



Za odpadní vodu je považována veškerá voda, která prošla jakýmkoliv výrobním procesem.

Za odpadní vody se považuje voda použitá ve stavbách (obytných, průmyslových, zemědělských aj.), zařízeních nebo dopravních prostředcích pokud má po použití změněnu jakost.

Za odpadní vody se považují i průsakové vody z odkališť, složišť nebo skládek odpadu bez ohledu na jejich jakost.

Za odpadní vodu se nepovažují vody z drenáží odvodňovaných pozemků a nepoužité minerální vody.

Podle svého původu se rozdělují odpadní vody na:

splaškové, průmyslové a městské odpadní vody.

Dělení odpadních vod (OV)



- **Splaškové odpadní vody:** z domácností, škol restaurací, výrazný podíl lidských exkrementů, produkce je přibližně srovnatelná se spotřebou pitné vody
- **Průmyslové odpadní vody:** voda použitá a znečištěná při výrobním procesu (včetně chladicí vody). Složení a množství závisí na druhu výroby a použité výrobní technologii, důležitý poměr CHSK/BSK₅ (↑poměr= biolog. nerozložitelné látky), toxické látky, hořlavé a nebezpečné látky.
- **Městské odpadní vody:** směs splašků, průmyslových odpadních vod, vod dešťových a jiných, které jsou odváděny veřejnou kanalizací.

Vodní zákon č. 254/2001 Sb.



„Kdo vypouští odpadní nebo zvláštní vody do vod povrchových nebo podzemních, je **povinen zajišťovat jejich zneškodňování** v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Ten, kdo vypouští odpadní vody, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu **měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu**, který rozhodnutí vydal, a příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu.

Vodní zákon č. 254/2001 Sb. uvádí seznam zvlášť nebezpečných látek a nebezpečných látek pro vodní prostředí.



Zvlášť nebezpečné látky

Zvlášť nebezpečné látky jsou látky náležející do dále uvedených skupin látek, s výjimkou těch, jež jsou biologicky neškodné nebo se rychle mění na látky biologicky neškodné:

1. organohalogenové sloučeniny a látky, které mohou tvořit takové sloučeniny ve vodním prostředí
2. organofosforové sloučeniny
3. organocínové sloučeniny
4. látky nebo produkty jejich rozkladu, u kterých byly prokázány karcinogenní nebo mutagenní vlastnosti, které mohou ovlivnit produkci steroidů, štítnou žlázu, rozmnožování nebo jiné endokrinní funkce ve vodním prostředí nebo zprostředkovaně přes vodní prostředí
5. rtuť a její sloučeniny
6. kadmium a jeho sloučeniny
7. persistentní minerální oleje a persistentní uhlovodíky ropného původu
8. persistentní syntetické látky, které se mohou vznášet, zůstávat v suspenzi nebo klesnout ke dnu a které mohou zasahovat do jakéhokoliv užívání vod

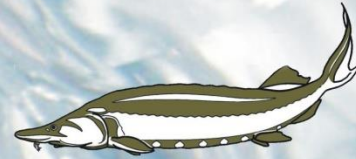
Vodní zákon č. 254/2001 Sb. uvádí seznam zvlášť nebezpečných látek a nebezpečných látek pro vodní prostředí.



Nebezpečné látky

1. Metaloidy, kovy a jejich sloučeniny: (zinek, selen, cín, vanad, měď, arzen, baryum, kobalt, nikl, antimon, beryllium, thalium, chrom, molybden, bor, telur, olovo, titan, uran, stříbro)
2. Biocidy a jejich deriváty neuvedené v seznamu zvlášť nebezpečných látek.
3. Látky, které mají škodlivý účinek na chuť nebo na vůni produktů pro lidskou spotřebu pocházejících z vodního prostředí, a sloučeniny mající schopnost zvýšit obsah těchto látek ve vodách.
4. Toxické nebo persistentní organické sloučeniny křemíku a látky, které mohou zvýšit obsah těchto sloučenin ve vodách, vyjma těch, jež jsou biologicky neškodné nebo se rychle přeměňují ve vodě na neškodné látky.
5. Elementární fosfor a anorganické sloučeniny fosforu.
6. Nepersistentní minerální oleje a nepersistentní uhlovodíky ropného původu.
7. Fluoridy.
8. Látky, které mají nepříznivý účinek na kyslíkovou rovnováhu, zejména amonné soli a dusitany.
9. Kyanidy.
10. Sedimentovatelné tuhé látky, které mají nepříznivý účinek na dobrý stav povrchových vod.

Odpadní vody



K vypouštění zvláště nebezpečných látek do kanalizace je nutné povolení vodoprávního úřadu.

Kanalizační řád – souhrn podmínek schválených vodohospodářským úřadem pro řízení provozu veřejné kanalizace (technický popis, údaje o ČOV, seznam zakázaných látek, způsob kontroly apod.

Vypouštění odpadních vod do vod povrchových je zpoplatněno.
(Vyhláška MŽP č. 123/2012 Sb.)

