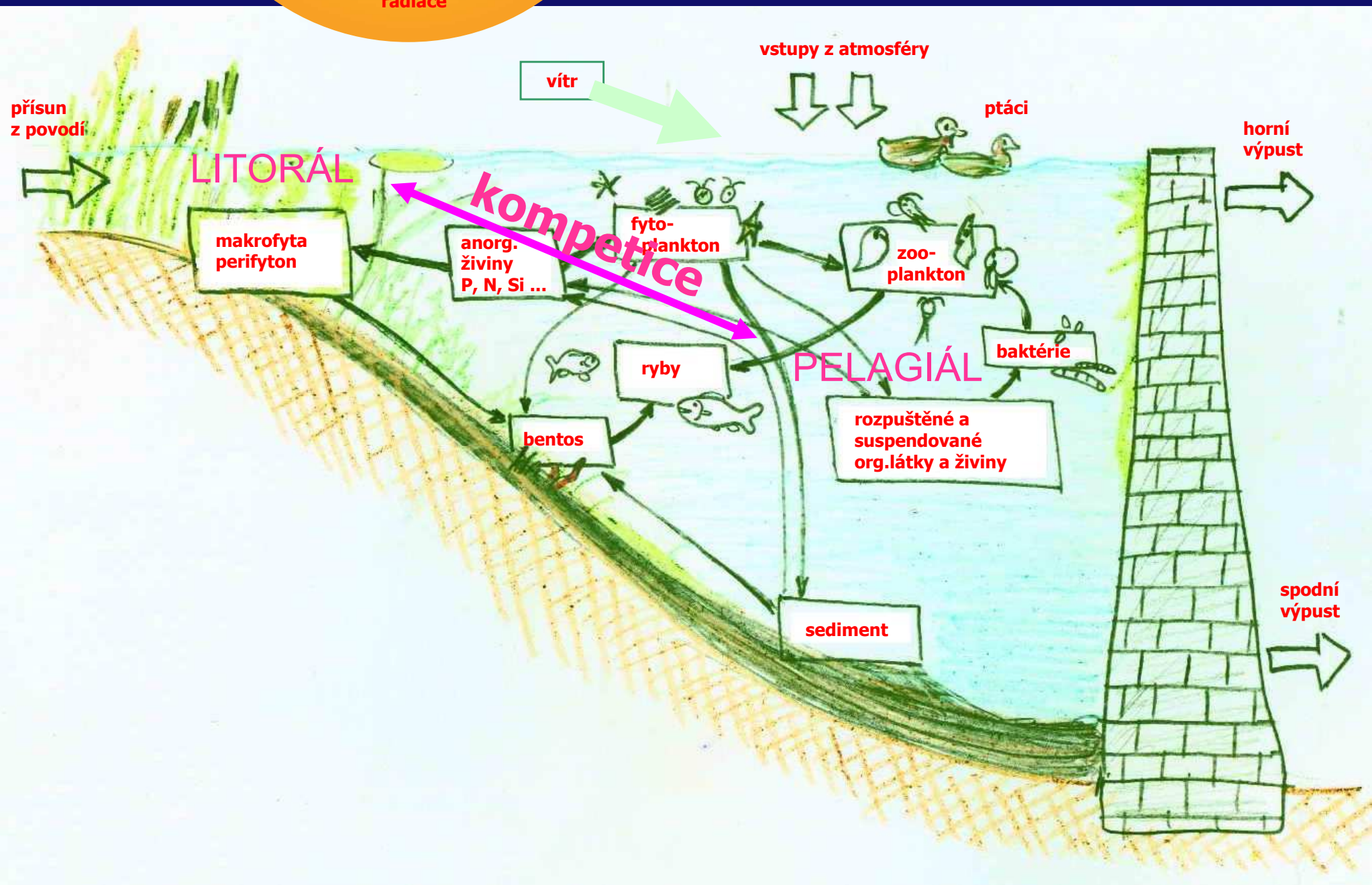
VD Sedlice - příklad týdenního a denního cyklu řízení

Kolísání hladiny, objem nádrže, přítok, odběr na vodní elektrárnu a odtok přelivem v březnu a červenci 2000 (1-h průměry)



6 Srovnání ekosystému nádrží a jezer

radiace



Příčiny odlišností nádrží a jezer?

- stáří

- morfologie

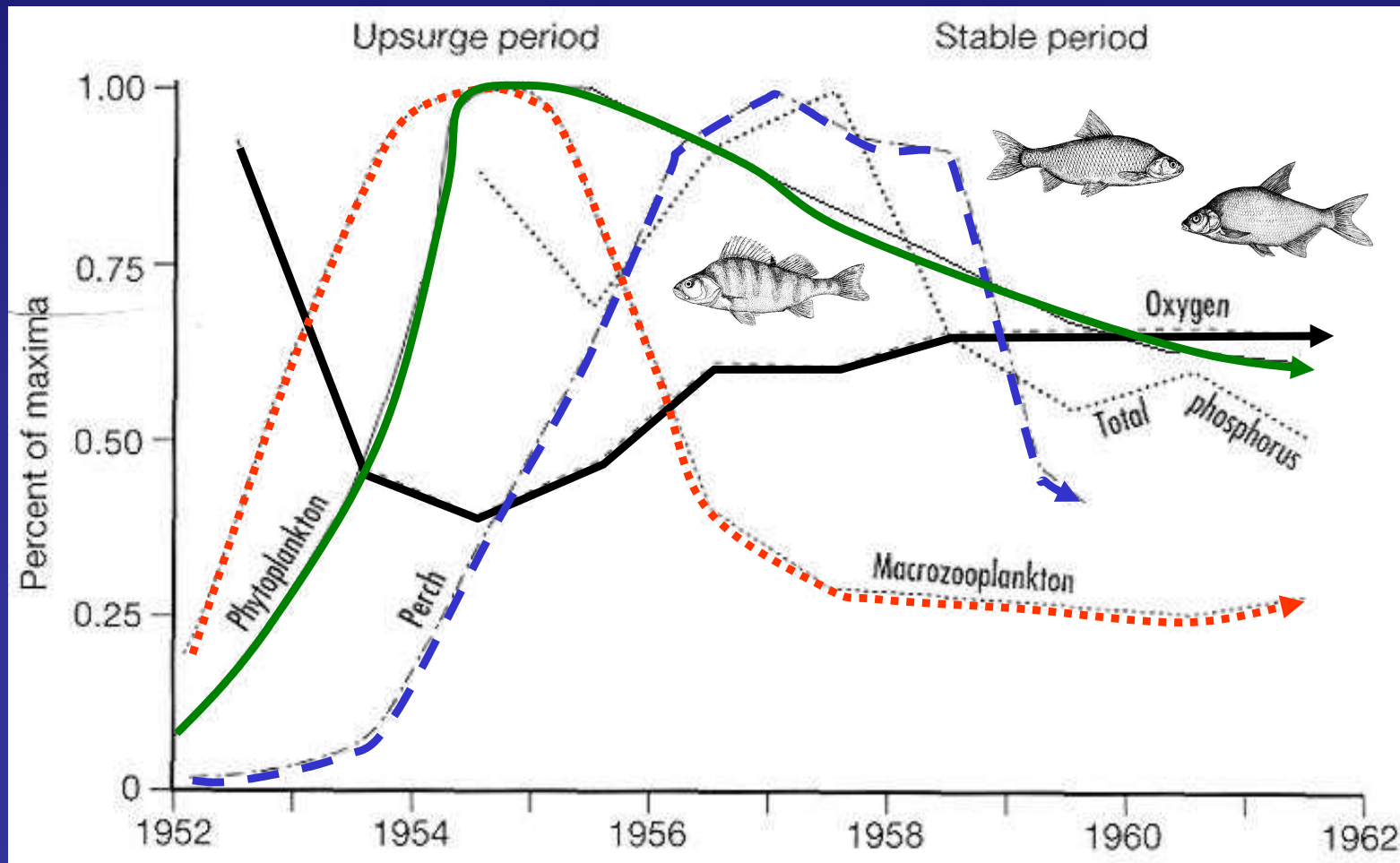
(horizontální a vertikální rozdíly, podélné gradienty)

- vodohospodářské funkce

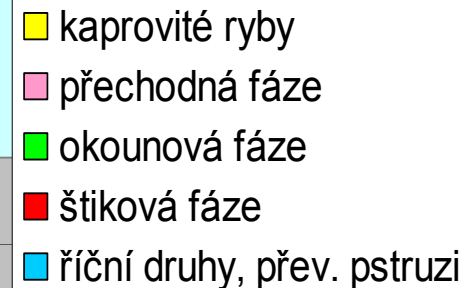
(kolísání hladiny, hloubka výpustí)

6.1 Stárnutí nádrží

- osídlení nádrže po napuštění = **nové prostředí, stabilizace dna**
- změny: bentos, ryby, makrofyta
- nově: fytoplankton a zooplankton
- sukcese – tzv. stárnutí nádrže: **Klíčava** (Kalff 2002: Limnology)



