

Environmentální inženýrství

část „voda“

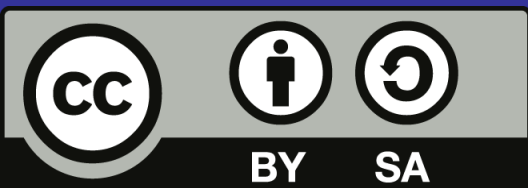
Prof. Pavel JENÍČEK

(budova B, 1.p. 117, tel. 3155, jenicekp@vscht.cz)

Ústav technologie vody a prostředí



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 Česko
Uveďte původ - Zachovejte licenci



**ÚSTAV TECHNOLOGIE
VODY A PROSTŘEDÍ**



www.vscht.cz/tvp



Zaměstnanci:

4 profesoři, 4 docenti, 10 asistentů, 5 laborantů, 1 sekretářka

20-25 doktorandů



**ÚSTAV TECHNOLOGIE
VODY A PROSTŘEDÍ**



Bakalářské předměty

Environmentální inženýrství

Environmentální chemie

Úprava vody

Ochrana čistoty vod

Analytika vody

Základy čištění odpadních vod

Technologie výroby bioplynu a biovodíku

Hydrochemie

Distribuční sítě a stokování

Decentralizované zpracování odpadních vod

Management vodního hospodářství



Tématické okruhy bakalářských prací

Analytika vody

Hydrobiologie, mikrobiologie

Vodárenství

Fyzikálně – chemické úpravy vod

Biologická rozložitelnost, hydrochemie

Aerobní biologické čištění odpadních vod

Produkce bioplynu z odpadních vod a odpadů

Příklady bakalářských prací

Separace zbytkových léčiv z odpadních vod

Zpracování dat o úrovni eutrofizace v povodí vodárenské nádrže Švihov

Vliv mikronutričních prvků na produkci bioplynu z kukuřičné siláže

Mechanická dezintegrace vláknitých mikroorganismů v aktivovaném kalu

Vliv teploty na odstraňování železa z důlních vod

Aerobní rozložitelnost kationtových tenzidů

Fotokatalytické inhibiční účinky nanovrstev

Metody molekulární biologie v teorii a praxi

Využití ozonizace při čištění odpadních vod

Vývoj respiračních rychlostí v systémech s membránovou separací

Zajímavé projekty

Hodnocení technologií pro úpravu vod v zahradních jezírcích

Hodnocení chemického složení stolních a minerálních vod

Návrh a kontrola provozu bioplynových stanic (krokodýlí farma)

Únik kyanidů do Labe - Draslovka Kolín

Smrtelné otravy sulfanem na ČOV

Návrh úpravy vod v ZOO - bazén hrochů

Soudní spor NOVA – nemocnice Motol

Modernizace pražské ÚČOV

Vliv umělého zasněžování na ekosystém hor

Mikroplasty ve vodách

Antibiotická rezistence mikroorganismů ve vodách

Přednosti studia na útv

Přátelská atmosféra

Možnost práce na aktuálních projektech

Samostatné experimenty, práce v laboratoři

Bohaté zahraniční kontakty

Převis poptávky po absolventech



***Více informací
získáte individuální
návštěvou kohokoli
z ústavu.***

www.vscht.cz/tvp

Zásoby vody na Zemi

94 % slaná voda

6 % sladká voda



Roste potřeba vody

- rostoucí počet obyvatel
- rostoucí životní úroveň
- rostoucí výroba potravin závislých na vodě
- rostoucí výroba energetických plodin
- rostoucí nerovnoměrnost srážek

Roste význam zdrojů vody a hospodaření s vodou

- virtuální voda (virtuální vodní obchod)
- water footprint (náročnost technologií)

Např.:

1 kg pšenice	1 300 L
1 kg hovězího masa	15 000 L
1 džín	2 500 L

Voda – strategická surovina

Oblasti s kritickým nedostatkem vodních zdrojů:

Střední Afrika

Jižní Asie (Indie, Pakistán, Thajsko, Vietnam, Singapur)

Severní Čína (Peking)

Jihozápad USA (Texas, Arizona, Nové Mexiko)

Mezinárodní konflikty související s vodními zdroji:

Mauretánie - Senegal

Turecko - Sýrie

Slovensko – Maďarsko

Egypt – Súdán - Etiopie

Voda – strategická surovina

Egypt – Súdán - Etiopie

Megaprojekt výstavby přehrady za asi 4,8 miliardy dolarů byl spuštěn v roce 2011 nedaleko súdánských hranic. Etiopii přinese růst ekonomiky a lepší energ. soběstačnost (6 450 MW el. energie – 200% nárůst, 63 miliard m³ vody = 1,5 násobek ročního průtoku).

Od 70. let egyptské roční zásoby vody na obyvatele klesly o více než polovinu. Celkové zdroje vody v zemi se odhadují na 706 m³/obyv., což už je považováno za stav „vodní chudoby.“ Do roku 2025 by navíc číslo mohlo klesnout až na 550 m³.

2012 byly zveřejněny informace o tajné dohodě mezi Egyptem a Súdánem o letecké základně v oblasti Dárfúr, která by mohla být využita k útoku na etiopskou přehradu ve výstavbě.

Voda – strategická surovina

Egypt – Súdán - Etiopie

20019/2020 – titulky zpravodajských serverů:

Egypt a Súdán s nevolí sledují naplňování přehrady na Nilu. Je za tím jen déšť, tvrdí Etiopie

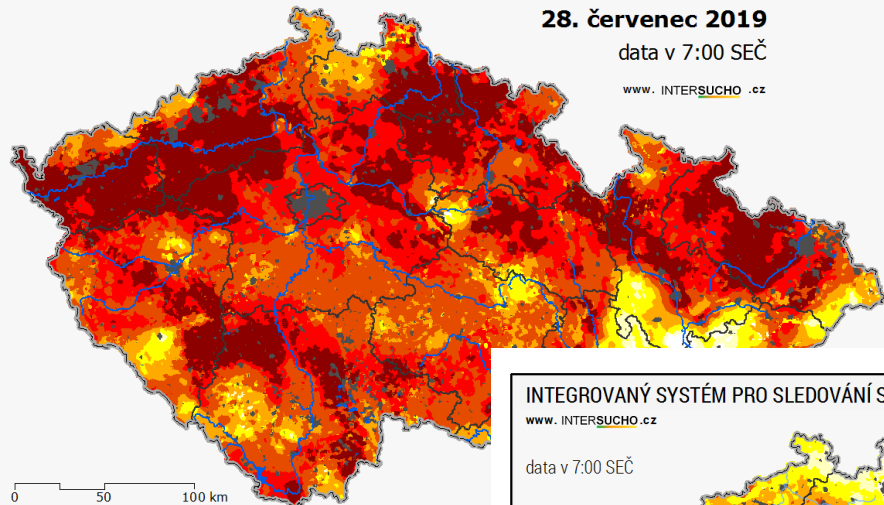
Jak si africké státy rozdělí vodu z etiopské přehrady? Na řešení dlouholetého sporu dohlédnou USA

INTENZITA SUCHA V PŮDNÍM PROFILU 0 - 100 cm

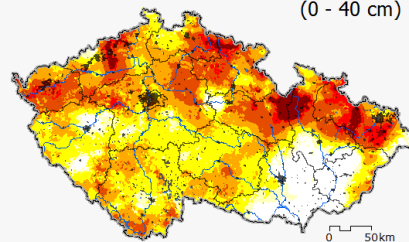
28. červenec 2019

data v 7:00 SEČ

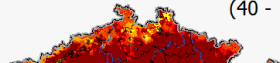
www.intersucho.cz



INTENZITA SUCHA V POVRCHOVÉ VRSTVĚ (0 - 40 cm)



INTENZITA SUCHA V HLUBŠÍ VRSTVĚ (40 - 100 cm)



INTEGROVANÝ SYSTÉM PRO SLEDOVÁNÍ SUCHA

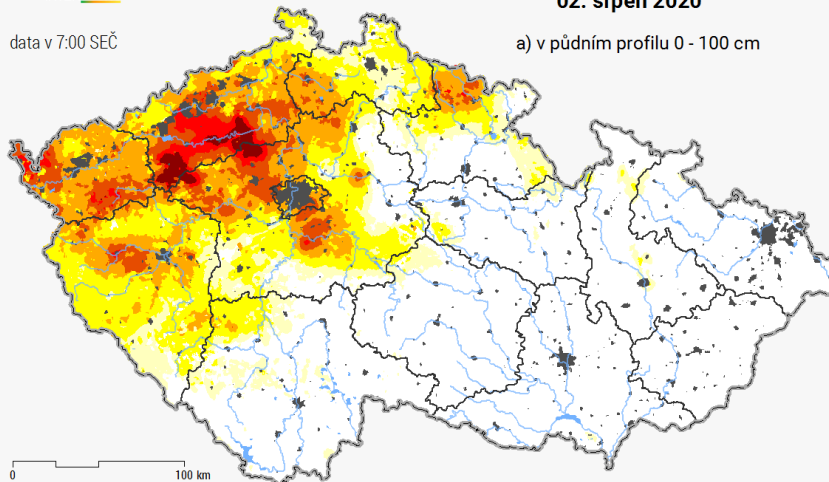
www.intersucho.cz

data v 7:00 SEČ

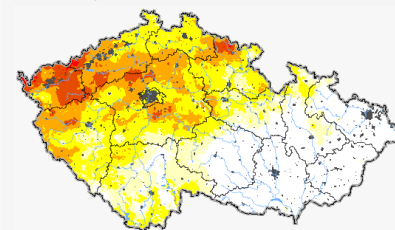
INTENZITA SUCHA

02. srpen 2020

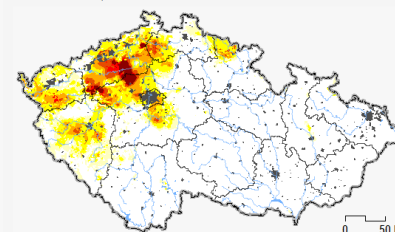
a) v půdním profilu 0 - 100 cm



b) v povrchové vrstvě 0 - 40 cm



c) v hlubší vrstvě 40 - 100 cm



Intenzita sucha

< S0 bez rizika sucha
S0 snížená úroveň půdní vláh
S1 počínající sucho

S2 mírné sucho
S3 výrazné sucho
S4 výjimečné sucho
S5 extrémní sucho

Antropogenní a trvale
zamokřené oblasti
Vodní plochy
Vodní toky
Státní hranice
Hranice kraje

	%
S0	10.2
S1	15.0
S2	11.1
S3	5.0
S4	1.4
S5	0.7

Vydáno: 03.08.2020

CzechGlobe
Mendelova
univerzita
v Brně
Meteorologická
data
poskytuje
ČHMÚ
STÁTNÍ
POČASNOVÝ
ÚŘAD



Kuvajt - odpadní voda z odsolování mořské vody *(Yann Arthus-Bertrand)*

**Kuvajt byl donedávna zcela závislý
na dodávkách pitné vody z Iráku.
Nyní je cca ze 75 % soběstačný,
za cenu obrovských nákladů,
které si ale díky těžbě ropy
může dovolit.**



Aralské jezero – ztráta 50 % plochy, 75 % objemu

(Yann Arthus-Bertrand)



**Jordánsko – zavlažování podzemní vodou z hloubky až 400 m
1t obilí = 1000 t vody, podzemní voda se nevratně ztrácí**

(Yann Arthus-Bertrand)



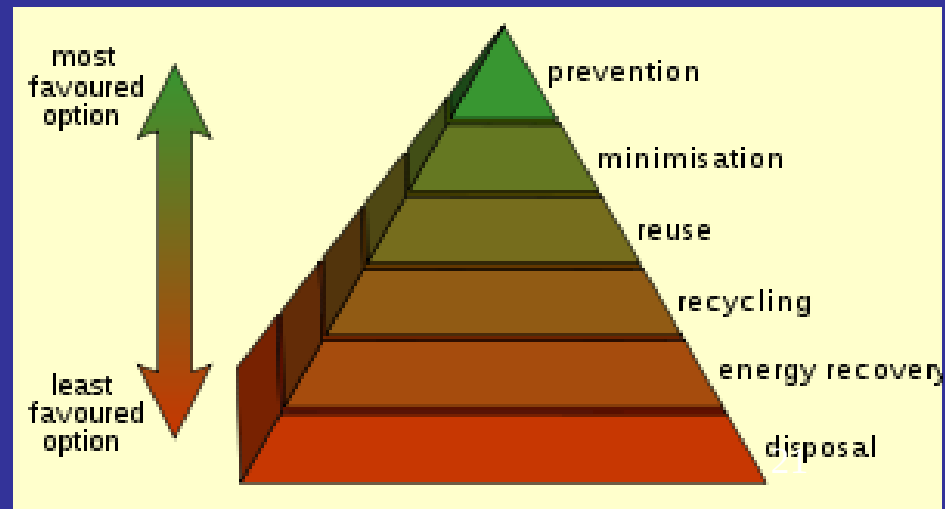
Eutrofizace na Nilu – vodní hyacint (*Yann Arthus-Bertrand*)

Filosofie ochrany čistoty vod

- prevence
 - Reduce
 - Reuse
 - Recycle
 - Recover
- čištění odpadních vod

Hierarchie odpadů

https://en.wikipedia.org/wiki/Waste_hierarchy



Centralizované ČOV

transport OV

„likvidace“ OV

vysoká účinnost

Decentralizované ČOV

**zpracování v
místě vzniku**

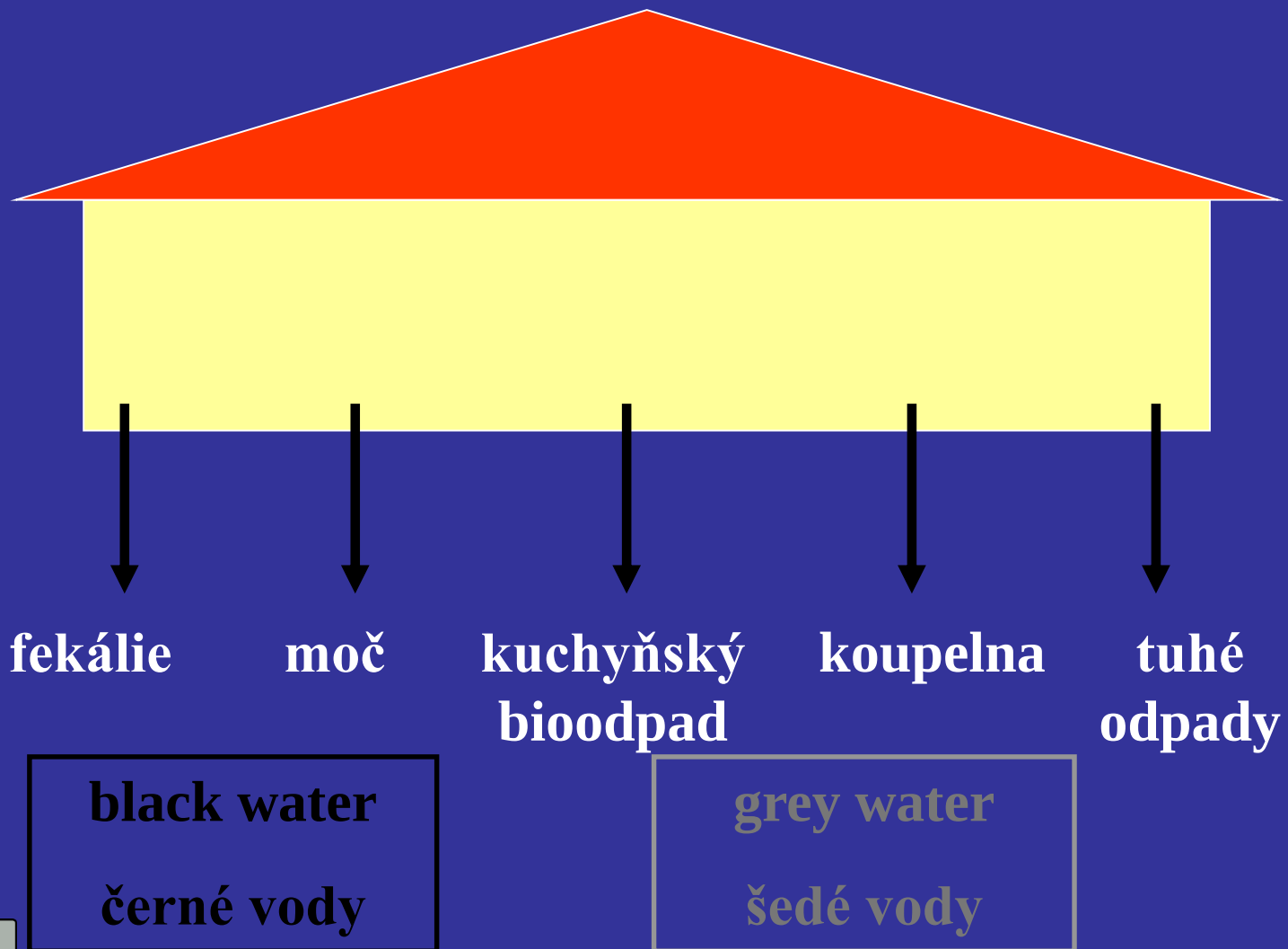
**recyklace
cenných látek**

**vyžaduje aktivní
přístup obyvatel**

Charakteristika DC-ČOV

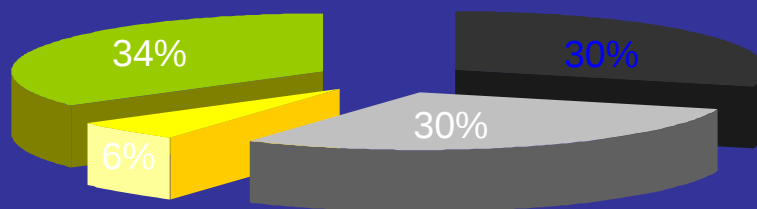
- **prevence – minimalizace objemu**
- **separace různých typů vod**
- **oddělené čištění různých proudů vod**
- **čištění v místě vzniku**
- **úsporné technologie**
- **využití a recyklace cenných látek**
(voda, organické látky, nutrienty)

Typy domácích odpadů

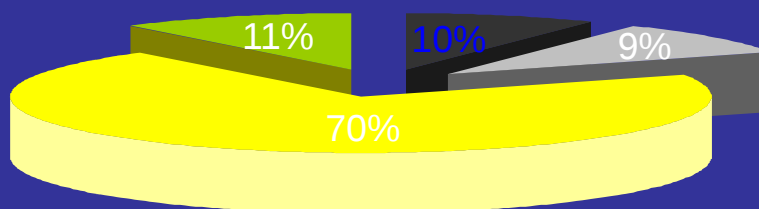


Další možnosti: separace vod, zakoncentrování

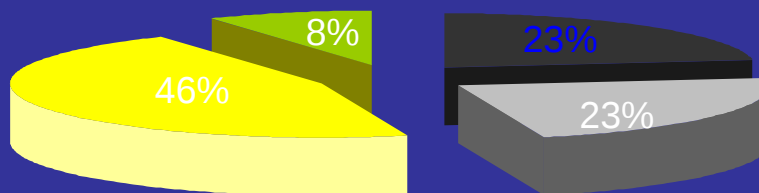
CHSK



N



P

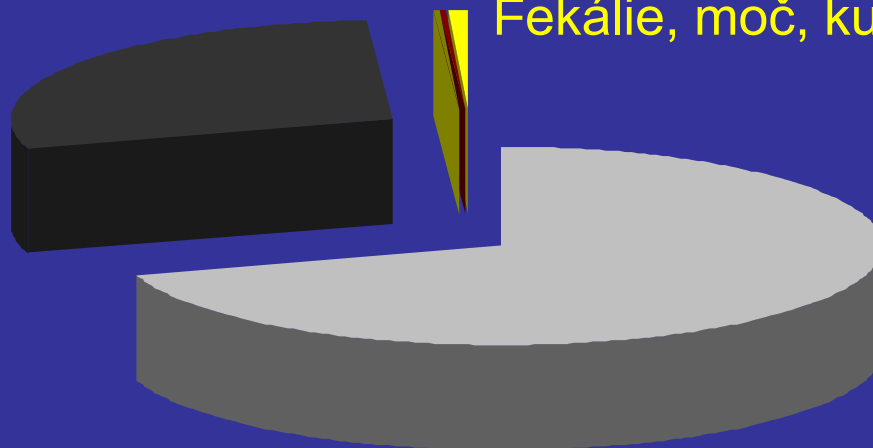


Kuchyň Moč Šedé vody Fekálie

Objem vod

Černá voda, 39L (30%)

Fekálie, moč, kuch. odpady (~ 1%)



Šedá voda, 95L (70%)

Nejjednodušší zařízení pro decentralizované ČOV

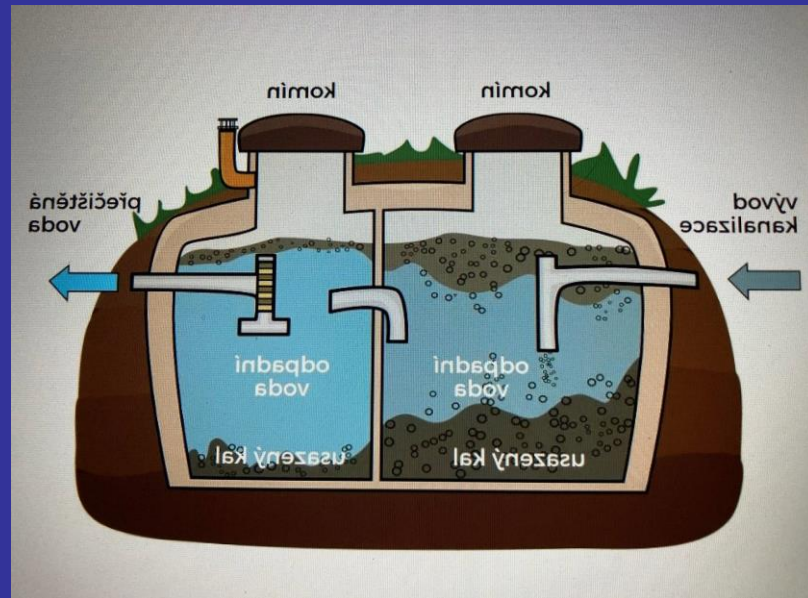
Žumpa

zakrytá bezodtoková
nádrž pro akumulaci
odpadních vod

Septik

zakrytá nádrž
na odpadní vody
s kontrolovaným
přepadem

<https://betonovezumpy-ceske.cz/betonove-septiky/>



Domovní ČOV



bez stokové sítě

<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6684-domovni-cistirny-odpadnich-vod-ano-ale>

Kořenové čistírny, umělé mokřady

Odpadní voda je potrubím přivedena do umělého mokřadu, který tvoří drobné kamenivo nebo štěrk.

