

ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.
D1079

Katedra zdravotního
a ekologického inženýrství

Obsah přednášek I

1	Úvod, historie, stokování jako vstup do ČOV, kapacita ČOV, hydraulické a látkové zatížení ČOV	Zatížení ČOV
2	1.10 Nátok na ČOV, umístění ČOV,	
3	Mechanická část ČOV, sedimentační nádrže, lapáky šterku a písku	Návrh sedimentační nádrže
4	Mechanická část ČOV, primární sedimentační nádrž, lapáky tuků, česle, pomocné procesy mechanickou část	
5	22.10 Biologická část ČOV, aerační nádrže, dosazovací nádrže	
6	29.10 Návrh aerační nádrže, oxigenační kapacity	

Obsah přednášek II

7	5.11 Recirkulace kalu, řízení procesů	Návrh dosazovací nádrže, zahuštění kalů
8	12.11 Zpracování kalů, kalové hospodářství využití kalů	
9	19.11 Terciární čištění	Návrh odstranění nutrientů
10	26.11 Různé typy ČOV ve světě a u nás, srovnání	
11	3.12 Exkurze ÚČOV	Exkurze ÚČOV
12	10.12 Decentralizovaný systém čištění odpadních vod, malé domovní čistírny	
13	17.12 biologické čištění odpadních vod, dočišťovací rybníky	kořenová ČOV

Přednášky a cvičení

<http://www.lermo.cz/cs/vyuka/predmety/magisterske/cov>

Literatura:

- Krejčí, V. a kol.: **Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup** (NOEL 2000)
- Hlavínek, P. a kol: **Příručka stokování a čištění** (NOEL 2002)
- Čížek, P. a kol: **Stokování a čištění odpadních vod** (SNTL Praha 1970)
- Tuček F. a kol.: **Základní procesy a výpočty v technologii vody** (SNTL Praha 1977)
- Grünwald, A.: **Hydrochemie** (ČVUT 1997)
- Grünwald, A. a kol.: **Vodárenství** (ČKAIT Praha 1998)
- Grünwald, A.: **Zdravotně inženýrské stavby 40 - Úprava vody** (skriptum ČVUT 1997)
- Synáčková, M.: **Voda a ovzduší 40 – Ochrana vody a ovzduší** (ČVUT 2000)
- Hlavínek, P. a kol: **Intenzifikace čištění odpadních vod** (NOEL 1996)
- Broža, V a kol.: **Vodohospodářské stavby** (ČVUT 1999)

Podmínky pro zápočet a zkoušku

- Zápočet
 - 75% docházka
 - odevzdané úkoly
 - Úkoly je nutné zpracovat vždy do dalšího cvičení – návaznost výsledků
- Zkouška
 - Písemná ½ h, 5 otázek
 - nutno splnit na 50%
 - Ústní
 - 1 vylosovaná otázka

Vítejte

Cíle výuky

- Historický vývoj odvodnění a čištění odpadních vod
- Seznámení s procesem čištění odpadních vod
- Postup čištění odpadních vod
 - Nové trendy a vývoj
- Zásady správného návrhu
- Výhody jednotlivých přístupů
- Praktické příklady



Dnešní přednáška

- 1 • Úvod
- 2 • Historie čištění odpadních vod
- 3 • Stokování jako vstup do ČOV
- 4 • Kapacita ČOV
- 5 • Hydraulické a látkové zatížení ČOV

Čistírna odpadních vod („čovka“; ČOV)

- **Město, které nemá čistírnu odpadních vod není městem!!!**
- **Technické zařízení, ve kterém dochází k čištění odpadních vod.**
- **Odpadní vody:** průmyslové, zemědělské výroby, komunální (městské), smíšené
- ČOV – co nejvíce napodobuje přírodní procesy – samočištění (fyzikální, chemické, biologické a biochemické procesy)

