

Vodní hospodářství jaderných energetických zařízení

Předúprava vody / voda v přírodě

Rozdělení přírodních vod

- podzemní vody – obsahují Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn, Ca, Mg, H_2S , CO_2 , atd.
- povrchové vody – obsahují hrubé nečistoty, suspendované látky, koloidní nebo rozpuštěné organické i anorganické látky
- mořská voda a brakické vody

Podzemní vody

- jsou čistší, ale mají vyšší mineralizaci
- hlavní problém v jejich zajištění v dostatečném množství
⇒ v energetice se zpravidla nepoužívají

Předúprava vody / voda v přírodě

Povrchové vody

- mají vyšší proměnlivou teplotu
- nižší mineralizace
- větší obsah kyslíku a plynů obecně
- větší obsah anorganických i organických nečistot všech disperzí
- přírodní povrchovou vodu nelze bez úpravy použít jako teplonosné médium ani jako rozpouštědlo pro přidávaná činidla
- před úpravou je vhodné znát co nejpodrobněji složení, tj. stanovit příměsi a jejich množství (volba optimálního postupu čištění)

Slané vody

- mořské
- brakické
- pouštní

Předúprava vody / voda v přírodě

Přírodní surová voda je v podstatě silně zředěným roztokem různých solí, kyselin a zásad (látky rozpuštěné iontově); dále pak volných plynů O_2 , CO_2 , N_2 , H_2S , ^{226}Rn a dalších (látky rozpuštěné neiontově); a s příměsemi různě dispergovaných anorganických i organických nečistot.

Hrubé nečistoty	Anorganické: odpadky
	Organické: rostliny, části dřevin, odpadky
Hrubě disperzní nerozpustné tuhé nečistoty (forma suspenze)	Anorganické: suspenze jílových materiálů, hydroxidy Fe a Mg, uhličitany, křemičitany
	Organické: části rostlin, organismy, mikroorganismy (živé i uhynulé)
Nerozpustné tuhé nečistoty v koloidní formě – nepravé roztoky	Anorganické: gel kyseliny křemičité, SiO_2 , hydroxidy Fe, Al, Mg, jílové materiály, živce
	Organická: huminové látky, uhlohydráty, mastné kyseliny (produkty živých i hnijících organismů)
Rozpustné tuhé látky (soli, kyseliny, zásady) – pravé roztoky v iontové formě	Anionty: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , OH^-
	Kationty: Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+
Plyny – pravé roztoky v neiontové formě	O_2 , CO_2 , N_2 , H_2 , NH_3 ,

Předúprava vody / přehled metod

Základní pochody předúpravy vody pro jadernou energetiku

- hrubé předčištění – cezení přes česle (velmi hrubé plovoucí nečistoty)
- filtrace a sedimentace – separace jemných nečistot
 - ♦ na principu sedimentace – gravitační usazování nečistot na dno nádrží, v energetice prakticky nepoužíváme \Leftarrow příliš dlouhá doba usazování malých částic (viz tabulka)