Zpoplatněny jsou tyto ukazatele: $CHSK_{Cr}$ (3-16 Kč/kg), RAS (0,5 Kč/kg), NL (2 Kč/kg), P_T (70 Kč/kg), $N_{anorg.}$ (30 Kč/kg), AOX (300 Kč/kg), rtuť (20000 Kč/kg), kadmium (4000 Kč/kg).

Kvalita odpadních vod



Celkové množství znečišťujících látek v ČR vypouštěných z bodových zdrojů dosáhlo v roce 2010 hodnot 7.233 t BSK₅, 46.026 t CHSK_{Cr}, 14.054 t NL, 13.816 t anorganického dusíku a 1.201 t celkového fosforu.

Ukazatelé pro posuzování kvality odpadních vod:

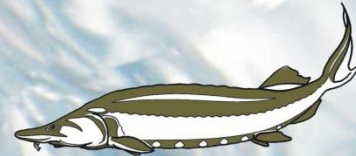
BSK₅, CHSK, N_T, P_T, pH, t (ovlivňuje rychlost biochemických reakcí)

BSK₅ [mg.l⁻¹] – vyjadřuje obsah biologicky rozložitelných organických látek v OV. Je rovna množství rozpuštěného O₂ spotřebovaného mikroorganismy za určitý časový interval (5x24 hod)

CHSK (oxidovatelnost) [mg.l⁻¹] je mírou obsahu látek schopných chemické oxidace. Titrace: množství O₂ je ekvivalentní spotřebě činidla.

Poměr **CHSK/ BSK₅** vyjadřuje stupeň biologické rozložitelnosti org. látek. Hodnoty < 2 = přítomnost snadno rozložitelných látek.

Odpadní vody



Specifické množství odpadních vod – množství odpadní vody připadající na 1 obyvatele nebo na jednotku charakterizující výrobní proces, vztažené na jednotku času.

Populační ekvivalent – míra znečištění vyprodukovaná 1 obyvatelem za 1 den.

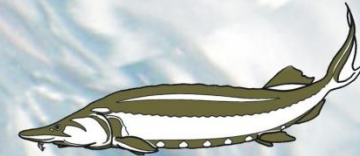
BSK₅	CHSK	NL	N_T	P_T
g.os ⁻¹ .d ⁻¹	g.os ⁻¹ .d ⁻¹	g.os ⁻¹ .d ⁻¹	g.os ⁻¹ .d ⁻¹	g.os ⁻¹ .d ⁻¹
60	120	55	11	2,5

Ekvivalentní počet obyvatel (EO) – fiktivní počet obyvatel, který by vyprodukoval dané znečištění.

Minimální rozsah rozborů odpadních vod na ČOV je stanovení:

BSK₅ (BOD₅), CHSK_{Cr} (COD_{Cr}), NL, N-NH₄, N_T a P_T.

Kvalita odpadních vod



Obvyklé rozsahy koncentrací základních ukazatelů pro městské odpadní vody (mimo pH a KNK vše v mg.l^{-1}).

Ukazatel	Surová voda
BSK₅	100 - 400
CHSK_{Cr}	250 – 800
rozpuštěné látky	600 - 800
nerozpuštěné látky	200 - 700
celkový dusík	20 - 105
amoniakální dusík	20 - 45
celkový fosfor	5 - 15
hodnota pH	6,5 – 8,5
KNK_{4,5} (mmol.l^{-1})	2 - 8

Teplota vody OV – závisí na ročním období v zimě obvykle od 8 °C do 12 °C, v létě se přibližuje 20 °C.

Kvalita odpadních vod



Množství a složení odpadních vod kolísá během dne i týdne. Změny jsou v průběhu 24 h tím větší, čím je množství EO menší.

Složení odpadních vod se mění i během toku v kanalizaci.

Z fyzikálního hlediska dělíme látky v OV na *nerozpuštěné* (usaditelné a neusaditelné) a *rozpuštěné*.

Zvláštní skupinu tvoří látky *plovoucí* (vzplývavé).

Člověk produkuje 1 až 2 g fosforu za den, další část P v OV tvoří fosfor z čistících prostředků celkem cca 1 až 10 mg.l⁻¹ P_T v OV.

Nejčastější formou dusíku v OV je amoniakální dusík a dusík organicky vázaný.

Při povolování vypouštění městských odpadních vod do vod povrchových se vychází z nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kterými se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.

Hodnoty těchto ukazatelů závisí na velikosti zdroje znečištění (EO).

Emisní standardy pro různé kategorie ČOV (mg.l^{-1}), přípustné hodnoty (příp.), maximální hodnoty (max.), průměrné hodnoty (prům.).

