

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2019/2020

**FRANTIŠEK
ZWETTLER**

**VEDOUcí PRÁCE
Ing. ILONA KOUBKOVÁ Ph.D.**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Zwettler Jméno: František Osobní číslo: 426281
Zadávací katedra: katedra technických zařízení budov
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh vnitřního vodovodu a kanalizace v hotelové budově
Název diplomové práce anglicky: The project of internal water supply system and sewerage system in hotel building

Pokyny pro vypracování:

- 1) Zpracujte projektovou dokumentaci ZTI (kanalizace a vodovod) na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Vyřešte též zpětné využití dešťových a šedých vod. Půdorysy a řezy 1:50, situace 1:400 - 1:500, zadané výpočty, nádrží pro zpětné využití šedé a dešťové vody, technická zpráva.
- 2) Rešerše: Možnosti řešení zpětného využití dešťových a šedých vod pro objekt hotelového typu.

Seznam doporučené literatury:

zákon č. 150/2010 Sb. O vodách a o změně některých zákonů
zákon č. 274/2001 Sb. - o vodovodech a kanalizacích a související předpisy
Vyhláška č. 428/2001 zákona č. 274/2001 SB o vodovodech a kanalizacích
Šálek J., Žáková Z., Hrnčíř P. Přírodní čistění a využívání vody v rodinných a rekreačních objektech

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Ilona Koubková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 26.09.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

26.9.2019
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Iloně Koubkové, Ph.D za vedení mé diplomové práce a také Ing. Michalu Mrkývkovi ze společnosti ASIO spol. s.r.o. za odbornou konzultaci a poskytnuté materiály.

Rád bych poděkoval i své rodině a přátelům za pevné nervy a vytrvalou podporu při psaní práce.

Anotace

Hlavním předmětem této práce je návrh systému likvidace odpadních vod a zásobování pitnou vodou hotelové budovy. Další částí diplomové práce je zamyšlení nad možností nakládání s odpadní a dešťovou vodou, případně jejího zpětného využití.

Klíčová slova

Šedé vody, zpětné využití odpadní vody, čištění šedých vod, dešťové vody, využití dešťových vod, zásobování pitnou vodou, čištění odpadních vod, malé čistírny odpadních vod

Abstract

The main topic of the diploma thesis is the design of the disposal wastewater system and supply drinkable water for hotel building. The next part discusses today's possibilities of treating and reusing wastewater and rainwater.

Keywords

Greywater, reuse of wastewater, purification of greywater, rainwater, use of rainwater, water supply, wastewater system, wastewater treatment plant

Obsah

1. Úvod	7
2. Odpadní vody	8
2.1. Vznik a dělení odpadních vod.....	8
2.2. Možnosti zpětného využití odpadních vod – šedé vody a dešťové.....	9
2.3. Likvidace odpadních vod	11
2.3.1. Bezodtokové jímky (žumpy)/septiky	13
2.3.2. Domácí čistírny odpadních vod	14
2.3.3. Kořenové čistírny odpadních vod	16
2.3.4. Pískové a zemní filtry	17
2.3.5. Dočišťovací a usazovací nádrže	18
2.4. Čištění šedých vod	19
2.5. Likvidace a využití dešťové vody	19
2.5.1. Drenáž.....	20
2.5.2. Vsakovací tunely a boxy	20
2.5.3. Vsakovací jímky	20
2.5.4. Průlehy, retenční nádrže	21
3. Pitná voda.....	22
3.1. Možnosti zásobování objektu pitnou vodou	22
3.2. Způsoby úpravy pitné vody	23
3.3. Nejpoužívanější řešení úpravy vody	24
4. Rešerše staveb.....	26
5. Závěr	29
6. Zdroje diplomové práce	30
7. Seznam obrázků	32
8. Slovníček a použité zkratky	34

1. Úvod

Ve své práci bych rád blíže prozkoumal cestu vody v objektu, a to od jejího získání až po její likvidaci. V dnešní době se totiž stále více zmenšují přírodní zdroje pitné vody a ubývá i vody srážkové. Proto je daleko důležitější se zabývat jejím získáváním i jejím zpětným využitím.

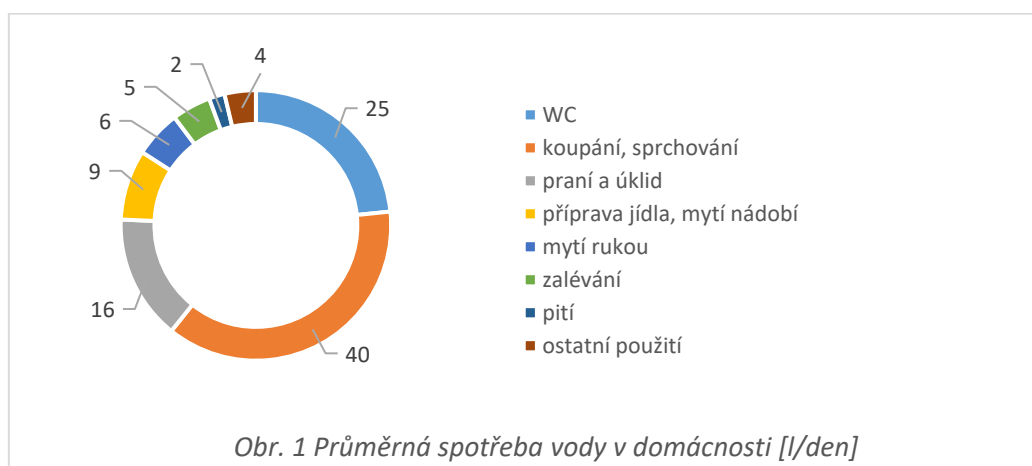
Kvůli rychlému úbytku zdrojů vody je jisté, že se v budoucnosti setkáme i s legislativní povinností zpětného využívání vod v České republice. Vzhledem ke zvyšující se spotřebě je tedy nevyhnutelné se zamyslet nad tím, kde je nezbytně nutné pitnou vodu využívat. Typickým příkladem je pak například splachování toalety, zalévání zahrad nebo praní prádla.

V dnešní době se již můžeme setkat s jednotlivými systémy, které nabízejí šetření nebo využití odpadní vody, a vedou tak nejen k úspoře vody a financí, ale i k možnosti stavění objektů na mnohem odlehlejších místech, na nichž by dříve byl problém například s likvidací splaškových vod.

Ve své práci bych rád nejdříve rozebral jednotlivé možnosti a posléze si vyzkoušel vybrané systémy navrhnout na objektu hotelu, který se nachází v CHKO bez možnosti napojení na veřejné sítě.

2. Odpadní vody

Odpadní voda vzniká činností člověka, který většinou pitnou vodu přeměňuje na vodu odpadní, a to svojí průmyslovou nebo zemědělskou aktivitou. V dnešní době stále roste spotřeba pitné vody, což znamená, že narůstá rovněž produkce vody odpadní. Jak jsem již psal v úvodu, je nutné se stále častěji zabývat jejím zpětným využitím. Proto je nezbytné rozdělit jednotlivé druhy odpadních vod, a to nejen podle zdroje, ale i podle stupně znečištění. Pokud porovnáme využití vody v rodinném domě a v hotelu, je patrné, že v nich vnikají různě znečištěné odpadní vody. Pokud bychom chtěli tyto odpadní vody znovu využít, je nutné je od sebe oddělit a následně stanovit vhodný systém jejich čištění.



2.1. Vznik a dělení odpadních vod

V rodinném domku, bytě nebo hotelu může vznikat hned několik druhů odpadních vod. Při pohledu na každodenní činnost člověka je jasné, že například voda z toalet bude znečištěna jinak než voda z umyvadel, sprch nebo praček.

Odpadní vody v objektech tedy dělíme následovně:

Voda dešťová

Jedná se o vodu, která vzniká atmosférickými srážkami (deštěm, sněhem, kroupami) a táním sněhu.

Vodu, která dopadá na zastřešené nebo zpevněné části objektu, je nutné svést pryč od něj. Odpadní vodou se stává, pokud je odváděna vnitřní kanalizací.