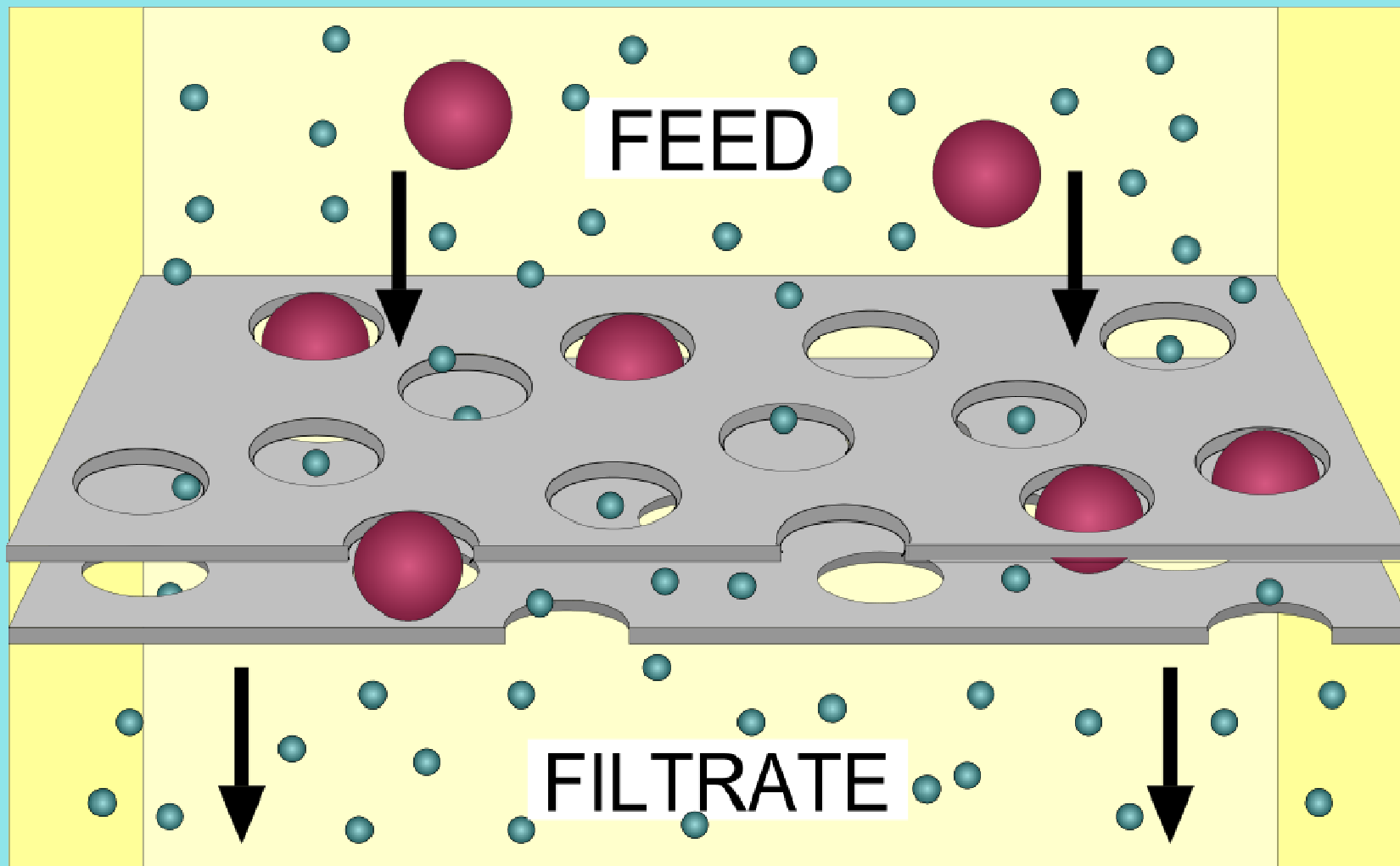
Teoretická závislost sedimentační rychlosti částice na její velikosti při 1 m výšce sloupce

Průměr částice (μm)	Typ částice	Doba sedimentace	Měrný povrch ($\text{m}^2 \text{m}^{-3}$)
1 000	písek	10 sekund	6×10^3
100	jemný písek	2 minuty	6×10^4
10	jíl	2 hodiny	6×10^5
1	bakterie	8 dní	6×10^6
0,1	koloid	2 roky	6×10^7
0,01	koloid	20 let	6×10^8
0,001	koloid	200 let	6×10^9

• sr

málo rozpustné sraženiny \Rightarrow možnost fyzické separace

- ♦ se sekundárním účinkem – znečišťující látky nereagují se srážedly, ale pomocí koagulantů jsou strhávány do vznikající tuhé fáze



Předúprava vody / hrubé předčištění (česle)