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄		N _T		P _T	
	příp.	max.	příp.	max.	příp.	max.	prům.	max.	prům.	max.	prům.	max.
pod 500	110	170	30	50	40	60	-	-	-	-	-	-
501 - 2000	75	140	22	30	25	30	12	20	-	-	-	-
2001 - 10000	70	120	18	25	20	30	8	15	-	-	2	5
10001 - 100000	60	100	14	20	18	25	-	-	14	25	1,5	3
nad 100000	55	90	10	15	14	20	-	-	10	16	0,7	2

Souhrnná data k ČOV za rok 2020



Počet ČOV celkem	Celková kapacita ČOV (m3/ den)	Počet ČOV				
		mechanických	mechanicko-biologických			
				z toho: s dalším odstraňováním		
			celkem	N	P	N+P
2 795	4 249 704	22	2 773	665	111	850

Znečištění na ČOV (t/ rok)

BSK ₅ (BOD ₅)		CHSK _{Cr} (COD _{Cr})		NL		N _{celk.}		P _{celk.}	
přítok	odtok	přítok	odtok	přítok	odtok	přítok	odtok	přítok	odtok
231 132	3 652	548 266	28 002	302 085	5 874	46 142	9 207	6 314	832
%	98,4	%	94,9	%	98,1	%	80,0	%	86,8

kaly produkované v ČOV celkem (t sušiny)	přímá aplikace a rekultivace	kompostování	skládkování	spalování	jinak
192 393	63 064	84 747	15 225	21 330	8 027

Vlivy odpadních vod na vodní recipient



- Zanášení koryta řek suspendovanými usaditelnými látkami, příp. znečišťování břehů makroskopickými látkami unášenými vodou.
- Estetické a organoleptické závady (pachové).
- Vyčerpání rozpuštěného kyslíku, především mikrobiálním rozkladem organických látek, a tím znemožnění života organismů vyšších a vyvolání závad, uvedených v bodu ad 2.
- Epidemiologické závady vlivem přítomnosti patogenních organismů - virů bakterií, protozoí, červů aj.
- Kontaminace vody toxickými, nebo jinak škodlivými látkami (těžké kovy, chlorované organické látky, fenoly aj.).
- Přívod látek způsobujících eutrofizaci povrchových vod.
- Zvyšování solnosti (obsahu solí) vody.
- Změnu teploty, především její zvyšování, což může být významné při vypouštění velkého množství vod chladících.

Malé čistírny OV

- a) **Domovní:** do **50 EO** (kapacita do $0-10 \text{ m}^3.\text{den}^{-1}$)
hlavně u nových domů, jsou preferované
- b) **Malé:** pro **50-500 EO** ($10-100 \text{ m}^3.\text{den}^{-1}$)
- c) **Střední:** pro **500-1000 EO** ($100-1000 \text{ m}^3.\text{den}^{-1}$)

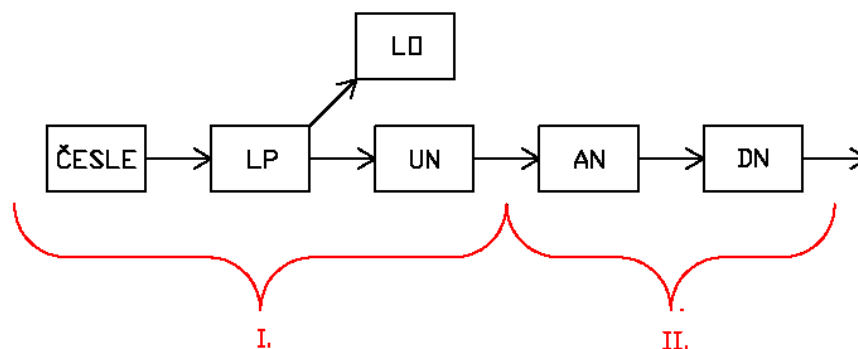
3 stupně čištění OV

1. **Primární (mechanické)**
2. **Sekundární (biologické)**
3. **Terciální (dočištění)**