V dnešní době je velmi žádoucí srážkovou vodu na pozemku zachytávat a dále využívat nebo ji nechat vsakovat v místě stavby. Pokud totiž srážkovou vodu budeme z lokality odvádět, mohlo by dojít k vysušování oblasti a ke ztrátě schopnosti zadržovat vodu v krajině (například v důsledku úbytku zeleně).

Dešťová voda může být znečištěna infekčně choroboplodnými zárodky a mikroorganismy, které se ve vodě množí. Další druh znečištění pak plyne z povrchů, na něž voda dopadne a které mohou obsahovat anorganické části jako písek, cement a podobně.

Voda šedá

Voda šedá vzniká odpadním provozem v objektu, a to odtokem ze sprch, van, umyvadel a také z dřezů a myček nádobí. Tato odpadní voda neobsahuje fekálie a moč.

Většinou dochází k menšímu znečištění odpadní vody. Největší znečištění způsobují detergenty z pracích prášků, šamponů, mýdel a tak dále.

To ovšem neplatí pro dřezy, kde se mohou v odpadní vodě vyskytovat oleje a tuky. Pokud se jedná o menší kuchyně (například v rodinném domě nebo v bytě), není nutné tyto tuky zachytávat – při menším množství jsou ředěny za pomoci čisticích prostředků. U velkokuchyňských provozů je ovšem tuky a oleje nutné řešit lapáky tuků.

Voda hnědá

Tato odpadní voda obsahuje fekálie. Obvykle ji nezískáváme samostatně. Postupy na oddělení fekálií od moči však už také existují. Hnědé vody obsahují fosfor, draslík, větší množství uhlíku a méně dusíku. Mohou obsahovat také větší množství vápníku, hořčíku a železa. Člověk vyprodukuje kolem 50 l fekálií ročně.

Voda žlutá

Žlutá voda obsahuje močovinu. Moč je tvořena z 95% vodou. Zbytek se skládá z makronutrientů obsahujících dusík, fosfor a draslík. Člověk vyprodukuje přibližně 500 l moči ročně.

V objektu se s touto vodou můžeme setkat například u pisoárů. Žluté vody obsahují fosfor, který se dá využít například v zemědělství. V budoucnosti se dá tedy předpokládat, že by mohlo dojít k využívání žlutých odpadních vod na hnojení zemědělské půdy.

Voda černá

Jedná se o odpadní vodu obsahující hnědé a žluté odpadní vody. Tyto vody můžeme využívat také jako hnojivo, které by mohlo nahradit syntetické produkty.

Voda provozní (tzv. bílá)

Jedná se o vody určené ke spotřebě v objektu, které ovšem nejsou pitné. Všechny výtoky nebo zařizovací předměty by tedy měly mít označení, že se nejedná o pitnou vodu.

Dále v objektech můžou vznikat infekční, průmyslové a balastní vody, kterými se tato práce nezabývá.

2.2. Možnosti zpětného využití odpadních vod – šedé vody a dešťové

Využití šedých vod

Šedé vody lze po vyčištění využívat jako vodu provozní (tzv. bílou vodu). Tato voda může najít využití pro splachování toalet, pisoárů, úklid a zalévání.

Před použitím je nutné vody přečistit kvůli již zmíněným detergentům. PH šedé vody se pohybuje obvykle kolem 7–8, vody z praček pak kolem 9–10. Kvůli různorodému životnímu stylu obyvatel dochází k různému znečištění. Proto je třeba rozdělit šedé vody na vhodné a podmíněné pro recyklaci. Vhodná voda je z oblastí umyvadel, van a sprch. Podmíněná šedá voda pak pochází z kuchyňských dřezů a myček pro nádobí.

V současnosti v české legislativě chybí podrobnější předpis pro využití šedých vod, a je tudíž nutné využívat předpisy ze zahraničí.

Popis čištění odpadních vod je popsán níže:

*„Technologie čištění šedých vod lze rozdělit na fyzikální, fyzikálně chemické a biologické. V minulosti se často používaly i přírodní způsoby – usazování a filtrace na půdním filtru. Tyto metody se používají i dnes, ale většinou jen u chat apod. Pro větší objekty je standardem biologické čištění, separace nerozpuštěných látek a jejich hygienické zabezpečení. V minulosti to byly spíše extenzivnější postupy – aktivace s plovoucím nosičem a písková filtrace. Dnes už většina výrobců nabízí biologický reaktor s membránovou separací [...] a to z důvodu nižších prostorových nároků (úspora plochy až 50 % plochy). Někdy je součástí i hygienické zabezpečení, i když membrány samy o sobě tuto schopnost již mají.“ **

*článek čištění šedých vod a možnost využití energie z nich, autoři Ing. Karel Plotěný, Ing. Adam Bartoník, vydaný 8. 11. 2012, dostupný ke dni 2. 1. 2020 na adrese:
<https://www.asio.cz/cz/153.cistení-sedych-vod-a-možnost-vyuziti-energie-z-nich>

Využití dešťových vod

Dešťové vody jsou mnohem méně náročné na úpravu nebo uskladnění. Jedná se ovšem o nepravidelný zdroj vody. V dnešní době dochází k čím dál menšímu počtu srážek, obzvláště v letních měsících. V zimě je pak zapotřebí počítat se zamrznutím vody nebo s tajícím sněhem.

Dešťová voda se nejčastěji proto akumuluje v nádržích, odkud je pak voda čerpána a dále využívána.

Dešťová voda může být využita pro přípravu provozní vody, která je spotřebována uvnitř objektu, nebo například pro zalévání zahrady. Další možností je napojení akumulární nádrže na vsak nebo retenční nádrž, ve kterých je voda vsakována, nebo z nich případně odtéká regulovaně.

V dnešní době je nejvhodnějším řešením co největší zadržení a následné navrácení vody v místě dopadu, aby nedocházelo například k vysoušení oblasti nebo splavování půdy.

Velikost akumulární nádrže stanovujeme podle potřeby a podle využitelného množství srážkové vody. Dešťová voda by neměla být zadržována déle než 21 dní a mělo by být zamezeno přístupu světla k ní.

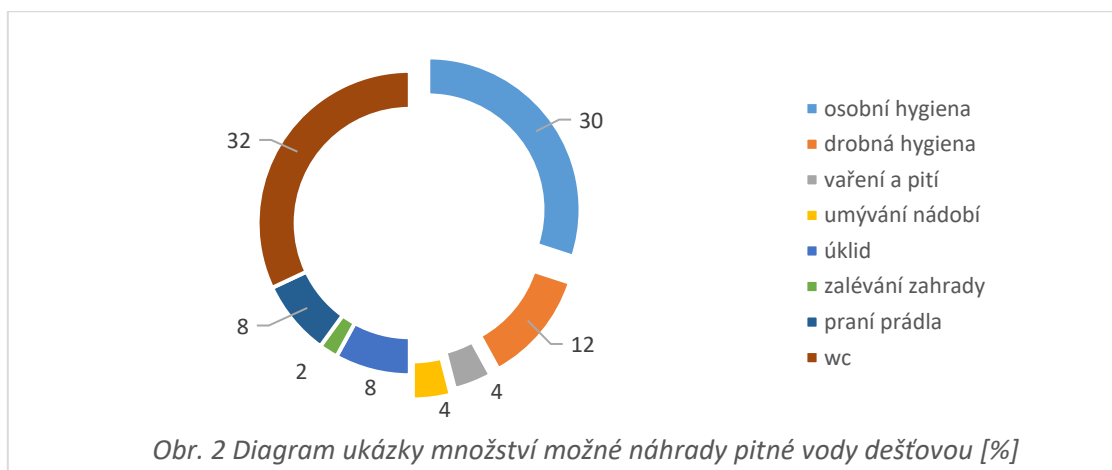
Pokud vodu budeme využívat pouze na závlivku zahrady, případně mytí auta, není nutné vodu příliš upravovat – stačí osadit filtr mechanických nečistot před vstupem do akumulární nádrže.

Pokud dešťovou vodu využíváme jako vodu provozní, je nutná úprava vody pomocí filtru mechanických nečistot a následně prostřednictvím UV zařízení, které z vody odstraňuje bakterie.