Cezení přes česle

- technologické zařízení sloužící k zachycení nejhrubších plovoucích nečistot jako jsou kmeny stromů, kusy dřev, ledové kry, odpadky, mrtvá těla, listí atd.
 - ♦ sestávají z česlic (zpravidla ocelové pruty nebo profily umístěné do rámu se sklonem pod úhlem $45 - 75^\circ$)
 - ♦ a průlin
- představují první stupeň předúpravy vody
- instalují se zpravidla na vtokových objektech čerpacích stanic nebo přiváděcích objektech surové vody
- zajišťují ochranu navazujících zařízení a technologií před poškozením nebo ucpáním uvedenými hrubými nečistotami
- čištění se současné době provádí převážně strojně pomocí mechanických hrablic a čistících stojů (hrubé česle – ruční čištění)

Předúprava vody / hrubé předčištění (česle)

Rozdělení česlí

- hrubé česle

- ♦ šířka průlin je 80 - 100 mm
- ♦ sklon česlic 60-70°
- ♦ česlice – ocelové profily vysoce obdélníkového průřezu, viz obrázek
- ♦ zachycují nejtěžší předměty (velká energie) – ochrana středních česlí před poškozením
- ♦ čištění závisí na konstrukci a umístění česlí vzhledem k toku
 - důležité je uspořádání vtokového objektu (snaha vyloučit slepé kouty) – strhávání nečistot vlastním proudem vodního toku
 - jinak zpravidla ruční (v případě potřeby těžší mechanizace)



- střední česle

- ♦ šířka průlin je 20 - 25 mm (výjimečně od 15 mm)
- ♦ zachycují nečistoty menších rozměrů – ochrana jemných česlí před ucpáním
- ♦ na klidné nebo jen slabě proudící vodě mohou tvořit počátek prvního stupně předúpravy bez předřazených hrubých česlí
- ♦ čistí se zpravidla vyklízecími stroji

Předúprava vody / hrubé předčištění (česle)

Rozdělení česlí

- jemné česle
 - ♦ šířka průlin je 2-5 mm, (výjimečně do 10 mm)
 - ♦ zachycují jemné nečistoty – ochrana čerpadel a filtrů od poškození nebo ucpaní, ochrana sedimentačních nádrží před přetížením
 - ♦ čištění silonovými kartáči se sběrací ocelovou štětkou – sebrané nečistoty odstraňovány rotačními kartáči a vodní sprchou

Špatná funkce česlí – ohrožení bezpečnosti JE ! (WANO SOER)

- Led
- Tráva apod.
- Sardinky

Předúprava vody / hrubé předčištění (česle)



hrubé česle



střední česle

Předúprava vody / hrubé předčištění (česle)