Způsoby čištění

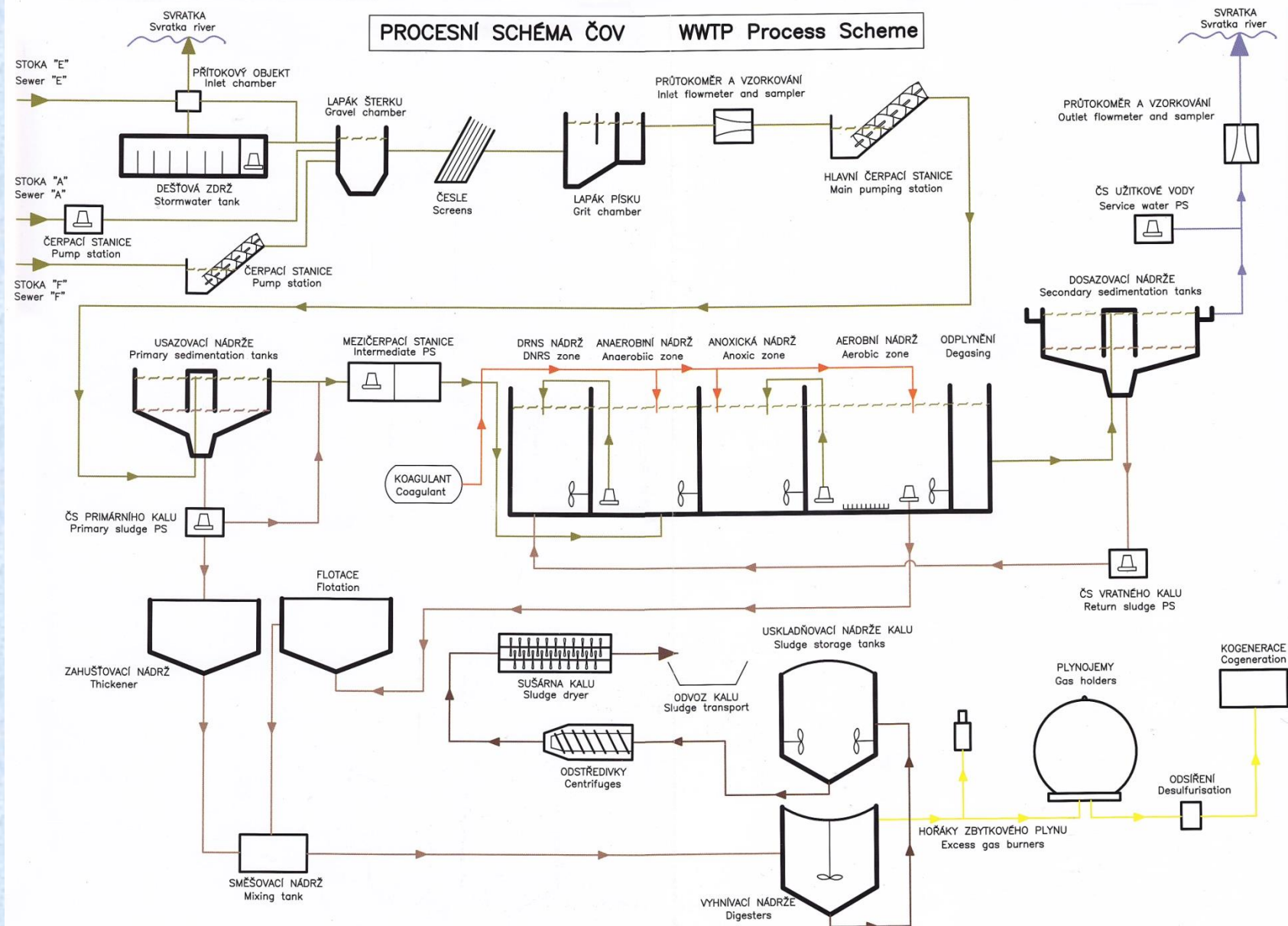
Mechanické čištění

Biologické čištění



Č – česle, LP – lapák písku, LO – lapák oleje, UN – usazovací nádrž, AN – aktivační nádrž, DN – dosazovací nádrž

Technologické schéma městské ČOV



ČOV - proces čištění OV

- *Odlehčovací komory (dešťové oddělovače)*
- Úkolem odlehčovacích komor je oddělení části průtoku. Hlavní význam odlehčovacích komor je v zabránění překročení maximálního průtoku na ČOV z přívalových srážek.



ČOV - proces čištění OV

- **Primární stupeň čištění OV (mechanické čištění)**

Hrubé předčištění. Cílem je odstranit velké plovoucí nebo vodou sunuté předměty (PET láhve, větve, hadry....)

Česle – nutné, zachycují velké předměty

- tvořeny řadou česlic
- dle vzdálenosti česlic od sebe: hrubé (5-20 cm)
jemné (1-2 cm)
- shrabky z česlí se buď spalují, kompostují nebo skládkují
- v některých případech se mohou místo jemných česlí používat síta (bubnová)

Shrabky obsahují asi 80 % vody (i více).

Množství shrabků: $0.2 - 0.3 \text{ m}^3 \cdot \text{obyv.}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ – hrubé česle,
 $5.0 - 10.0 \text{ m}^3 \cdot \text{obyv.}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ – jemné česle.

ČOV - proces čištění OV



ČOV - proces čištění OV



ČOV - proces čištění OV

Lapáky písku – k zachycování suspendovaných látek (písek, úlomky skla), kompostování, skládkování

- princip: snížení průtočné rychlosti vody ($0,3 \text{ m.s}^{-1}$)

Průměrné složení písku obsahuje 10 až 20 % sušiny, ve které bývá zhruba 50 % organických látek.

Množství písku uváděné na osobu: $5 - 12 \text{ l.obyv.}^{-1}.\text{rok}^{-1}$.

Je důležité si uvědomit, že za deště jsou průměrné hodnoty překračovány 10 až 30 krát.

Lapák písku je navržen tak, aby byly zachyceny částice do velikosti zrn 0,2 až 0,25 mm (0,1 mm).