19 odhadů 30 českých údolních nádrží

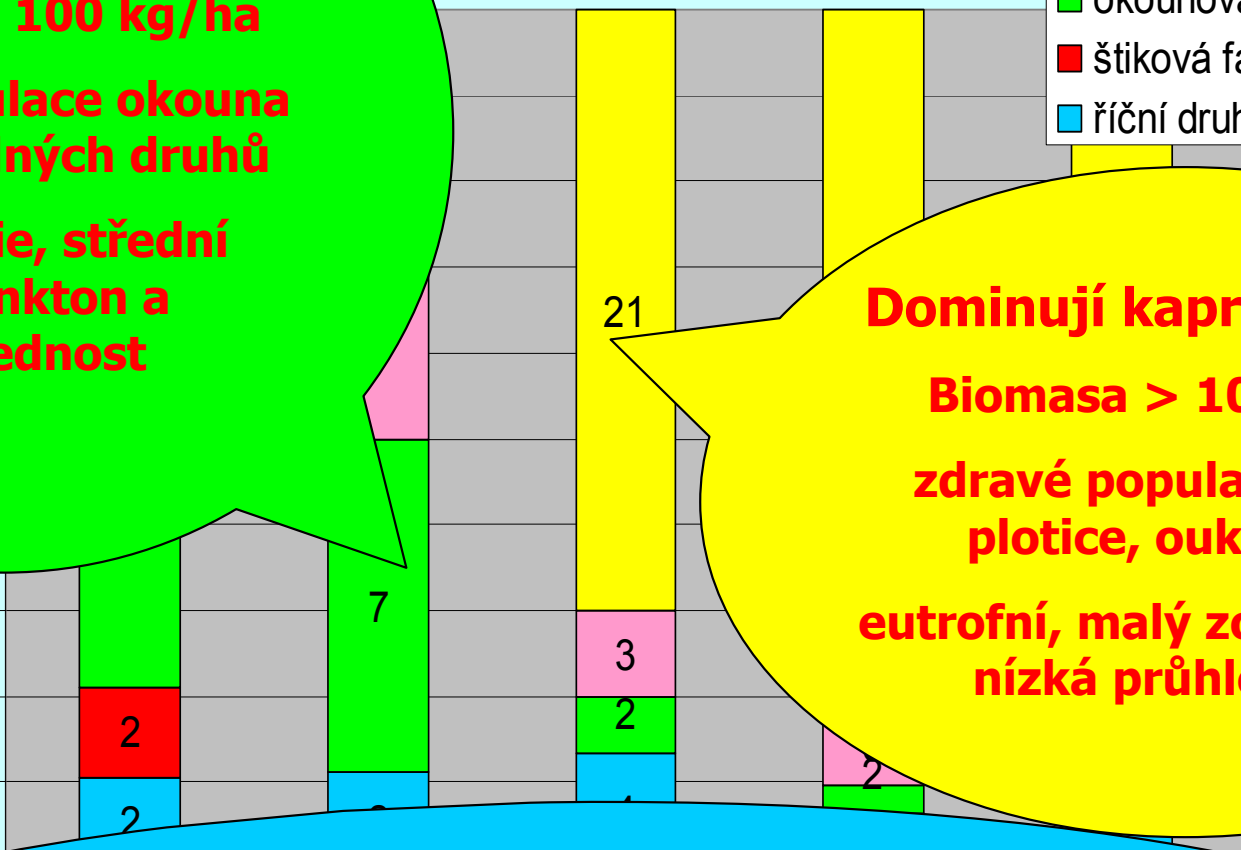


**Dominuje okoun
(i přechodné fáze)**

**Biomasa < 100 kg/ha
zdravé populace okouna
a doprovodných druhů**

**mesotrofie, střední
zooplankton a
průhlednost**

30%
20%
10%
0%



Dominují kaprovité ryby

Biomasa > 100 kg/ha

**zdravé populace cejna,
plotice, oukleje aj.**

**eutrofni, malý zooplankton,
nízká průhlednost**

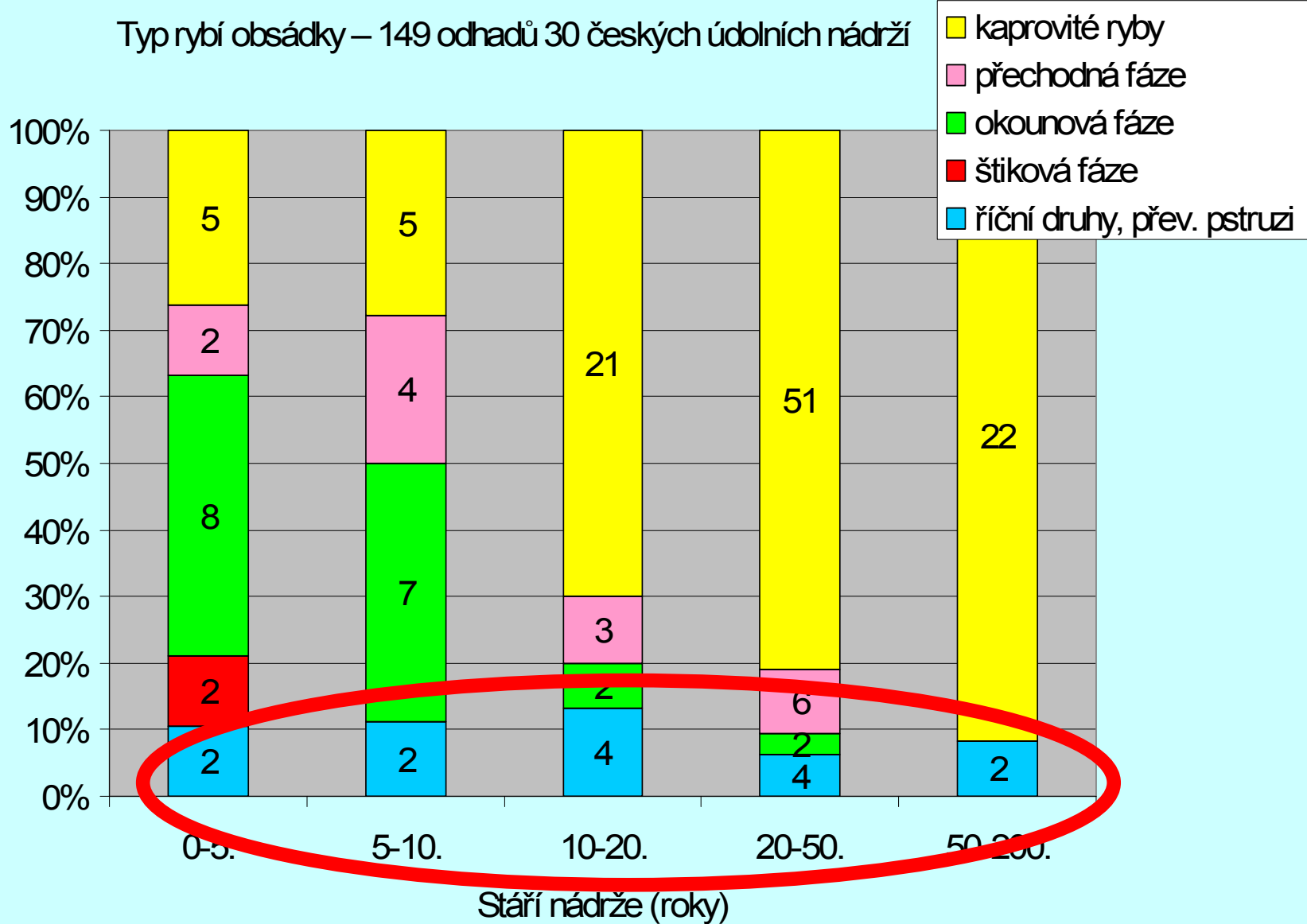
Pstruhové nádrže

Biomasa < 50 kg/ha

zdravé populace pstruha potočního (lipana, p. duhového)

oligotrofie, velký zooplankton a vysoká průhlednost

Typ rybí obsádky – 149 odhadů 30 českých údoblních nádrží

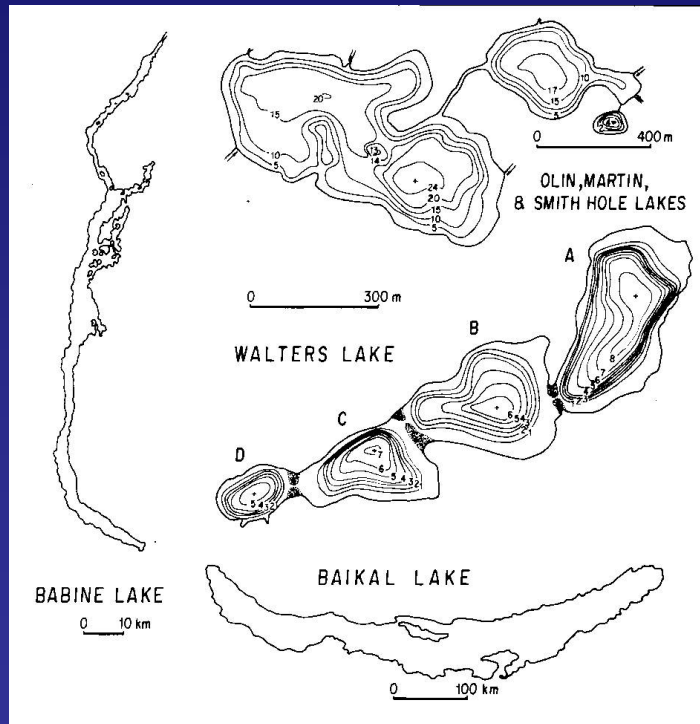


Případy vzácné, ale žádoucí = s „lepší vodou“

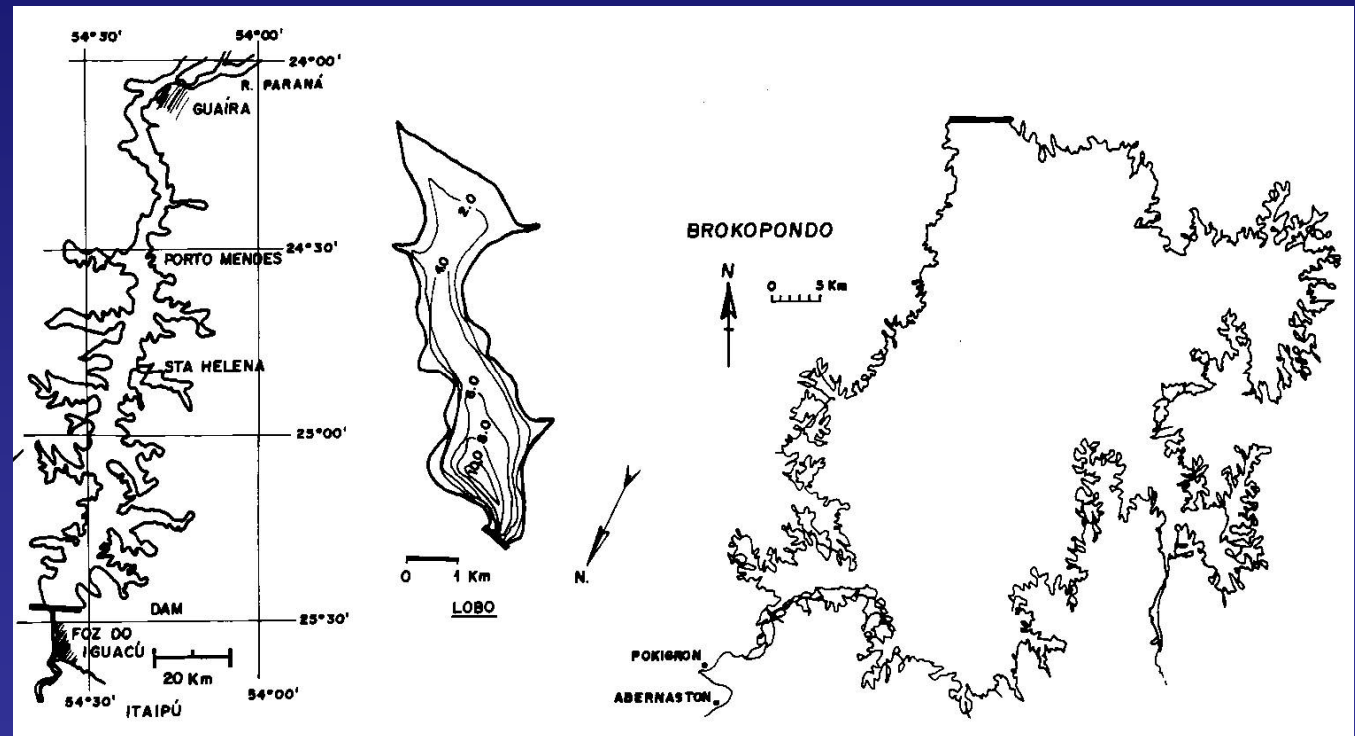
6.2 Morfologické rozdíly

Horizontální odlišnosti - členitost břehové linie

jezera



nádrže



Příčina rozdílů:

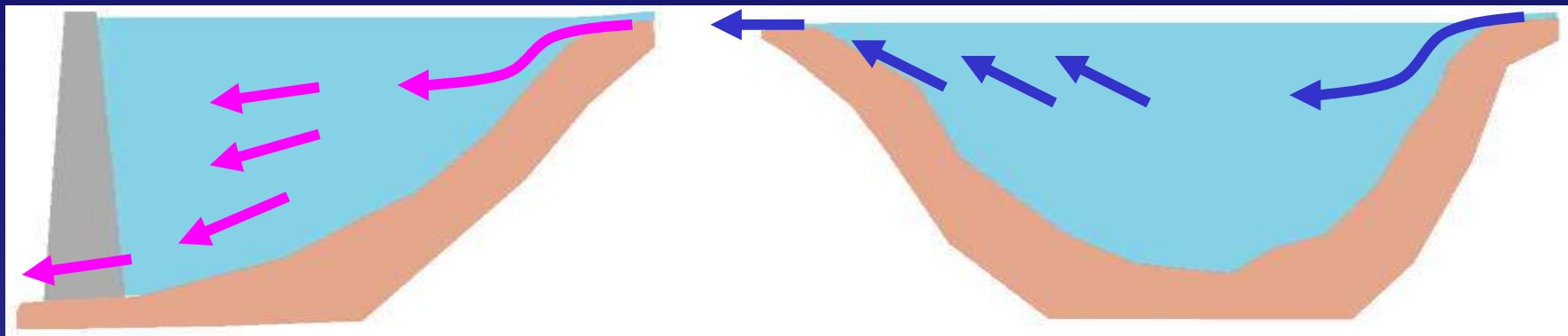
stáří a dlouhodobá erozní činnost vln na pobřeží