Plně automatický čistící stroj na čištění česel, MVE Trója

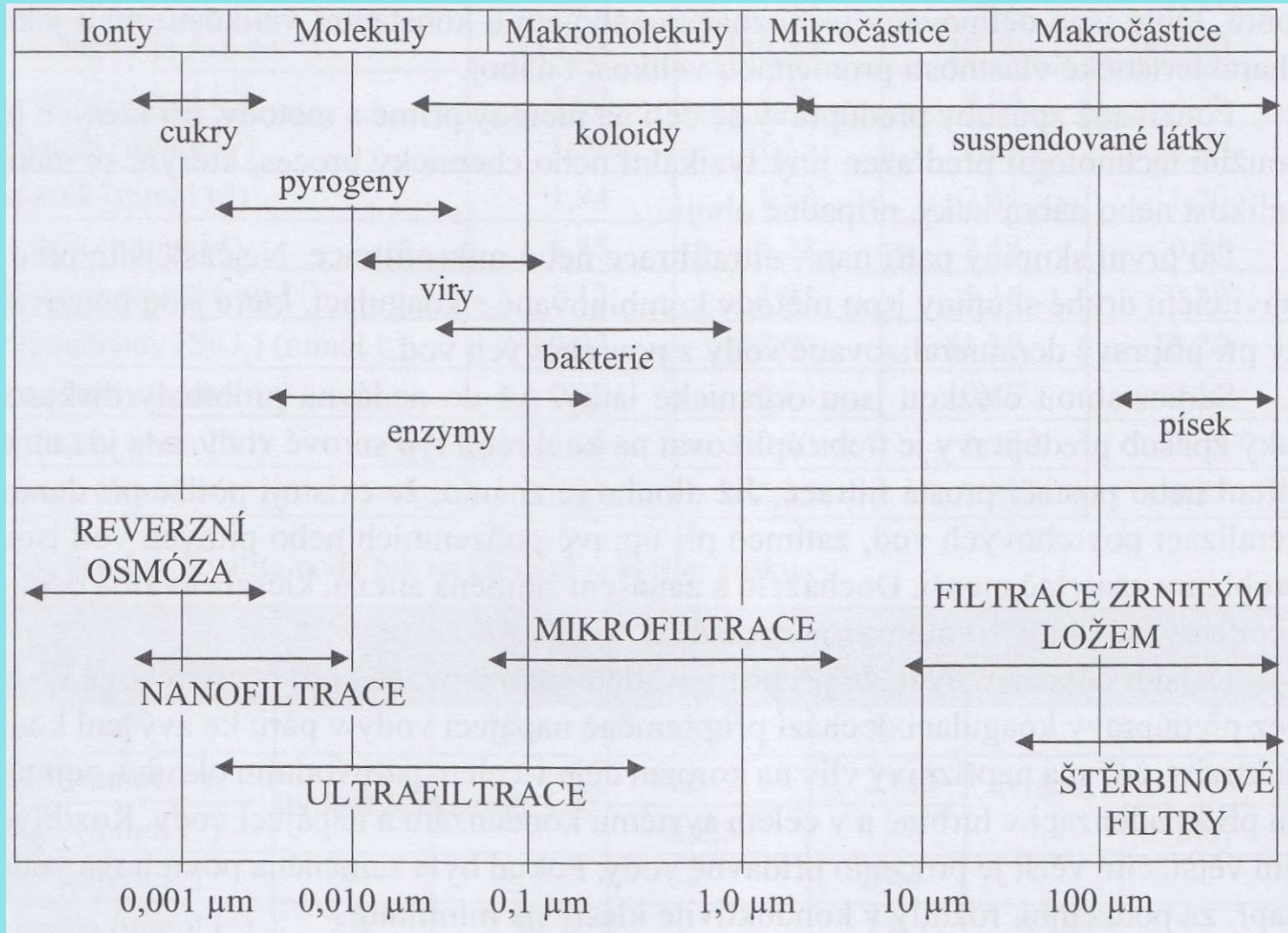
Předúprava vody / filtrace

Cezení přes filtry - filtrace

- filtry označujeme látky s jemnou porézní strukturou
- představují druhý nebo třetí (za čiřením) stupeň předúpravy vody
- instalace na vtokových objektech za česlemi nebo až před vlastní úpravou vody, či v následném technologickém řetězci zpracování vody (za čiřením, boční filtrace, ionexová lože působí taktéž jako mechanická filtrace – využití v přepracovávání vody v technologii)
- slouží k zachycení jemnějších nečistot a ve vodě suspendovaných částic
- čištění je automatické – zpravidla promývání vodou
- rozdělení dle konstrukce a principu funkce (povrchové, objemové)
 - ♦ sítové (štěrbínové) nebo bubnové – energetika
 - ♦ látkové mikrofiltry – kalolisy, pasové lisy
 - ♦ filtry se zrnitým ložem – energetika
 - ♦ naplavovací filtry (pivovary)