Co je přípustné vypouštět do recipientů aneb legislativa

- Návaznost zákonů na evropskou Směrnici o vodě 2000/60 EU
- Povolení k vypouštění vydává [Vodoprávní úřad](#)
- Vypouštění odpadních vod do recipientů se řídí zákony České republiky
 - Zákon o vodách - zákon č. 254/2001 Sb. (novelizováno Zákon č. 150/2010 Sb.)
 - Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu - Zákon č. 274/2001 Sb. (novelizováno 320/2002 Sb., 274/2003 Sb., 20/2004 Sb., 167/2004 Sb., 127/2005 Sb., 76/2006 Sb., 222/2006 Sb., 186/2006 Sb., 281/2009 Sb.)
- Nařízení č. 61/2003 Sb. 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 (novelizováno 229/2007 Sb., 23/2011 Sb.)
- Nařízení č. 416/2010 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních
- Vyhláška č. 123/2012 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
- Nařízení č. 143/2012 Sb. o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod
- Vyhláška č. 20/2002 Sb. o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody
- Vyhláška č. 195/2002 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

Vypouštění odpadních vod

- Vypouštěním odpadních vod do recipientů se rozumí „nakládání s vodami“; podle legislativy nutné upravit podle emisních a imisních limitů
- **Emisní limity** jsou max. přípustné koncentrace ve vypouštěné OV, např. ze slévaného vzorku za 24 hod (BSKs, NL, N-NH4...)
- **Imisní limity** jsou koncentrace v recipientu, které by neměly být překročeny ani za nejméně příznivých hydrologických poměrů (obvykle Q355)
- Vyhláška 123/2012 Sb. O poplatcích za vypouštění OV do vod povrchových. Určuje detaily pro platbu poplatků,
 - V NV jsou ČOV děleny do kategorií dle velikosti < 500 – 2000 – 10000 – 100000 - >100000 EO. Čím větší ČOV tím přísnější limity na pokuty dle NV. Limity jsou koncentrační nebo účinnosti. Pokuty se platí ze zisku.
 - Limity pro pokuty se liší od limitů pro poplatky i svou výši a vypočtem (např. CHSK poplatkový limit je 40 mg/l a očišťuje se od odlehilých výsledků a zároveň se musí vypustit více než 10 000 kg/rok VERSUS limit na pokuty "p" (řekenné průměry) je u ČOV > 100 000 EO 75 mg/l a u limitu "m" (maximum) 125 mg/l nebo 75% průměrná účinnost. Pokutové limity může vodoprávní úřad zřídit a často tak činí.
 - V NV jsou zmíněny i tzv. BAT parametry (limity) (best available technology), to jsou odtokové koncentrace, která je daná technologií čištění OV zaradené schopna dosáhnout s rozumnými finančními náklady.

Kontroly limitů

- Vodoprávní úřad vydává povolení k vypouštění, ve kterém jsou limity na pokuty. Také může provést kontrolu. Podniky povodí jsou přítomny jednání – jsou "odběrateli" odtoků z ČOV. Jednání je i přítomna Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP).
- Limity na pokuty mohou být koncentrační v mg/l – více používané, nebo účinnostní v % - méně používané (hlavně průmyslové nebo koncentrované vody), obojí má stejnou váhu.
- Limity pro pokuty dle NV kontroluje v praxi ČIŽP.
- Poplatkové limity a agendu má na starosti nyní také ČIŽP.
- Kontrolu pro úřad a ČIŽP zajišťuje nyní většinou externí firma Bioanalytika (s výjimkou oblasti kolem povodí Odry).
- Nyní jsou diskuse, protože výsledky vzorků odtoku od provozovatele se míchají s výsledky od Bioanalytiky a data se používají do výpočtu dohromady pro kontrolu poplatků a možná někde už i pro kontrolu pokut dohromady (limity typu "p" průměr).
- Data z laboratoří, data o odpadech atd. se nyní zadávají do jednotného systému ISPOP elektronicky, systém měl velké porodní bolesti.