Vertikální a podélné odlišnosti - důsledek mísení přítoku

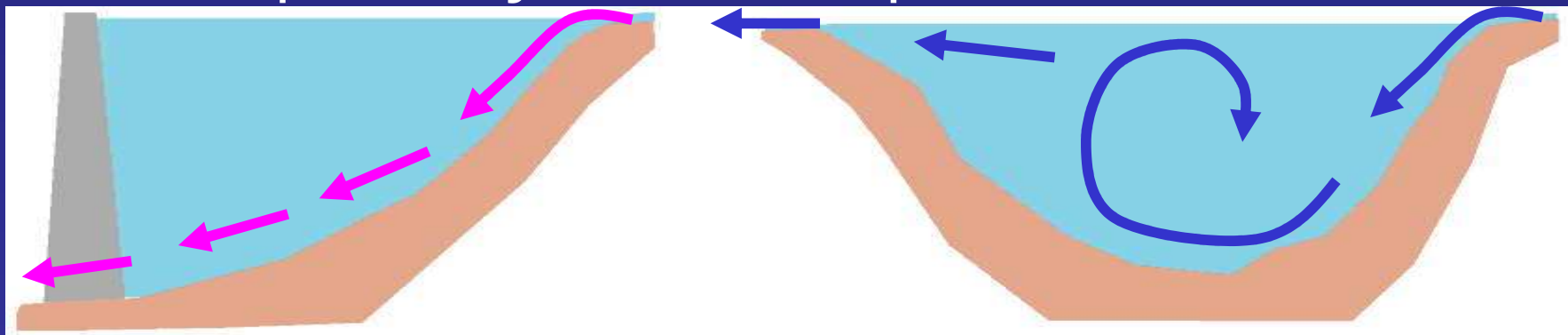
NÁDRŽ

JEZERO

letní stratifikace



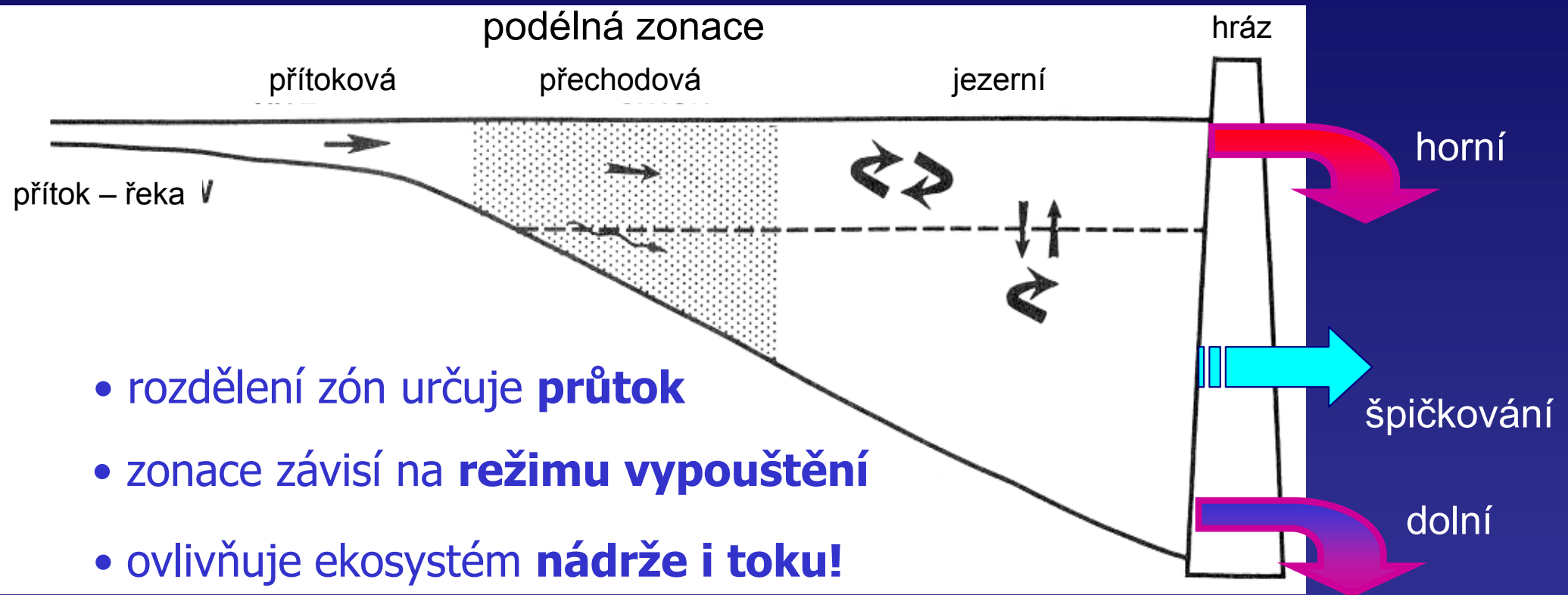
počátek jarní a konec podzimní cirkulace



- zkratování živin z přítoku
- akumulace tepla

- maximální využití živin
- zkratování tepla

6.3 Vznik gradientů v podélném profilu



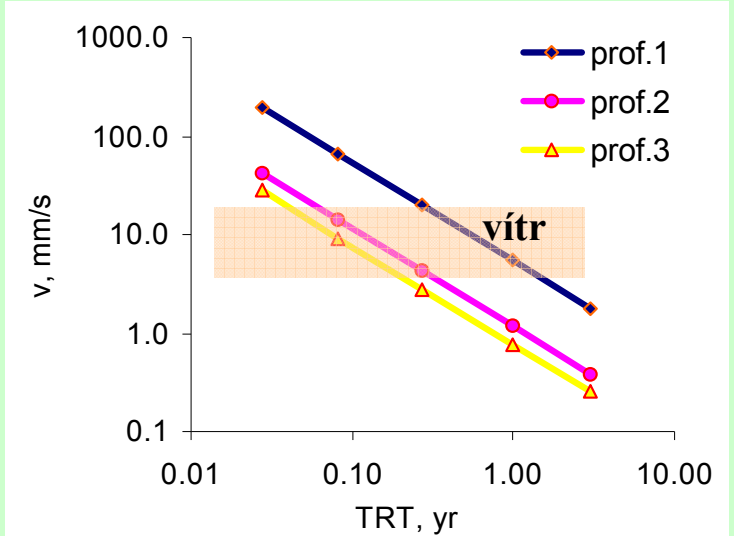
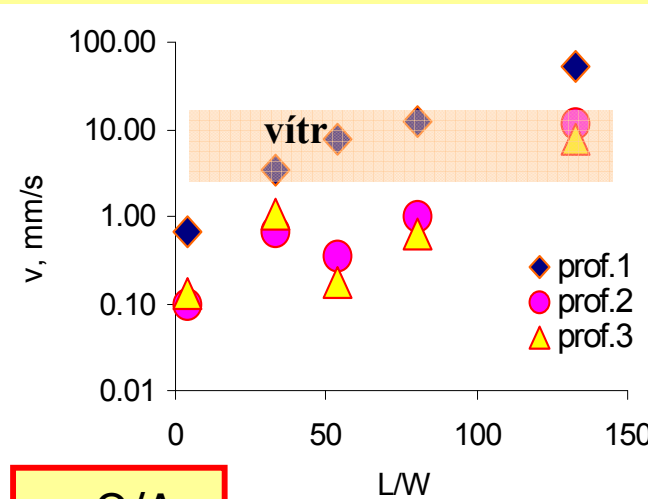
- rozdělení zón určuje **průtok**
- zonace závisí na **režimu vypouštění**
- ovlivňuje ekosystém **nádrže i toku!**
- **diskontinuita** toku – transport materiálu, živin, migrace ryb...

Rychlost proudění a vznik podélné zonace

Vliv poměru délka/šířka nádrže (L/W) na postupnou rychlost vody

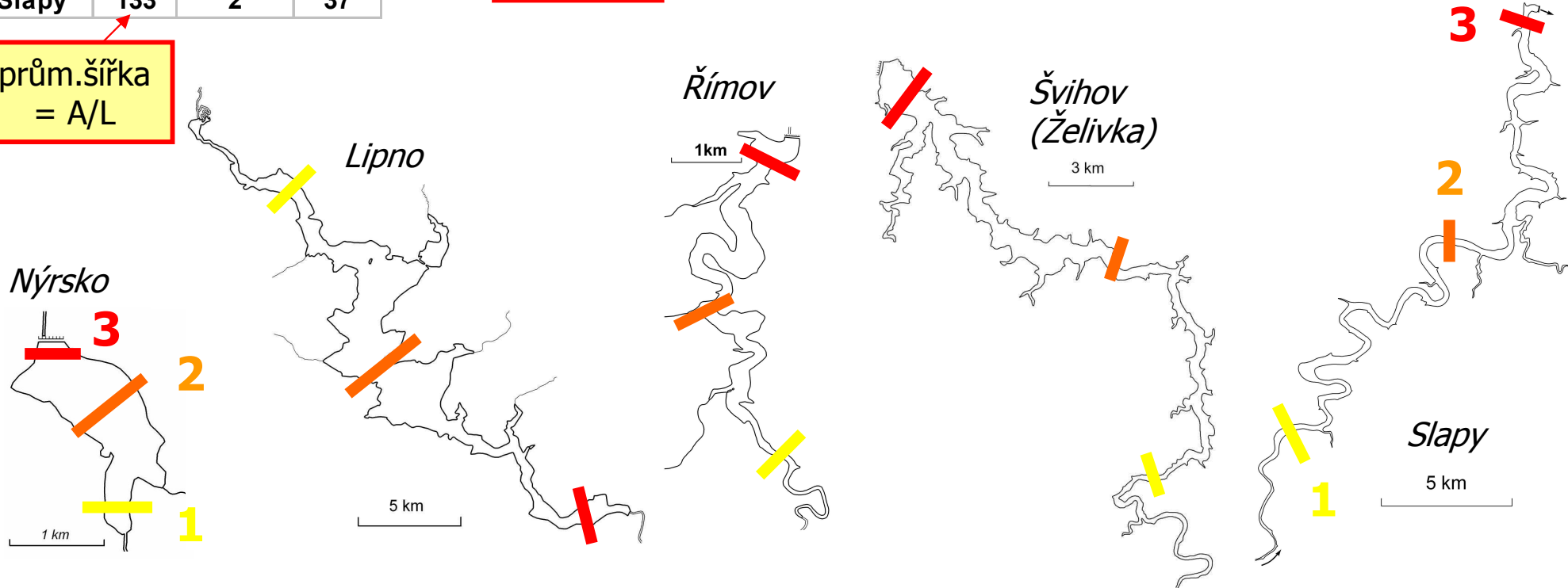
Rychlost vody v nádrži Slapy při různých (hypotetických) hodnotách TRT

	Délka /šířka	Podíl povodí vzdutí,	TRT, d
Nýrsko	4	35	181
Lipno	33	45	271
Švihov	54	27	482
Římov	80	6	95
Slapy	133	2	37



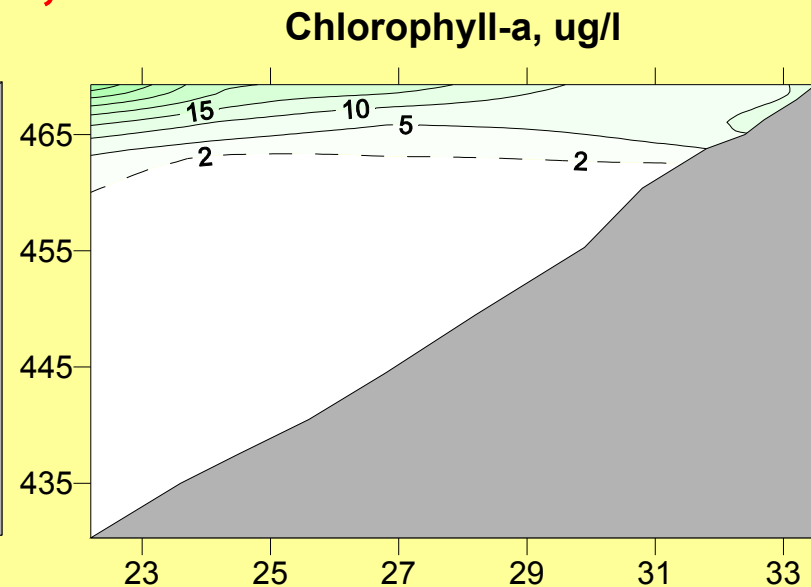
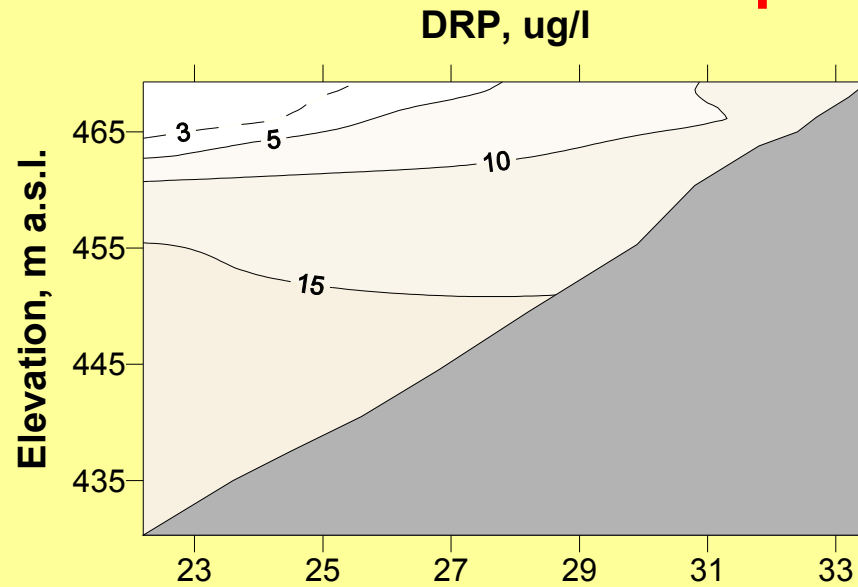
$$v = Q/A_x$$