Odběr vody z akumulární nádrže je zajištěn čerpadlem, případně vodárnou s řídicí doplňovací jednotkou.

Dešťová voda je vhodná zejména na praní. Díky tomu, že je měkká, je zapotřebí menšího množství prášku, který se v ní lépe rozpouští. Navíc se zde tvoří mnohem méně vodní kámen.

Využití vody jako pitné je technicky možné, ovšem zatím kvůli české legislativě zakázané.



2.3. Likvidace odpadních vod

Nejčastějším způsobem likvidace odpadních vod je jejich svedení do veřejné kanalizace, odkud pak putují do čistírny odpadních vod.

Veřejná kanalizace může být buď jednotná pro splaškovou a dešťovou vodu, nebo oddílná.

Veřejná kanalizace ovšem není všude dostupná, a proto je nutné hledat alternativy ve formě bezodtokových jímek nebo malých domácích čistíren (dále jen ČOV).

Znečištění odpadní vody můžeme rozdělit na rozpustné a nerozpustné látky, dále pak na organické a anorganické látky.

Mezi rozpustné látky patří například cukry a mastné kyseliny. Za nerozložitelné lze považovat azobarviva.

Mezi nerozpustné látky lze zařadit například bakterie, papír, plasty, škroby, písek nebo sádro a cement.

Způsoby čištění vody jsou různé v závislosti na použitých technologiích. Obecně lze ale říci, že nejdříve je odpadní voda zbavena mechanických nečistot a následně je pomocí chemicko-fyzikálních metod pročištěna (například pomocí neutralizace, sorpce nebo vysrážení).

V neposlední řadě je možné odpadní vodu čistit i biochemickými metodami (aerobní a anaerobní čištění). Jedná se vlastně o čištění za pomoci mikroorganismů, které rozkládají organické znečištění. Chemickým čištěním se odstraňují například fosfáty. Biochemickými metodami (tzv. denitrifikací) se odstraňují například dusičnany a dusitany.

Hlavní ukazatele znečištění

Pro posouzení znečištění používáme tři hlavní ukazatele. Jedná se o BSK₅, CHSK_{Cr} a NL. BSK₅ je biochemická spotřeba kyslíku. Jedná se vlastně o množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech. CHSK_{Cr} neboli chemická spotřeba kyslíku vyjadřuje množství kyslíku potřebné pro uskutečnění všech chemických procesů ve znečištěné vodě.

NL pak vyjadřuje obsah nerozpuštěných látek v odpadní vodě, a to jak anorganických, tak organických.

Následně pak v odpadní vodě hodnotíme například množství dusíku nebo fosforu.

Způsob návrhu čištění OV

Čistírny odpadních vod se navrhují na počet ekvivalentních obyvatel (EO). Jednotka EO vyjadřuje množství znečištěné odpadní vody, které způsobí jeden člověk za den provozu. Je počítáno s produkcí 150 litrů odpadní vody za den na jednoho EO. Průměrná hodnota znečištění pak odpovídá 60 g BSK₅/den.

Návrh čištění odpadních vod závisí i na umístění objektu a na místních poměrech. Pokud se v místě nachází například veřejná kanalizace, bude nejlepší objekt napojit na ni.

Pokud pak uvažujeme nad lokálním čištěním odpadní vody, je nutné brát v potaz i vypouštění vyčištěné vody. To můžeme provádět buď do povrchových, nebo podzemních vod.

Vypouštěním do povrchových vod je myšleno vyústění přepadu z čistírny do recipientu, případně do usazovací nádrže.

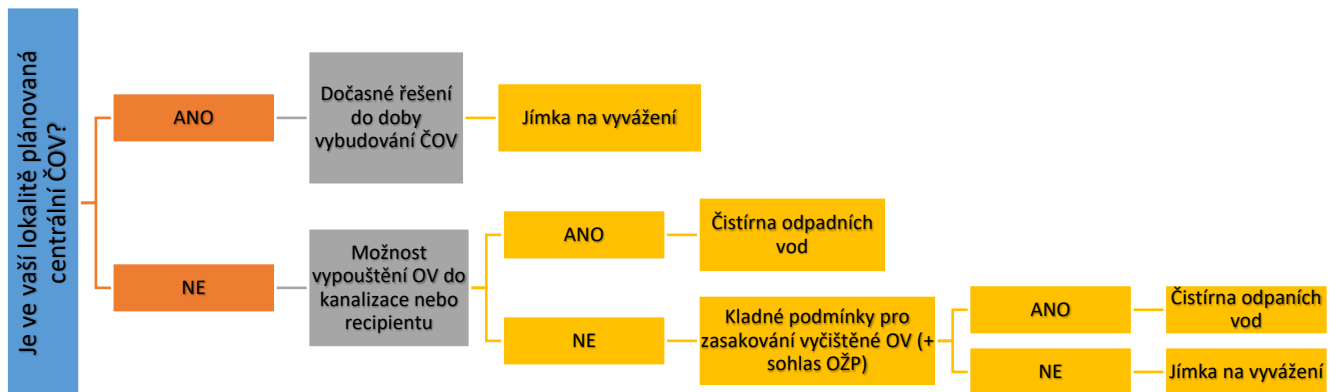
Jako **vypouštění do podzemních vod** jechápáno zasakování vod do podloží. K tomuto způsobu je nutné vypracování hydrogeologického průzkumu oblasti stavby.

Lokalita by se neměla nacházet:

- v oblasti ochranného pásma podzemního nebo povrchového vodního zdroje I. stupně,
- v akčním programu pro zranitelné oblasti dle § 33 odst. 2 vodního zákona,

- tam, kde by vypouštění způsobovalo zhoršení jakosti povrchových vod využívaných ke koupání,
- tam, kde by vypouštění způsobilo zhoršení kvality povrchových vod trvale vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů.

Vypouštění z ČOV do kanalizace je možné za předpokladu, že veřejná kanalizace není zakončena čistírnou odpadních vod.



Obr. 3 Rozhodovací schéma volby způsobu čištění odpadní vod

Jednotlivá zařízení na čištění odpadní vody budou rozebrána v dalších kapitolách.

2.3.1. Bezodtokové jímky (žumpy)/septiky

Jedná se vlastně o bezodtokové nádrže, které je nutné pravidelně vyvážet. Odvoz je prováděn do nejbližší centrální ČOV. Obsah žump nebo septiků není dovoleno vypouštět ani ve zředěném stavu, není jíím dovoleno přihnojovat zahradu či pole. Do žump není dovoleno přivádět dešťové vody. Toto řešení je vhodné tedy pro menší objekty s nárazovým provozem, například pro rekreační objekty nebo domy bez připojení vody. Také je vhodné pro objekty, kde není recipient pro vypouštění vyčištěných odpadních vod, ani možnost vsaku.

Výhody:

Dočasné řešení při plánované výstavbě veřejné kanalizace.

Vhodné pro rekreační a odlehlé objekty.

Nevýhody:

Vysoké pořizovací náklady.

Vysoké provozní náklady (například náklady za vývoz).

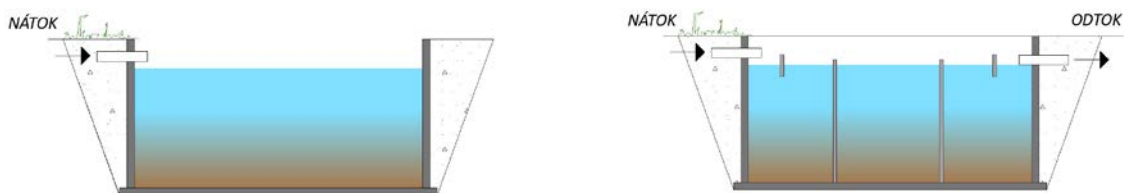
Poměrně velký zastavěný prostor.

Možnost zápachu při manipulaci s odpadem.

Žumpa – jedná se o bezodtokovou nádrž sloužící k akumulaci odpadních vod. Obsah je nutné kontrolovat a po dosažení maximální hladiny je nezbytné odstavit přívod kanalizace a obsah vyvézt fekálním vozem. Žumpa neslouží k čištění odpadních vod.