Zákony "legislativní rámec", voda (časté novelizace) 3

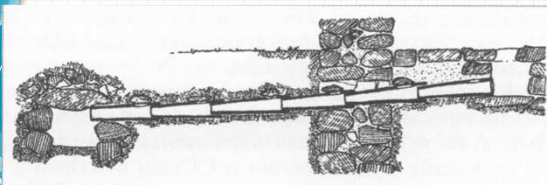
- Vodoprávní úřad vydává povolení k vypouštění, ve kterém jsou limity na pokuty. Také může provést kontrolu. Podniky povodí jsou přítomny jednání – jsou "odběrateli" odtoků z ČOV. Jednání je i přítomna Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP).
- Limity na pokuty mohou být koncentrační v mg/l – více používané, nebo účinnostní v % - méně používané (hlavně průmyslové nebo koncentrované vody), obojí má stejnou váhu.
- Limity pro pokuty dle NV kontroluje v praxi ČIŽP.
- Poplatkové limity a agendu má na starosti nyní také ČIŽP.
- Kontrolu pro úřad a ČIŽP zajišťuje nyní většinou externí firma Bioanalytika (s výjimkou oblasti kolem povodí Odry).
- Nyní jsou diskuse, protože výsledky vzorků odtoku od provozovatele se míchají s výsledky od Bioanalytiky a data se používají do výpočtu dohromady pro kontrolu poplatků a možná někde už i pro kontrolu pokut dohromady (limity typu "p" průměr).
- Data z laboratoří, data o odpadech atd. se nyní zadávají do jednotného systému ISPOP elektronicky, systém měl velké porodní bolesti.

1

4

HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Historie a vývoj městského odvodnění



Nákres odvodňovacího potrubí chetitského města Chattu, kde zhruba ve 13. století př. Kr. věnovali velkou péči zásobování vodou i jejímu odvádění. Pítnou vodu sem přivádělo z pramenů v okolí několik spádových potrubí. Stejně tak sváděly splašky a dešťovou vodu hliněné trubky, opatřené okrouhlým čistícím otvorem, do kamenných kanálů pod ulicemi a tudy mimo městské území.

Historie a vývoj městského odvodnění v datech

- Nejstarší zmínka o kanalizaci je z Babylone, zachovaná v chillovém nápisu, pojednává o stavbě paláce a skladiště.
- 3750 př.n.l. město Dur Sarulem, mělo ve skále vyhloubené stoky
- 2600 př.n.l. Egypťské odvodnění pyramidy Sahu-Res. Odvodňovací soustava kamennými žlaby je přesně rozměřena na množství srážkové vody. Pro odvedení odpadních vod z obitních místností bylo uloženo potrubí z měděného plechu v sídlové místnosti.
- 1700 př.n.l. veřejnému účelu sloužila kanalizace v Babylone a v Ninive.
- 700 před n.l. nejzachovalejší kanalizace Sargonského paláce v Khorsabadu, kterou tvoří hlavní stoka s cibulovou klenbou, s bočními přípojkami a šachtovými vpustmi. Záchody byly tvořeny kamennou deskou s otvorem, spočívající na šachtici, která je spojena přípojkou s hlavní stokou.
- Řekové a Římané měli vodu ve velké vážnosti. O umění Řeků v oboru stokových staveb svědčí:
 - 1300 př.n.l. odvodnění paláce v Tyrinu
 - 5. století př.n.l. odvodnění města Agrigentu
 - 4. století př.n.l. odvodnění Smyrny a Alexandrie
- Splašky byly z většiny domů vypouštěny strouhaní na ulici, nebo na zahrádku. V některých případech byly u domů zřizovány žumpy. Záchody se obvykle stavěly u kuchyně a sloužily též k vyčistění kuchyňských splašků. Kde nebyly záchody, používalo se nádob na fekálie, které byly vymáčány otroky.
- Nejvýznamnějším dílem Římanů je Cloaca maxima v Římě, odvodňující nejstarší část Říma, z doby po 3. století před n.l., později rozšiřované a doplňované stokami, u kterých místo kamenné byla klenba cihlová. Stoky měly malý sklon, zejména Cloaca maxima (asi 3 m široká, až 4 m vysoká), v době bezdeštného průtoku docházelo k značnému usazování a zahmívání nečistot.