prům.šířka = A/L

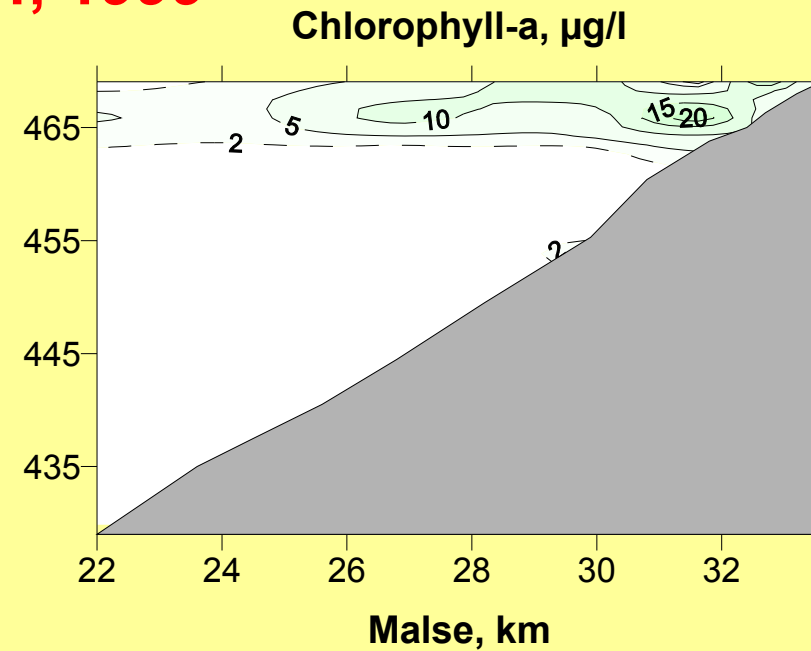
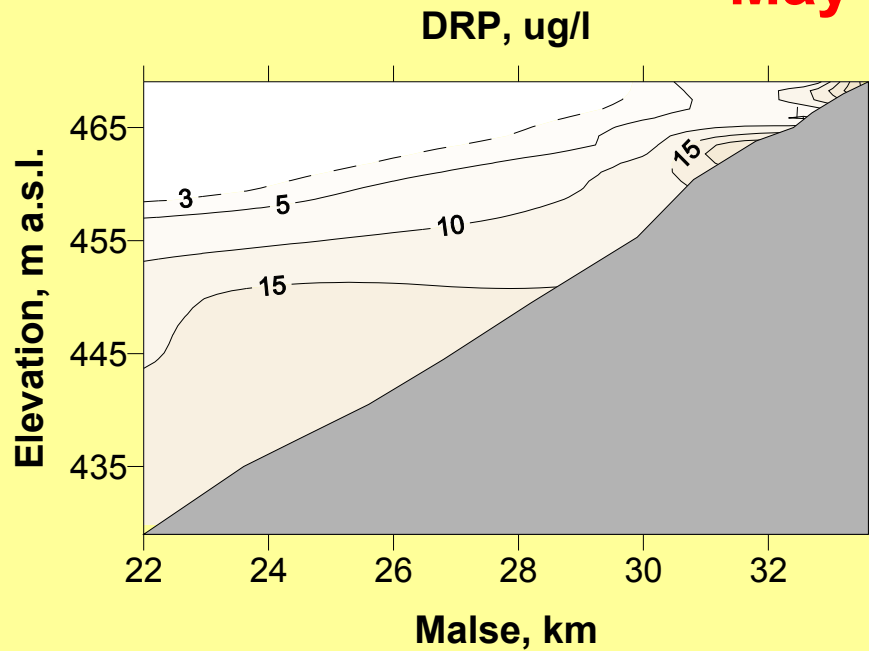


Příklad sezónních změn podélné zonace - nádrž Římov

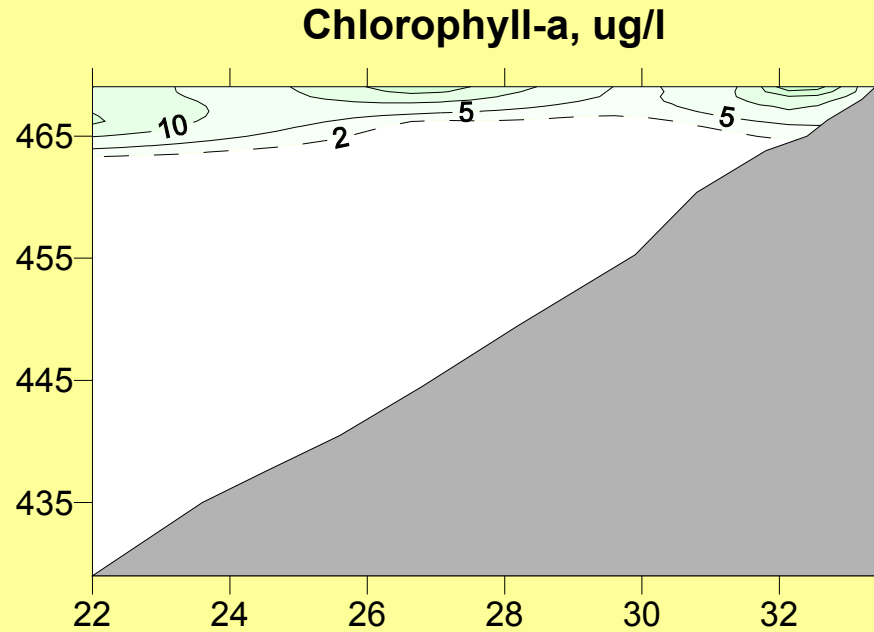
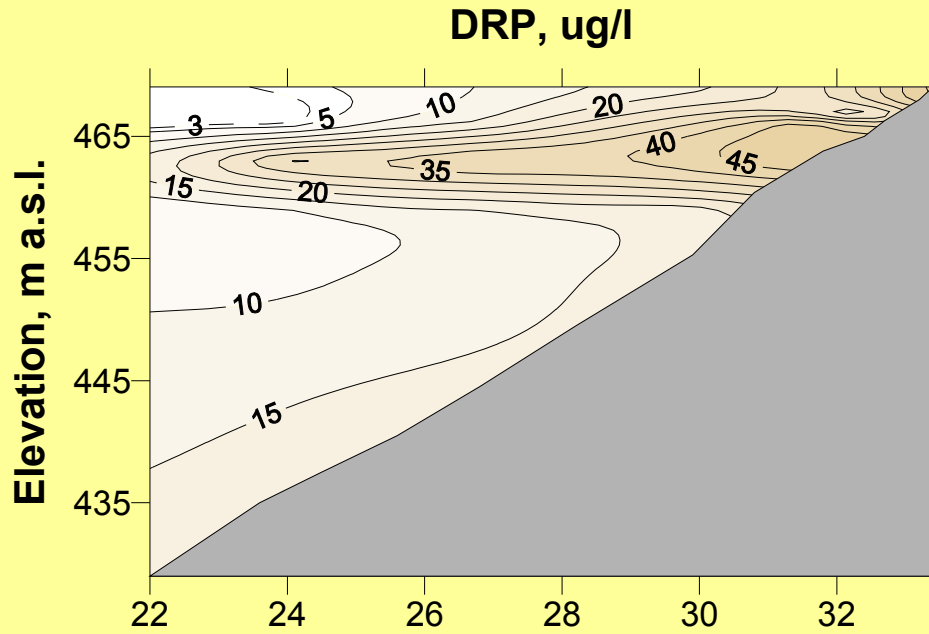
April 7, 1999



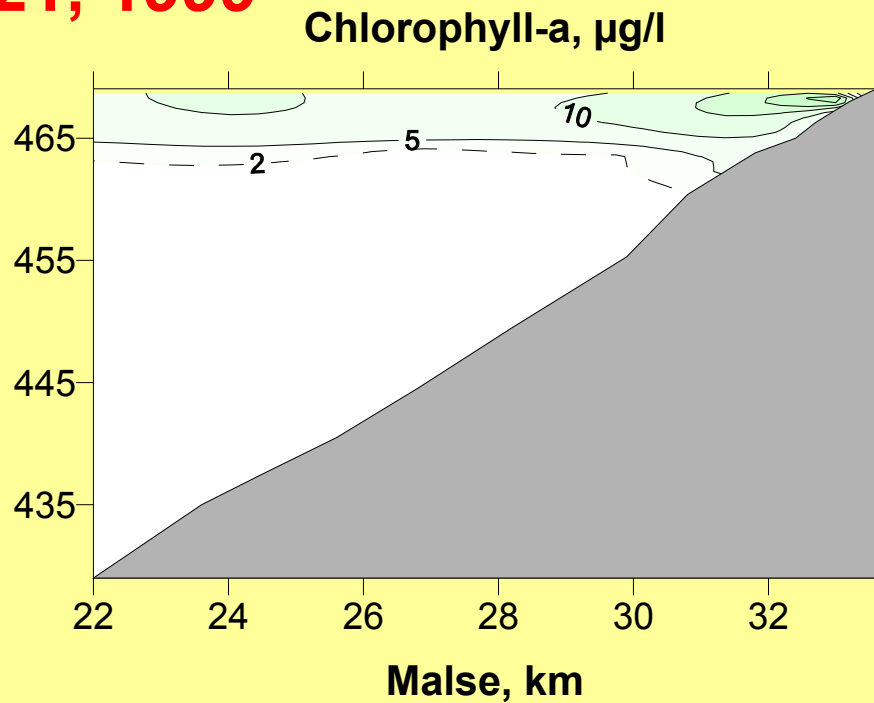
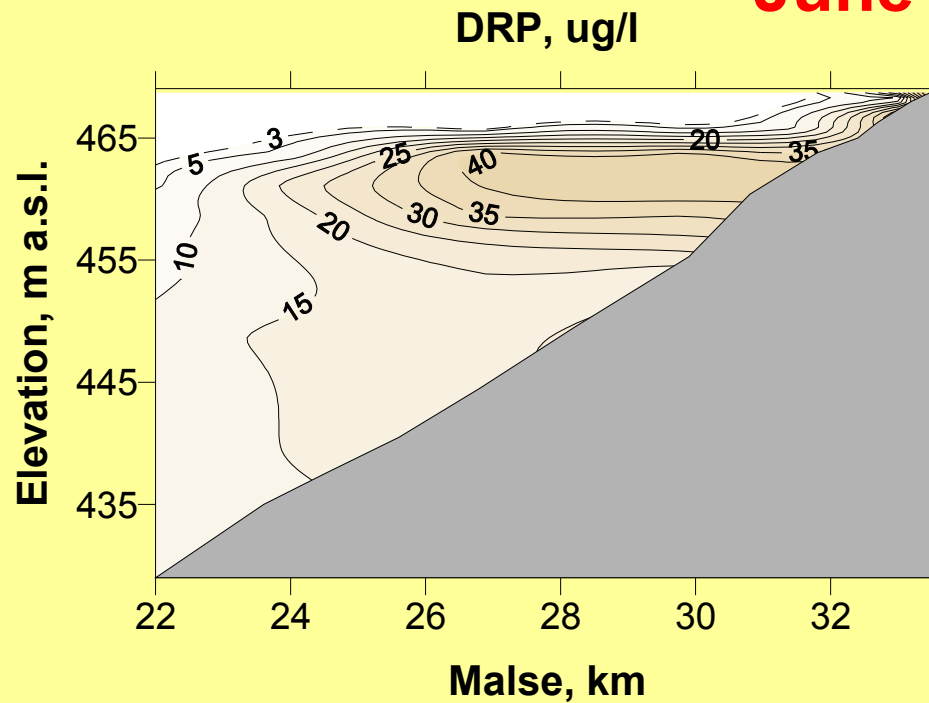
May 4, 1999