Septik – jedná se o průtočnou nádrž, sloužící k zachycení usaditelných látek a k jejich částečné mineralizaci v anaerobních podmínkách. Prostor septiku se skládá z jednotlivých komor, ve kterých probíhá sedimentace. Účinnost septiků je poměrně malá (cca 15% BSK₅). Je zde nutné odkalení zhruba jednou za rok. V současnosti je vhodné septiky doplnit ještě sekundárním čištěním ve formě například zemního filtru nebo kořenové čističky. Oproti žumpám mají nižší provozní náklady a jsou provozně méně náročné. Je zde ale omezená životnost filtrů a také stále nízká účinnost čištění.

Biologický septik – liší se od obyčejného septiku dobou zadržení a počtem komor. Pro zvýšení účinnosti jsou nátok a odtok kryty normovou stěnou, čímž se zabraňuje pronikání větších zadržovaných látek do dalších sekcí. Velikost nádrže se dimenzuje pro třídní zadržení.



Obr. 4 Schéma žumpy

Obr. 5 Schéma septiku

2.3.2. Domácí čistírny odpadních vod

Malé domácí čistírny odpadní vod jsou určeny pro objekty, kde není možné napojení na veřejnou kanalizaci. U objektů je ovšem možné vypouštění odpadních vod do recipientu nebo do podzemních vod. Jedná se o objekty, ve kterých díky biologicko-mechanickým procesům dochází k čištění odpadních vod.

Jsou vhodné pro menší objekty, jakými jsou rodinné domy, penziony nebo chaty.

K čištění je zde použito různých metod, většinou se dnes již jedná o kombinaci způsobů čištění. Způsoby a procesy, ale i jednotlivé účinnosti ČOV se mohou hodně lišit podle výrobců, druhů a užití malých ČOV. Rozlišujeme tři základní principy fungování ČOV – anaerobní, s biologickými filtry a pracující pomocí aktivace kalů. Dnes můžeme najít mnoho modifikací těchto principů.

ČOV založené na principu anaerobního čištění OV

Tvoří je kompaktní nádrž dělená na jednotlivé prostory. První část je usazovací nádrž, další pak anaerobní reaktor s biofiltrem a poslední část tvoří nádrž s dosazovacím prostorem. Mikrobiální rozklad organického znečištění bez přístupu vzdušného kyslíku (anaerobní proces) je intenzifikací přírodních procesů probíhajících samovolně na dně jezer a rybníků. Biofiltr slouží k mikrobiologickému osídlení, jež snižuje obsah organických látek v odpadní vodě.

V kombinaci s druhým stupněm dočištění je možné dosáhnout dobré úrovně vyčištění odpadních vod.

ČOV s biologickými filtry (skrápěné biofiltry)

Principem čištění jsou mikroorganismy žijící na pevném podkladu (bionosiči), na který se skrápěcím zařízením rozstříkuje odpadní voda. Biologický filtr je tvořen nádrží s roštovým dnem a náplní (plastová nebo z přírodního kamene). Roštovým dnem je přiváděn vzduch, který stoupá tělesem biofiltru a umožňuje biologický proces. Technologie čistíren založená na tomto principu se skládá z předčišťovací nádrže, samotného biofiltru a dosazovací nádrže.

Účinnost ČOV s biofiltry závisí na zvolené náplni biofiltru a jeho dimenzi. Odhaduje se 80–90%BSK₅. Tato technologie je hodně ovlivněna teplotními podmínkami a dnes je již málo používána.

ČOV s rotačními biofilmovými reaktory

Rotační biodiskové čistírny fungují na podobném principu jako biofiltry – využívají činnosti mikroorganismů přisedlých na bionosičích. Rozdíl oproti skrápěným filtrům je ale v tom, že nosič není skrápěn, ale otáčí se v nádrži. Při otáčení tak dochází ke střídavému namáčení a kontaktu se vzduchem, díky čemuž je zajištěn přístup kyslíku pro mikroorganismy.

Nádrž opět tvoří tři části – usazovací prostor, biozóna s disky a část dosazovací. Výhoda tohoto typu je snadný provoz a stabilita. Jsou vhodné zejména pro objekty s nerovnoměrným nátokem nebo pro OV s nízkým obsahem znečištění. Nevýhodou je pak vyšší spotřeba energie.

ČOV využívající principu aktivace

Způsob čištění těchto nádrží je založen výhradně na mikroorganismech udržovaných ve vznosu v aktivační nádrži pomocí provzdušňovacího zařízení. Dnes se již jedná o nejběžnější způsob čištění odpadních vod.

ČOV se většinou skládá z aerované nádrže (reaktoru), v níž dochází k čištění odpadní vody za současné produkce aktivovaného kalu. Z aktivační nádrže odtéká směs vody a kalu, který je oddělován v separační (dosazovací) nádrži, kde probíhá sedimentace kalu. Aktivovaný kal je pak z dosazovací nádrže přečerpán zpět do nádrže aktivační. Pro vytvoření aerobního procesu v nádrži je zde přiváděn kyslík prostřednictvím provzdušňovacího zařízení. Návrh je pak ovlivněn nejen

dobou zdržení OV, spotřebou kyslíku, ale i zatížením, stářím a indexem kalu. Výhodou takto fungující ČOV je snadná údržba a relativně nízké provozní náklady. Důležitá je ovšem pravidelná kontrola a údržba ČOV .

Výhody:

Omezená životnost filtrů u některých typů.

Nutná pravidelná údržba a servis.

Dnes již vysoká účinnost systémů díky modifikacím systémů čištění.

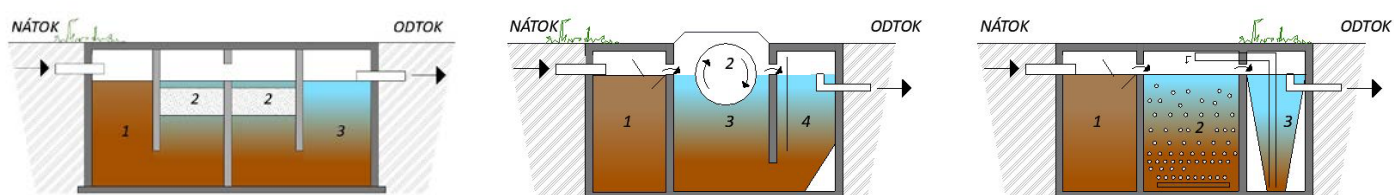
Nevýhody:

Požizovací náklady.

Nároky na zastavěnou plochu.

Dnes již poměrně účinné čištění odpadních vod.

Nezávislost na veřejné kanalizaci, možnost ostrovního řešení objektu.



Obr. 6 Schéma anaerobní ČOV (1-usazovací nádrž, 2-anaerobní reaktor s bionosičem, 3-dos. nádrž)

Obr. 7 Schéma Rotačního biofilmového reaktoru (1-usazovací nádrž, 2-biodisk, 4-dosazovací nádrž)

Obr. 8 Schéma aktivační ČOV (1-usazovací nádrž, 2 – aktivace kalu, 3-dosazovací nádrž)

2.3.3. Kořenové čistírny odpadních vod

Jedná se o ekologické čištění odpadních vod, které je v posledních letech na vzestupu. Vegetační kořenové čistírny (VKČ) patří do skupiny extenzivního způsobu čištění. Využívají fyzikálních (např. sedimentace, difuze, evaporace a filtrace), chemických (např. srážení, rozkladu látek, oxidace) a biologických procesů (bakterie a mikroorganismy), které probíhají v půdním porézním prostředí plně nasyceném vodou. Vegetační čistírny rozdělujeme do dvou skupin na VKČ s horizontálním nebo vertikálním prouděním. Nejrozšířenějším způsobem je vertikální proudění.

VKČ se nejčastěji skládá z hrubého předčištění formou česlí nebo lapáků písku, filtračního pole osazeného vhodnou vegetací a dočišťovací biologické nádrže.