Jaká byla investice, provozní náklady a rizika v městském odvodnění a v čištění odpadních vod v minulosti?

- Suché záchody v Ostii nedaleko Říma
 - odvod splaškové vody do moře, kalové hospodářství?
 - Otroci zajistili provoz, hygienu a tím zdraví obyvatelstva.

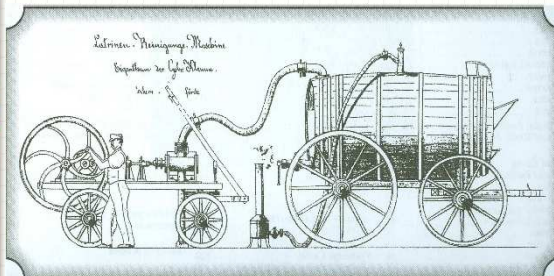


Historie a vývoj městského odvodnění v datech

Cloaca Maxima v Římě

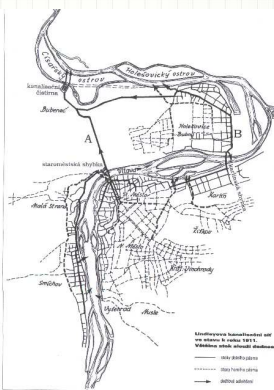


Konec 19. století – likvidace kalů z „latrin“



Vývoj městského odvodnění v ČR od 19. století

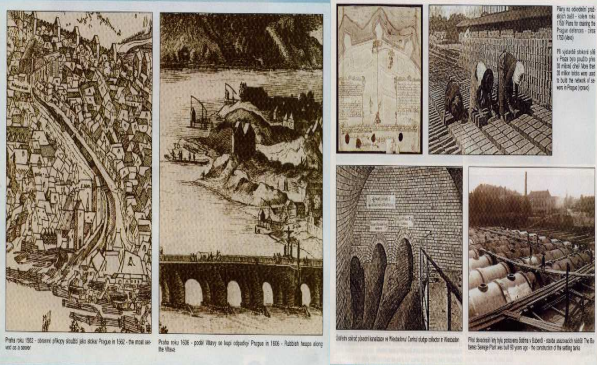
- Lindley vypracoval v r. 1893 projekt, v r. 1899 byly ukončeny přípravné práce, začala výstavba kmenových stok.
- Progressivním prvkem Lindleyova projektu bylo, že zahrnul do návrhu nejen historická města pražská, ale i tehdejší předměstí a vše ukončil návrhem čistírny. Tato unikátní stavba byla dokončena v roce 1906 a Praha se stala první metropolí vybavenou stokovou sítí a čistírnou odpadních vod.
- Nová územní organizace v r. 1920 přinesla se vznikem "Velké Prahy" zvýšení nároků na rozsah i údržbu stokové sítě, která v té době dosahovala délky 294 km.