Lapáky tuků a plovoucích nečistot

Odpadní voda se přivádí ke dnu separační nádrže, po zmenšení průtočné rychlosti dojde k oddělení tuků a olejů z vody. Hromadí se u hladiny, kde jsou stírány.

Proces lze urychlit zavedením tlakového vzduchu. Tukové částice se nabalují na vzduchové bubliny a jsou vynášeny na povrch v podobě pěny.



ČOV - proces čištění OV

Usazovací nádrž-

sedimentace malých částic,
primární kal

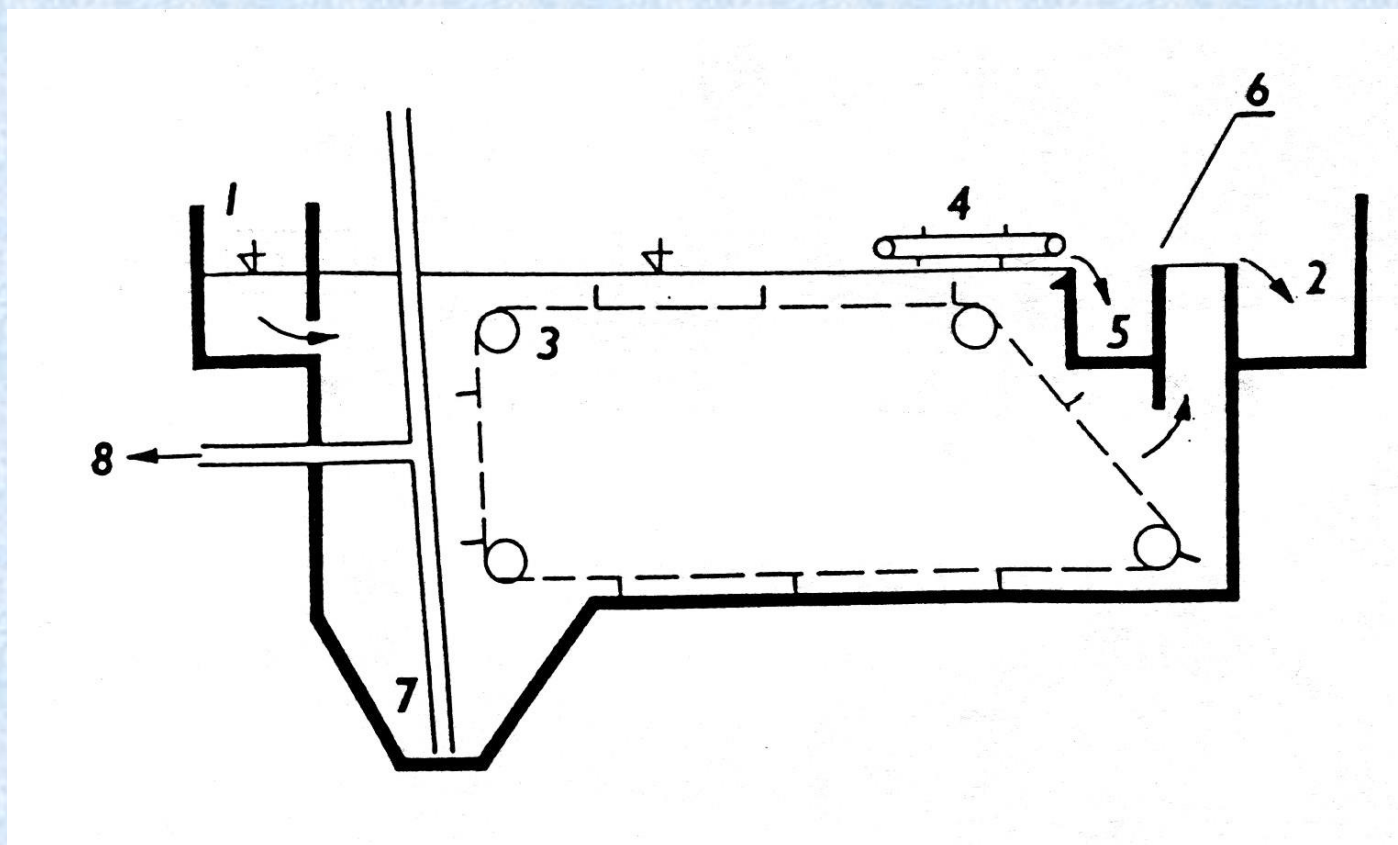
- dimenzují se na nepřetržitý

provoz (většinou druhá zálohová UN)

- vtokový objekt – usměrnění vtoku tak, aby nenarušoval laminární proudění v usazovacím prostoru
- odtokový žlab – na obvodu nádrže (u kruhových) – na konci nádrže (pravoúhlé)
- zařízení na stírání kalu – shrabovák (mostový, řetězový)