Předúprava vody / filtrace

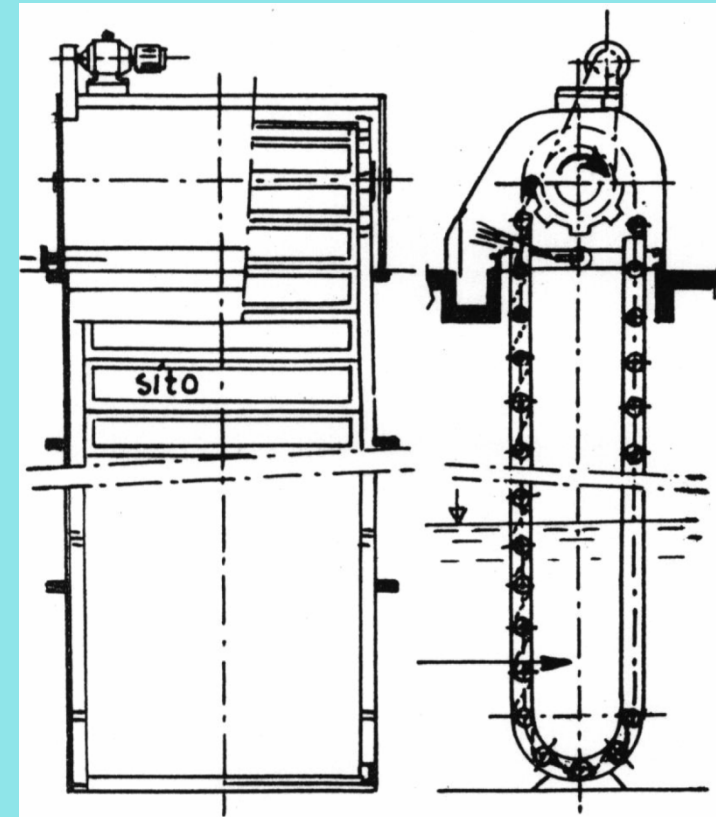
Přehled filtračních metod



Předúprava vody / filtrace

Typy filtrů

- sítový (stěrbinový)
 - ♦ konstrukční provedení ve formě uzavřeného pásu, viz obrázek
 - ♦ pás se stává z nosných rámečků nesoucích filtrační materiál
 - ♦ filtrační materiál je látka nebo jemná drátěná síť – tzv. „drátěné textilie“ (oka do 0,04mm)
 - ♦ dolní část pásu (pod vodou) – filtrace
 - ♦ horní část pásu (nad vodou) – ostřík zachycených nečistot
 - ♦ nejjemnější filtry zachycují částice až do velikosti 50 μm
 - ♦ výhodou je kontinuální provoz bez odstávek pro čištění
 - ♦ nevýhodou omezená životnost sít \rightarrow odstávky kvůli výměně \Rightarrow nutnost záložního zařízení