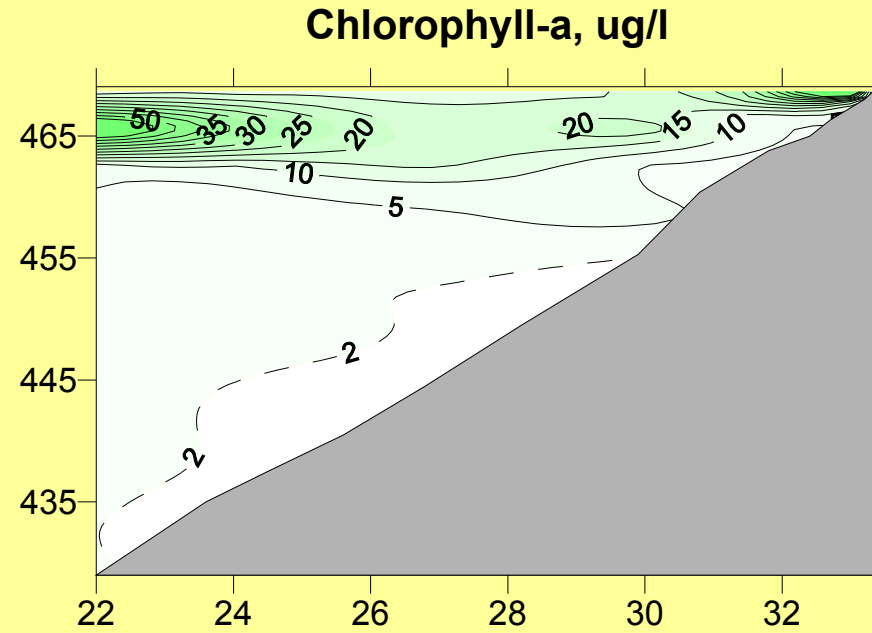
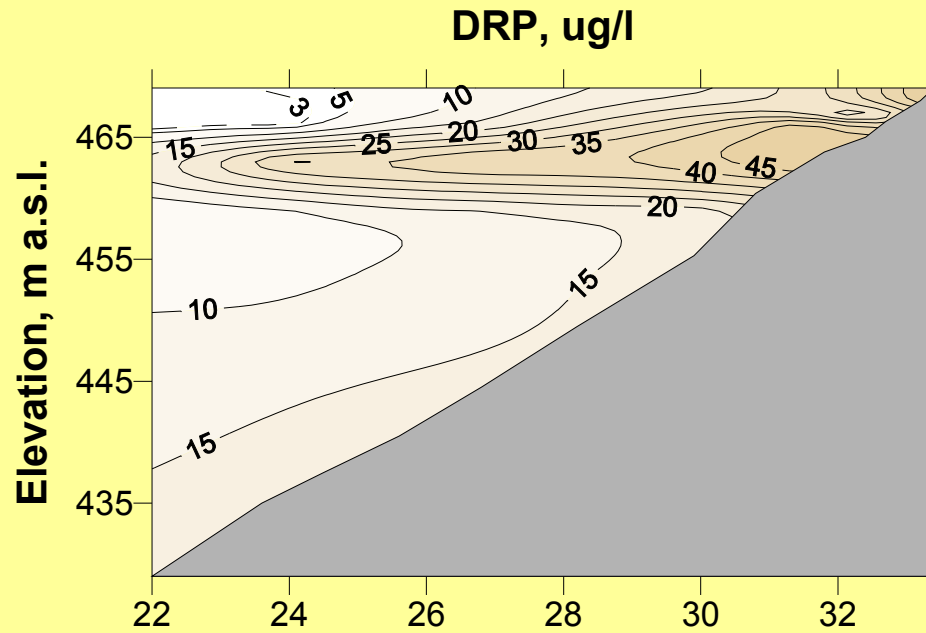
May 24, 1999



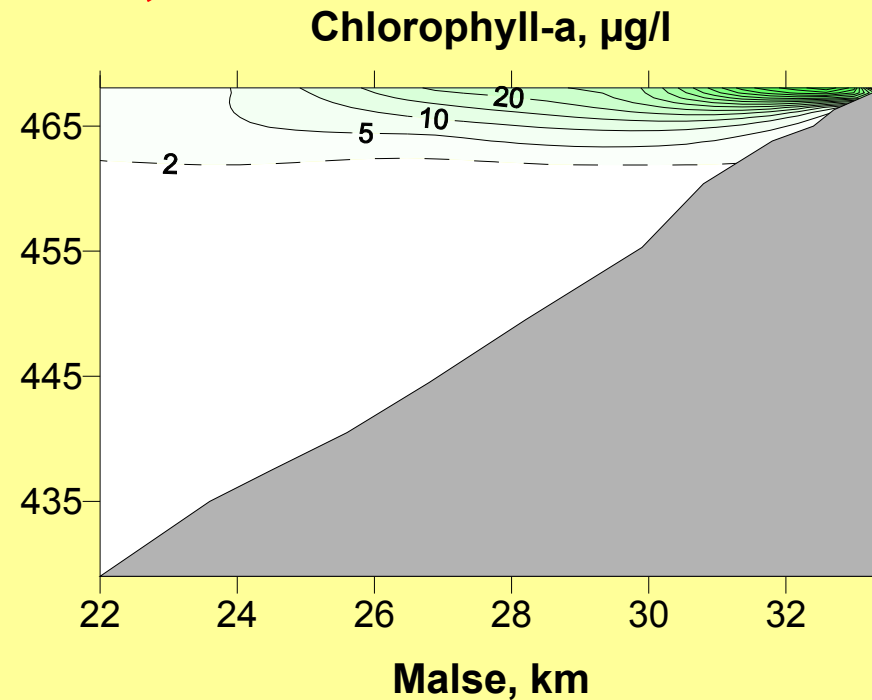
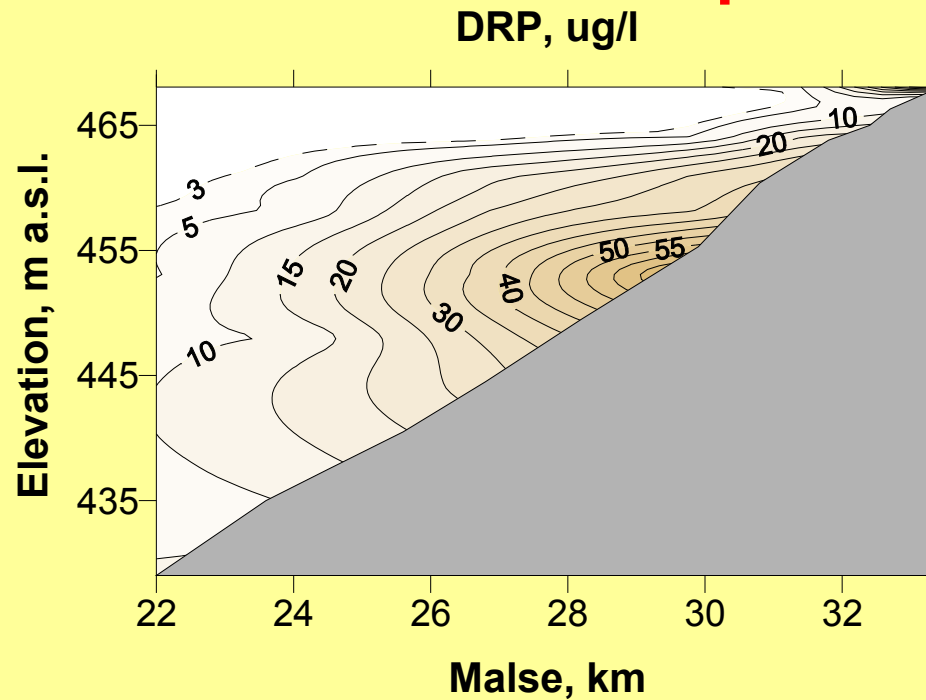
June 21, 1999



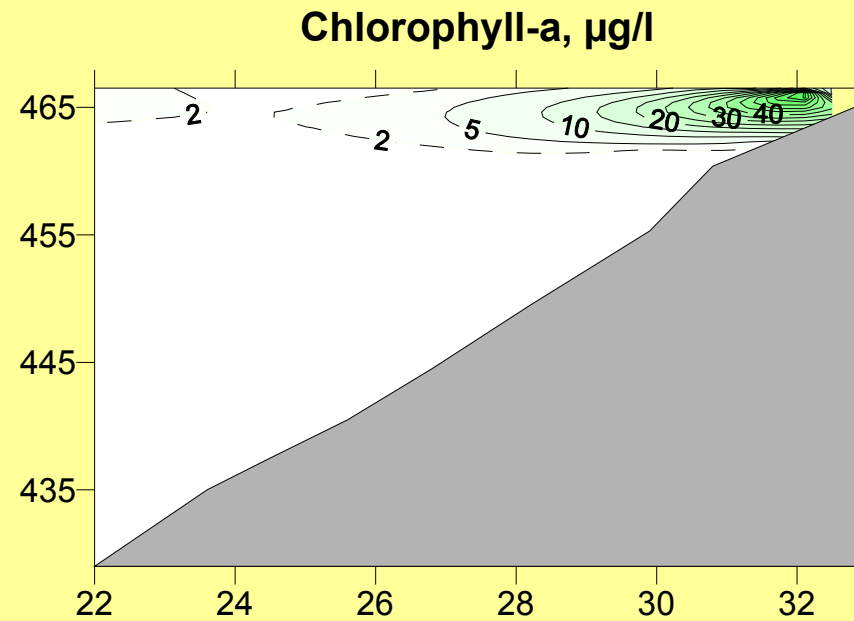
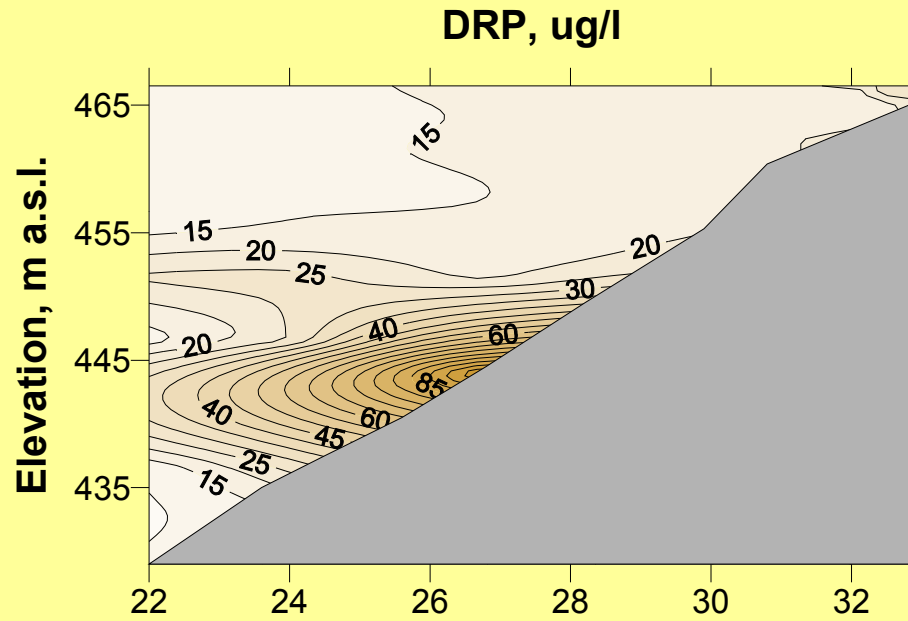
August 9, 1999