Historie a vývoj městského odvodnění v ČR

- V Praze nebyly poměry lepší. V době hladomoru r. 1281 táhly zástupy rolníků do Prahy, spaly na ulici a proti zimě se pokrývaly hnojem, který byl běžně kydán ze stájí na ulici. Kostel sv. Valentína nebyl pro nečistoty přístupný, přestože r. 1331 vydal magistrát zákaz vypouštět splašky na ulici. Z téže doby je první zpráva o kanálu, který odvodňoval dům pražského probošta v Ostruhové ulici. V r. 1364 rada Nového města pražského zakázala koželuhům nakládat a prát kůže na břehu pod Zderazem. R. 1396 bylo zakázáno koželuhům na poříčí vypouštět splašky na ulici, v r. 1380 pouštět prasata na ulici, v r. 1407 bylo zakázáno pod pokutou vyhazovat odpadky a vylévat nočníky na ulici. O čištění ulic je první zmínka v r. 1413. Poměry se zlepšily v době Karla IV, kdy pavlačové záchody byly překládány na zadní strany domů, ve dvorech byla zakládána hnojiště a žumpy.
- S výraznou výstavbou pražské kanalizace se začalo koncem 18. st. V letech 1816-1828 zásluhou nejvyššího městského purkrabího Chotka došlo k prudkému rozmachu výstavby kanalizace, bylo postaveno 44 km stok, které ústily 35 výstřemi do Vltavy.
- Soustavná kanalizace byla provedena kolem r. 1850 v Anglii. Při návrhu dochází k radikálním změnám v názorech na odvodnění měst.
- Počátky úsilí o vybudování moderní stokové sítě v Praze spadají do konce 19. st. Byla provedena nivelace a zmapování stávajících stok v měř. 1:720. R. 1889 vyzvala městská rada řadu významných evropských odborníků (Ing. W.H. Lindleye, Ing. Kaumana, Ing. Hallensteina, Ing. Kaftana).

Vývoj městského odvodnění v ČR od 19. století



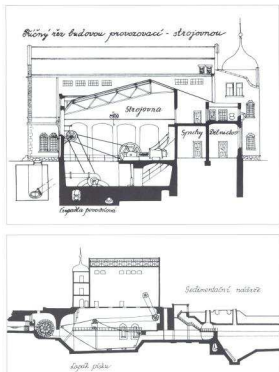
Vývoj městského odvodnění v ČR od 19. století

- Vstup do kanalizace pod Staroměstskou radnicí

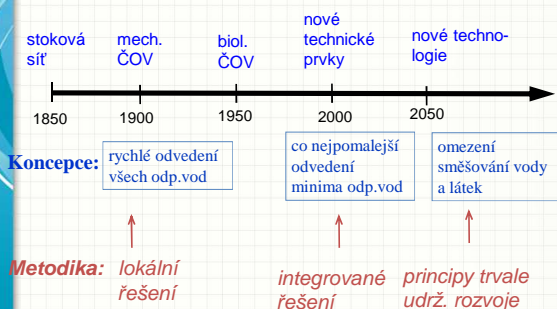


Čistírna odpadních vod Praha-Bubeneč

- stavba započata září 1901, ukončena červen 1907
- provoz ukončen 1960 – 1965
- ČOV obsahovala celou mechanickou část bez biologie, ale i zemědělské využití kalů
- 12 mil rak. korun