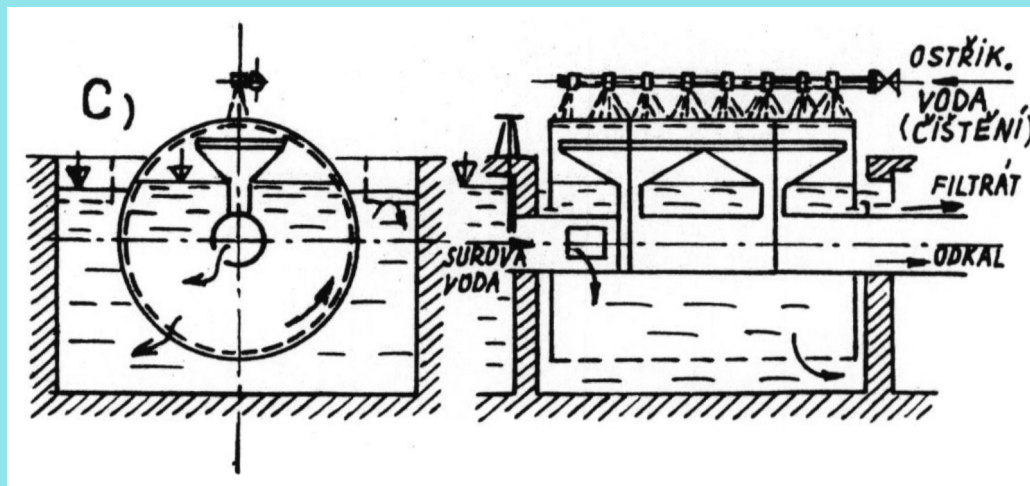


sítový filtr

Předúprava vody / filtrace

Typy filtrů

- bubnový
 - ♦ podobný princip filtrace jako u síťových – pouze jiná konstrukce
- látkové mikrofiltry
 - ♦ tkaniny s oky velikosti řádu μm
 - ♦ bývají chráněny pletivem s oky o velikosti 1-2 mm



látkový mikrofiltr

Předúprava vody / filtrace

Typy filtrů

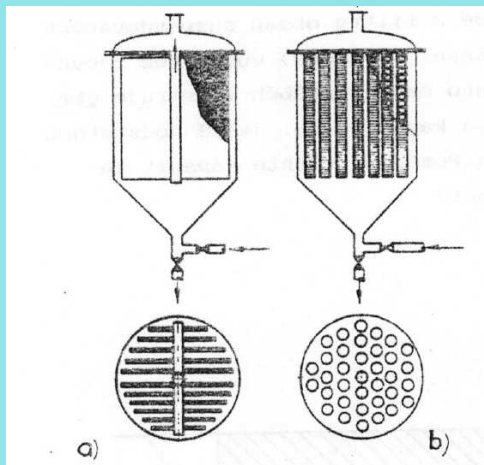
- se zrnitým ložem
 - ♦ slouží pro záchyt nejjemnějších suspendovaných částic – do velikosti 20 μ m
 - ♦ záchyt ve vrstvě filtračního materiálu (objemová filtrace)
 - ♦ filtrační náplň většinou křemičitý písek (min. obsah 95% SiO₂), méně častěji černé uhlí, antracit nebo dolomit. Nově hmoty s definovatelnou zrnitostí a hustotou (filtralite) !!
 - ♦ zrna o průměru 0,5 – 2 mm
 - ♦ tlakový nebo gravitační způsob provozu – v energetice dominuje tlakový (větší jednotkové výkony)
 - ♦ biofiltrace - čištění odpadních vod, výroba pitné vody
- ♦ základní parametry filtračního materiálu
 - mechanická a chemická stálost – odolnost proti abrazi a nerozpustnost
 - mezerovitost – poměr sypné a specifické hmotnosti
 - stejnorodost (monodisperzita)

Předúprava vody / filtrace

Typy filtrů

• náplavové filtry

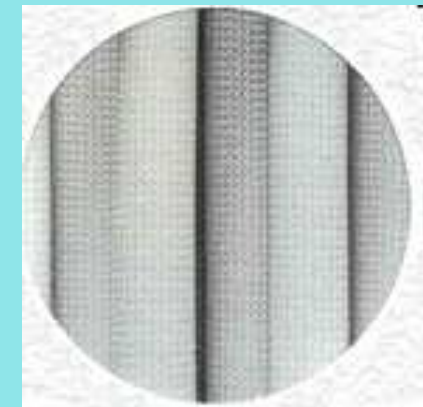
- ♦ slouží pro jemné dočištění kapalin, nebo odstranění zbytků oleje, nebo jako ionexové DEMI filtry.
- ♦ aktivní plochy ve tvaru dutých desek (deskové) nebo válců (svíčkové), viz obrázek
- ♦ na vnější povrch je nanesen filtrační materiál (aktivní uhlí, křemelina, ionex)
- ♦ filtrovaná voda proudí směrem dovnitř
- ♦ při promývání proudění obráceno