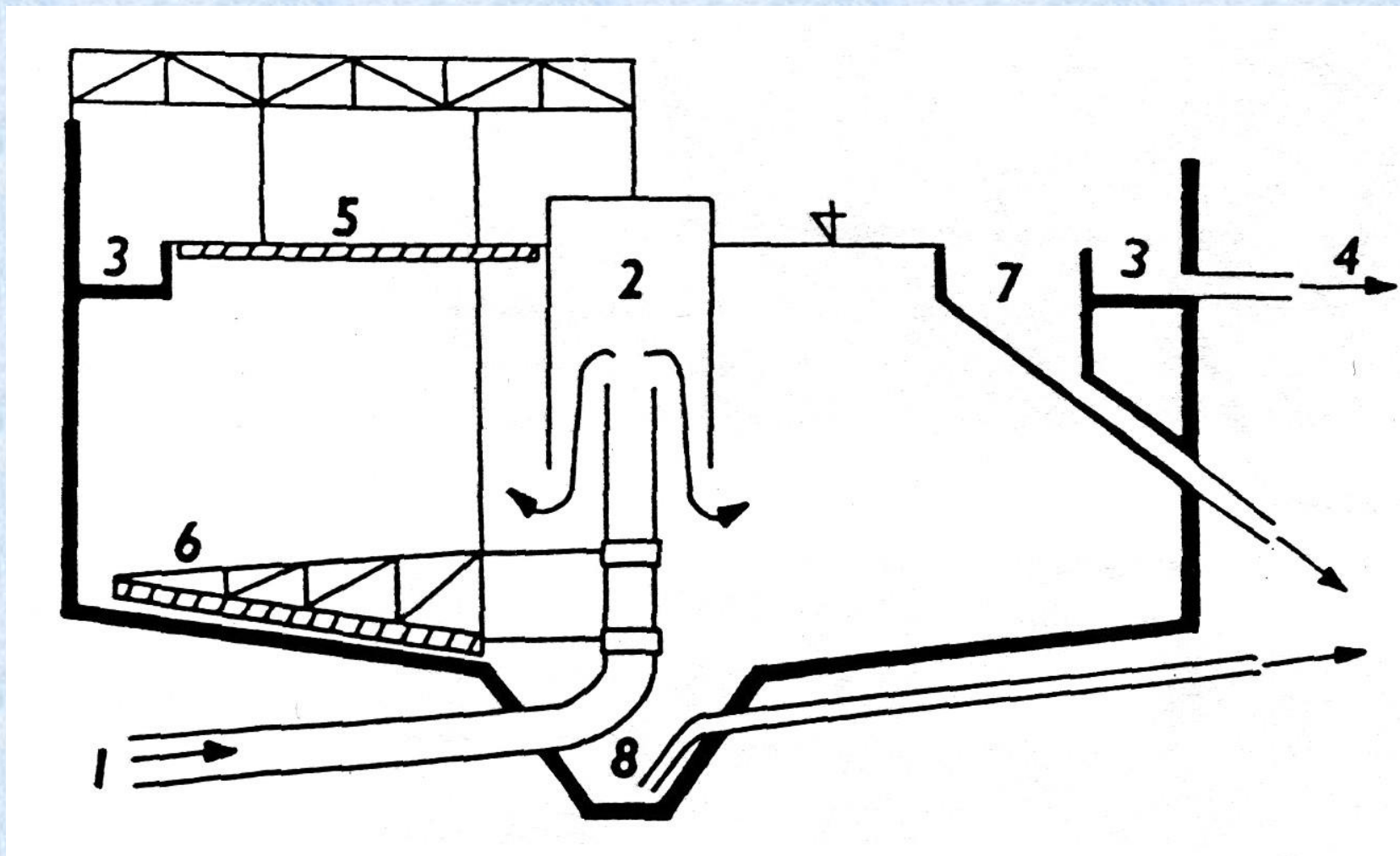
Podélná usazovací nádrž s horizontálním průtokem.

1 – vtok, 2 – odtok, 3 – zařízení ke stírání dna i hladiny, 4 – stírání plovoucích nečistot, 5 – odtah plovoucích nečistot, 6 – norná stěna, 7 – kalová jámka, 8 – odkalování hydrostatickým tlakem



Kruhová usazovací nádrž s radiálním průtokem

1 – přívod surové vody, 2 – rozdělovací a uklidňovací buben, 3 – sběrný žlábek, 4 – odtok odsazené vody, 5 - stírání plovoucích nečistot, 6 – zařízení ke stírání dna, 7 – jámka na plovoucí látky, 8 – kalová jámka









ČOV - proces čištění OV

- Biologické aerobní čištění:

aktivace

biologické filtry (biofiltry)

biologické nádrže (stabilizační)

Aktivace – nejpoužívanější biol. čištění OV

- aktivovaný kal (směsná kultura z bakterií, hub, kvasinek....)
- jeho složení závisí na kvalitě substrátu, stáří kalu a době zdržení OV
- aktivovaný kal má schopnost oddělovat se od kapalné fáze prostou sedimentací
- aktivační proces=biol. proces, kdy mikroorg. oxidují a mineralizují org. hmotu (CO_2 , vločky)