Díky mikroorganismům a bakteriím, které žijí ve štěrku a na kořenech rostlin, dochází k čištění vody.

Kořenové čistírny

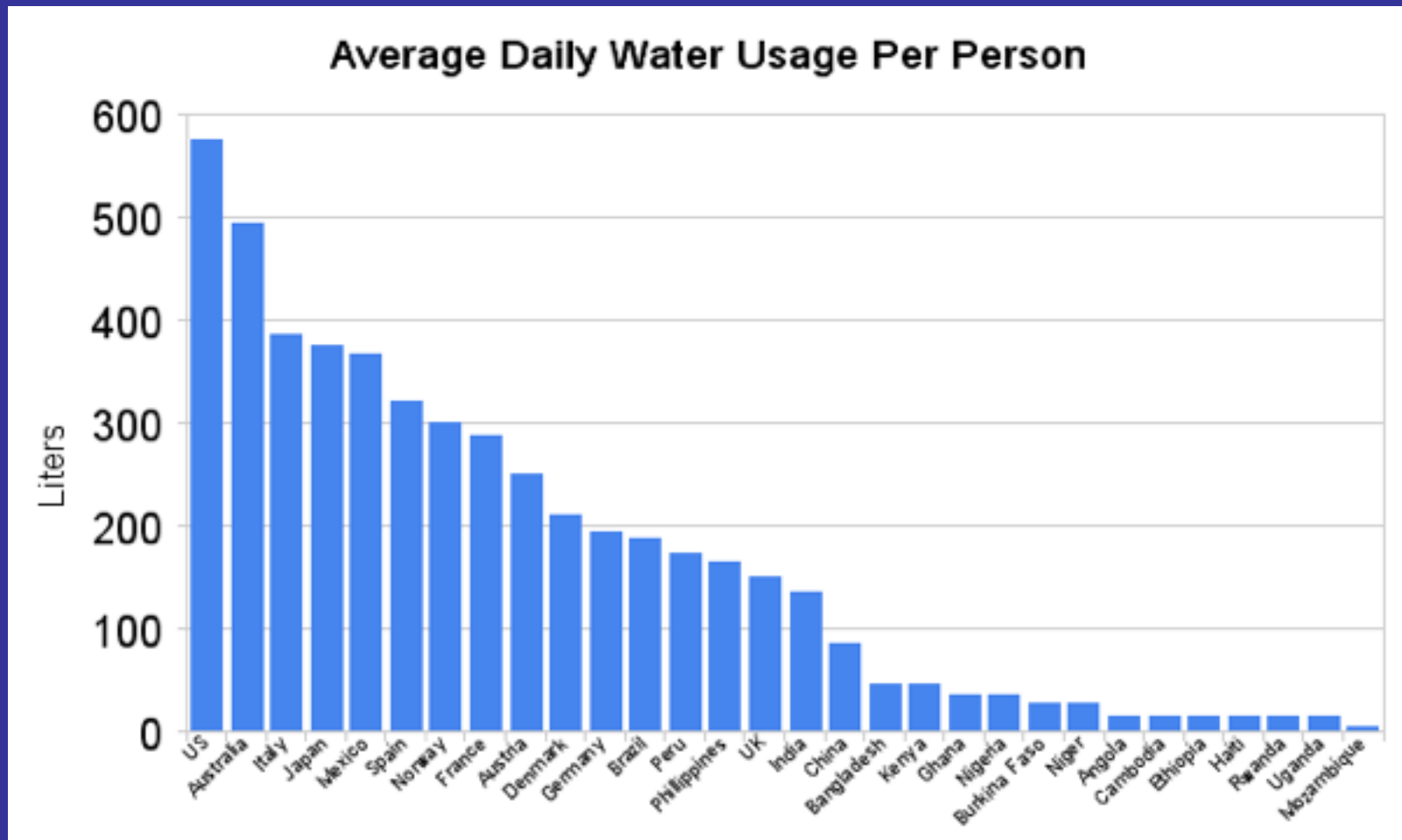


Centralizovaná čistírna odpadních vod



Kvantita a kvalita produkovaných odpadních vod

Srovnání celkové spotřeby vody (l.ob.d⁻¹)



Zdroj: www.data360.org

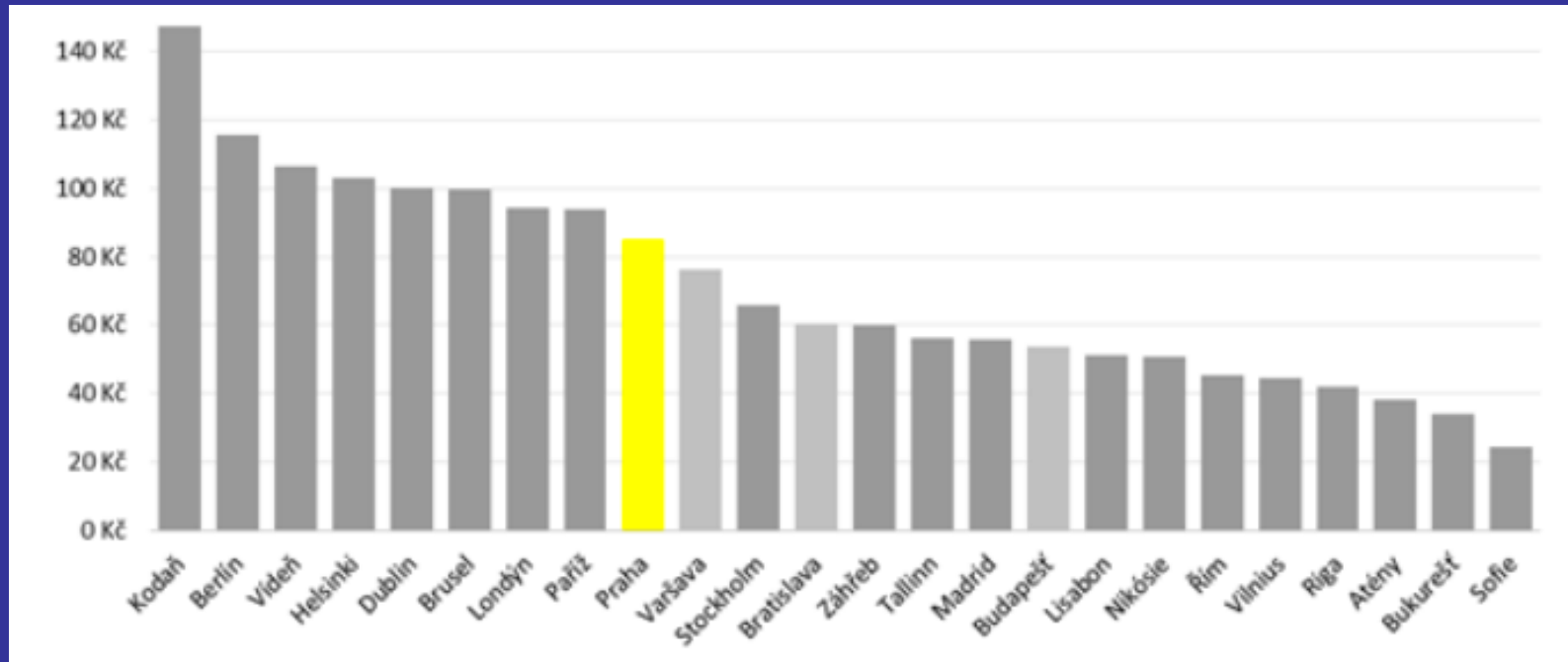
Srovnání spotřeby vody (ob.d⁻¹)

Vývoj v ČR

1990	174	max
1995 - 2000	110-120	
2001	104	min
2010 - 2020	~130	

ČR patří k zemím s nižší spotřebou vody v Evropě, na osobu a den ji ve svých domácnostech spotřebujeme jen těsně přes 87 litrů. Celková spotřeba se blíží 130 litrům na osobu a den.

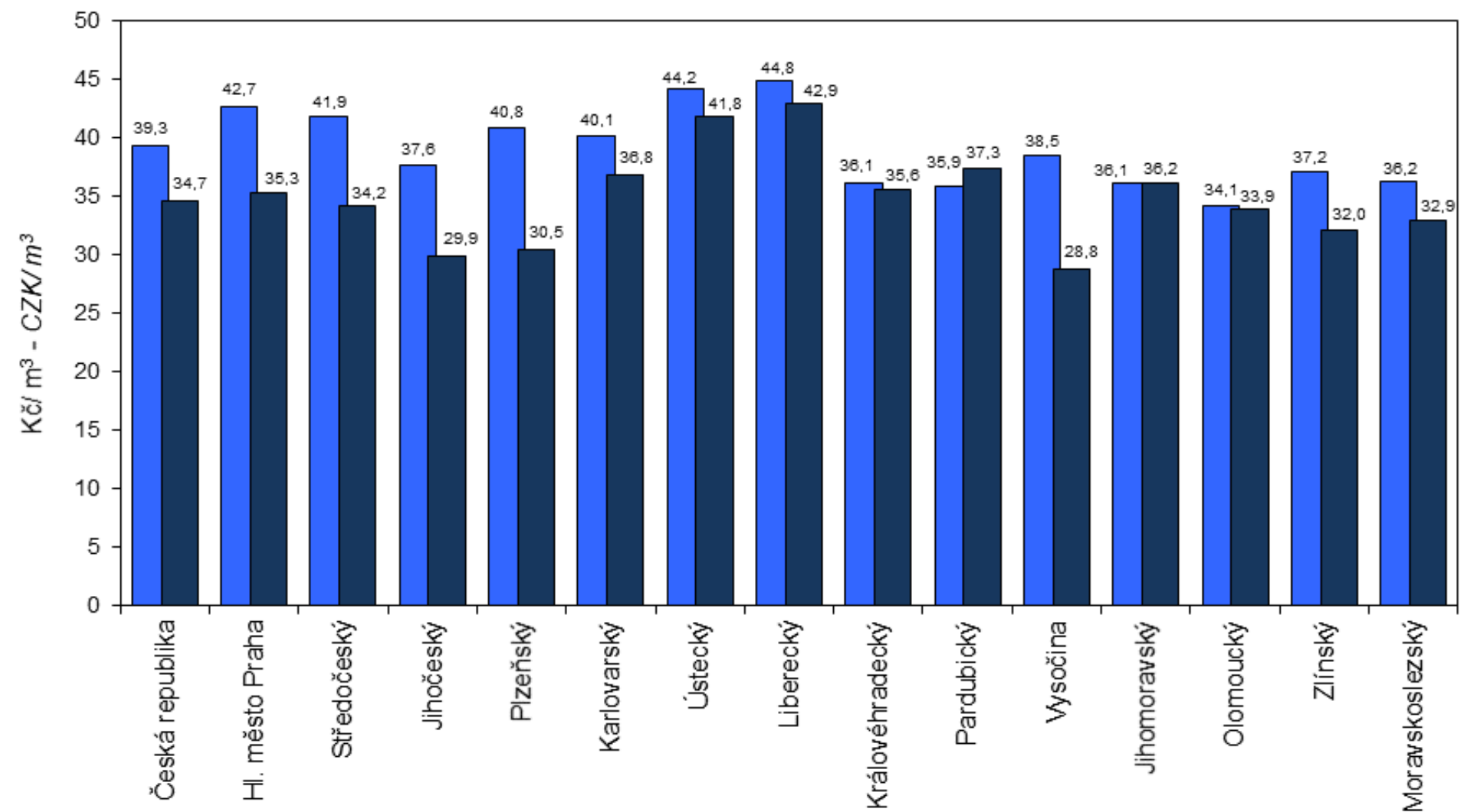
Cena vody v Evropě (vodné + stočné, 2016)



Zdroj: EY ČR

Průměrná cena za 1 m³ fakturované vody a průměrná cena za 1 m³ odváděných odpadních vod v ČR v roce 2019

Average price per 1 m³ of invoiced water and per 1 m³ of discharged wastewater in the CR: by region, 2019

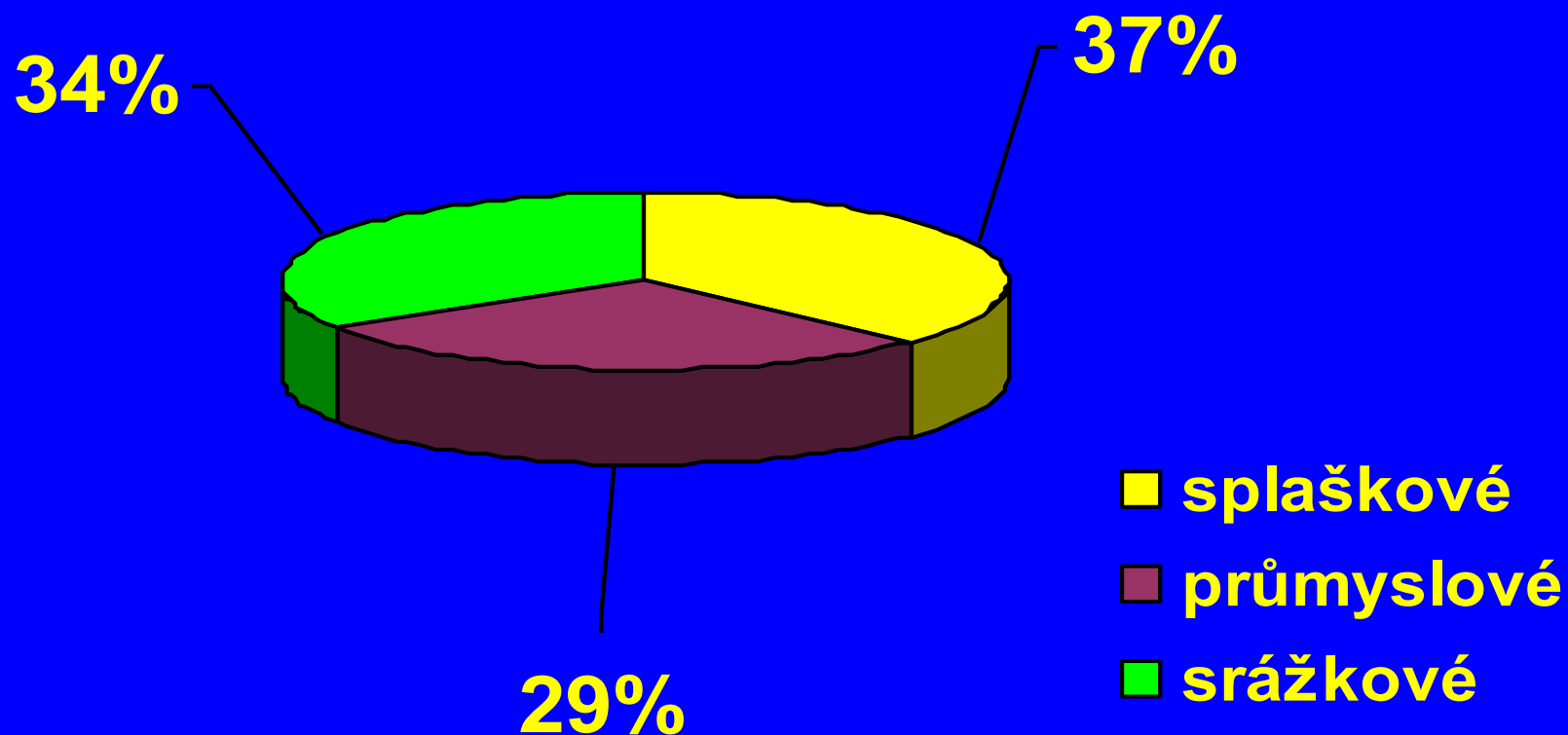


■ Průměrná cena za 1 m³ fakturované vody - Average price per 1 m³ of invoiced water

■ Průměrná cena za 1 m³ odváděných odpadních vod - Average price per 1 m³ of discharged wastewater

Zdroj: ČSÚ

Odpadní vody vypouštěné do recipientů v ČR



ČOV v ČR

Z celkového počtu obyvatel žije v domácnostech napojených na veřejné kanalizace (84,2 %)*, 94,2 % zásobeno vodou*.

Podle údajů OECD jsou tyto údaje srovnatelné či dokonce lepší než v některých zemích EU (např. Francie, Španělsko, Řecko)

ČOV v ČR

Z celkového počtu obyvatel žije v domácnostech napojených na veřejné kanalizace (84,2 %)*, 94,2 % zásobeno vodou*.