náplavový filtr
a) deskový, b) svíčkový



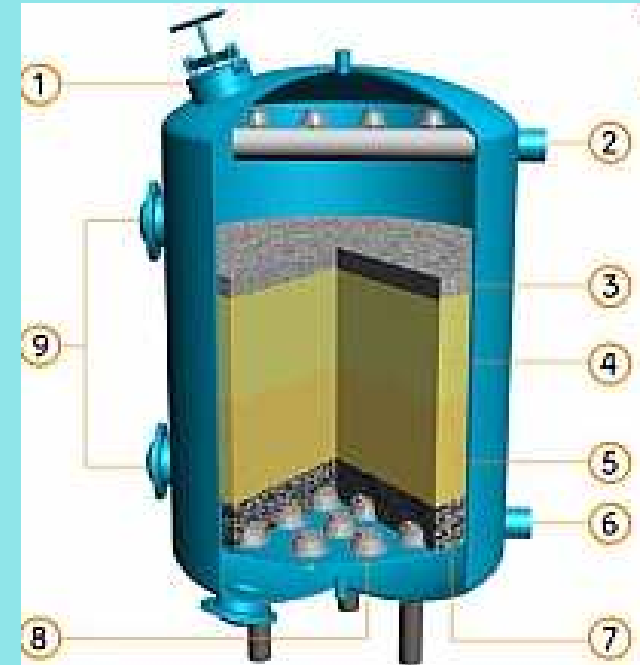
svíčkový náplavový filtr



Předúprava vody / filtrace

Filtry se zrnitým ložem

- nejčastěji stojatá tlaková nádoba s filtrační náplní, viz obrázek
 - ♦ jednovrstvé – náplň o stejné zrnitosti
 - ♦ vícevrstvé – několik vrstev o různé zrnitosti
- průtok filtrem
 - ♦ jednoproudé – průtok obvykle shora dolů (proti logice kalové kapacity, ale nutné z provozních důvodů)
 - ♦ dvouproudé filtry se středním scezovacím roštem – v praxi příliš neosvědčily
- dolní přepážka opatřena tryskami pro odtok filtrátu a pro promývání.
- součástí nádoby hrdla pro přívod a odvod filtrované vody, pro promývání a dále pro odběry vzorků



▲ Legenda:

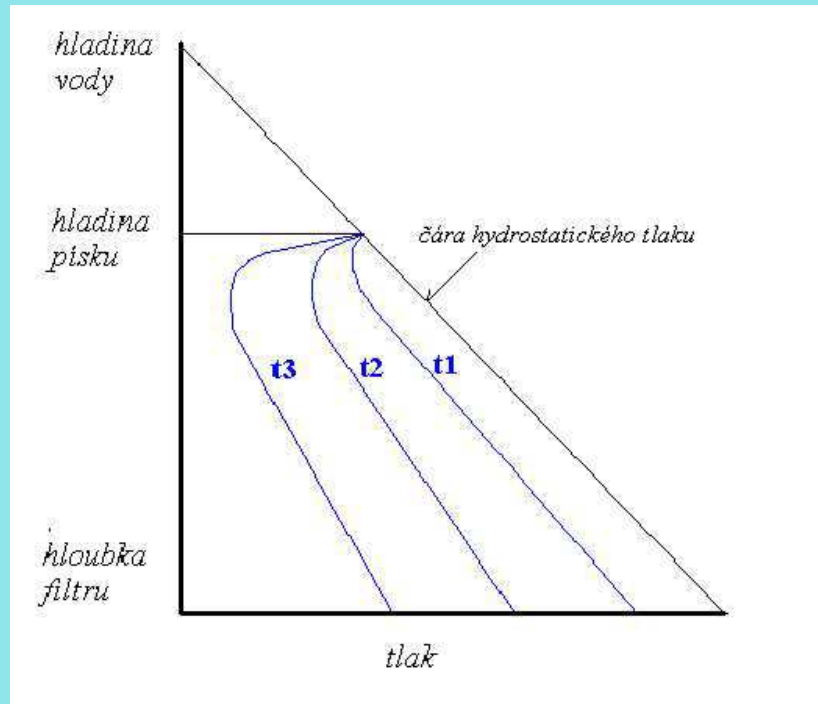
1. Horní servisní otvor
2. Vtok do filtru
3. Vrstva antracitu
4. Vrstva jemného písku
5. Vrstva hrubého písku
6. Výtok z filtru
7. Vrstva podložního štěrku
8. Filtrační trysky
9. Boční servisní otvory