K čištění se používají pouze přirozené procesy probíhající v mokřadních, půdních a vodních společenstvích. V nádrži tak probíhají například přirozené bakteriologické procesy a biologické procesy.

Bakteriologické procesy – jedná se o procesy probíhající v biologicky aktivním blátě. Jedná se vlastně o procesy, které způsobují bakterie na kořenech rostlin a povrchu substrátu. Tyto procesy hrají v čištění významnou roli. Na rozkladu a odstraňování látek se účastní mnoho skupin bakterií s různým enzymatickým vybavením. Například pro rozklad cukrů a škrobů jsou důležité amylolytické bakterie. V nádrži je tedy potřeba zajistit optimální prostředí pro tyto bakterie a dostatek živin.

Biologické procesy – spočívají v odstranění živin, kyslíčnicku uhlíčitého a znečišťujících látek organického a anorganického původu rostlinami. Jedná se o přirozené procesy jako fotosyntéza, příjem vody a dýchání rostlin. Tyto procesy zajišťují rostliny díky příjmu vody a živin ze substrátu v nádrži.

Výhody:

Začlenění do krajiny.

Relativní jednoduchost stavebního provedení.

Ekologické čištění.

Nízké provozní náklady.

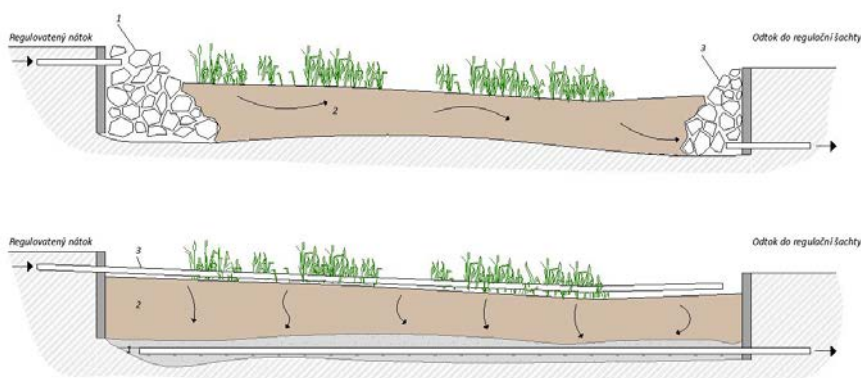
Nevýhody:

Účinnost závislá na klimatických podmínkách.

Nevhodné pro odpadní vody s vysokým obsahem organických látek.

Nutná pravidelná kontrola vody a stavu v nádrži.

Potřeba velké plochy.



Obr. 9 Schéma VKČ s horizontálním průtokem (1-přítoková zóna, hrubé kamenivo, 2 – čistící zóna – pískový substrát, 3 – odtoková zóna – hrubé kamenivo)

Obr. 10 Schéma VKČ s vertikálním průtokem (1-drenážní vrstva kolem odtokového potrubí, 2-filtrační vrstva, pískový substrát, 3-rozvod přívodní vody)

2.3.4. Pískové a zemní filtry

Funkce zemních filtrů je založena na současně probíhajících biochemických a fyzikálněchemických procesech. Zemní filtry jsou vhodné pro čištění již předčištěné odpadní vody (například ze septiků). Zemní filtr se skládá z vrchní rozváděcí drenáže, filtračního lože a dolní sběrné nádrže. Vrchní rozvodná zóna je provedena z hrubého kameniva a drenáže. Filtrační lože je pak provedeno většinou z písku frakce 1–4 mm. Dolní sběrná nádrž je pak obvykle tvořena drenáží uloženou na nepropustné folii. Celé těleso se umísťuje pod zem. Je tedy zapotřebí velkého místa a rovněž je nutné počítat s odvětraným přístupem k zemnímu filtru.

Vlastní čištění probíhá tak, že na povrchu filtračního písku se vytvoří tenká vrstva rozloženého a biologicky oživeného materiálu, která brání rychlému průtoku čištěné vody. Voda postupně prokapává pískovým ložem do vlastního filtračního tělesa. Tím dojde k biologickému čištění odpadní vody mikroorganismy. Vlivem dlouhé doby zadržení pak dojde k vysokému stupni mineralizace. Při návrhu je potřeba dbát zejména na vhodnou volbu uspořádání filtru a na volbu filtračních materiálů.

Výhody:

Nízké pořizovací náklady.

Nulová spotřeba elektrické energie.

Poměrně vysoká účinnost čištění.

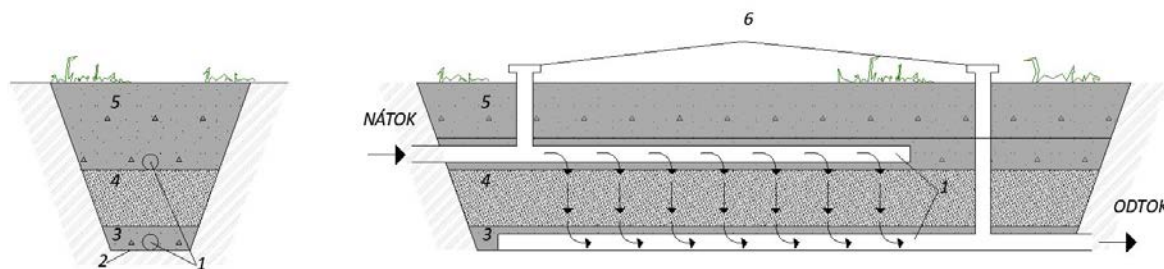
Vhodné pro dočištění po mechanickém čištění OV (druhý a třetí stupeň čištění).

Nevýhody:

Omezená životnost.

Vysoký spád filtru.

Zastavěná plocha.



Obr. 11 Schéma zemního filtru (1-drenážní potrubí sloužící pro nátok a odtok, 2-oddělení od podlahy, 3-drenážní vrstva kolem odtokového potrubí (štěrk), 4-filtrační vrstva (písek), 5 - drenážní vrstva kolem přítokového potrubí (štěrk) + zához zeminou)

2.3.5. Dočišťovací a usazovací nádrže

Dočišťovací biologické nádrže jsou v současnosti nejrozšířenějším druhým stupněm čištění odpadních vod. Probíhá v nich biologické odstranění zbytkového organického znečištění. V nádrži také probíhá poutání důležitých živin. Dochází zde i k akumulaci vody, která může být využita například na závlahu zahrady.

Zajištění čistícího procesu má za úkol rovnoměrné zatížení nádrže. Je tedy nutné v nádrži zajistit usměrnění proudů pomocí usměrňovacích staveb nebo průtočnými překážkami. K usměrnění průtoku může být použita například síť z plastů, kterými prorostou řasy zvyšující účinek čištění.

Výhody:

Osvěžení krajiny, zadržení vody v krajině.

Vhodné dočištění pro více uživatelů (malé obce).

Možnost přestavění nebo rekonstrukce rybníku u obcí.

Nevýhody:

Snížení účinnosti ve vegetačním období.

Zabírají velkou plochu.

Nutné terénní úpravy a vhodné podloží.

2.4. Čištění šedých vod

Zařízení pro čištění šedých vod se skládá z vyrovnávací nádrže, která současně plní i usazovací funkci, a jednotlivých filtrů (bioreaktor).

Vyrovňovací nádrž má za úkol vyrovnávat složení přitékající vody a zajistit rovnoměrný odtok na filtry.

V nádrži s filtry je pomocí biologických procesů voda čištěna. Následně je vyčištěná voda akumulována v akumulační nádrži a odtud čerpána do rozvodu provozní vody.