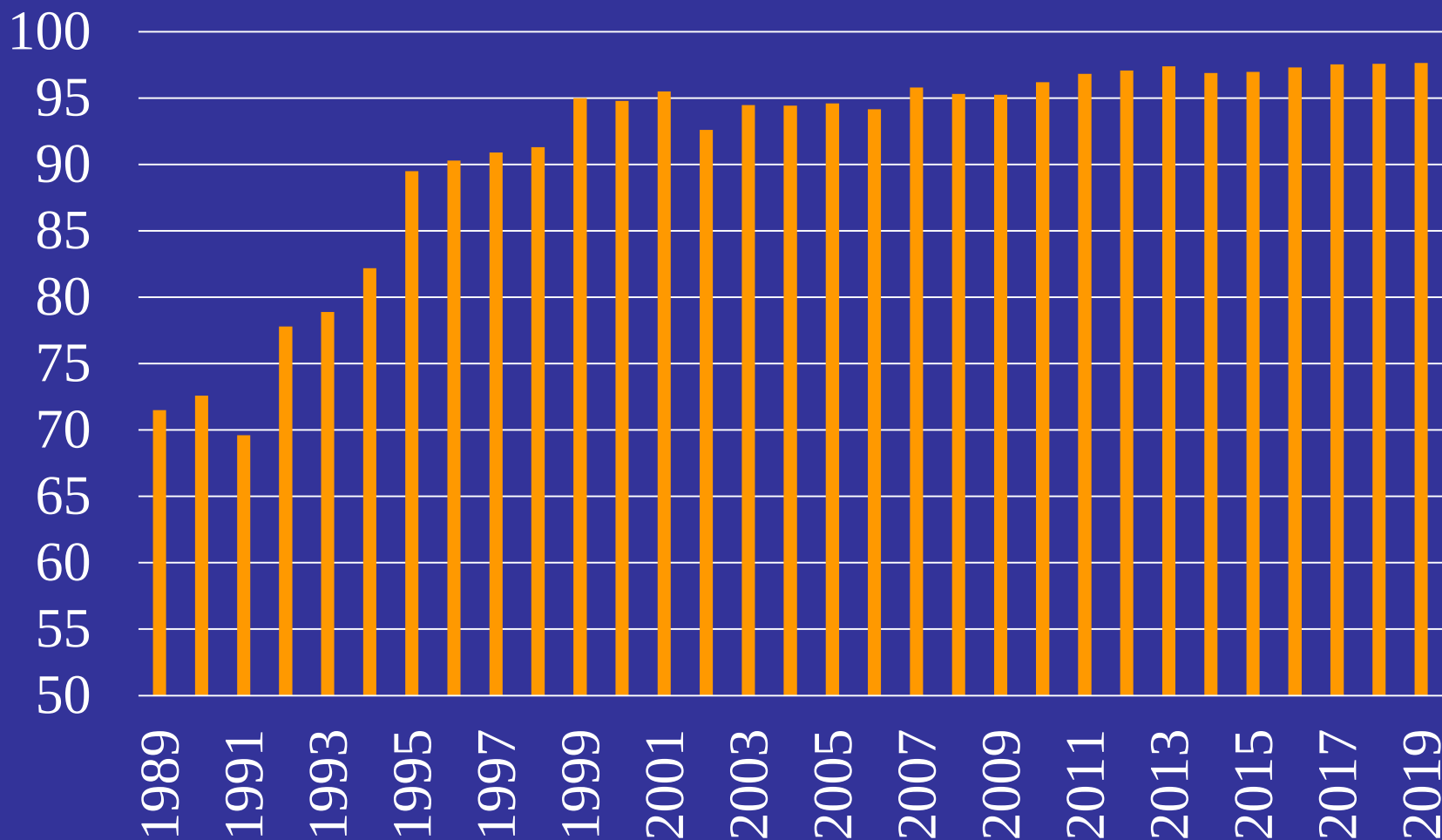
Podle údajů OECD jsou tyto údaje srovnatelné či dokonce lepší než v některých zemích EU (např. Francie, Španělsko, Řecko)

ČOV v ČR

- počet 2495* (více než polovina s terciárním čištěním – N,P)
 - průměrný denní průtok téměř 4 000 000 m³/d
 - direktiva EU (ČR do 2010)
- ČOV pro všechny obce nad 2000 ob.

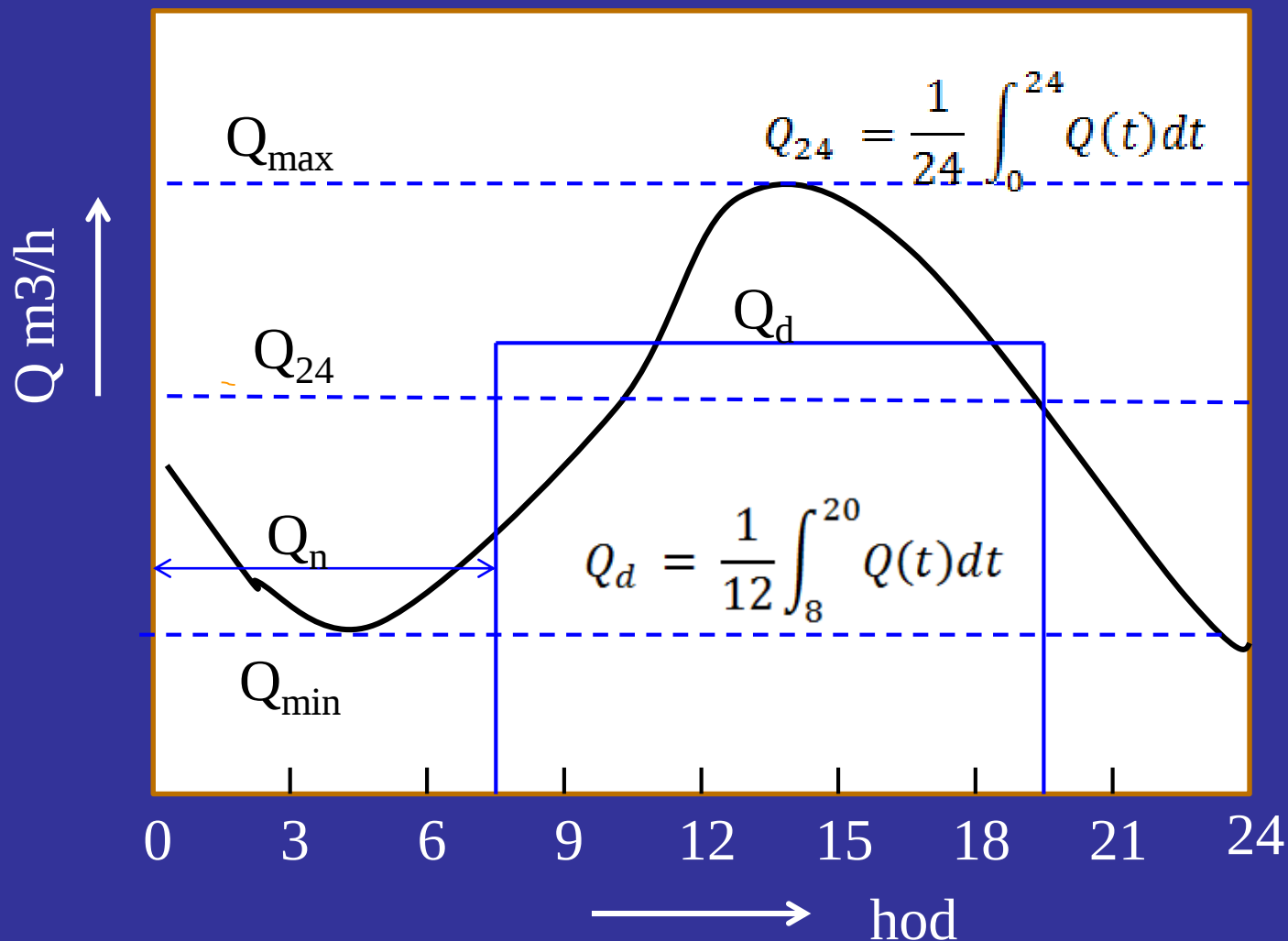
* Údaje ČSÚ za rok 2019

Podíl čištěných odpadních vod odkanalizovaných (%)



* Údaje ČSÚ za rok 2019

Kolísání průtoků



$$k = \frac{Q_{\max}}{Q_n}$$

Kolísání průtoků

k_d – součinitel denní nerovnoměrnosti

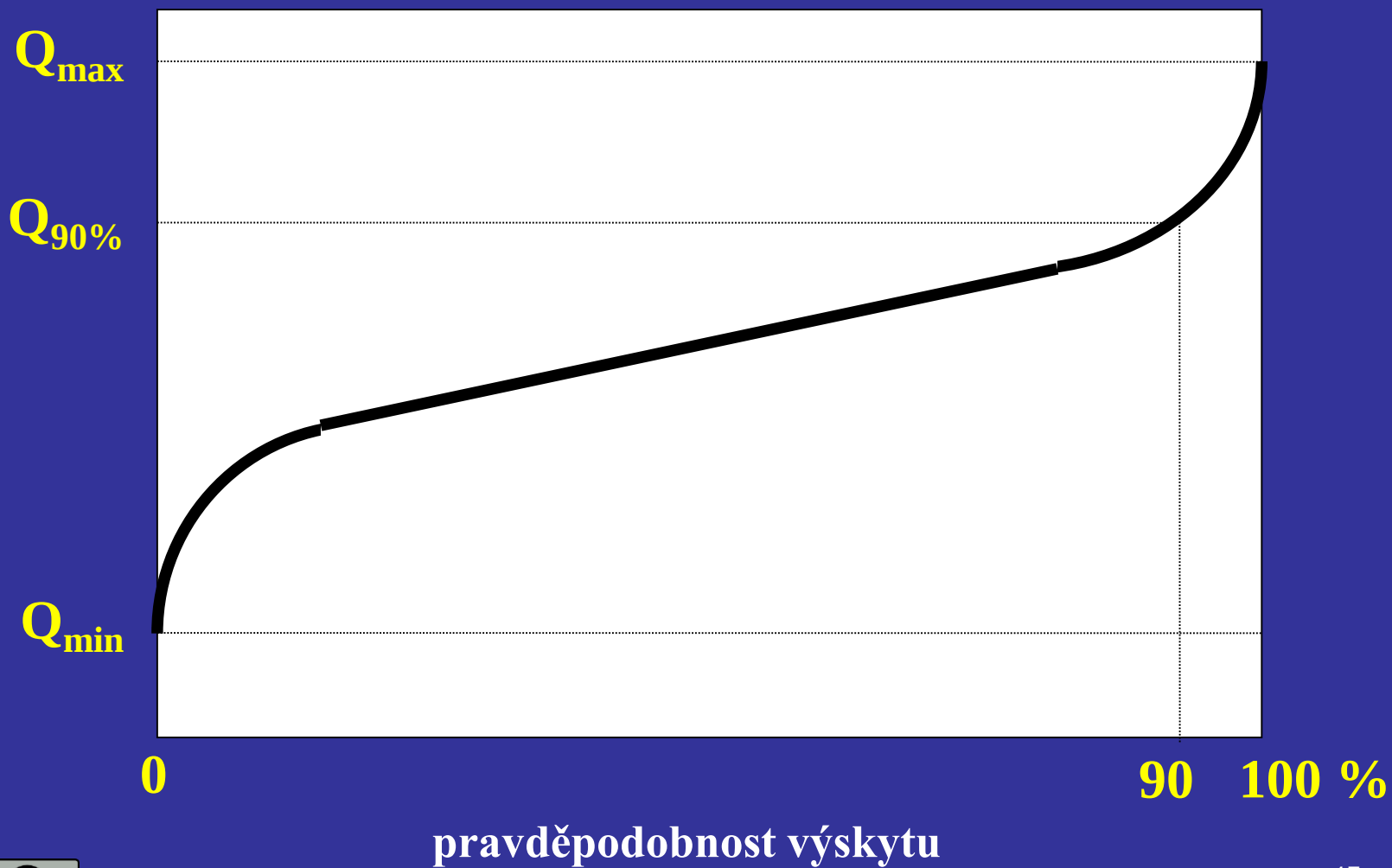
k_h – součinitel hodinové nerovnoměrnosti

velikost čistírny (tisíc EO)	k_d
do 1	1,5
1 - 5	1,4
5 - 20	1,35
20 - 100	1,25
nad 100	individuálně

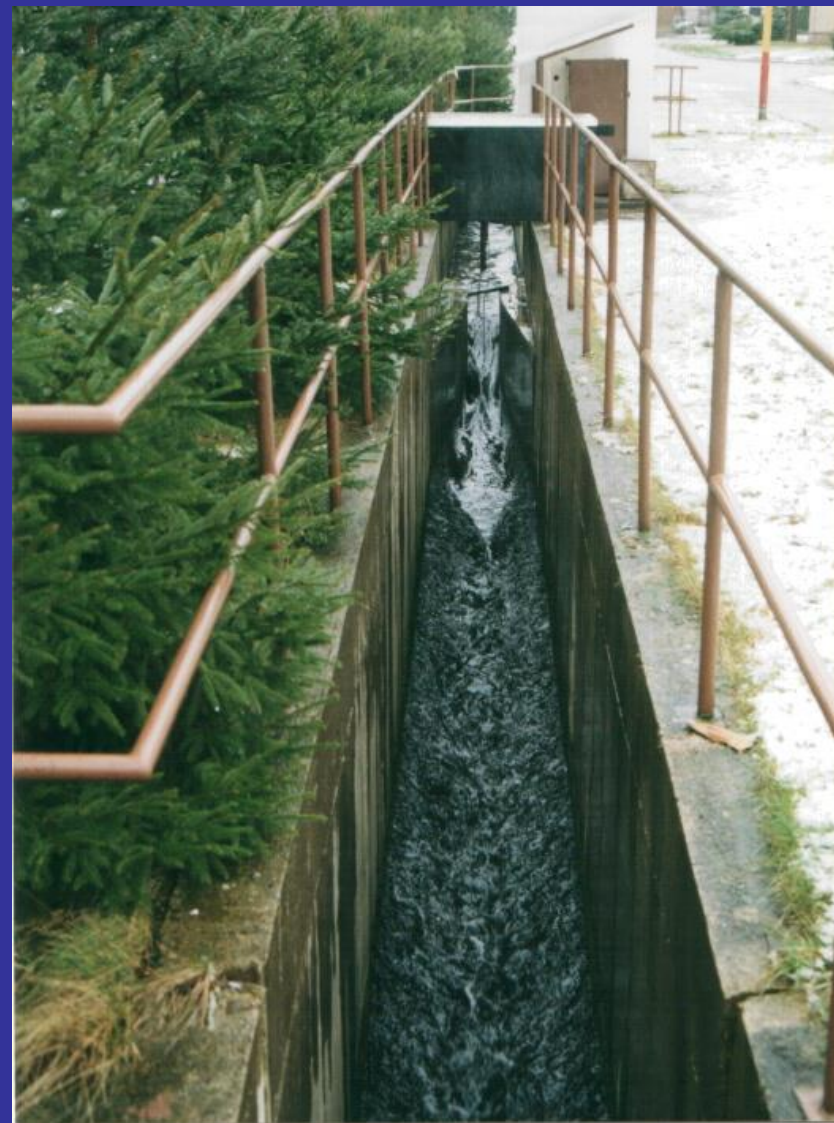
velikost čistírny (EO)	k_h
30	7,2
40	6,9
50	6,7
75	6,3
100	5,9
300	4,4
400	3,5
500	2,6
1 000	2,2

velikost čistírny (EO)	k_h
2 000	2,1
5 000	2,0
10 000	2,0
20 000	1,9
30 000	1,8
50 000	1,7
100 000	1,6
1 000 000	1,4

Frekvenční křivky



Měření průtoku



Druhy znečištění

- **primární** (*přímé působení znečišťujících látek*)
- **sekundární** (*druhotné vlivy vyvolané následnými procesy v prostředí*) např. eutrofizace
- **bodové** (*prům. závody, kanalizace, ...*)
- **difuzní** (*kyselá dešť, splachy z polí, ...*)

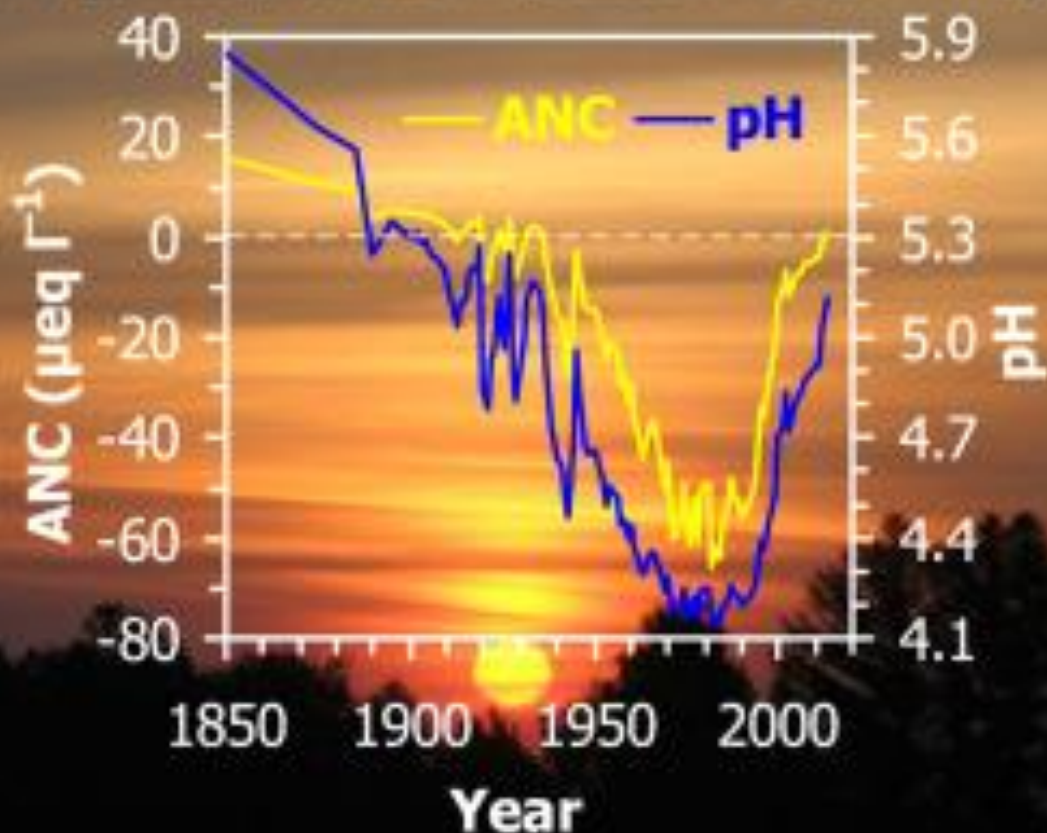
Difuzní znečištění

Zdroje: atmosferická depozice
povrchový odtok,
odtok ze zpevněných ploch
eroze
odtoky z drenáží

Původ:

- Přírodní pozadí – zdroje nesouvisející s lidskými aktivitami
- Zdroje ovlivněné lidskou činností

Acid neutralizing capacity and pH in precipitation (Czech Republic)



Kopáček, Jiří, et al. "Effect of industrial dust on precipitation chemistry in the Czech Republic (Europe) from 1850 to 2013." *Water Research* 103 (2016): 30-37.

Samočišťení

regenerační reakce ekosystému na znečištění

soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů např.:

Sedimentace, sycení vody kyslíkem a následná chemická nebo biochemická oxidace, neutralizace, fotosyntéza, růst organismů (makro- i mikro-)

Umožňuje klasifikaci vodních toků podle čistoty index saprobity (přirozené bioindikátory)

Klasifikace znečišťujících látek

- rozpustěné látky
- nerozpustěné látky



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 Česko
Uveďte původ - Zachovejte licenci

Klasifikace znečišťujících látek

- rozpustěné látky
 - organické
 - anorganické
- nerozpustěné látky
 - organické
 - anorganické

Klasifikace znečišťujících látek

■ rozpustěné látky

- organické - biologicky rozložitelné (*cukry, mastné kys.*)
 - biologicky nerozložitelné (*azobarviva, ...*)
- anorganické (*těžké kovy, dusičnany, fosforečnany*)

■ nerozpustěné látky

- organické - biologicky rozložitelné (*škrob, bakterie*)
 - biologicky nerozložitelné (*plasty, ...*)
 - usaditelné (*celulózová vlákna, ...*)
 - neusaditelné (*papír, ...*)
 - koloidní (*bakterie, ...*)
 - plovoucí (*plasty, ...*)
- anorganické - usaditelné (*písek, hlína, ...*)
 - neusaditelné (*brusný prach, ...*)

Klasifikace znečišťujících látek

další specifické druhy znečištění

- **teplota**
- **radioaktivita**
- **mikrobiální znečištění** (*pathogenní mikroorg.*)
- **tenzidy**
- **látky se specif. fyziologickými účinky**
(*PPCP, endocrine disruptors, pseudoestrogens, ...*)

(*např. feminizace obojživelníků a ryb*)

Stanovení koncentrace organických a anorganických látek

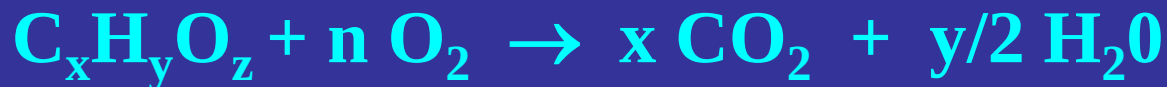


Stanovení koncentrace organických látek

Skupinová stanovení

- BSK_5 ,
- CHSK_{Cr} , CHSK_{Mn}
- TOC

teoretický parametr TSK



$$\text{kde } n = 2x + y/2 - z \quad \Rightarrow \quad \text{TSK} = n/M_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}$$

$$\text{TSK} > \text{CHSK} > \text{BSK}_5$$

Specifická produkce znečištění v g.d⁻¹.ob⁻¹ (populační ekvivalent)

Látky	Anorg.	Org.	Veškeré
nerozpuštěné	15	40	55
usaditelné	10	30	40
neusaditelné	5	10	15
rozpuštěné	75	50	125
Celkem	90	90	180

Specifická produkce znečištění v $\text{g.d}^{-1}.\text{ob}^{-1}$ (populační ekvivalent)

Látky	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N	P
nerozpuštěné	30	60	1	0,2
usaditelné	20	40	1	0,2
neusaditelné	10	20	-	-
rozpuštěné	30	60	11	2,3
Celkem	60	120	12	2,5