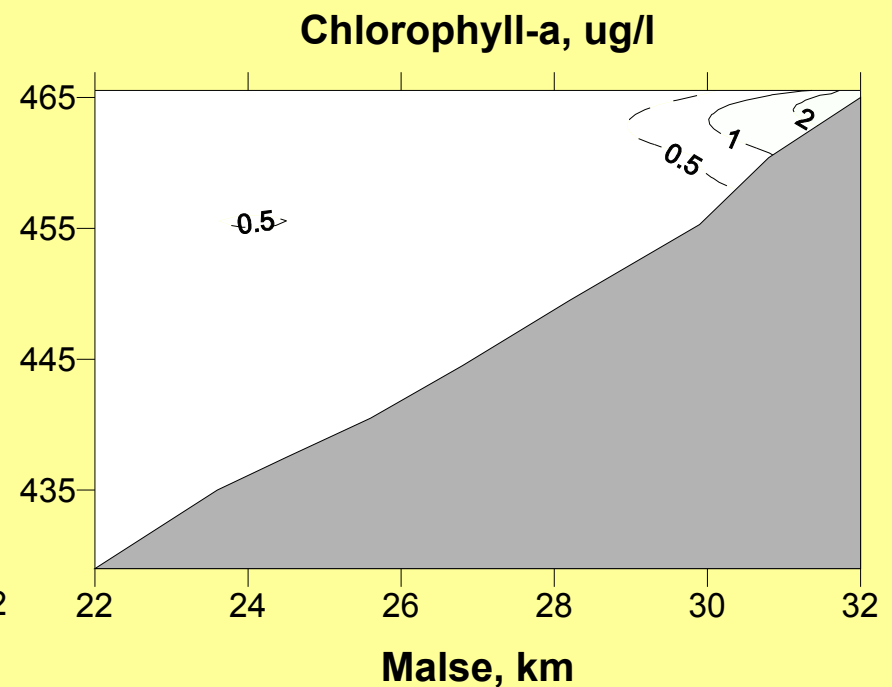
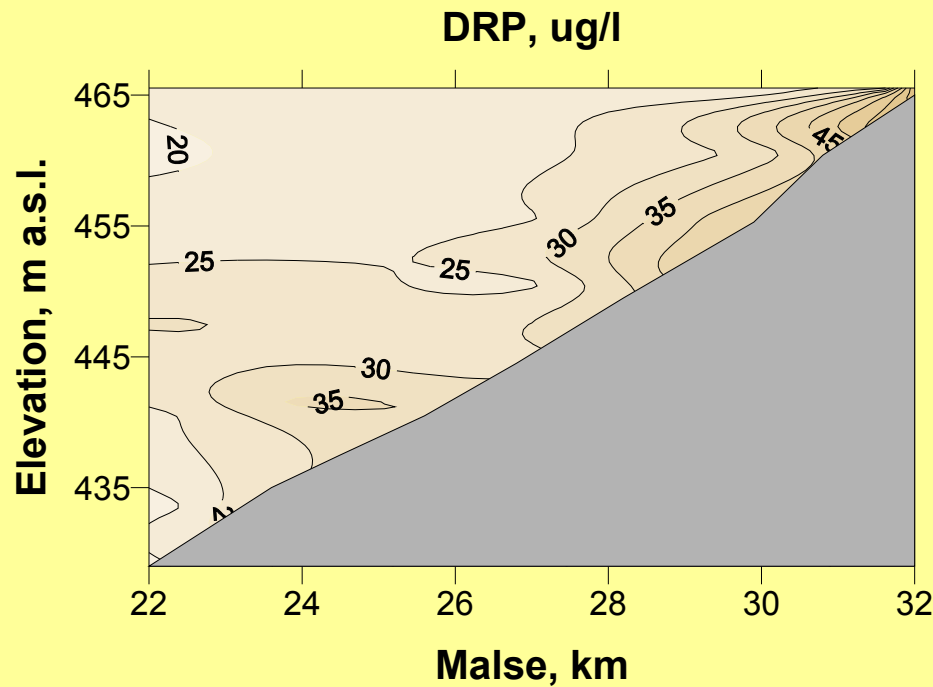
September 13, 1999



October 18, 1999



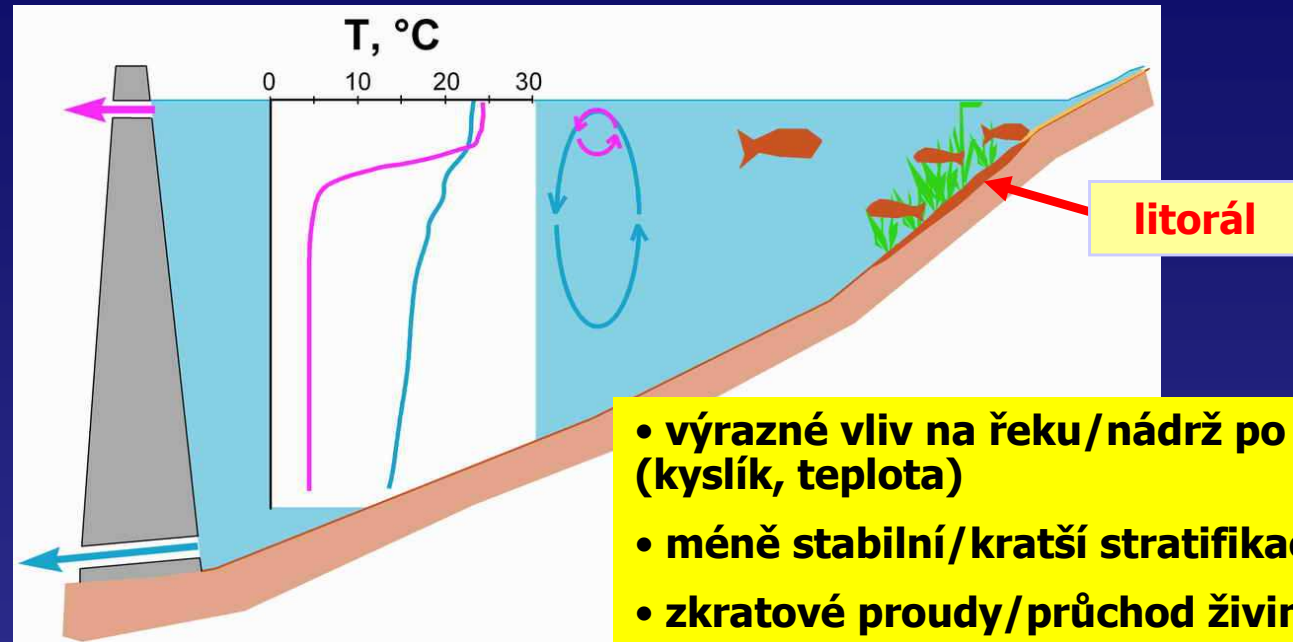
November 10, 1999



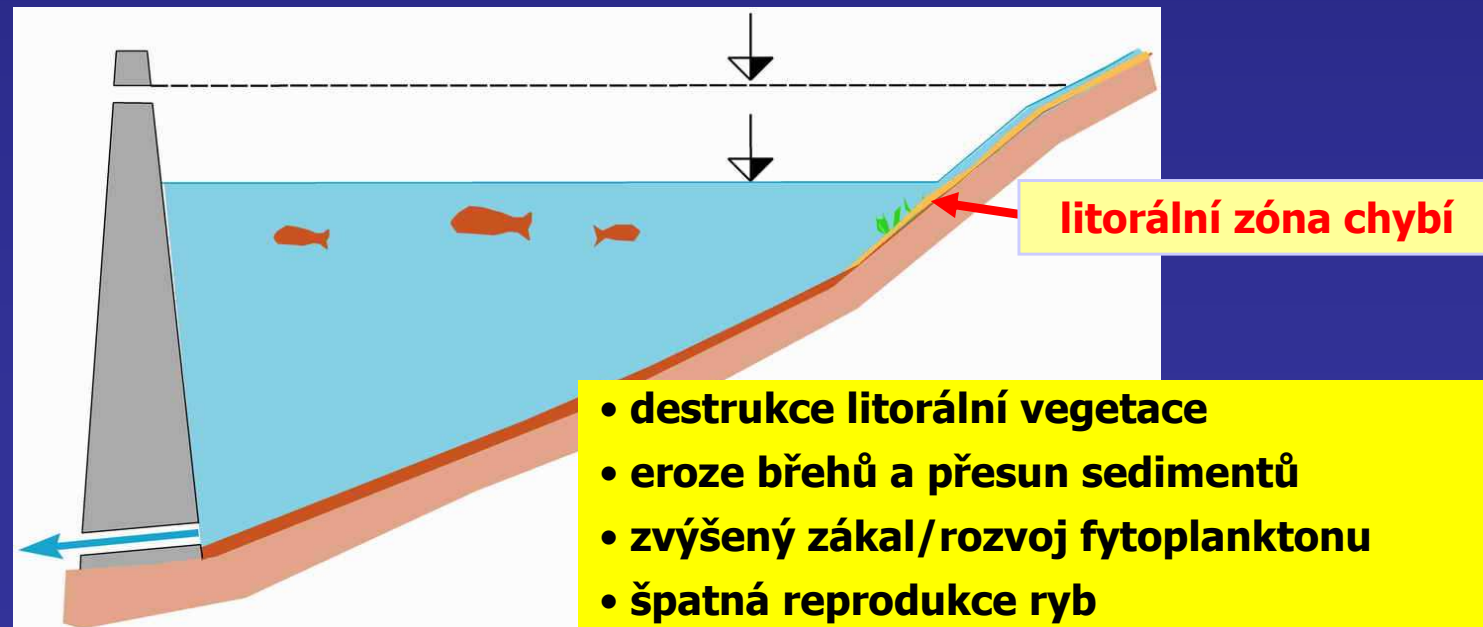
7 Funkce nádrže a vodní ekosystém

Hlavní faktory:

1. Spodní výpusti
(zpětné čerpání)

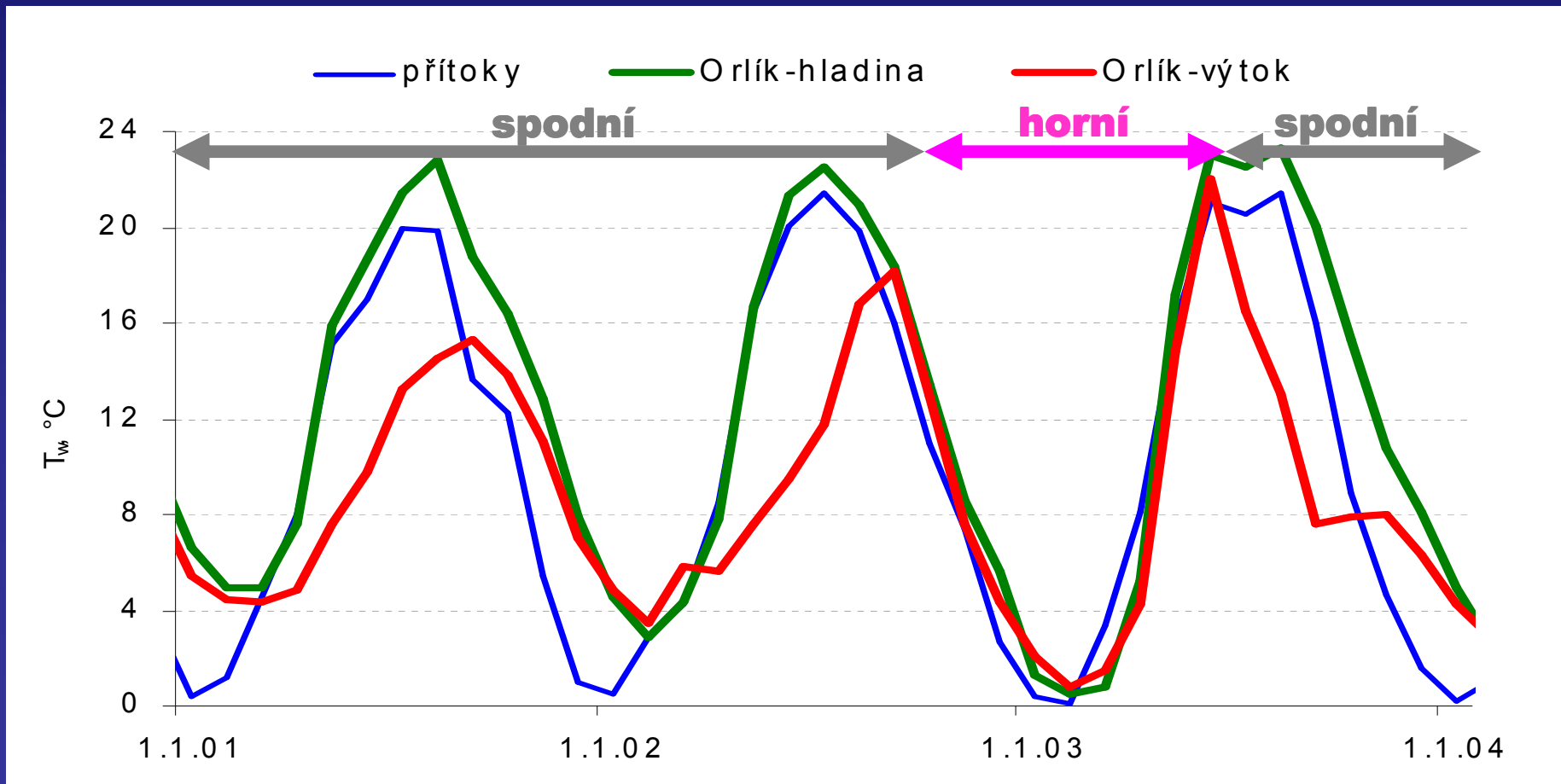


2. Kolísání vodní
hladiny



Teplota vody v přítoku, na hladině a v odtoku
v nádrži Orlick (z_{max} 70 m, TRT 90 d):