Předúprava vody / filtrace

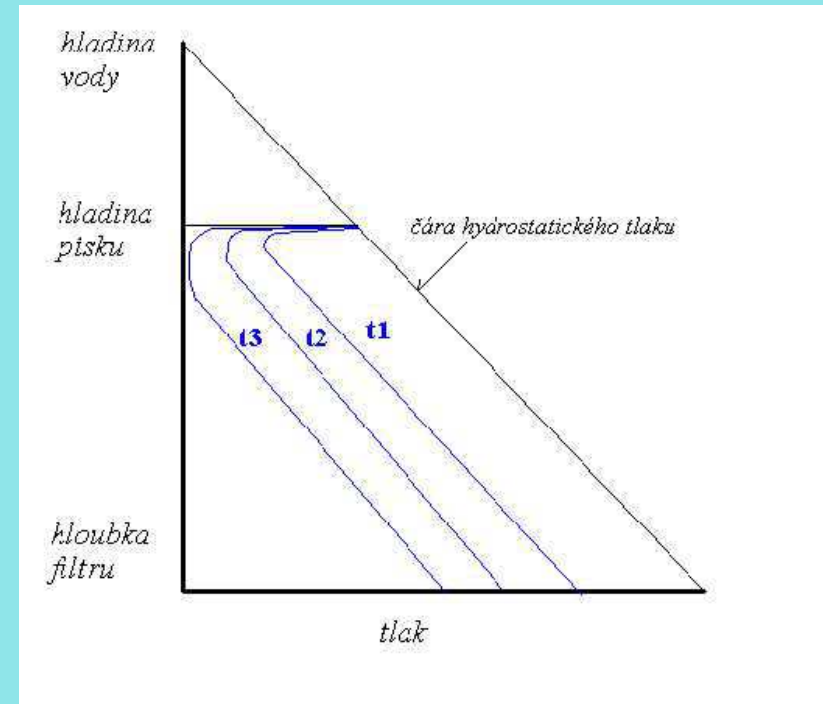
Provoz filtrů se zrnitým ložem

- výkon největších filtrů ≈ 70 t/h
- pracovní režim je periodický \rightarrow požadavek minimální provozní doby do zanesení bývá 8 hodin
- účinnost filtrů 40 – 80% \rightarrow závisí na velikosti filtrovaných částic \rightarrow se zmenšujícím se rozměrem částic klesá
- kalová kapacita 1 – 3 kg/m² u jednovrstvých a 2 – 3 kg/m² u vícevrstvých
- nutné zabránit, aby se filtrační materiál dostával dále do oběhu \Rightarrow za filtrační baterii nutné umístění lapačů uniklé filtrační náplně.
- vliv rozměru zrn
 - ♦ se zmenšujícím se efektivním rozměrem zrn roste kvalita vyčištění
 - ♦ se zmenšujícím se rozměrem zrn naopak klesá kalová kapacita filtru (množství kalu zachytitelného na 1m² filtrační plochy) a roste tlaková ztráta filtru.
- Kritéria pro odstavení filtru ke praní: Účinnost, tlaková ztráta, průtok filtrem.

Průběh tlakové ztráty u filtru se zrnitým ložem



Optimální průběh tlakové ztráty



Ucpání vrchní vrstvy, nepoměr velikosti suspenze a pórovitosti lože

Předúprava vody / filtrace

Ukázka filtrů se zrnitým ložem