Procesy používané pro čištění odp. vod

- mechanické
- fyzikálně-chemické a chemické
- biologické

Procesy používané pro čištění odp. vod

- **mechanické**
 - **cezení** (*česle, síta*)
 - **usazování** (*usazovací nádrže*)
 - **odstřed'ování** (*centrifugy*)
 - **flotace** (*flotační nádrže*)
 - **filtrace** (*písková filtrace*) membránovou filtraci řadíme k fyzikálně-chemickým procesům



hrubé



jemné

česle

sító





dosazovací nádrž



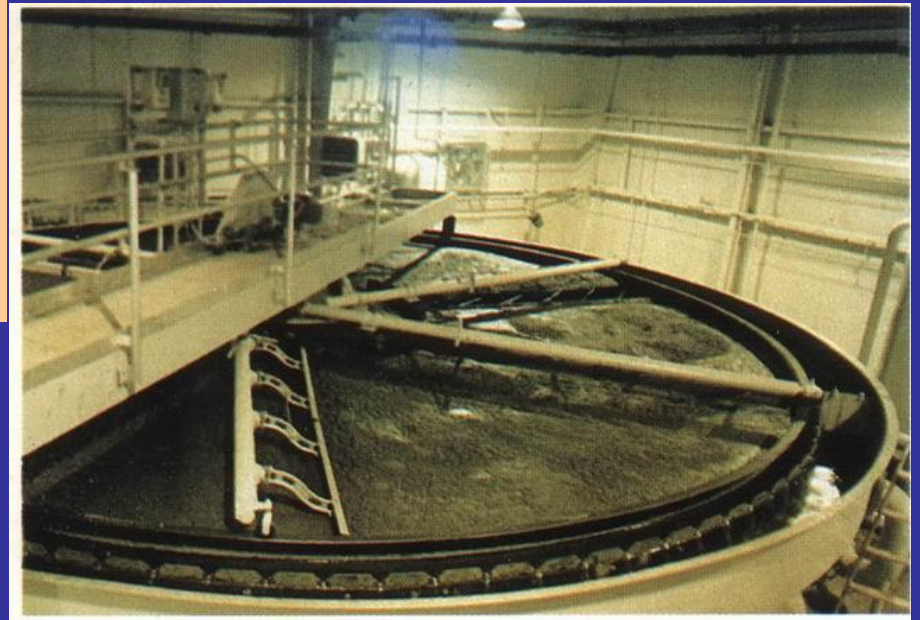
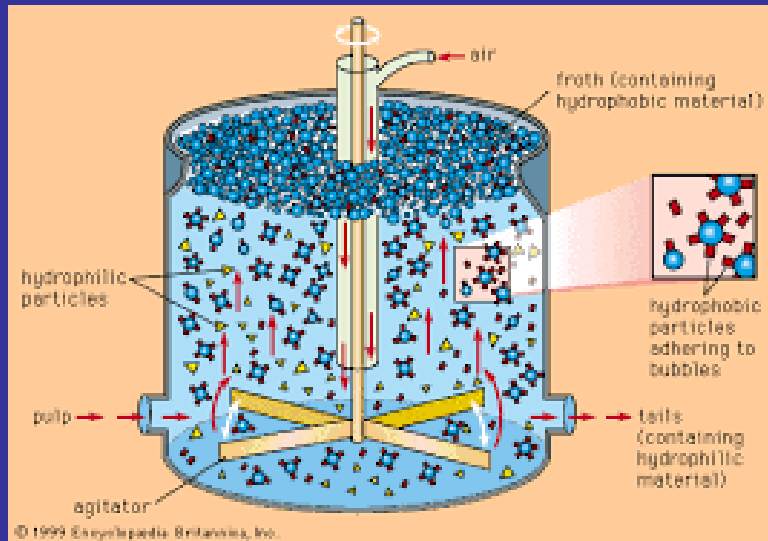
BY SA



dosazovací nádrž



odvodňovací centrifuga



flotace

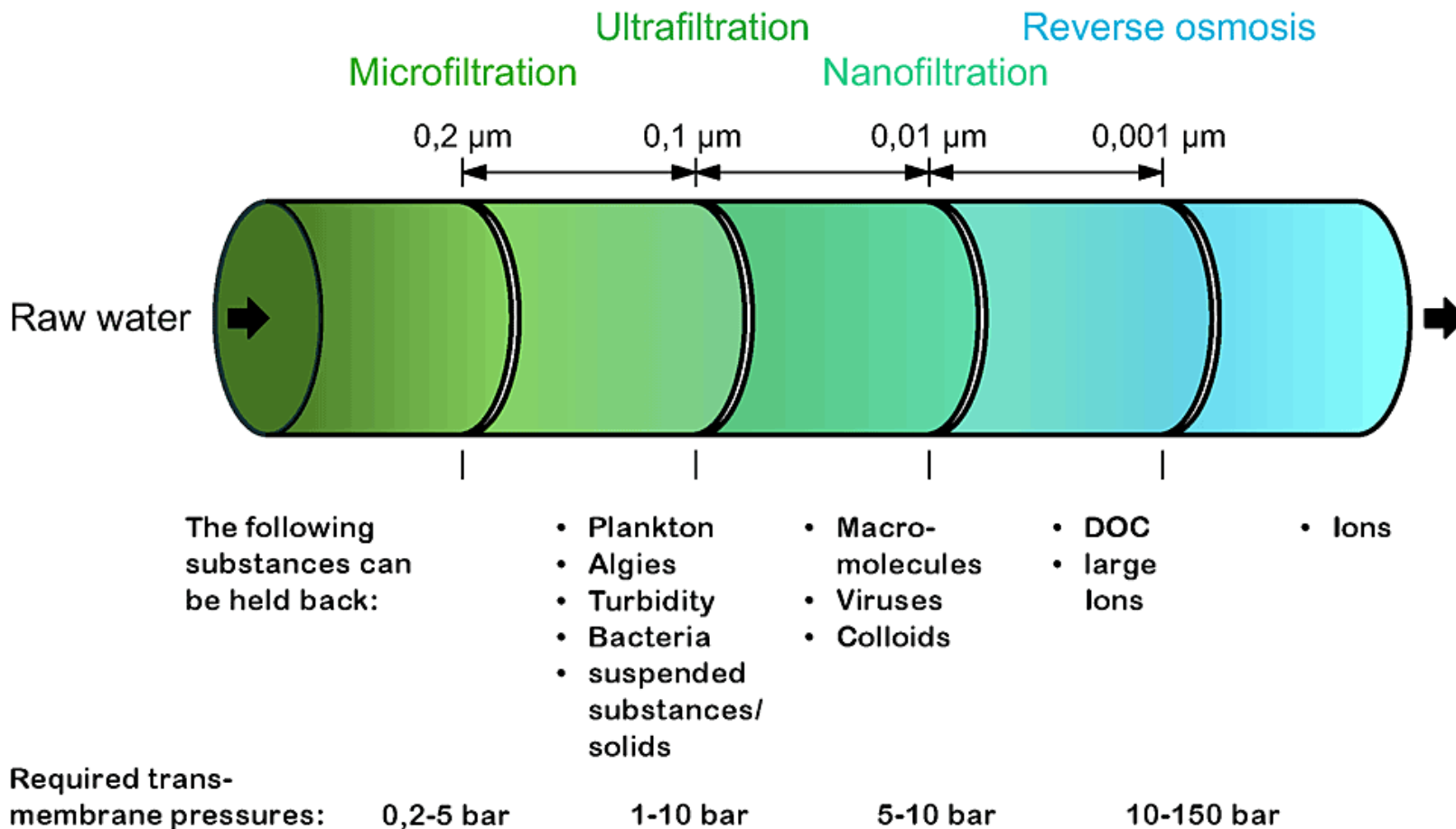
Zdroj: <https://www.britannica.com/technology/flotation-ore-dressing>



písková filtrace

Procesy používané pro čištění odp. vod

- fyzikálně-chemické a chemické
- neutralizace
- srážení, koagulace
- oxidace / redukce
- sorpce
- výměna iontů
- extrakce
- spalování
- stripování, destilace
- membránové procesy



membránová filtrace

Zdroj:
<https://www.hydrogroup.biz/areas-of-use/water-treatment/membrane-processes.html>

membránová filtrace

deskový modul



membránová filtrace

dutá vlákna



Procesy používané pro čištění odp. vod

▪ biologické

aerobní – *aktivace, biofiltry, rotační
biofilmové reaktory, stabilizační
rybníky, vegetační (kořenové)
čistírny*

anaerobní – *stabilizační nádrže (kaly, aerobní
biomasa)
reaktory pro čištění odpadních vod*

Legislative EU

There are 4 main pieces of legislation which directly affect – or will affect - the water environment. They are:

1. The Water Framework Directive
2. The EU Floods Directive
3. The Nitrates Directive
4. The Urban Wastewater Directive

Nařízení vlády 61/2003

o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

emisní princip

(po roce 2008 kombinovaný emisně-imisní)

celá ČR – citlivá oblast

městské x průmyslové odpadní vody

hodnoty p, m

novely 229/2007, 23/2011, 401/2015

www.mzp.cz → legislativa → platné právní předpisy → vodní hospodářství

Poplatky za vypouštění znečištění

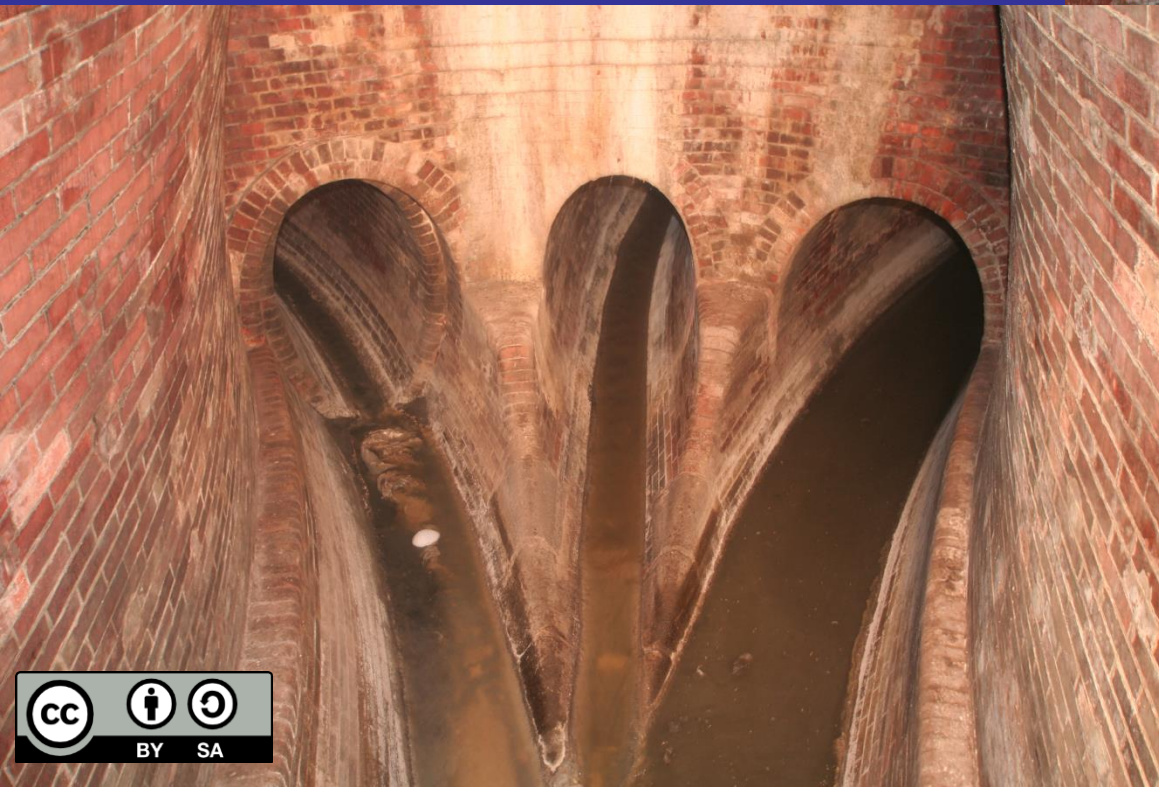
(Zákon č. 254/2001 Sb. - Vodní zákon

několik novelizací, poslední: zákon č. 150/2010 Sb.)

Ukazatel	Sazba (Kč/kg)	Limit zpoplatnění	
		kg/rok	mg/l
CHSK (nečištěné)	16	8 000	40
CHSK (čištěné)	8	10 000	40
CHSK (o.v.celul.)	3	10 000	40
RAS	0,5	20 000	1000
NL	2,0	10 000	30
P_{celk}	70	3 000	3
N_{anorg}	30	20 000	20
AOX	300	15	0,2
Hg	20 000	0,4	0,002
Cd	4 000	2	0,01

Odvádění odpadních vod - typy kanalizačních sítí

- jednotná (kombinovaná)
- oddílná



Odvádění odpadních vod - typy kanalizačních sítí

- **jednotná (kombinovaná)**

**vývojově původní řešení
levnější (jedno potrubí)
velké kolísání průtoku
nepříznivé pro ČOV
odlehčovací přepady
kontaminace recipientu**

Jakmile dosáhne hladina vody ve
stoce úrovně přepadu, přeteče do
odlehčovací stoky, kterou je
odváděna přímo do vodního toku.

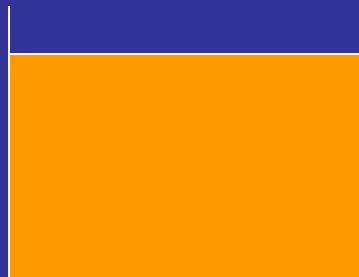


Aerobní biologické čištění OV



Počátky – Anglie 19./20.století

- půdní infiltrace,
- provzdušňování



několikadenní
aerace



Aerobní biologické čištění OV

Activated sludge - aktivovaný kal – aktivace

*Směsná kultura mikroorganismů spontánně vznikající
při provzdušňování odpadních vod*

baktérie (+ prvoci, vířníci, hlístice, houby plísňe, kvasinky)
přibývají poznatky o významné roli virů



Aerobní biologické čištění OV

Activated sludge - aktivovaný kal – aktivace

Ilustrace na youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=epAh6hHOq3c>

zejména 1:20 - 4:20

Aerobní biologické čištění OV

První aktivační ČOV

1914 - Anglie

1916 - USA

Praha 1906 ČOV s mechanickým čištěním

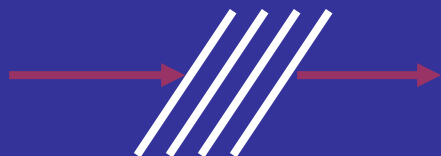
1965 ČOV s mechanicko-biologickým čištěním

Klasifikace ČOV podle jejich velikosti

- **Domovní - do 50 EO**
- **Malá - do 5000 EO**
- **Střední - do 50 000 EO**
- **Velká - nad 50 000 EO**