ČOV - proces čištění OV

- Technologické parametry aktivního procesu:
 - doba zdržení
 - stáří kalu
 - objemové zatížení
 - zatížení kalu
 - kalový index
- O₂ do aktivní nádrže:
 - pneumatická aerace (stlačený O₂, bublinky z hadičky)
 - mechanické aeratory





ČOV - proces čištění OV

Biofiltry: kultivace biomasy (nárost=biofilm)

Biofilmové reaktory (dle kontaktu nosiče s vodou)

zkrápěné biologické kolony

ponořené

rotační biofilmové reaktory

reaktory s kultivací biomasy









ČOV - proces čištění OV

Dosazovací nádrž: fce jako UN, sedimentace kalu (část odváděna zpět do AN)

Biologické anaerobní čištění:

Pro stabilizaci kalu: stabilizovaný kal, kalová voda a bioplyn.

- nakládání se stabilizovaným kalem:

- skládkování, zajištění proti úniku do podzemních vod, často se mísí s ostatním odpadem
- spalování, předsušit, často míchán s ostatním odpadem
- kompostování, přeměna na humózní hmotu
- přímé využití, použití jako hnojiva, zemní práce (vylehčování půd)







ČOV - proces čištění OV

- Po roce 1989 brán ohled na životní prostředí → do čistícího procesu zařazen **terciální stupeň čištění** (dočištění) → odstranění biogenních prvků (N,P) z vod

3. Terciální stupeň čištění OV (dočištění)

a) odstranění fosforu: biologicky nebo chemicky (častěji), vysráží se soli (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}), pak se ukládá do sedimentu (v ČOV do kalu, který je následně odstraněn)

biologicky: mikroorganismy akumulují P do svých těl (*Actinobacter*)

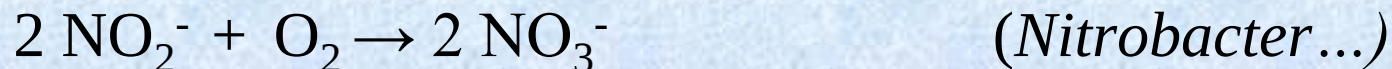
b) odstranění dusíku: nitrifikace (oxidace)



(bakt. *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*,...)

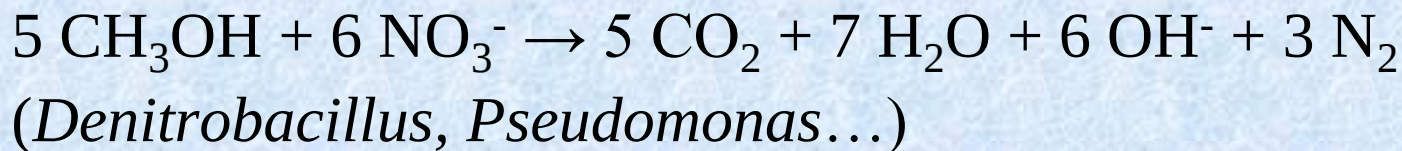
ČOV - proces čištění OV

- nitrifikace:



- rychlost reakcí závislá na teplotě (v zimním období dát do čistícího procesu více nitrifikačních bakterií a zajistit delší zdržení kalu v nádržích)
- ideální pH 7,0 - 8,5 (nižší pH zpomalení reakce)