Napojení systému čištění by mělo být přes jednoduchý filtr mechanických nečistot (lapák písku, vlasů, a textilních vláken)



Obr. 12 Příklad schématu čištění šedých vod

2.5. Likvidace a využití dešťové vody

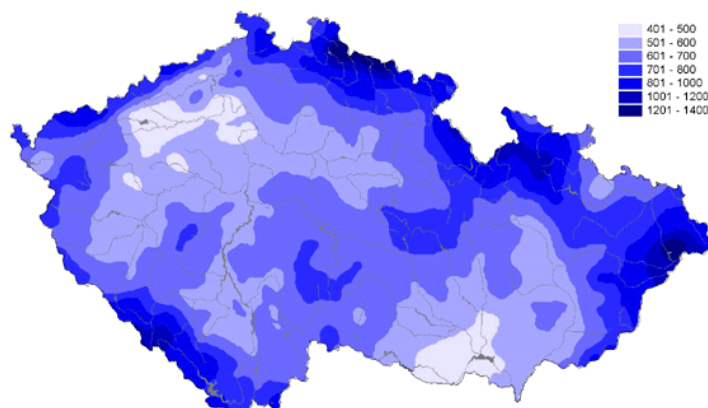
Jednotlivým využitím a likvidací dešťových odpadních vod jsem se již zabýval na začátku práce. Odvod dešťové vody z oblasti je v dnešní době problém. Dochází totiž k odvodňování půdy, poklesu hladiny spodní vody a změně základových poměrů. Z těchto důvodů je potřebné řešit využití nebo likvidaci dešťové vody přímo v místě stavby.

K likvidaci dešťové vody je vhodné použití vsakování do podloží. K tomuto využití je ale zapotřebí optimálních poměrů v podloží pro vsak. Je tedy nutné provést před návrhem nebo stavbou hydrogeologický průzkum, který nám pomůže rozhodnout o optimální metodě likvidace nebo případného využití dešťové vody.

Vsakování srážkových vod můžeme provádět pomocí drenáže („trativodu“), vsakovacích tunelů nebo boxů, vsakovacích jímek nebo průlehlů a retenčních nádrží.

Podzemní vsakovací zařízení jsou vhodná pro vsakování přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod po jejich předčištění.

Návrh vsaků a nádrží je závislý na vydatnosti dešťů v dané lokalitě, velikosti dešťů a v neposlední řadě pak na rychlosti dovoleného odtoku.



Obr. 13 Mapa srážkových úhrnů České republiky

Zdroj: <https://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/nadrze-na-destovou-vodu/kalkulator-velikosti-nadrze.html>.

2.5.1. Drenáž

Drenážní systém neboli trativod je vhodný pro likvidaci srážkových vod z menších objektů. Jedná se o potrubí v podzemí, kam je přiváděna srážková voda, která je následně zasakována do okolní zeminy. Potrubí je vhodné obsypat štěrskem pro zvětšení vsaku podloží. Potrubí by mělo být dvouplášťové. Měl by zde být zajištěn přístup pro revizi a případné čištění pomocí drenážní šachty. Trativody jsou vhodné pro vsakování menšího objemu vody. Jsou ideální jako doplnění přepadu k akumulacím nádržím.

2.5.2. Vsakovací tunely a boxy

Tunely a boxy se využívají u větších objektů, kde není možné použití trativodů. Vsakovací tunely a boxy tvoří prostor v podzemí, kam natéká voda, jež je postupně vsakována do podloží. Jedná se o propojený systém, takže sem může být přivedeno větší množství vody, které je pak postupně vsakováno. Kolem boxů nebo tunelů je dobré provést vrstvu štěrku, které umožní lepší vsakování do zeminy. Vrstvu štěrku od okolní zeminy je ovšem nezbytné izolovat geotextilií, která chrání i vsakovací prvky. Tyto prvky mají v dnešní době jednu z největších účinností pro vsakování vod (až 95%). Boxy a tunely by měly být opatřeny odvětráním a monitoringem hladiny.

Výhodou boxů a tunelů je, že dochází ke vsakování vody nejen vodorovnou plochou, ale i boky.

Vsakovací boxy je vhodné využít pod povrchy s těžkým provozem (například komunikace). Jsou vyrobeny nejčastěji z plastů. Systémy se skládají z jednotlivých boxů, které se skládají vedle sebe, popřípadě na sebe a jsou vzájemně propojeny.

Vsakovací tunely mají tvar klenby a jsou vyrobené většinou z plastů. Obvykle využívají k vsakování vodorovné plochy, výjimečně i boční stěny.



Obr. 14 Vsakovací box

Zdroj: https://www.destovenadrze.cz/eshop/rain-bloc-300-l-detail?gclid=Cj0KCQiAr8bwBRD4ARIsAHa4YyKhOjrPN4BGDFRYI4H5fHge7Yb18ESiHSpzTxqfeJUcatqz06LyST0aAh24EALw_wcB

Obr. 15 vsakovací tunel

Zdroj: https://www.shop.elkoplak.cz/vsakovaci-tunel-300-l?gclid=Cj0KCQiAr8bwBRD4ARIsAHa4YyI3rFjy1wg5HjHxZkpuM1bU9vOEokC55iMQ3tJE9a11BjiHpTDMLMaAm9KEALw_wcB

2.5.3. Vsakovací jímky

Vsakovací jímky fungují na stejném principu jako boxy nebo tunely. Jedná se většinou o válcovou jímku, která je ve spodní části perforovaná. Do vsakovací jímky je přiváděna voda zbavená hrubých nečistot (filtrační šachta). Jako v předchozích případech je jímka obalena ochrannou geotextilií a obsypána štěrkom. Jímky jsou vhodné pro menší zasakování. Oproti tunelům nezabírají tolik místa. Z jímků může být i případně voda čerpána.

2.5.4. Průlehy, retenční nádrže

Jedná se o povrchové vsakování vody. Navrhují se v lokalitách s dostatečnou volnou plochou.

Srážková voda je vyvedena ze svodů, případně z přeplavu akumulací nádrže do volného prostoru, odkud je voda pak vsakována do podloží. Vsakování pomáhá i odpařování vody do ovzduší.

Retenční nádrže a průlehy mají díky zatravnění nebo růstu vodních rostlin přírodní vzhled. Díky odpařování vody může docházet k ochlazení okolí a mohou fungovat například i jako napajedla pro zvěř. Nevýhodou je naopak jejich malá vsakovací schopnost a potřeba velkého prostoru. Použití retenčních nádrží je vhodné například u výrobních hal, kde se nachází ohromné zpevněné plochy. Tyto nádrže se pak mohou využívat například i jako požární pro případ zásahu hasičských složek.

Vsakovací průlehy je vlastně snížení terénu, které nemá příliš velký sklon. Většinou je zatravněn.

Hloubka průlehu by měla být max. 300 mm. V případě realizace je vhodné upravit skladbu podloží. Doporučuje se uložit alespoň 100 mm štěrkopísku pod ornici. Vrstva štěrkopísku by měla být separována geotextilií.

Retenční nádrž zajišťuje regulovatelný odtok srážkové vody do kanalizace. Je tak rovněž součástí bezpečnostního opatření proti zahlcení kanalizačního systému. Nádrž funguje na principu vany, která se naplní a posléze regulovaným odtokem odpouští vodu do kanalizace nebo recipientu. Toto řešení je vhodné například i pro odvodnění parkovišť a silnic (za předpokladu umístění lapače ropných látek).



Obr. 16 Příklad vsakovacího průlehu

Zdroj: https://www.sumavanet.cz/oustachy/user/2019/plany/uzemni_studie/6_2_obrazova_priloha_03.pdf

Obr. 17 retenční nádrž v zámeckém parku Měšice

Zdroj: http://www.parkmesice.cz/vismo/gallery-viewer.asp?id_galerie=1022&width=412

3. Pitná voda

Pitná voda je zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém používání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví.

Z celkových zásob vody na planetě Zemi tvoří pitná voda jen 2,5%. Je to ovšem nejdůležitější a základní podmínka života. Zásobárnami sladké vody jsou ledovce, podzemní voda, povrchová voda a atmosférická voda. V některých koutech světa je nutné již vodu získávat z moře nebo oceánu pomocí složitého a nákladného odsolování.

Člověk získává vodu ke své spotřebě z povrchových nebo podzemních zásobáren. Pro ochranu kvality pitné vody jsou stanoveny hygienické požadavky a četnost a rozsah kontroly kvality pomocí legislativy ČR. Požadavky na pitnou vodu jsou mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemická a organoleptická.

Pro jednotlivá kritéria jsou stanoveny limity, které by měla pitná voda splňovat.