Schéma malé ČOV

česle





česle

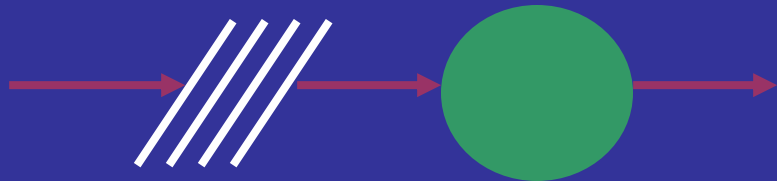


BY SA

Schéma malé ČOV

česle

lapák
písku



lapák písku

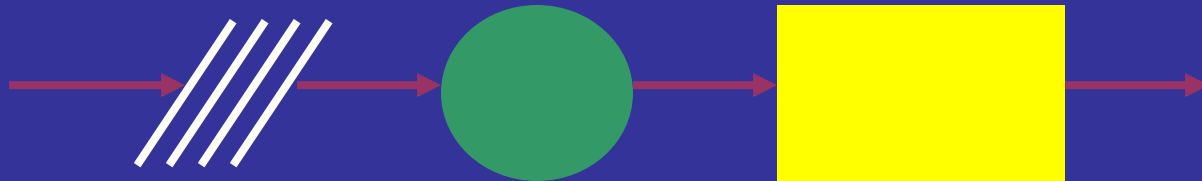


Schéma malé ČOV

česle

lapák
písku

biologický
reaktor





aktivace



biofiltr

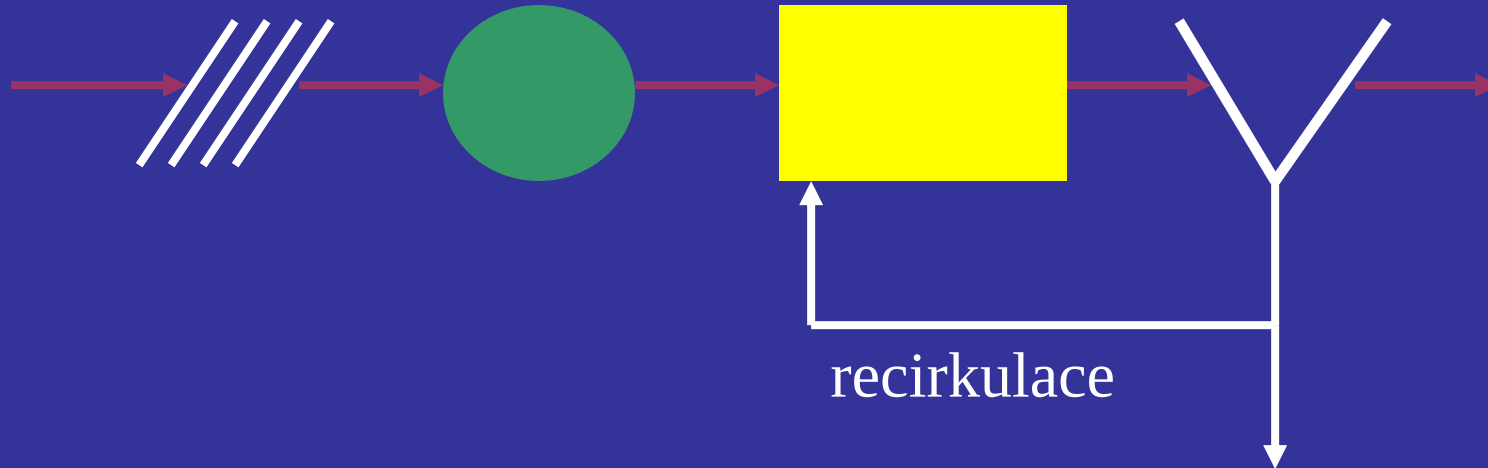
Schéma malé ČOV

česle

lapák
písku

biologický
reaktor

dosazovací
nádrž



recirkulace



dosazovací nádrž



BY SA



dosazovací nádrž

Schéma malé ČOV

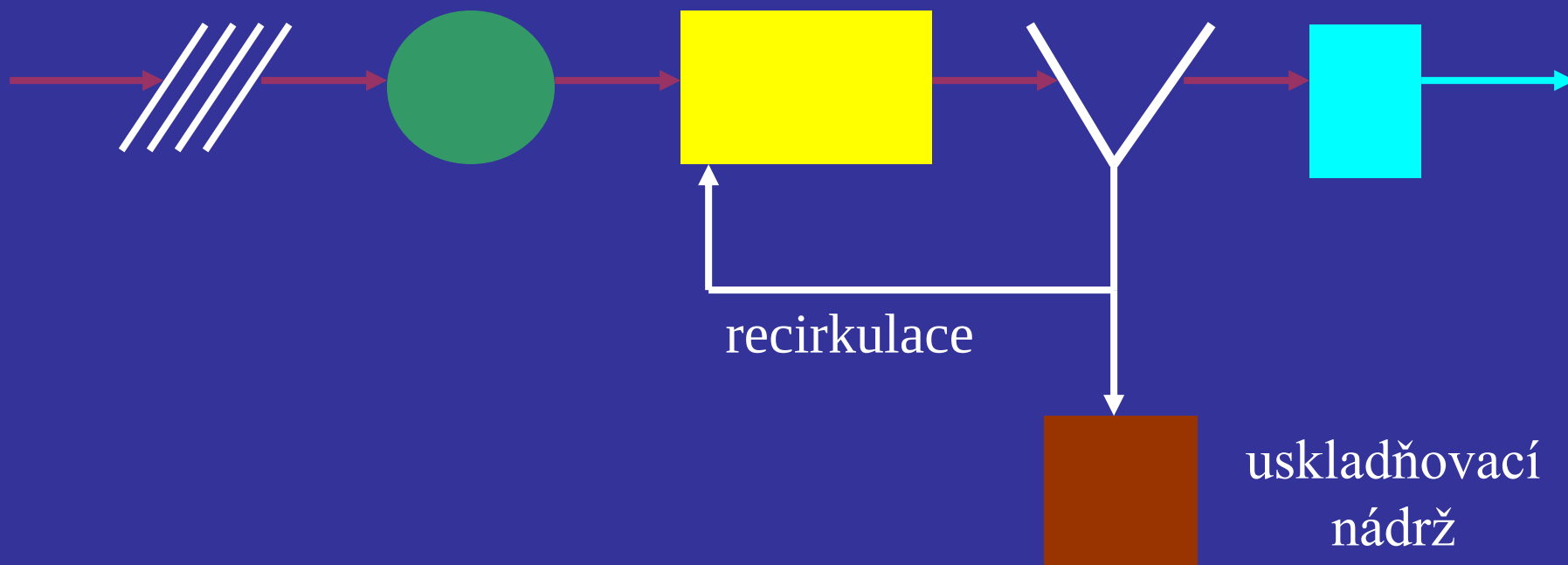
česle

lapák
písku

biologický
reaktor

dosazovací
nádrž

terciární
čištění



recirkulace

uskladňovací
nádrž

Malá ČOV

100 EO



5 000 EO



Ústřední čistírna odpadních vod v Praze

$Q - 5.8 \text{ m}^3/\text{s}$

1 250 000 EO



Zdroj: PVK Praha

Schéma velké ČOV

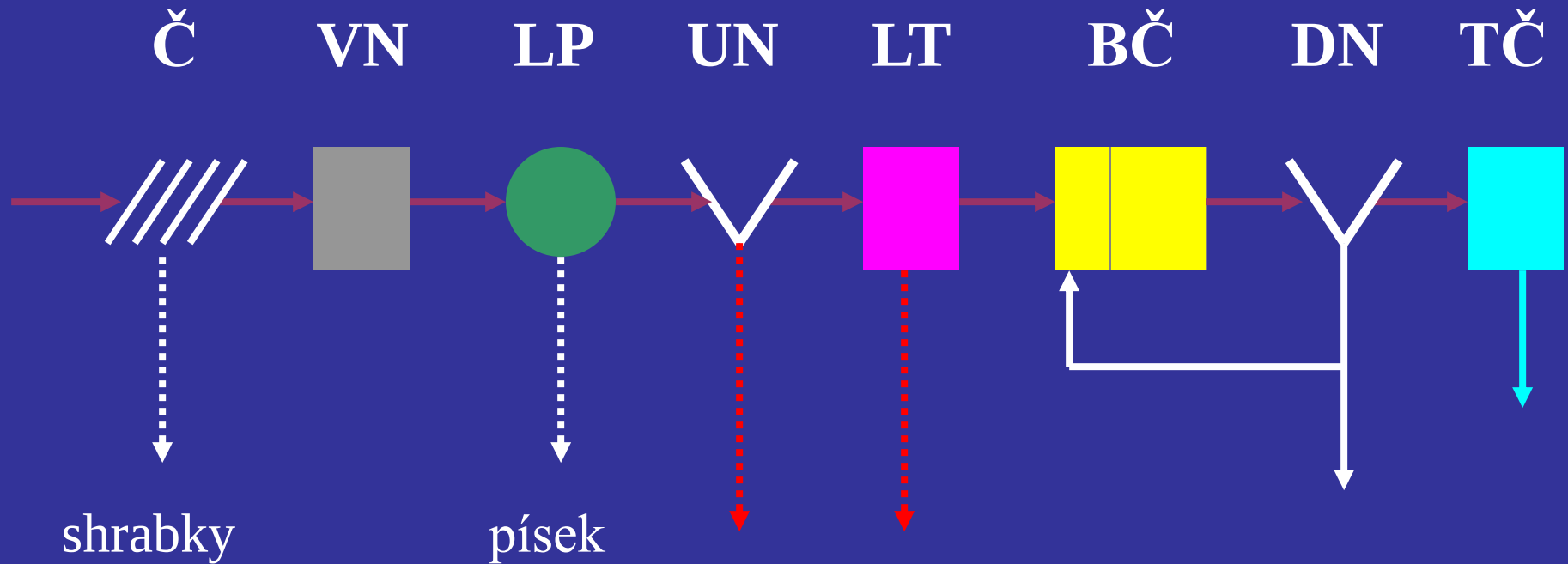
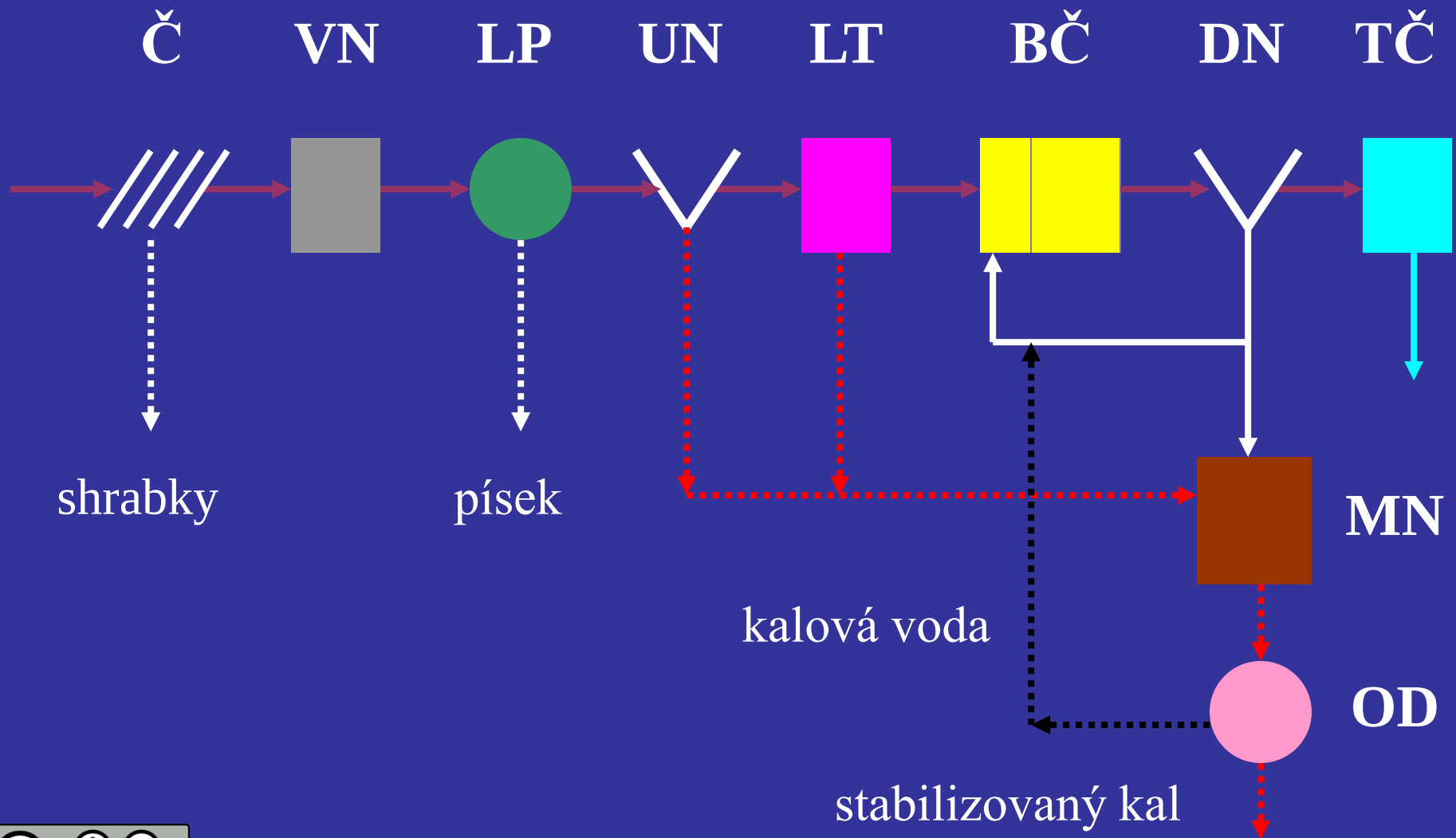


Schéma velké ČOV





anaerobní stabilizace



odvodňovací centrifuga

Typy aktivace



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



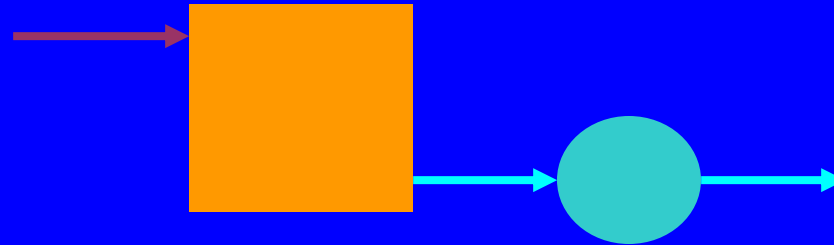
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



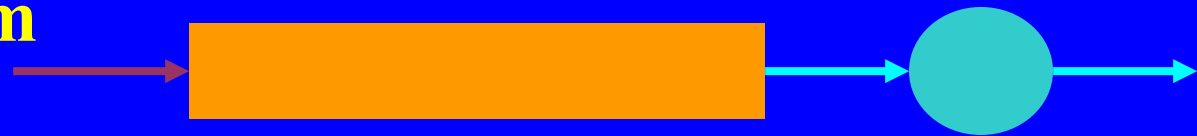
Dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 Česko
Uveďte původ - Zachovejte licenci

Typy aktivace

směšovací



s postupným
tokem

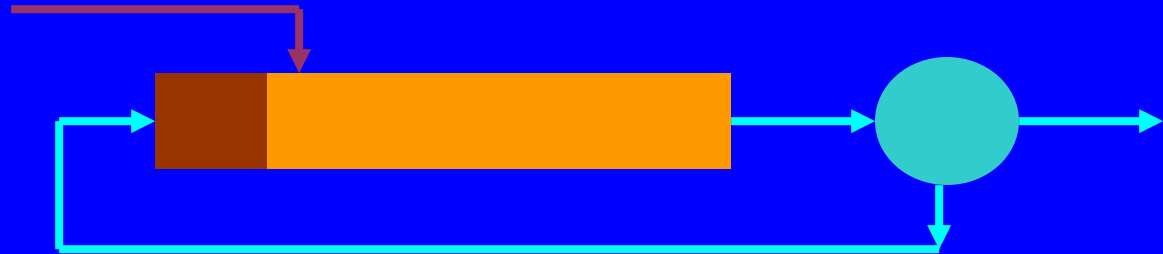


selektorová

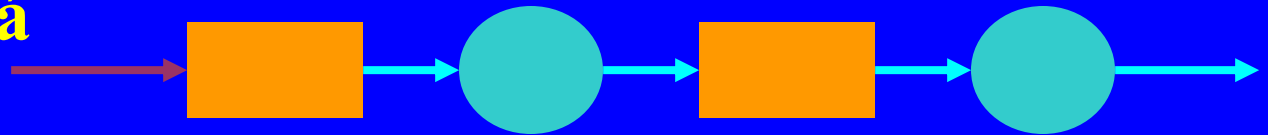


Typy aktivace

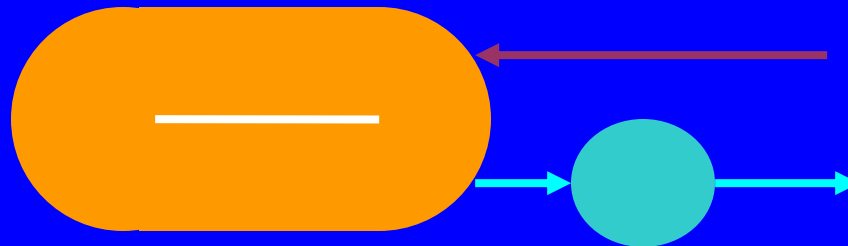
s regenerací
kalu



dvoustupňová



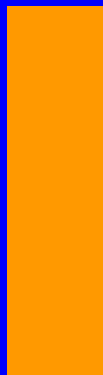
oběhová



Typy aktivace

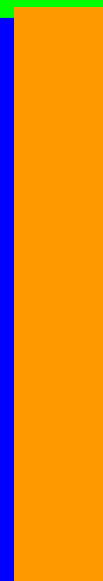
věžová

10-20 m



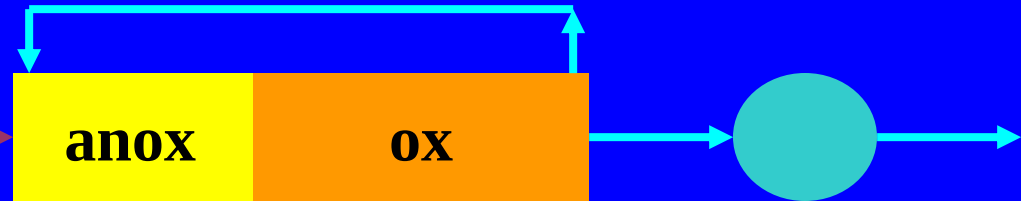
šachtová

až 60 m

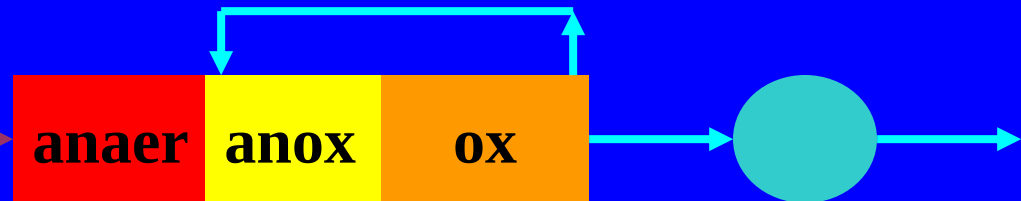


Typy aktivace

s biologickým
odstraňováním
N

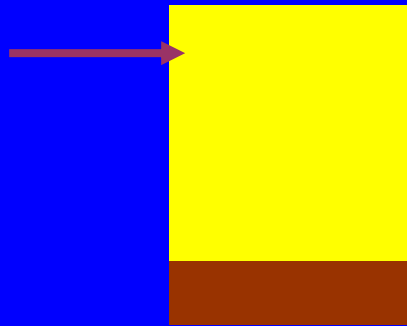


s biologickým
odstraňováním
N + P

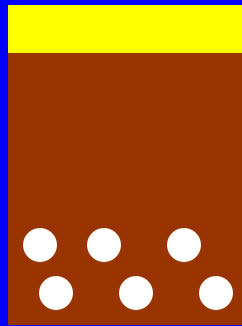


Typy aktivace

semikontinuální



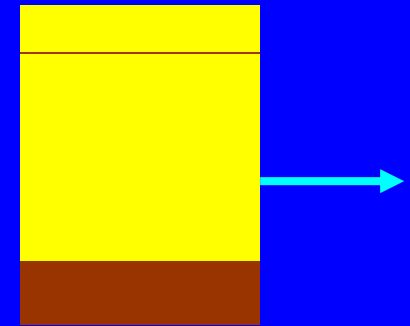
plnění



reakce



sedimentace



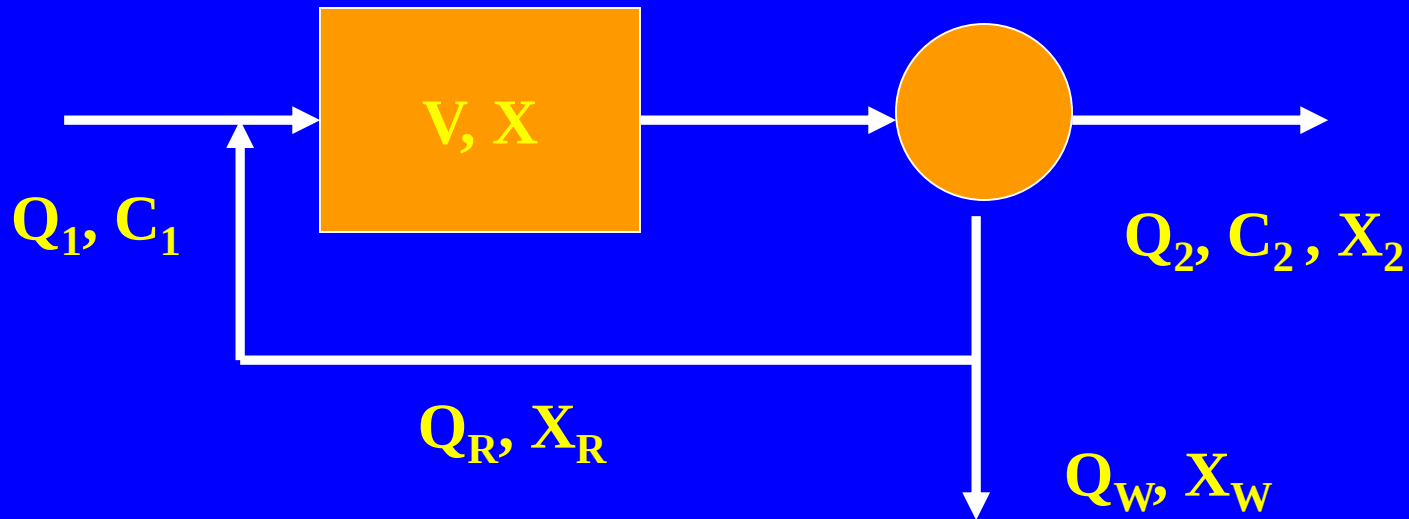
vypouštění

Separace biomasy

- sedimentace
- membránová filtrace



Základní technologické parametry biologických systémů



Základní technologické parametry biologických systémů

Účinnost	$E = 100 * (C_1 - C_2) / C_1$	(%)
Doba zdržení	$\Theta = V / Q_1$	(h)
Objemové zatížení	$B_V = (Q_1 * C_1) / V$	(kg/m ³ .d)
Zatížení kalu	$B_X = (Q_1 * C_1) / (V * X)$	(kg/kg.d)
Stáří kalu	$\Theta_X = (V * X) / (Q_W * X_W + Q_2 * X_2)$	(d)
Kalový index	$KI = V_{30} / X$	(ml/g)

Klasifikace aktivace podle zatížení

typ	B_v (BSK5) (kg/m ³ .d)	Θ_x (d)	cíl
VZ	> 1,2	3	předčištění
SZ	0,6 – 1,2	3 - 8	jen org.látky
NZ	0,3 – 0,6	8 - 20	nutrienty
se stabiliz. kalu	0,1 – 0,3	> 20	+ stabilizovat kal