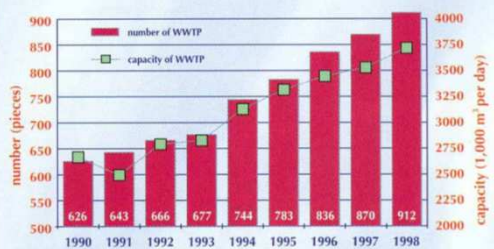


Vývoj koncepcí městského odvodnění



Vývoj počtu městských ČOV a jejich kapacity

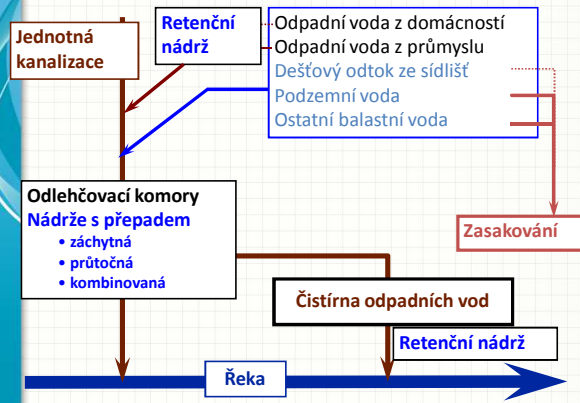
Municipal waste water treatment plants

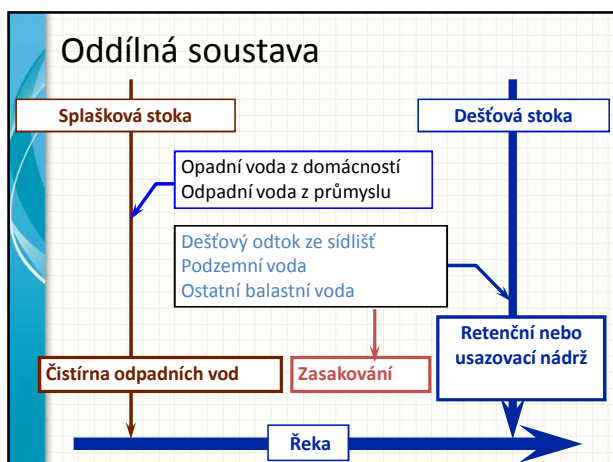


% obyvatel připojených na kanalizační systém (2000)



Jednotná soustava





Městské (konvenční) čistírny odpadních vod

- Hlavním cílem je odstranění anorganických a organických látek obsažených v komunálních (splaškových) odpadních vodách a dále nutrientů (N a P), atd.
- Hlavní podklad pro návrh:
 - Množství odpadních vod** (Praha Q24 = 3,8 m³/s : Q_{max} = 11,2 m³/s)
 - Vlastnosti odpadních vod** (podíl anorganické organické složky, teplota, atd.; důležitý údaj – průměrná produkce sušiny 60 – 80 g/osobu a den)

Pozn. Vypouštěné odpadní vody bez deště v ČR 1989 - **878** mil m³/rok; 2008 - **509** mil m³/rok

32

Znečištění

Ukazatele znečištění

- Skupinové parametry
 - CHSK = chemická spotřeba kyslíku
 - BSK = biochemická spotřeba kyslíku
 - TOC = celkový organický uhlík
 - NL = nerozpuštěné látky
 - NEL = nepolární extrahovatelné látky (≈ ropné látky), uhlovodíky C10 – C40
 - EL = extrahovatelné látky (≈ tuky)
 - AOX = adsorbovatelné organicky vázané halogeny
 - RAS = rozpuštěné anorganické soli
 - Skupiny sloučenin – fenoly, mastné kyseliny, PCB, ...

33

Znečištění

Ukazatele znečištění

- Jednotlivé prvky
 - Kovy, dusík, fosfor, síra, ...
 - Často výskyt v různých formách – zajímá nás buď souhrnný výskyt (P_c, N_{anorg}) nebo konkrétní forma – amoniak, sírany, kyanidy)
- Chemická individua

34

Co znamená CHSK?

CHSK

- chemická spotřeba kyslíku
- množství oxidačního činidla spotřebovaného za uzančných podmínek na oxidaci organických látek (u OV K₂Cr₂O₇ → CHSK_{Cr})
- výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty
- u chemických individuí se může srovnat s teoretickou spotřebou kyslíku (ThSK)

35

Co znamená BSK?

BSK

- biochemická spotřeba kyslíku
- množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za uzančných podmínek a v oxikém prostředí na biochemickou oxidaci organických (i anorganických) látek (nejčastěji za 5 dnů = BSK₅)
- umožňuje posuzovat biologickou čistitelnost OV a biologickou rozložitelnost org. látek (za aerobních podmínek)
- často se srovnává s CHSK BSK₅/CHSK

36

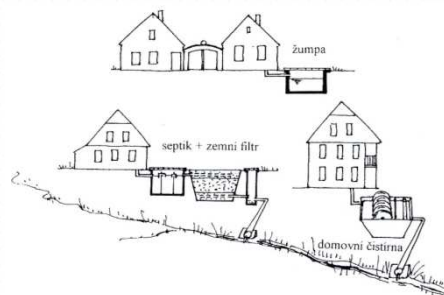
Základní hodnoty znečištění

Splaškové odpadní vody
– populační ekvivalent, ekvivalentní obyvatel (EO)