3.1. Možnosti zásobování objektu pitnou vodou

Pitná voda je v současnosti získávána jak z podzemních, tak povrchových zdrojů. Ve většině měst je voda přístupná z veřejné vodovodní sítě. Tato voda je hromadně čerpána a upravována ve vodárnách, odkud je rozvedena vodovodním řádem po městě.

V případě odlehlých objektů nebo menších vesnic, kde by se stavba vodárny a vodovodu nevyplatila, nebo není možná, je nutné zajistit zásobování vodou pomocí jednotlivých studní nebo vrtů.

Získávání pitné vody z podzemních zdrojů

Podzemní vody jsou většinou mineralizovanější než vody povrchové. Fyzikálně chemické parametry vod klesají jen nepatrně a je zde stálá teplota vody. Koncentrace organických látek bývá velmi malá a tyto vody neobsahují téměř žádný kyslík. Mívají nižší hodnotu pH vody – vyšší obohacení o kovy. Jímání podzemních vod se pak provádí buď pomocí plošných, vertikálních nebo horizontálních nebo kombinovaných jímacích objektů.

Typickým jímacím objektem, se kterým se můžeme běžně setkat, jsou studny (studny trubní nebo šachtové).

Jímání podzemní vody je navrhováno na základě hydrogeologického průzkumu a obecně platí, že voda z podzemních zdrojů je kvalitnější. Podzemní voda bývá i díky obsahu minerálů využívána jako ozdravná nebo jako kojenecká.

Získávání pitné vody z povrchových zdrojů

Jedná se o všechny vody vyskytující se na zemském povrchu. Jsou dotovány prostřednictvím podzemních vod a vody z atmosféry.

Kvalita povrchových vod hodně závisí na zdroji. U toků může kvalita odebírané vody kolísat v závislosti na délce i šířce toku. U nádrží pro změnu může kvalita kolísat vlivem hloubky nádrže.

Obsah rozpustných látek se pohybuje obvykle od desítek po stovky miligramů na litr. Obsah rozpuštěného kyslíku kolísá v závislosti na znečištění vody vlivem organických látek. Hodnota pH se pohybuje od 6,0 do 8,3. Kvalita vody závisí také na klimatických podmínkách a změnách.

V porovnání s podzemními vodami obsahují povrchové zdroje méně železa a manganu.

Povrchovou vodu jímáme z nádrží (věžové, sdružené, břehové, plovoucí jímací objekty) nebo vodních toků (jezové, břehové, dnové jímací objekty).

3.2. Způsoby úpravy pitné vody

Návrh a způsob úpravy vody by měl vycházet z podrobné rozvahy o použití vhodných technologických procesů. Toho je možné dosáhnout v rámci předprojektové přípravy zejména poloprovozním modelováním a provedenými testy vody. Úprava vody je pak ošetřena normou ČSN 75 5201. Při návrhu způsobu úpravy vody je vždy vhodné poradit se s odborníkem, který určí rozsah rozborů vody. Parametrů, které nás mohou ohrozit, je totiž mnoho. Jednak se může jednat o mikrobiologické a biologické znečištění vody, ale i o nebezpečné množství dusičnanů, minerálů nebo o obsah nebezpečných kovů. Škodlivý je například i vyšší obsah fluoridů.

Všeobecně se možnost úpravy vody dělí do tří kategorií:

I. kategorie – vody nevyžadují zvláštní úpravu, kromě dezinfekce, případně vody vyžadující mechanické odkyselení.

II. kategorie – vody vyžadují složitější úpravu. Například vody velmi měkké, obsahující železo nebo mangan.

III. kategorie – vody méně vhodné a nevhodné. Tyto vody mají vysokou tvrdost a přesahují hodnoty například manganu, železa nebo dusičnanů.

Mechanické způsoby úpravy vody

Používají se pro odstranění hrubých nečistot, zejména u povrchových vod. Slouží jako ochrana před mechanickým poškozením a zanášením potrubí. Do této skupiny patří například česle, síta, lapáky písku, usazovací nádrže.

Chemické způsoby úpravy vody

Používají se při úpravě podzemních vod například při odstranění agresivního oxidu uhličitého, železa, manganu, fluoridů, vápníků a tak dále. Jsou založeny například na principech neutralizace nebo srážení.

Fyzikálněchemické způsoby úpravy vody

Slouží k odstranění nerozpuštěných a koloidně dispergovaných látek, dále pak mohou sloužit k odstranění plynů, odbarvování a dezodoraci vody nebo k deionizaci vody.

Biologické způsoby úpravy vody

Tento způsob úpravy slouží hlavně k odželezování a odmanganování vody.

3.3. Nejpoužívanější řešení úpravy vody

Dezinfekce vody

Dezinfekce vody se provádí buď dávkováním chemikálií, nebo pomocí UV záření. Jedná se o odstranění bakterií a virů z vody. V současnosti se pro dezinfekci vody v drtivé většině používají oxidačně chemické látky. Při jejich rozkladu se ve vodě uvolňuje aktivní kyslík, který velice spolehlivě mikroorganismy likviduje. Chlor se ve vodě používá hlavně z důvodu prodloužení zabezpečení hygienické nezávadnosti. Dále se pro chemickou dezinfekci může používat manganistan draselný a ozon.

Využití UV záření je účinné a praktické. Jedná se ovšem o radioaktivní záření, proto je nutná opatrnost při užívání. Zároveň je ale jediným povoleným způsobem při dezinfekci kojenecké vody.

Úprava tvrdosti vody

Jedná se o snížení obsahu vápníku a hořčíku ve vodě. Odstranění těchto látek se pak provádí buď přidáním chemikálií, nebo dolomitickým vápencem a polovypáleným dolomitem. Vápník a hořčík jsou ve vodě žádoucí, jelikož ovlivňují chuť vody. Jejich zvýšené množství nás příliš neohrožuje. Zvýšené množství ovšem tvoří usazeniny ve spotřebičích (tzv. vodní kámen).

Obsah vápníku a hořčíku se dá snižovat například iontoměničovými náplněmi nebo pomocí reverzní osmózy. V praxi se nejvíce používají filtry s dolomitickým vápencem nebo polovypáleným dolomitem. Zvyšování obsahu hořčíku a vápníku v tzv. příliš měkké vodě je pak ovlivněno více parametry a vždy by je měl navrhnout odborník.

Odstranění železa a manganu

Odstranění železa a manganu se provádí pomocí filtrace, přidáním chemikálií nebo provzdušněním vody. Železo a mangan způsobují usazeniny v domácích spotřebičích a způsobují i nepříjemnou chuť vody. Jejich vyšší koncentrace není ale zdravotně závadná. Železo a mangan se ve vodě mohou vyskytovat ve více formách.

Nejčastěji se k jejich odstranění používá přidání oxidantů a provzdušnění vody, což má za následek vysrážení železa. Vhodné je také použití aktivovaných filtračních náplní například s polovypáleným dolomitem. Mangan je pak hůře odstranitelný – odstranění závisí i na úpravě pH a správném dávkování oxidantu s kombinací vhodného dávkování chemikálií (například manganistanu draselného).

Odstraňování dusičnanů

Dusík se ve vodě vyskytuje ve formě dusičnanů, dusitanů, amoniaku, amonný iontů nebo atomárního dusíku. Na formě výskytu dusíku se nejvíce podílí obsah rozpuštěného kyslíku, pH a mikrobiologické procesy probíhající ve vodě.

Nejčastěji se s ním setkáváme ve formě dusičnanů.

Dusičnany lze odstraňovat především pomocí iontové výměny, které je dosahováno pomocí filtrací na iontoměnič, jenž je umístěn s filtračními náplněmi ve filtrační nádobě.

Další častou formou mohou být ve vodě zvýšené koncentrace dusitanů (NO_2). Ty lze relativně snadno odstranit oxidací například společně s dezinfekcí vody.

Odstranění radioaktivních látek

Nejčastějším problémem bývá přítomnost radonu. Tento radioaktivní plyn je přírodní součástí geologického prostředí. Jedná se o rozpustný plyn, který lze velice snadno z vody odstranit provzdušněním.