Typy aerace

- **pneumatická**
- **mechanická**
- **kombinovaná**
- **hydropneumatická**

**příklad aeračního
elementu**



pneumatická



mechanická

vertikální osa otáčení



mechanická

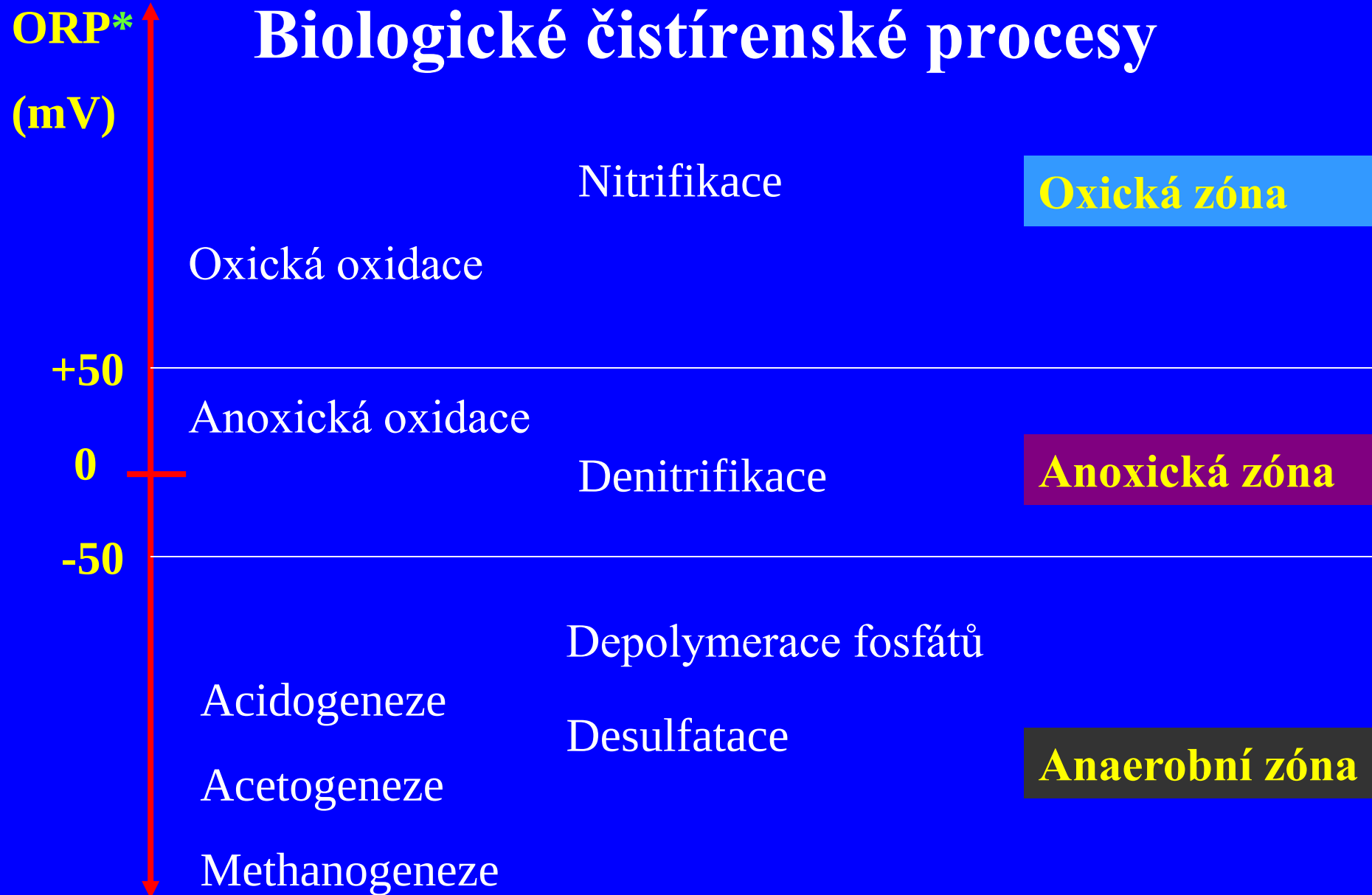
vertikální osa otáčení



mechanická

horizontální osa otáčení

Biologické čistírenské procesy



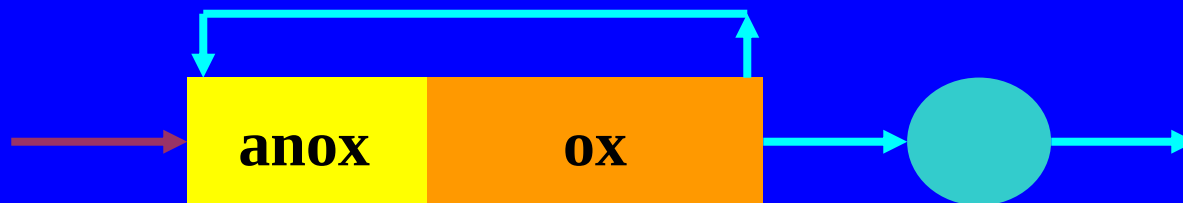
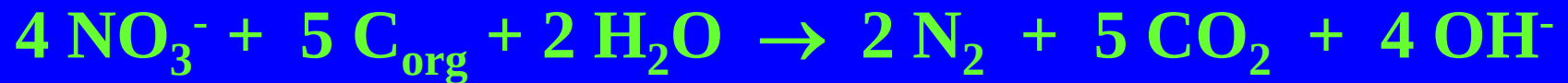
Odstraňování dusíkatých látek

Důvody: **toxická**
spotřeba kyslíku při oxidaci N-NH₃
eutrofizace
ohrožení zdrojů pitných vod
(methemoglobinémie)

Metody: iontoměniče
stripování
destilace z alk.prostředí
srážení NH_4MgPO_4
biologicky

Odstraňování dusíkatých látek

Biologicky: **nitrifikace** a **denitrifikace**



Nové technologie odstraňování N

Udržení vysoké účinnosti + Minimalizace nákladů

- ✓ **Nitritace** + **denitritace**,
- ✓ Autotrofní deamonifikace (Anammox)



- ✓ Při opětovném využívání vody je někdy výhodné neodstraňovat N

Odstraňování fosforečnanů

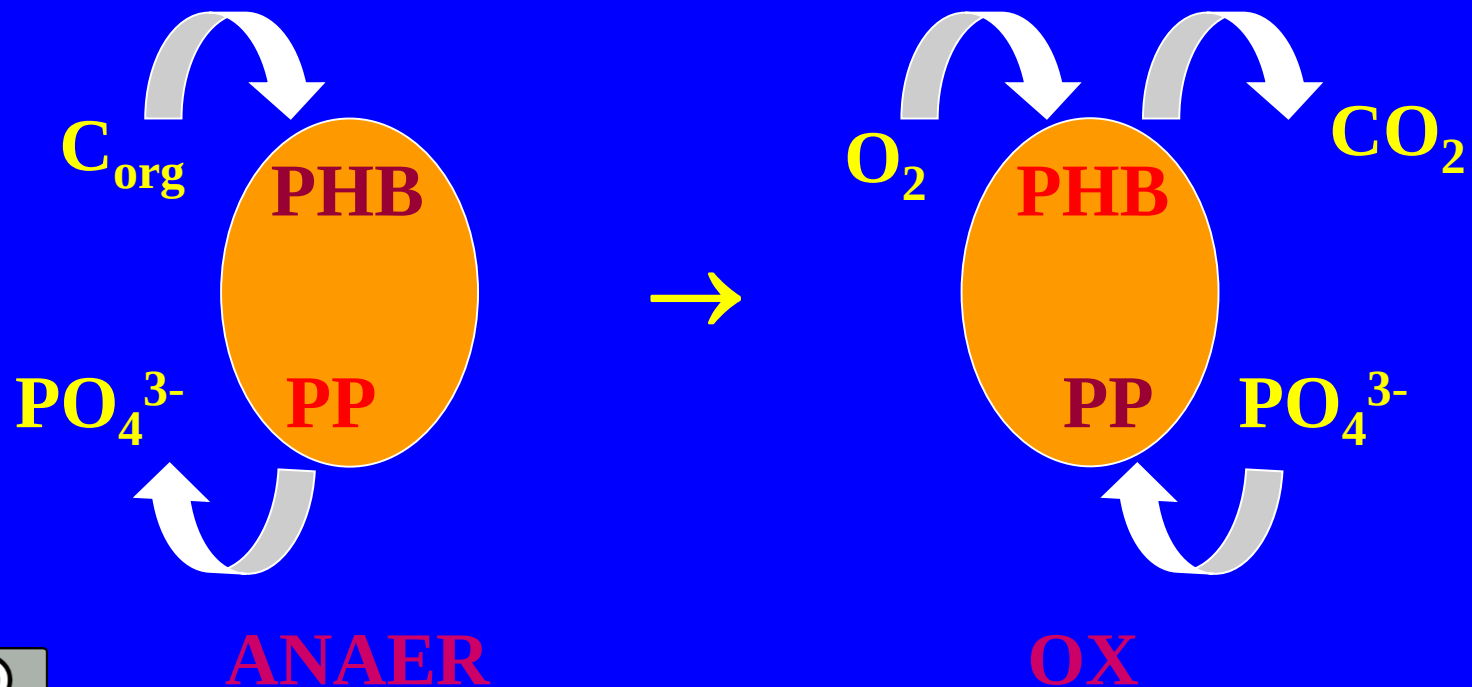
Důvody: eutrofizace
ohrožení zdrojů pitných vod

Metody: srážení $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 , NH_4MgPO_4
biologicky

Odstraňování fosforečnanů

Biologicky: polyfosfátakumulující bakterie

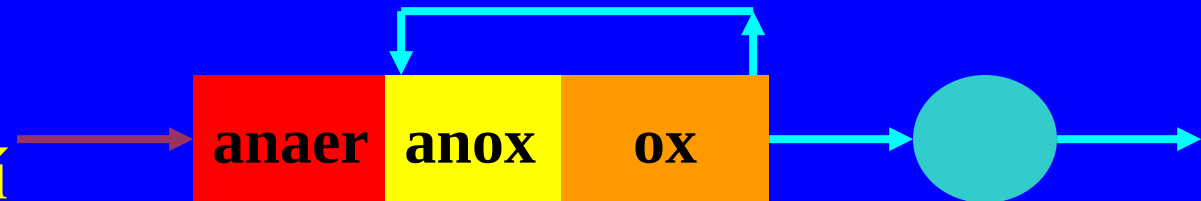
P v sušině buněk (2 % → 6 až 8 %)



Odstraňování fosforečnanů

Biologicky: polyfosfátakumulující bakterie
P v sušině buněk (2 % → 6 až 8 %)

**biologické
odstraňování
N + P**



Biofilmové reaktory

- 1892 Velká Británie – 1. biofiltr
- 1910 Jáchymov – 1. biofiltr v českých zemích
- 50.léta 20.století – 1. plastové náplně

Hlavní zástupci

- biofiltry
- rotační biofilmové reaktory
- fluidní reaktory



biofiltr



BY SA

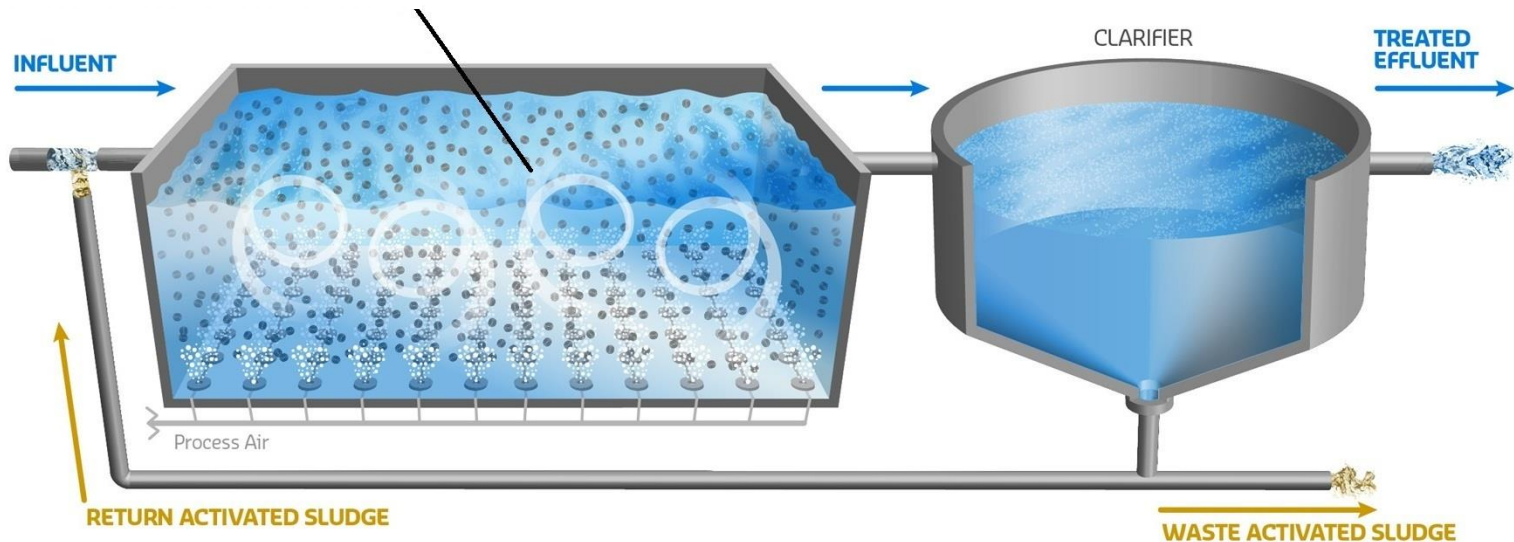
Rotační diskové reaktory



Kombinace suspenzní biomasy a biofilmu



Moving Bed Bioreactors (MBBR)



<https://www.gustawater.com/blog/mbbr.html>

Anaerobní procesy pro čištění odpadních vod



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 Česko
Uveďte původ - Zachovejte licenci

Anaerobní proces

Bez přístupu vzduchu

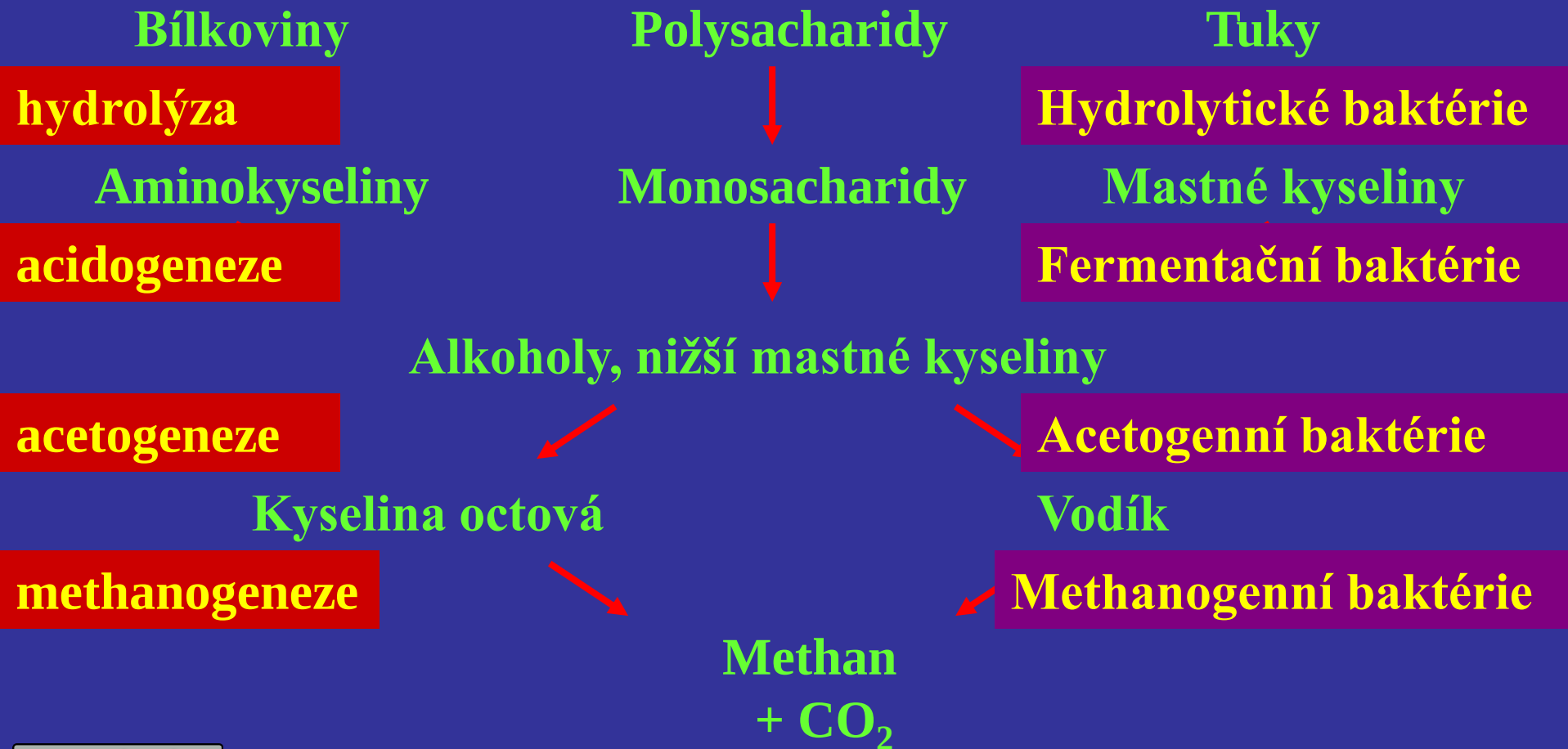


Počátky – konec 19.stol. (septik, využívání bioplynu)

Stabilizace kalů od poloviny 20.stol.

70.léta ropná krize – zájem o nové energ. zdroje

Anaerobní rozklad organických látek



Bioplyn

CH₄ **60 - 80 %**

CO₂ **20 - 40 %**

(H₂O, H₂, H₂S, N₂, vyšší uhlovodíky, ...)

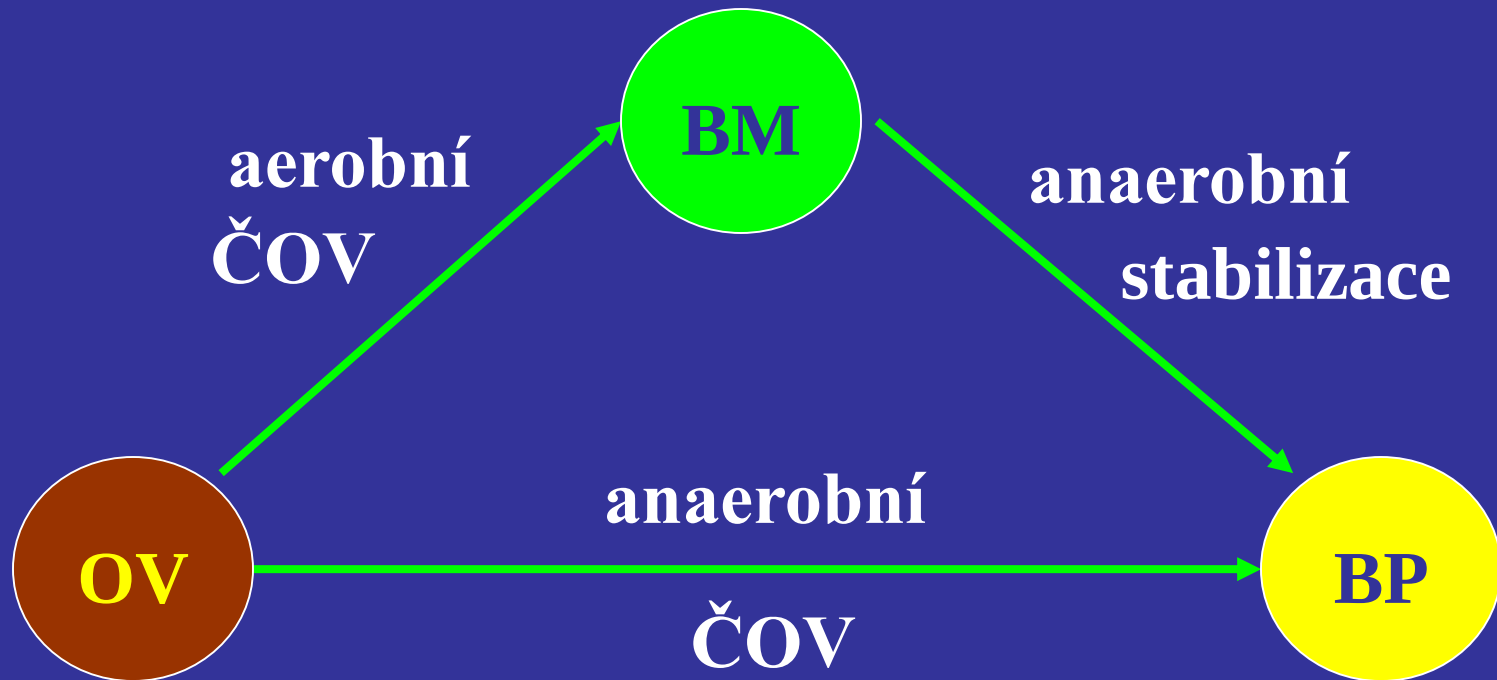
Výhřevnost **17 – 25 MJ/m³**

(1 m³ BP = 0,6 l LTO)

Anaerobní čistírenské technologie

- Čištění odpadních vod
- Stabilizace kalů

Transformace znečištění do bioplynu



Výhody anaerobního čištění OV (v porovnání s aerobním)

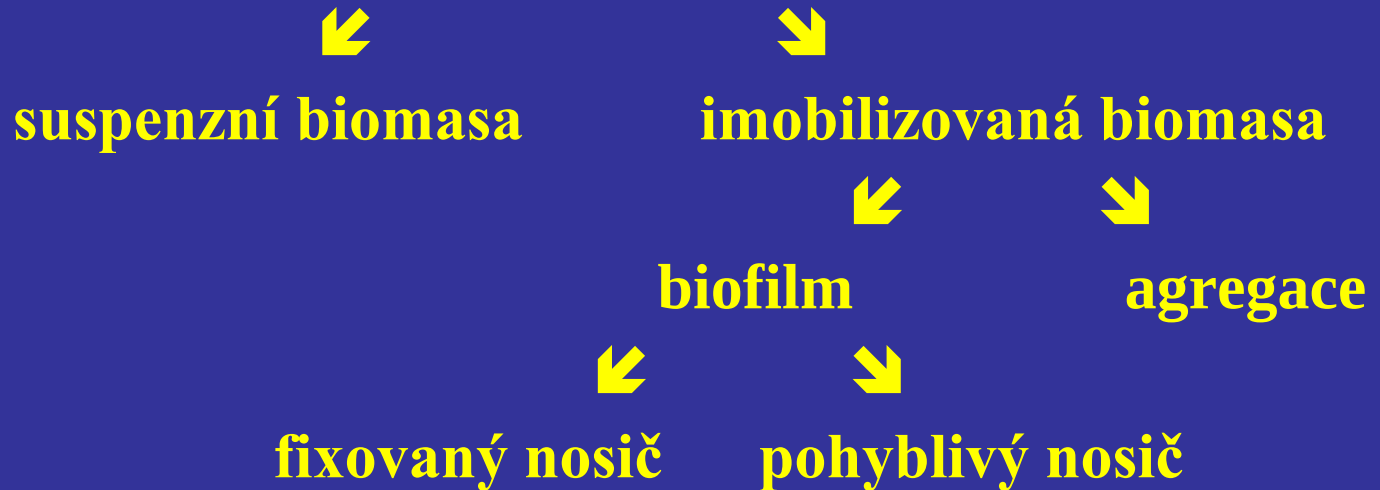
- nízká spotřeba energie
- nízká produkce biomasy
- vysoká koncentrace biomasy
- vysoké objemové zatížení
- nízké požadavky na nutrienty