vliv hloubky odtoku



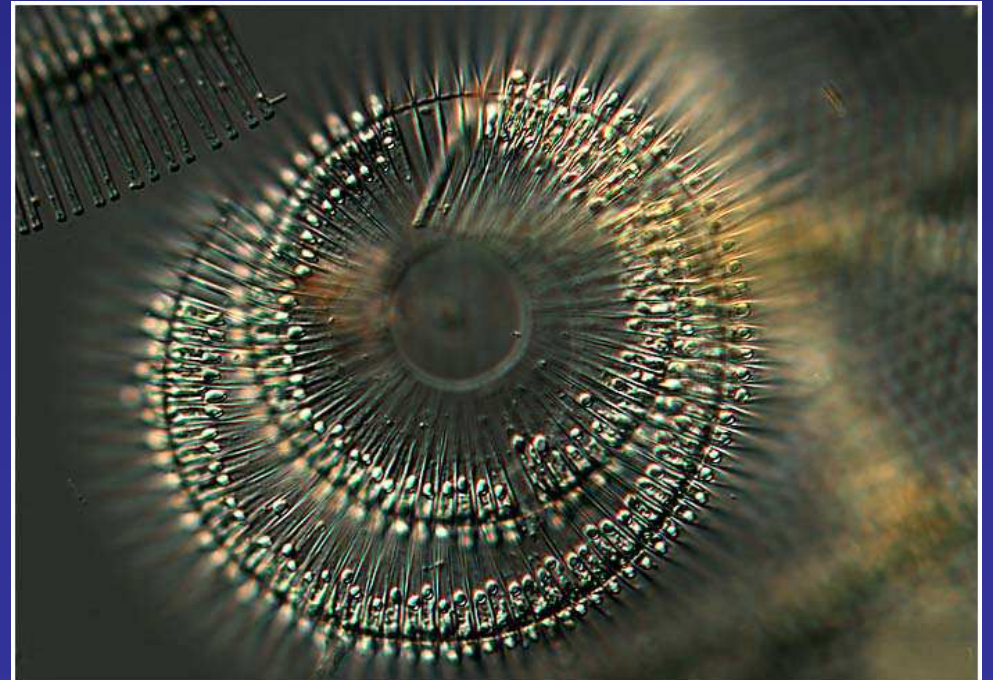
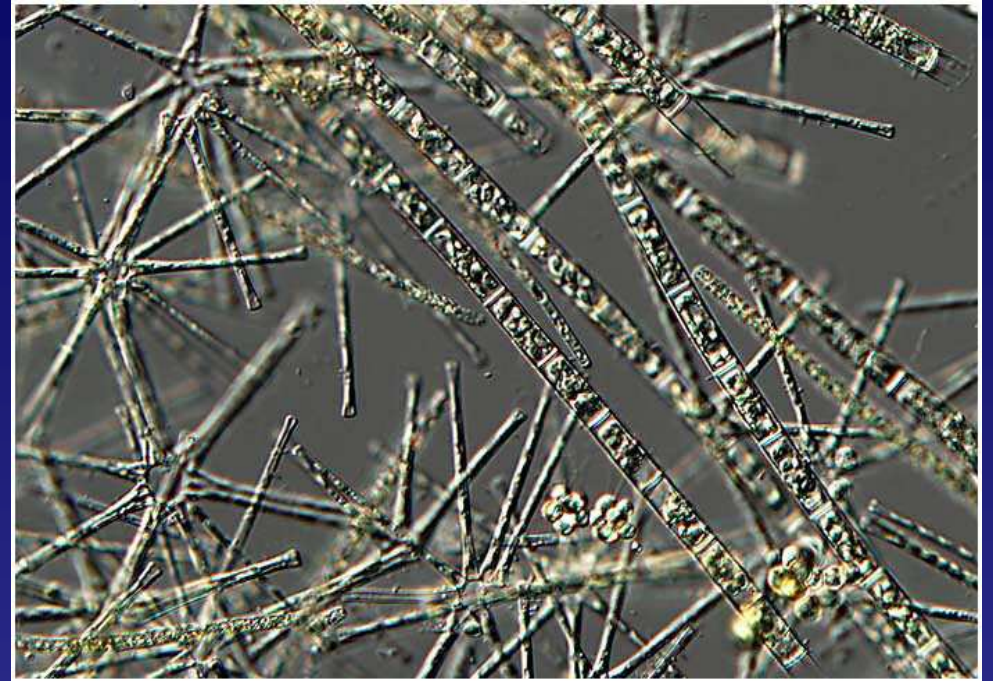
Nádrž Sau, Španělsko:

destrukce litorálu v důsledku kolísání hladiny



8 Problém nádrží - vodní květy



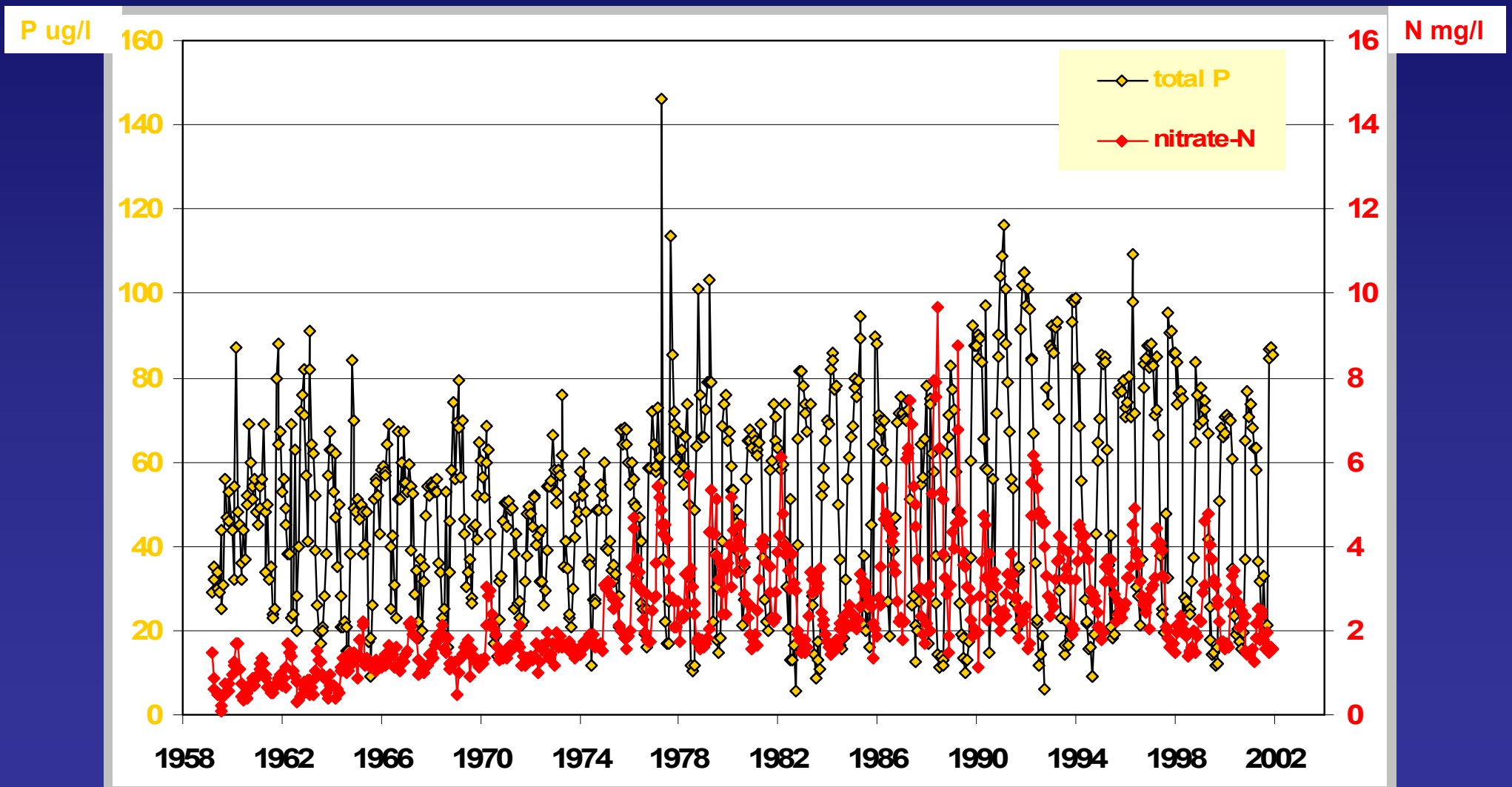


Příčiny výskytu vodního květu

- **eutrofizace:** nadměrné množství živin – P a N
- zdroje živin – nedostatečně vyčištěné odpadní vody (fosfor z pracích prášků), difúzní zdroje
- ani v případě poklesu externího zatížení živinami nemusí dojít okamžitě ke snížení množství vodního květu v nádrži, což je důsledkem:
 - hydrauliky vyplavování živin z nádrže
(66% vody za 1 dobu zdržení)
 - uvolňování fosforu ze sedimentu
(vnitřní zatížení nádrže)
- fixace vzdušného dusíku (sinice)

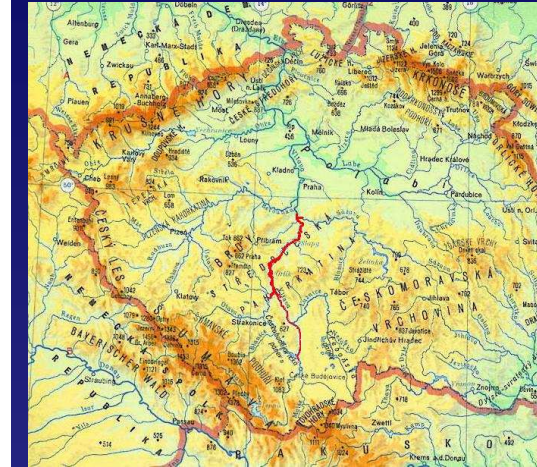
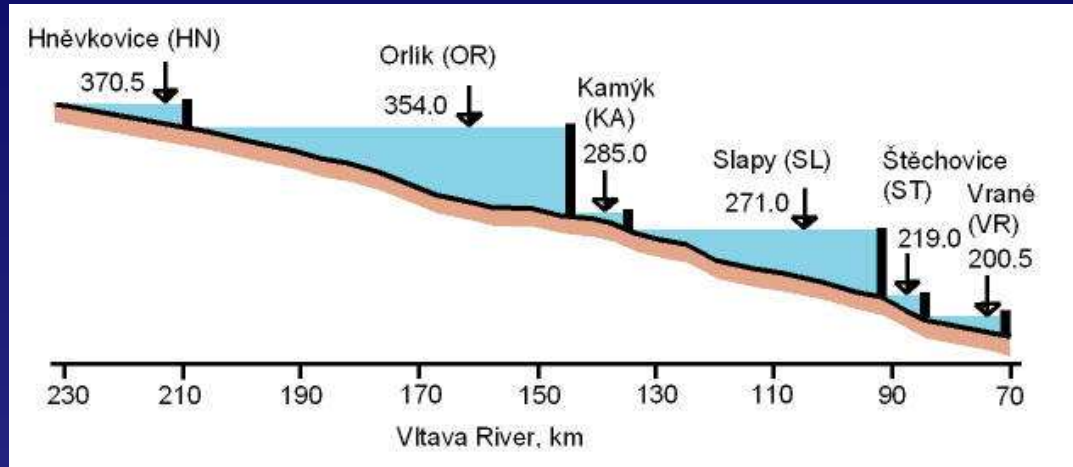
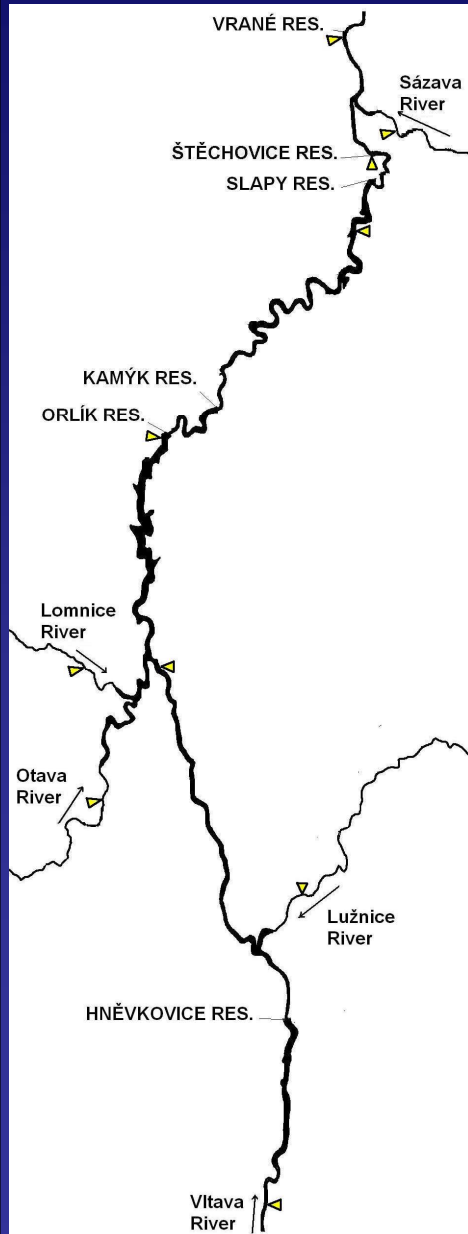
Vývoj koncentrace živin v údolních nádržích