• NL	55 g
• BSK ₅	60 g
• CHSK	109 g
• celkový N	12 g
• celkový P	2 – 4 g
• BSK ₅ /CHSK	0,55
• rozdělení BSK ₅ :	
nerozpuštěné	30 g
usaditelné	20 g
neusaditelné	10 g
rozpuštěné	30 g

37

Decentralizovaný systém nakládání s odpadními vodami



Centralizovaný systém MO



DRUHY ODPADNÍCH VOD

- splaškové odpadní vody
- dešťové odpadní vody
- průmyslové odpadní vody
- infekční vody
- oplachové vody
- ostatní odpadní vody
 - které nelze zařadit do některé z uvedených skupin, nebo které se do stokové sítě dostaly za nepředvídaných okolností). Neznečištěné vody (chladič, kondenzované, podzemní, pramenité; také neznečištěné vody dešťové) nejsou odpadními vodami, pokud nejsou odváděny stokovou sítí. Doporučuje se je vsakovat nebo samostatně odvádět do recipientu, aniž by zatěžovaly systém odvodnění (sít' a ČOV). Pokud se již dostanou do stok, s výjimkou neznečištěných vod dešťových, mluvíme o odpadních vodách balastních

Množství splaškových vod z domácností

- Množství splaškových vod se určí přednostně měřením. Pokud není k dispozici, určí se výpočtem podle platných směrnic nebo podle skutečného vývoje spotřeby vody v řešeném území. Určuje se pro výhledový počet obyvatel, v návaznosti na vybavenost bytů, úroveň občanské a technické vybavenosti obce. Označuje se jako potřeba vody q_v [l/(obyv.d)].
- Průměrný denní průtok splaškových vod:
 - $Q_{24} = O \cdot q$ [l/d]
 - O - celkový počet, q - potřeba vody [l/(obyv.d)]
- Maximální průtok splaškových vod
 - $Q_{max} = Q_{24} \cdot k_h$ [m³/h]
- Stoky splaškové se dimenzují na
- $Q_{dim} = 2 \cdot Q_{max}$ [l/s]

NAVRHOVÁNÍ STOK JEDNOTNÉ A ODDÍLNÉ DEŠŤOVÉ SOUSTAVY

Používá se následujících výpočtových postupů:

- pro návrh profilů a objektů stokové sítě se používá tzv. racionálních metod, nebo návrhových modelů se simulací nestacionárních řešení srážkoodtokových jevů, popř. se používá metod se simulací znečištění.
- k posouzení navržených stokových sítí slouží simulační modely s nestacionárním řešením srážkoodtokových jevů, případně se simulací znečištění.
- před vlastním návrhem stokové sítě lze použít bilanční výpočty objemů splaškových a dešťových odpadních vod, včetně objemů jejich znečištění. Bilančním výpočtem se rozumí modelové řešení zjednodušené stokové sítě zatěžované dlouhou řadou dešťů. Do tohoto modelového řešení je zahrnuta simulace znečištění.

NAVRHOVÁNÍ STOK JEDNOTNÉ A ODDÍLNÉ DEŠŤOVÉ SOUSTAVY

Racionální metody vycházejí z obecného vzorce pro dimenzování každé jednotlivé stoky na průtok dešťových vod.

$$Q = \psi \cdot S_p \cdot q_s$$

kde Q je průtok dešťových vod (l/s)

ψ - součinitel odtoku

S_p - plocha povodí stoky (ha)

q_s - intenzita směrdatného deště (náhradního deště) uvažované periodicity p (l/s.ha)

- $p = 1,0$ pro města do 5000 obyvatel a jednotnou stokovou síť a všechna města bez ohledu na počet připojených obyvatel a oddílnou dešťovou soustavu a pro průmyslové závody
- $p = 0,5$ pro města s více než 5000 obyvateli a stokovou sítí jednotné soustavy.