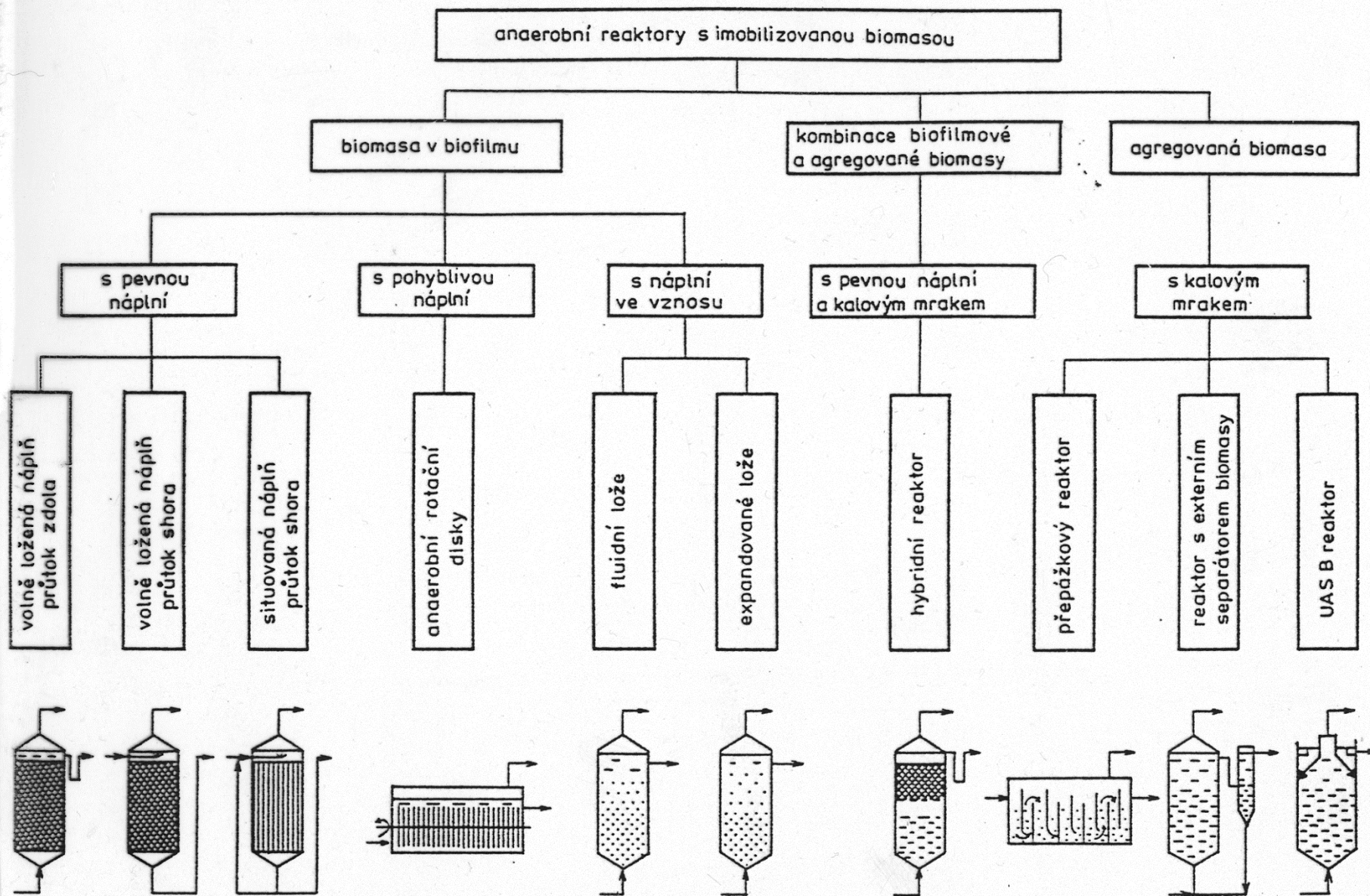
Nevýhody anaerobního čištění OV (v porovnání s aerobním)

- delší doba zapracování
- vyšší citlivost na změny podmínek
- minimální odstranění nutrientů
- nutnost dočištění

Anaerobic? Aerobic? Or both? Those are the questions.

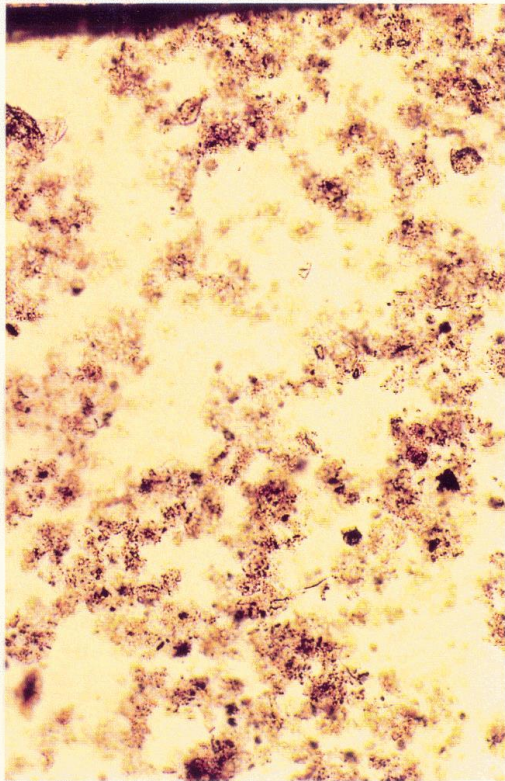
Anaerobní reaktory





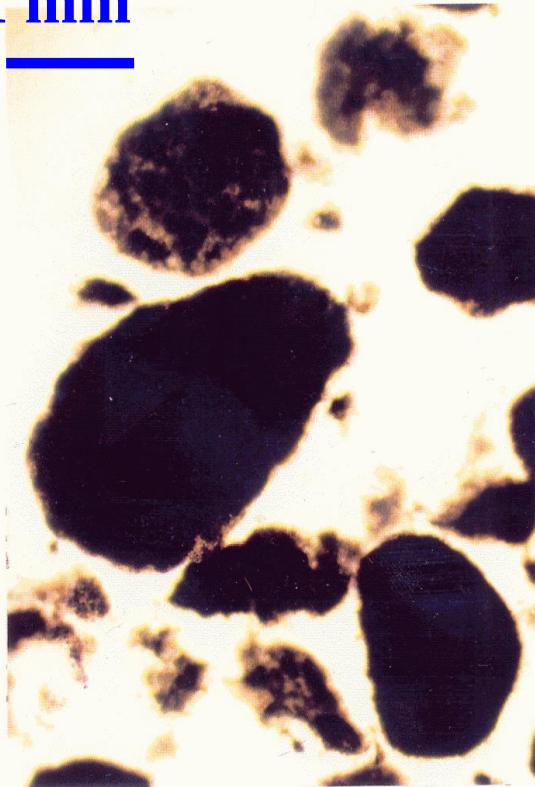
Zdroj: Chudoba a kol. Biologické čištění odpadních vod, SNTL Praha, 1991

Typy anaerobní biomasy

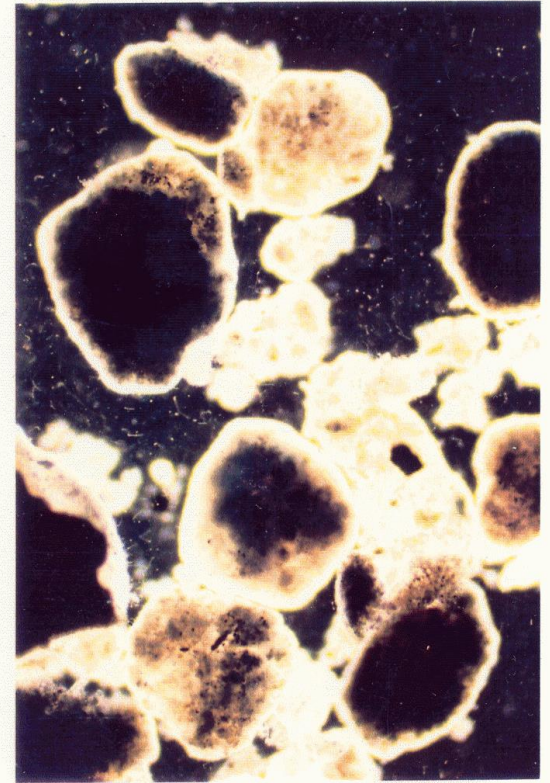


suspensní

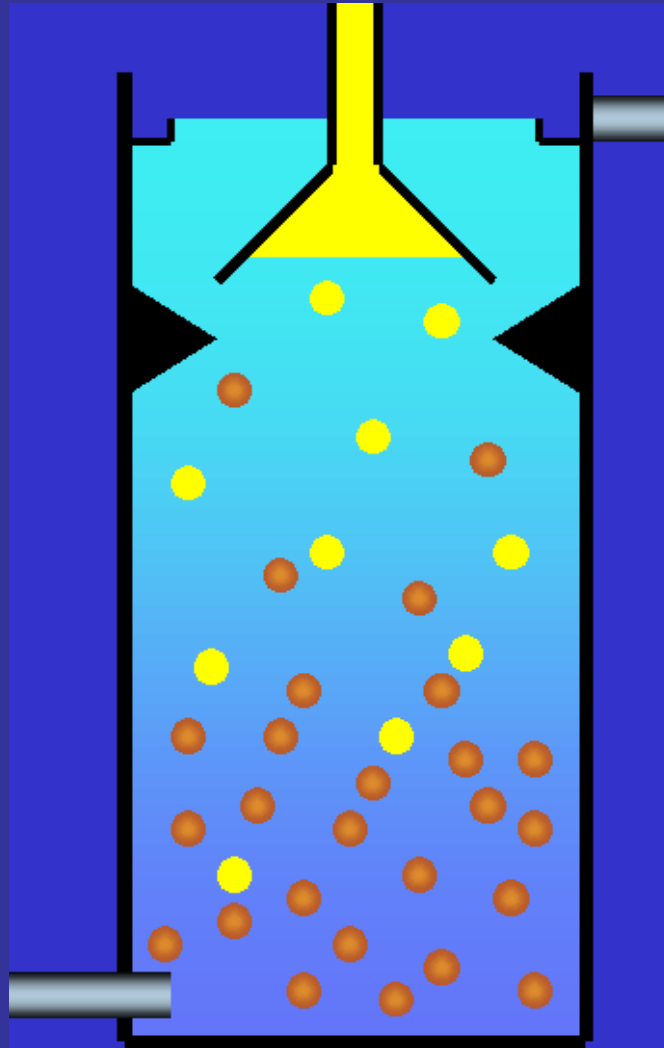
1 mm



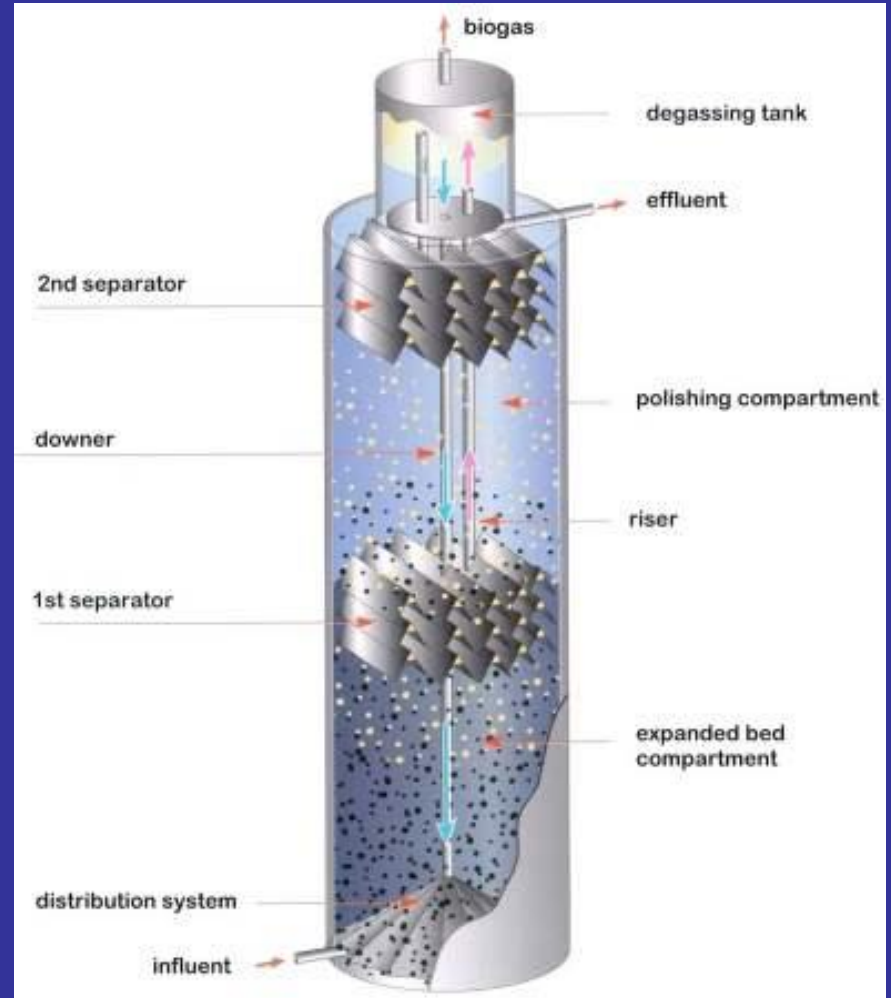
granulovaná



Princip reaktoru UASB



IC reaktor



Průmyslové odpadní vody

- vysoká koncentrace organického znečištění
- stabilní a vyšší teplota

⇒ *Výhodné pro anaerobní proces*

- až 90 % energie substrátu lze přeměnit na bioplyn

Kombinace anaerobního předčištění a aerobního dočištění OV

**umožňuje zvýraznit výhody a potlačit nevýhody
obou**

- **nízké provozní náklady**
- **vysoká kvalita odtoku včetně nutrientů**

Energetické důsledky

Díky produkci bioplynu může být čištění odpadních vod **energeticky soběstačné** – městské ČOV (anaerobní stabilizace kalů), nebo dokonce **energeticky aktivní** – prům. ČOV (anaerobní čištění odpadních vod).

Velké městské ČOV u nás s moderním kalovým hospodářstvím (Praha, Plzeň, České Budějovice, Liberec) si vyrobí 60-80 % potřebné energie.

Stabilizace + hygienizace kalů

stabilizovaný kal

- nepodléhá samovolnému rozkladu

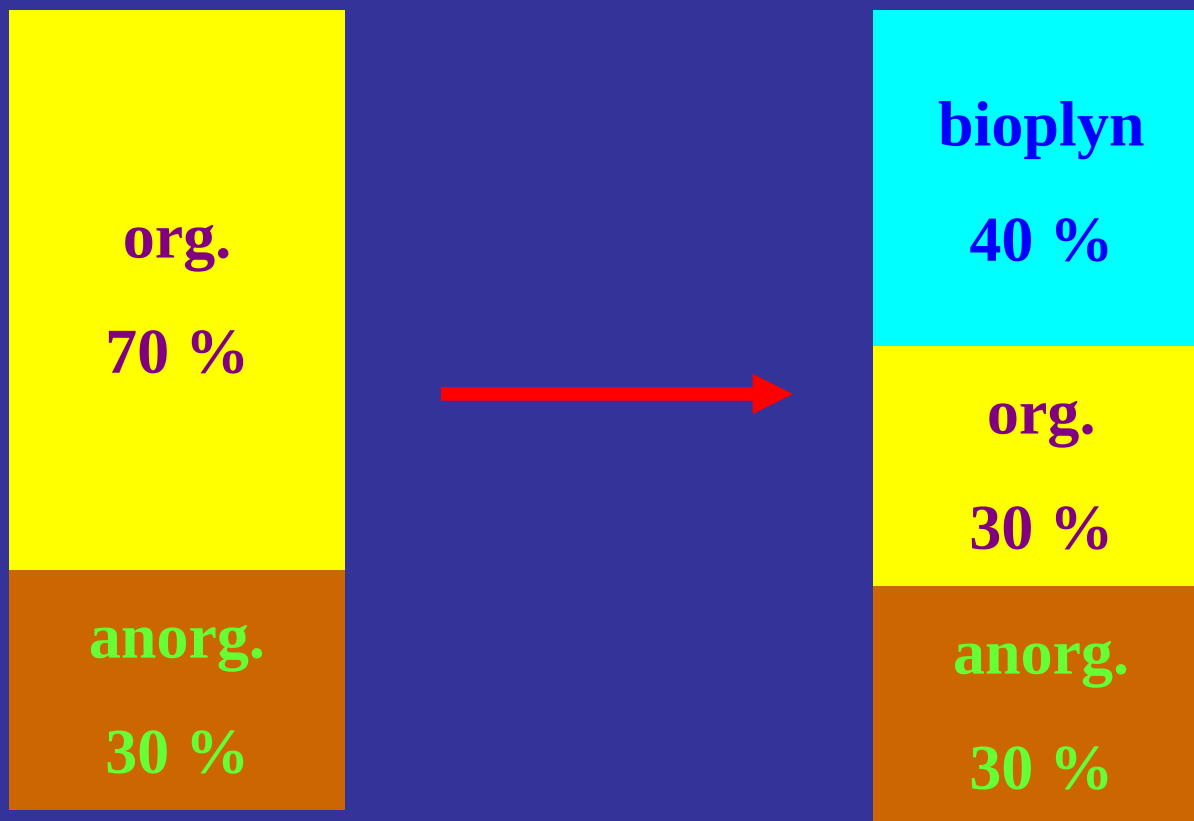
hygienizovaný kal

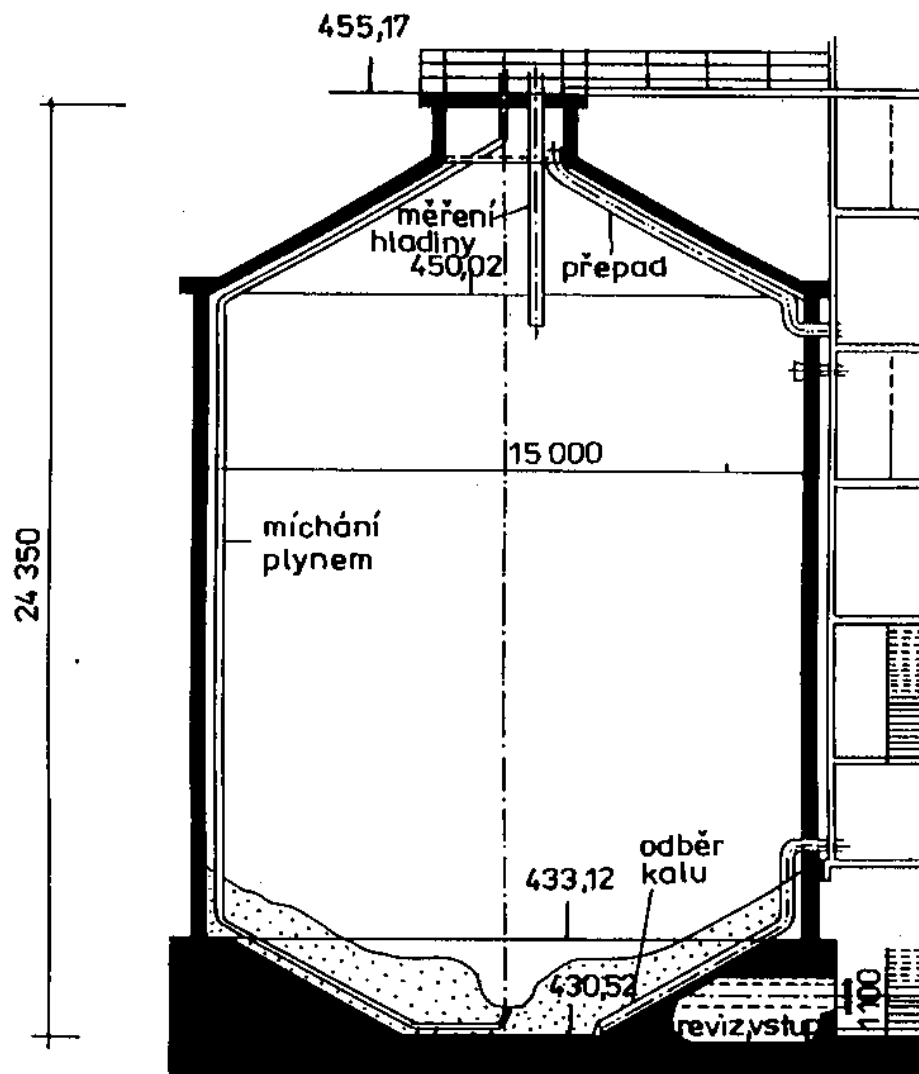
- koncentrace pathogenních mikroorganismů pod stanoveným limitem