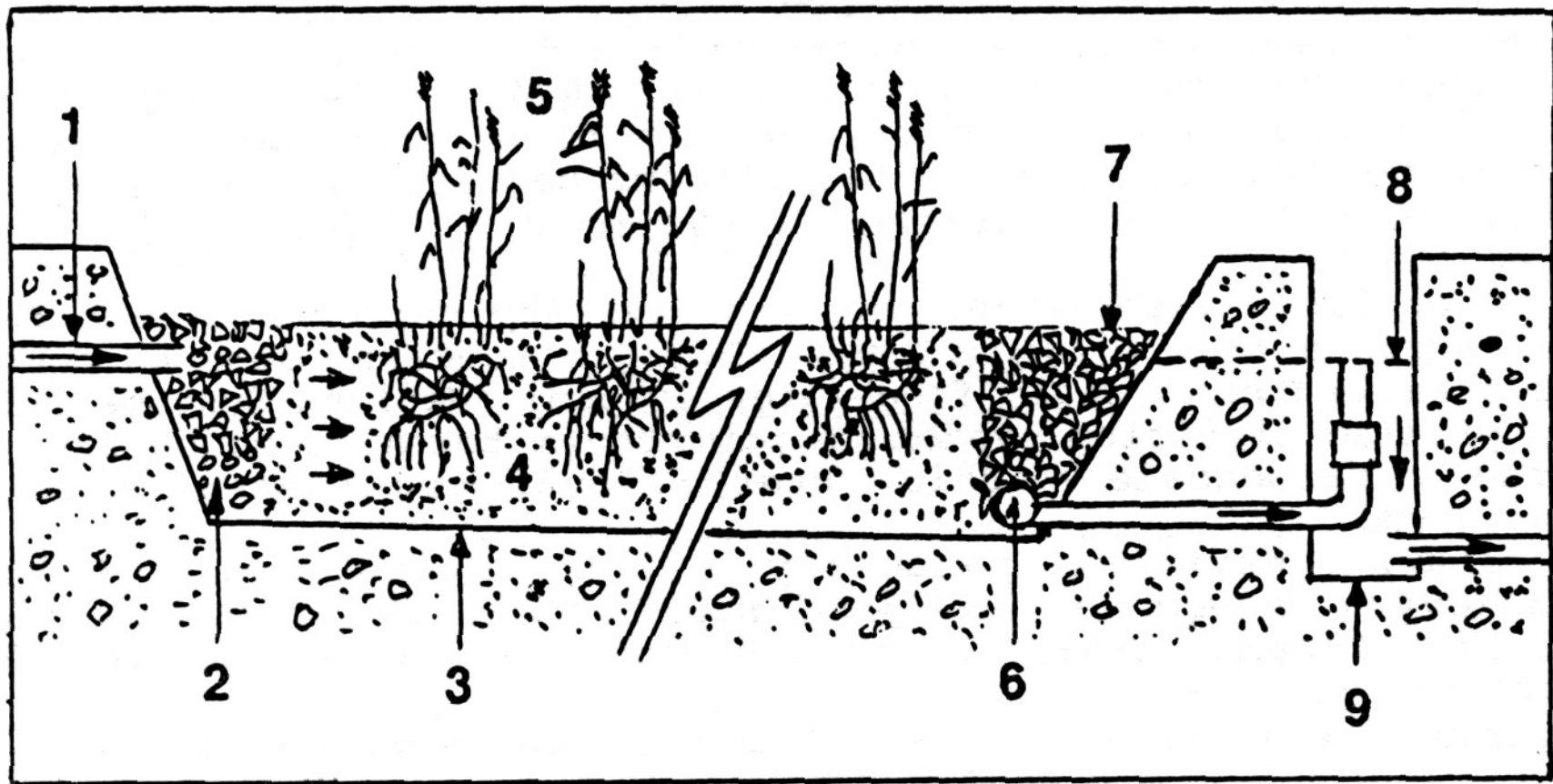
- denitrifikace: (opak nitrifikace)



- anaerobní proces (redukce), s ↑ t rychlejší reakce
- pH 6,0 – 9,0
- zdroje C pro denitrifikaci: organické látky z odpadních vod, přísady snadno rozložitelných org. látek (škrob, metanol...)



SCHÉMA KOŘENOVÉ ČISTÍRNY



1 – přítok odpadní vody, 2 – rozvodná část naplněná kamenivem, 3 – nepropustná bariéra, 4 – filtrační lože, 5 – mokřadní vegetace, 6 – sběrná drenáž, 7 – povrch filtračního lože, 8 – výška vodní hladiny, 9 – odtoková šachta

Kořenové čistírny:

Předčištění – nutný předpoklad úspěšného použití kořenové čistírny je dobré mechanické předčištění odpadních vod. Pro menší zdroje znečištění je vhodný septik, pro větší pak kombinace česlí a šterbinové nádrže. V případě čištění vod z jednotné kanalizace (splašky + dešťová voda) je nutný i lapák písku a dešťový přeliv.

Plocha – doporučují se tyto hodnoty specifické plochy kořenových čistíren:

- | | |
|---|---|
| - sekundární čištění splaškových vod | 5 m² EO⁻¹ |
| - dočištění splaškových vod (pro BSK ₅ a NL) | 1 m² EO⁻¹ |
| - dešťové splachy (v kombinaci s dočištěním) | 0,5(1) m² EO⁻¹ |

Všeobecně se doporučuje používat kořenové čistírny pro zdroje znečištění do 1000 EO.

Sklon dna – doporučený sklon dna je $\leq 1\%$. Povrch kořenového pole rovný, aby bylo možno zaplavit pro potřebu vyhubení plevelů.

Filtrační lože – substrát filtračního lože musí splňovat dvě podmínky – dostatečnou propustnost, aby nedocházelo k ucpávání a musí umožnit růst mokřadní vegetace. Doporučují se písky a štěrky se zrnitostí **>3 mm**. Hloubka lože 0,3 až 0,8 m.

Vegetace – pro větší systémy se v současnosti téměř výhradně používá rákos obecný (*Phragmites australis*). Využívají se i jiné druhy – chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), orobinec (*Typha* sp.). Pro menší systémy se využívají i sítiny (*Juncus* sp.), skřípinec jezerní (*Schoenoplectus lacustris*), kosatce (*Iris* sp.) nebo kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*).

Oddělení od podloží – jílová vrstva nebo plastová folie (PVC, polyethylen)

Průměrná účinnost čištění – organické látky 70-90%, nerozpuštěné látky >90%, dusík 30-60%, fosfor 30-50%, mikrobiální znečištění $\geq 98\%$