SOUČINITEL ODTOKU

- Základní bilanční rovnice má tvar

$$dS \int_0^t i \cdot dt = r \cdot dS + dS \int_0^t z \cdot dt + dS \int_0^t q \cdot dt$$

- a z rovnice vyplývá, že v kterémkoli okamžiku celkový spadlý objem vody na elementární plochu dS se rovná objemu vody na ploše zadržené na průměrnou výšku r (retenci), objem vody vsáklé a vypařené z a objem vody odtoklé q .

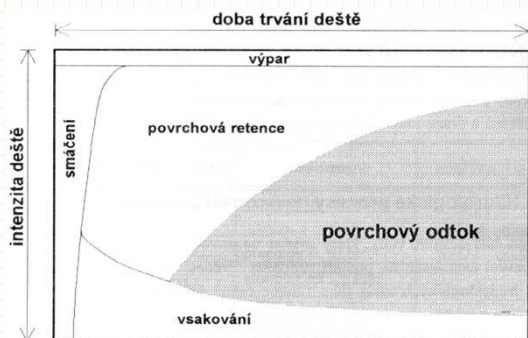
SOUČINITEL ODTOKU

- Součinitel odtoku pro kanalizaci je formulován jako vrcholový, okamžitý, poměr mezi objemem odtoklým v období výskytu q_{max} a objemem v tomto období spadlým
- $\psi = \frac{q_{max} \cdot \Delta t}{\Delta S \cdot i \cdot \Delta t}$ $q_{max} = \Delta S \cdot i \cdot \psi$
- Numerická hodnota tohoto součinitele je menší než 1,0 a je podstatně nižší než hodnota součinitele objemového.

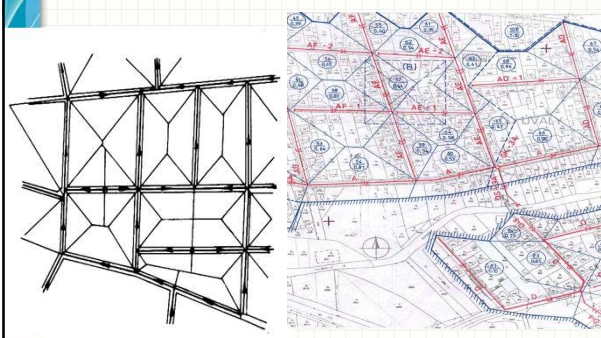
MODERNÍ METODY

- U moderních výpočtových metod se místo součinitelů odtoku vesměs používá rozdělení ploch na propustné a nepropustné.
- U propustných ploch se pro výpočet infiltrace používá Hortonova nebo Green-Amptova rovnice.
- Nepropustné plochy se dále dělí na plochy s nulovou retencí (střechy) a nepropustné plochy s retencí.
- Plochy se zadávají v procentech a přiřazuje se retence na zpevněných a nezpevněných plochách.

POVRCHOVÝ ODTOK



HRANICE ODVODŇOVANÉ PLOCHY



Znečištění vod

- Množství splaškových vod závisí na způsobech zásobování domácností vodou, na jejich vybavení a na způsobech nakládání s odpadními vodami
- Znečištění komunálních vod
 - Hrubě rozptýlené látky
 - Jemně rozptýlené usaditelné látky
 - Jemně rozptýlené obtížně usaditelné a neusaditelné látky a rozpuštěné látky
 - Organické látky (BSK vs CHSK)
 - Sloučeniny dusíku
 - Sloučeniny fosforu
- Populační ekvivalent, resp. ekvivalentní počet obyvatel:
 - $E = BSK_p \cdot Q / 60$
 - kde hodnota BSK je v g/m³, Q = spotřeba vody (m³) za den, 60 = specifické množství
- Populační ekvivalent je množství znečištění, které je stejné, jako znečištění tohoto druhu produkované denně jednou osobou.
 - BSK5 - 60 g na obyvatele a den
 - NL - 55 g na obyvatele a den
 - Ncelk. - 12 g na obyvatele a den
 - Pcelk. - 1.55 g na obyvatele a den

OTÁZKY?

DODATEK