Stabilizace

- anaerobní
- aerobní
- chemická

Látková bilance při anaerobní stabilizaci

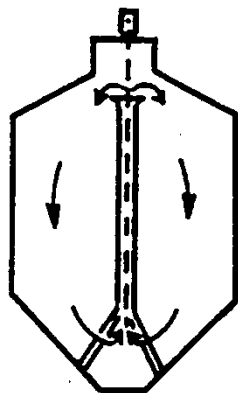




Nádrž pro anaerobní stabilizaci kalů

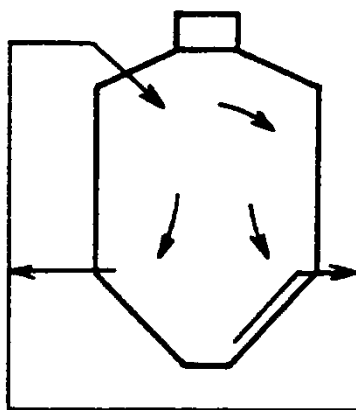
Zdroj: Chudoba a kol. Biologické čištění odpadních vod,
SNTL Praha, 1991

mechanicky



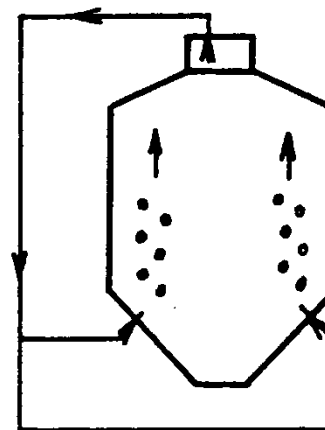
a)

recirkulací



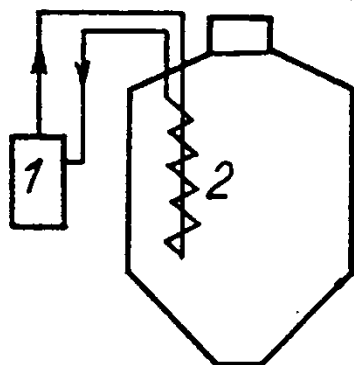
b)

bioplynem



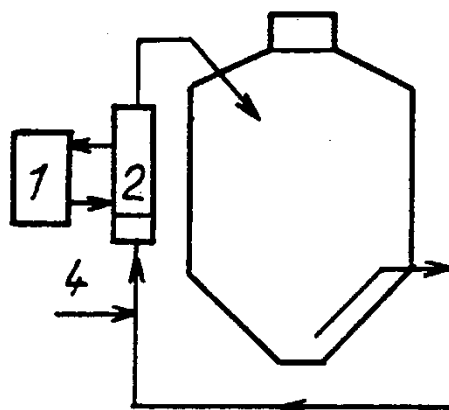
c)

vnitřní výměník



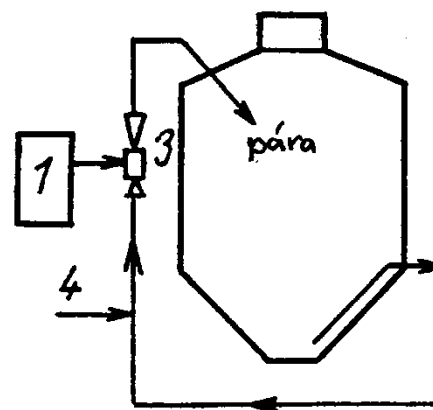
d)

vnější výměník



e)

přímou parou



f)

Míchání a vyhřívání methanizačních nádrží

Zdroj: Chudoba a kol. Biologické čištění odpadních vod, SNTL Praha, 1991



nizační nádrže – ÚČOV Praha



Methanizační nádrž

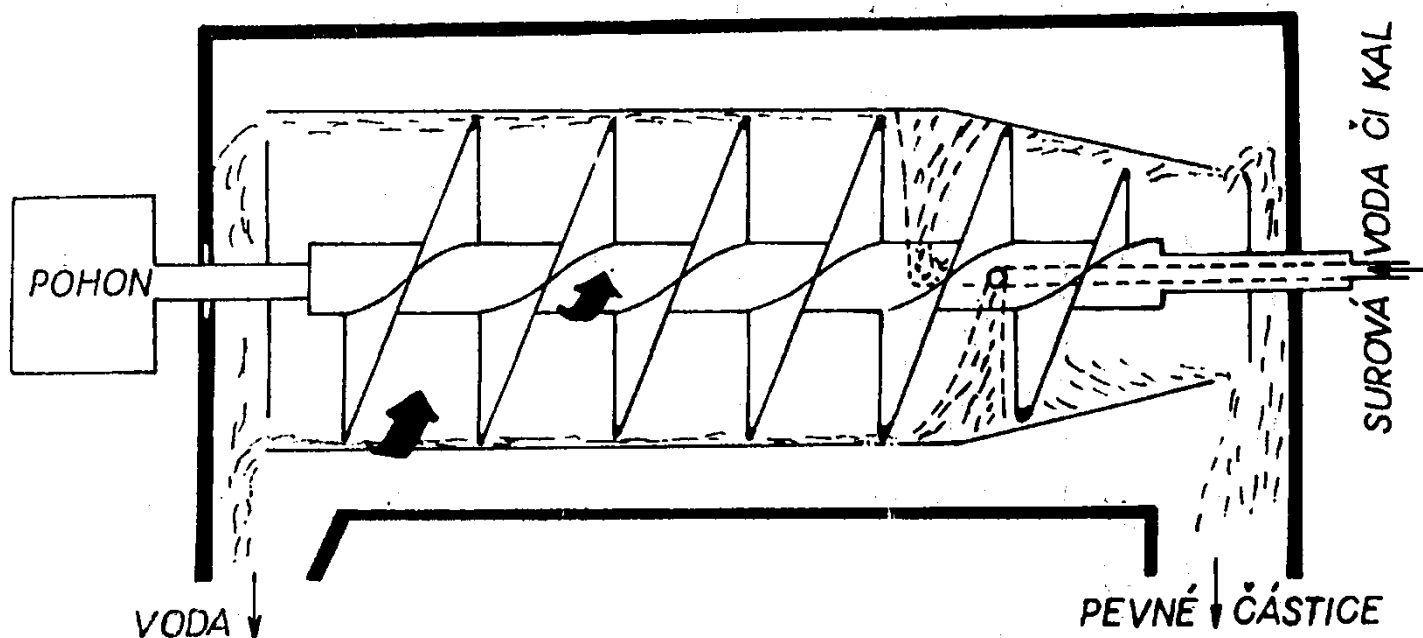
ČOV Halle (SRN)

vejcovitý tvar



Zahušťování a odvodňování kalu

Odstředivka (centrifuga)



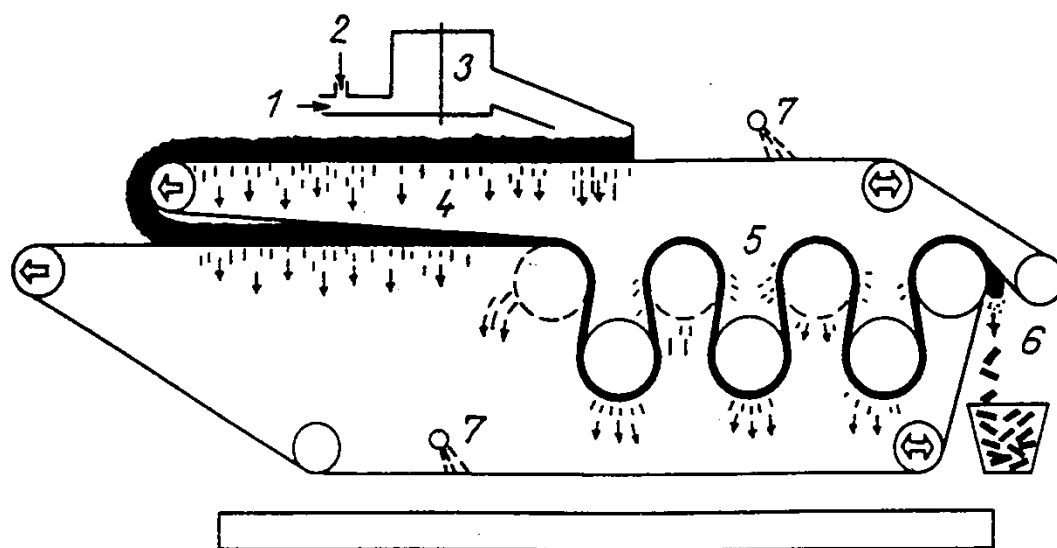
Zdroj: Chudoba a kol. Biologické čištění odpadních vod, SNTL Praha, 1991



odvodňovací centrifuga

Zahušťování a odvodňování kalu

Sítopásový lis



- 1 – přívod kalu, 2 – přívod flokulantu, 3 – mísicí komora,
4 – horizontální předodvodňovací zóna,
5 – odvodňovací zóna, 6 – odvodněný kal, 7 – ostříkování plachetky

Zdroj: Chudoba a kol. Biologické čištění odpadních vod,
SNTL Praha, 1991

Zahušťování a odvodňování kalu

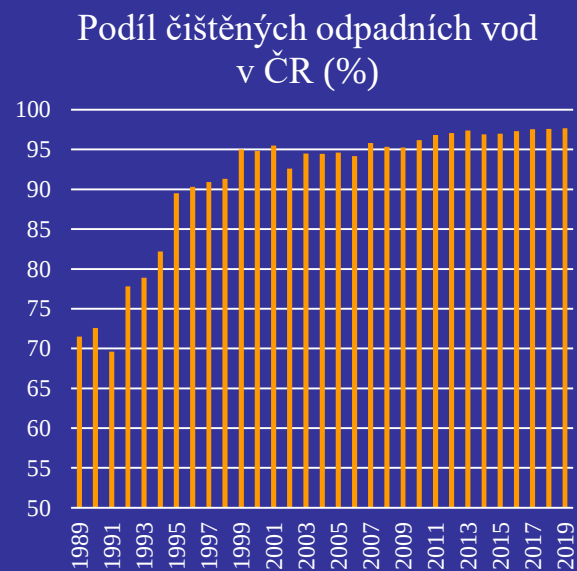
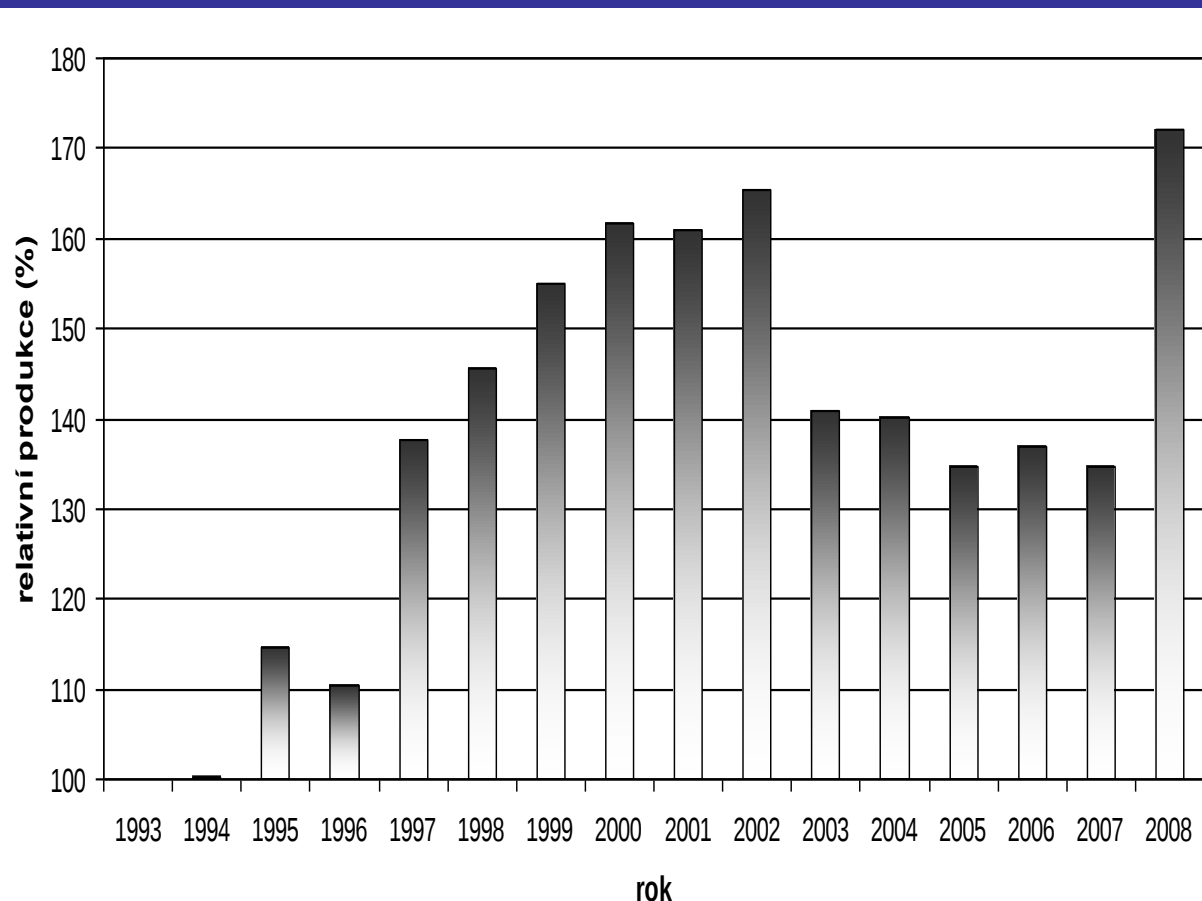


Sítopásový lis – odvodňovací zóna

Stabilizovaný odvodněný kal



Produkce čistírenských kalů v ČR

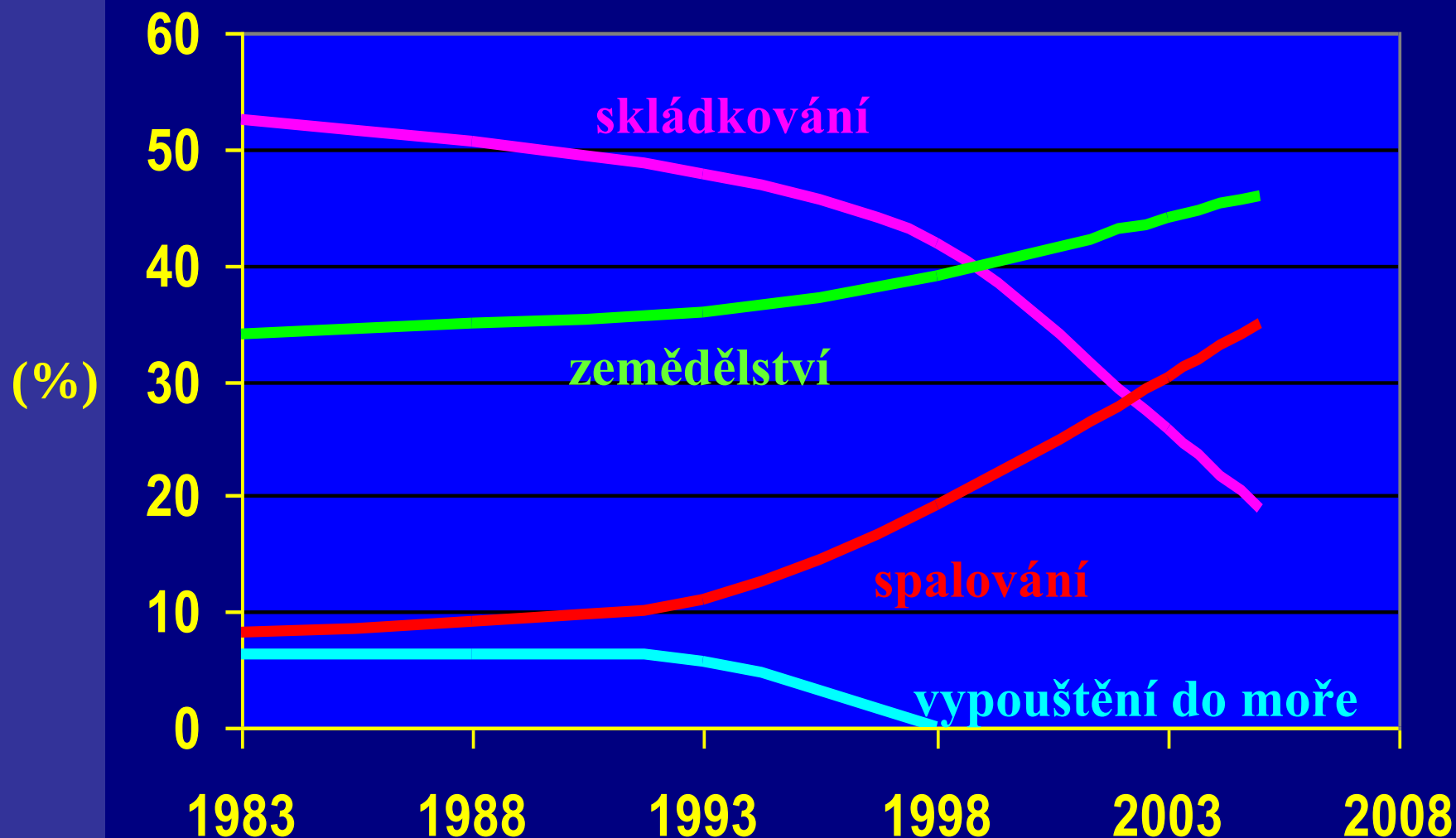


Nyní cca 200 000 t/rok (v sušině) - zdroj ČSÚ

Produkce čistírenských kalů v EU

země	produkce kalu (v sušině za rok) (kg /obyvatel)
průměr EU15	22
Malta	2
Bulharsko	5
Rumunsko	6
Slovensko	10
Slovinsko	13
Řecko	13
Polsko	15
Portugalsko	18
Česká republika	21

Zpracování kalů v zemích EU



Zpracování kalů v zemích EU

EU Landfill Directive's

**Snížení skládkovaného biologicky
rozložitelného komunálního odpadu**

Do roku 2020 na 35% úrovně z roku 1995

Čištění průmyslových OV

- **důraz na RRR** - minimalizace spotřeby
 - vytěžení cenných látek
 - recyklace
- **pestrost a variabilita vod**
 - technologické,
 - chladící,
 - splaškové,
 - srážkové (ze znečištěných ploch)

Čištění průmyslových OV

- segregace vod
 - vybrané proudy se čistí samostatně
- biologické metody
 - častý anaerobní způsob
- časté fyzikálně-chemické metody
- výhodné předčištění v závodě + dočištění na městské ČOV

Informační zdroje - internet

Ministerstvo zemědělství

www.mze.cz

Ministerstvo živ.prostředí

env.cz

ochranavod.cz

CzWA – česká asociace pro vodu

czwa.cz

Sovak (sdružení a časopis)

sovak.cz

Vodní hospodářství (časopis)

vodnihospodarstvi.cz

Výzk. ústav vodohospodářský

vuv.cz

Pražské vodovody a kanalizace

pvk.cz

Informační zdroje - internet

International Water Association

www.iwa-network.org/

European Water Association

www.ewa-online.eu/

Původní pražská ÚČOV

<http://stara-cistirna.cz/ops/cs/>