- Slapy 1959–2001: rostoucí trend koncentrací živin



Vliv provozu nádrží na vodní ekosystém:

Vltavská kaskáda - výrazné ovlivnění



Hlavní charakteristiky nádrží (2000-2004)

	HN	OR	KA	SL	ST	VR
Objem, mil. m³	23	717	13	269	11	11
A, km²	3	27	2	14	1	3
Q, m³/s	31	83	83	85	85	111
HRT, d	9	101	1.8	37	1.5	1.2
TP-in, ug/l	95	155	88	85	98	145
TP-l, ug/l	86	88	85	72	97	144
trofie	e	e	e	e	e	e
TP-in ref., ug/l	40	39	26	26	22	26
TP-l ref., ug/l	36	26	26	22	22	26
ref. trofie	e	m	m	m	m	m

e, eutrofní; m, mesotrofní

Hlavní stresory

- vysoké zatížení fosforem: vodní květ v horních nádržích



- kolísání hladiny: absence makrofyt

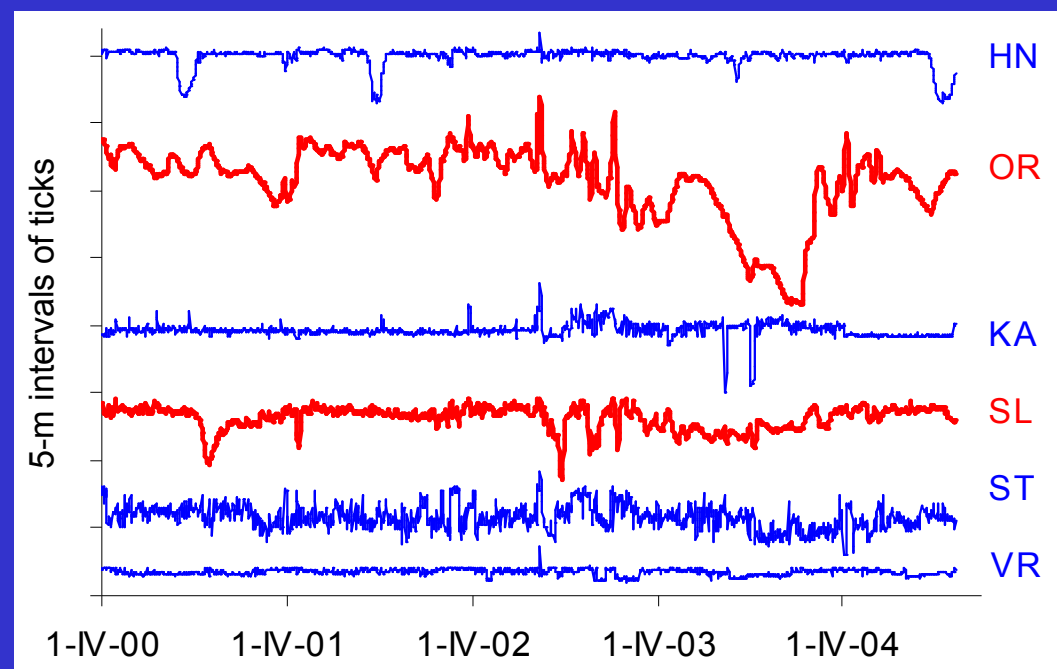


- spodní výpusti – dopady na dolní nádrže:

deficit kyslíku
snížená teplota
snížená produktivita
ovlivnění společenstva ryb
(druhy, hustota, vytírání)



Kolísání hladiny

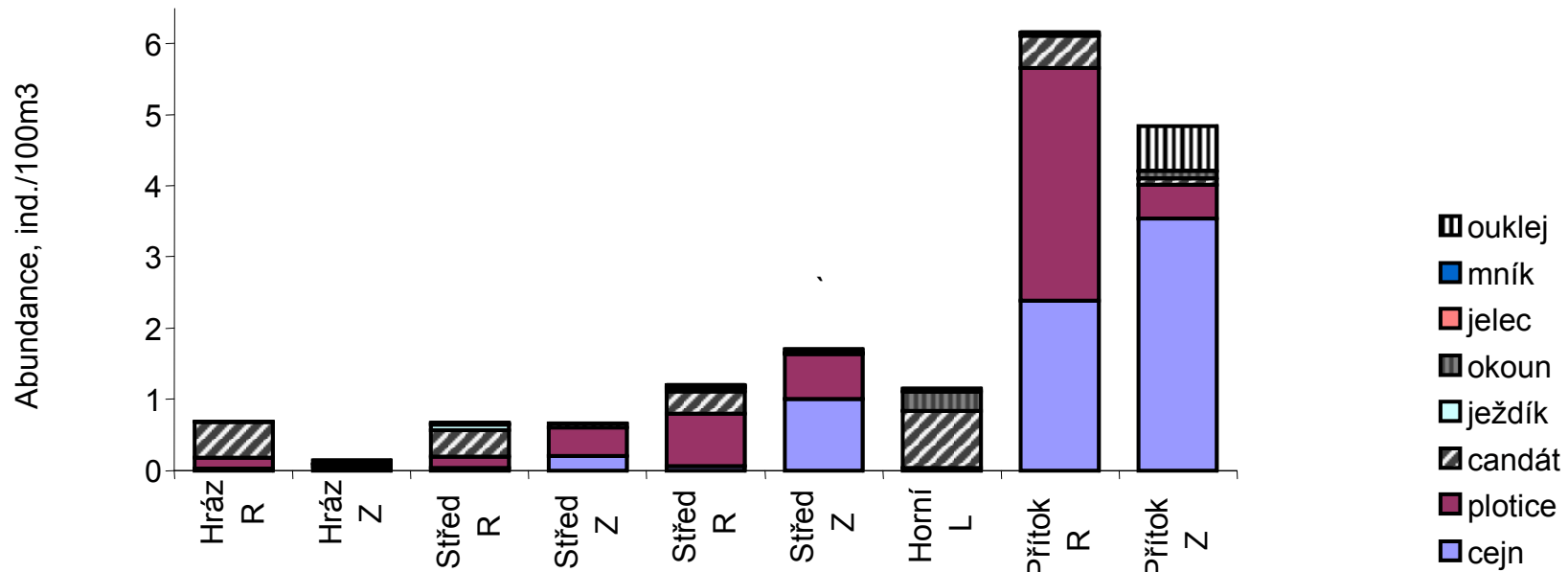


Reprodukce ryb (noční zátahy plůdkovým traťem, srpen)

Kaskádové nádrže: Kamýk, Štěchovice a Vrané



Nekaskádové nádrže: Římov, Želivka a Lipno



Nádrž Nýrsko, téměř přírodní podmínky

n. Nýrsko

první naplnění: 1969

kóta hladiny: 524 m n.m.

zatopená plocha: 1,4 km²

průměrná/max. hloubka: 13/32 m

doba zdržení vody: 135 d

kolísání hladiny: max. 2 m ročně

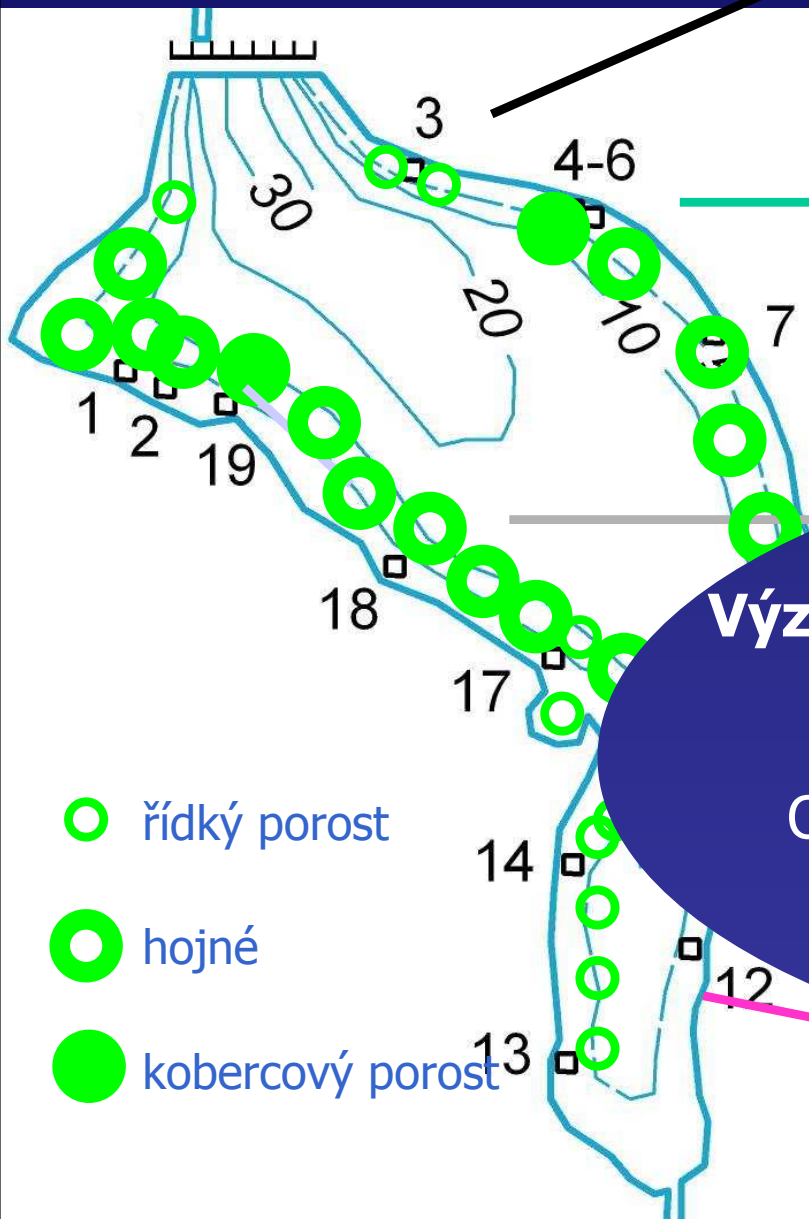
trofie: mezotrofie-oligotrofie

$P_{\text{celk}} = 7 \mu\text{g/l}$, $\text{Chla} = 4 \mu\text{g/l}$, průhlednost = 7 m
(odpovídá referenčním podmínkám)

ryby: dominance okouna, štika v litorálu,
ohrožení rozvojem kaprovitých

ponořená makrofyta:
přítomna v hloubkách 2-5 m





Vláknité řasy



Polygonum amphibium



Sinicové povlaky

Význam makrovegetace v koloběhu fosforu:

Pokrytí dna – 7 %

Obsah P v biomase – 60 % (květen–srpen)

přísunu P do nádrže

9 Vhodný nádržový management?

1. opatření v povodí = vliv na základní chemismus vody:

řízený odnos fosforu z bodových zdrojů -

ČOV – zvýšené odstraňování živin!

plošné znečištění, intenzita chovu ryb v rybnících

2. opatření v nádrži:

hloubka vypouštění (zkratování živin, kyslíkový režim)

biomanipulace + kolísání hladiny

omezení / podpoření reprodukce ryb („bílé“ / dravé)

udržení litorálních porostů

mechanické bariéry povrchového proudění (Japonsko)

ponořené hráze a laguny