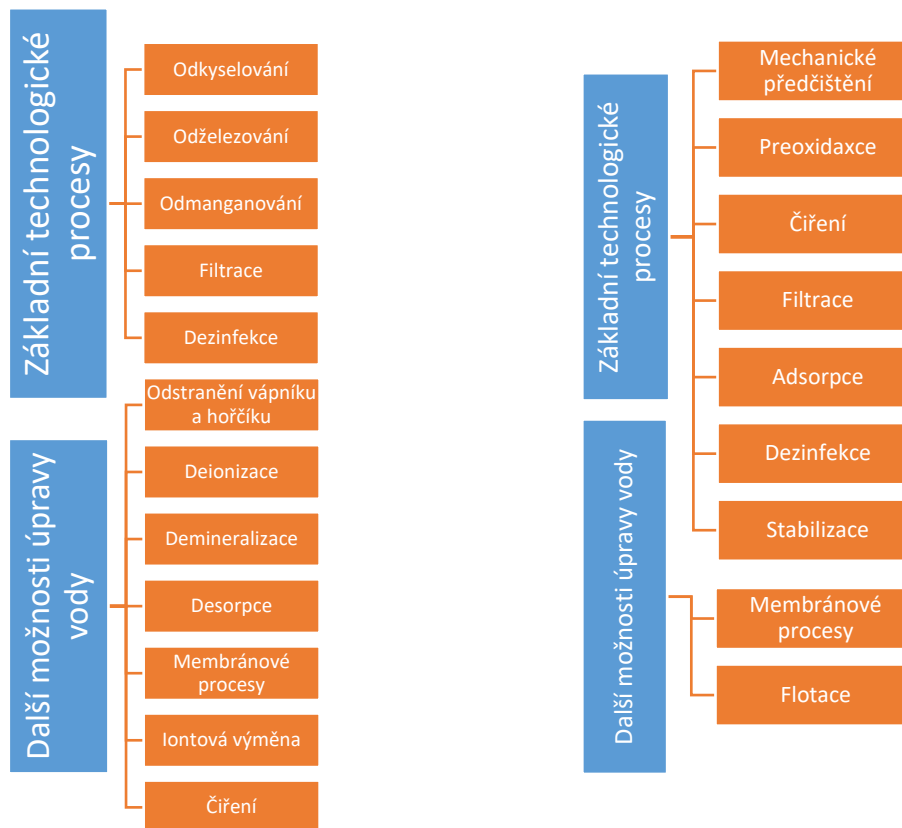
Odstraňování organických látek

Jedná se o sloučeniny uhlovodíků a o nejsložitější látky vyskytující se ve vodě. Jde o znečištění vody jak přírodního, tak antropogenního původu. Jedná se například o znečištění vody pesticidy nebo ropnými látkami.

Pití vody s těmito látkami může mít velké zdravotní důsledky, a proto je jejich koncentrace přísně stanovena.

Vhodnými metodami odstranění jsou aktivované filtrační náplně, použití membránových filtrů nebo úprava pomocí chemikálií. Vhodnou úpravou může být také oxidace například při dezinfekci nebo při oxidaci železa a manganu.

Dalším účinným postupem je absorpce na aktivním uhlí. To poměrně spolehlivě zachycuje i velice složité uhlovodíky. Aktivní uhlí ovšem zachycuje a odstraňuje i rozpuštěný chlór.



Obr. 18 Schéma možné úpravy podzemní vody (vlevo) a povrchové vody (vpravo)

4. Rešerše staveb

Výrobní areál společnosti LIKO-S a.s. ve Slavkově u Brna

Realizace v roce 2005

Jedná se o stavbu uprostřed průmyslové oblasti. Stavba je postavena z masivní dřevěné panelové konstrukce. Fasádu pak pokrývá zelená fasáda. O vytápění a chlazení budovy je postaráno díky zemnímu tepelnému čerpadlu s kolektory pod zastavěnou plochou.

Veškerá voda, která se v areálu vyprodukuje, je společně s dešťovou vodou recyklována. Odpadní voda je čištěna pomocí kořenové čističky na střeše objektu. Na střeše je umístěno souvrství materiálů, které je nasycené vodou a umožňuje růst mokřadních rostlin. Odpadní voda je sem dopravována čerpadlem a samospádem pak přepadává i do mokřadní fasády. Mokřadní fasáda je založena na stejném principu jako kořenová čistírna – jedná se o soustavu nad sebou zavěšených kazet se substrátem nasyceným vodou a osázeným mokřadními rostlinami.

Voda je pak akumulována ve vyhodnocovací šachtě a následně je buď znova přečištěna, nebo využita jako voda provozní. Voda provozní v areálu slouží pro splachování záchodů.

Dešťová voda je shromažďována v retenčním jezírku. Zadržaná voda je následně využita pro celý areál v období sucha.

Díky retenční nádrži a zeleným fasádám se budova nepřehřívá. Přirozený výpar z těchto ploch také zlepšuje klima v bezprostřední blízkosti budovy.

V areálu je řešeno také odvodnění zpevněných ploch pomocí zatravněvací dlažby a ploch zeleně určené pro vsakování.



Obr. 19, 20, 21 Výrobní areál společnosti Liko-s a.s.

Úspora pitné vody v objektu SUV Toulcův dvůr, Praha

Zatím ve fázi projektu

Jedná se o středisko environmentální výchovy v Praze. Podstatou projektu je aplikace využívání dešťové vody pro splachování WC. Dešťová voda je zde zachytávána do akumulčních nádrží a uvažuje se o jejím dalším využití. Napojení toalet na dešťovou vodu by přineslo úsporu 2–5 % ze spotřeby pitné vody. Je zde uvažováno i s možným využitím systému recyklace šedé vody.

Bytový dům Botanica v Praze 5

Tento bytový dům používá systém pro hospodaření s šedou vodou. Voda z umyvadel, van a sprch je po přečištění zpětně používána na splachování toalet. Díky tomuto řešení uspoří stavba až 6000 l denně. U domu je navíc umístěna akumulční nádrž pro zachycení srážkových vod, které jsou využívány pro zalévání v okolí domu.

Areál Otevřená zahrada v Brně

Vybudováno v roce 2012

Jedná se o vzdělávací environmentální centrum s prostornými zahradami. Součástí areálu je i budova, která slouží k edukaci stavitelství šetrnému k životnímu prostředí.

Vytápění a chlazení zde zajišťují tepelná čerpadla. Řízené nucené větrání je zde řešeno pomocí rekuperace a užitková voda je zde řešena ohřevem solárních kolektorů.

V areálu je zachycována dešťová voda ze střech a zpevněných povrchů do akumulačních nádrží.

Následně je využívána jako voda provozní k zalévání zahrady a splachování toalet. Při splachování se tak ušetří až 60 % pitné vody. Pro zásobování vodou je v areálu zřízen i vlastní vrt – nedochází ke spotřebování pitné vody z veřejného zdroje. Ke zpomalení odtoku srážkové vody přispívají i zelené střechy, které navíc ochlazují a zvlhčují prostředí ve městě.

Šedá voda je zde čištěna pomocí kořenové čistírny. Jedná se o výukový biotop. Čištění vody zde zajišťuje šterkopískový podklad a bakterie žijící na kořenech rostlin.

V objektu jsou nainstalovány i úsporné perlátory Watersavers, které snižují spotřebu pitné vody až o 30 %.

Budova je monitorována. Na stránkách zelené zahrady je možné se podívat například na současnou spotřebu vody nebo na energetické nároky budovy.



Obr. 22, 23, 24 Areál Otevřená zahrada v Brně

Main Point Karlín, Praha

Roky realizace 2003–2008

Jedná se o kancelářskou budovu v centru Prahy, která díky své šetrnosti k životnímu prostředí získala certifikaci LEED.

Při návrhu zde bylo dbáno na využívání srážkových vod. Dešťová voda ze střechy je zde akumulována a následně je využívána pro zalévání střešních teras a zeleně v areálu. Akumulovaná voda je pouze filtrována filtrem mechanických nečistot a zbavena bakterií.

Akumulační nádrže o objemu kolem 60 m³ mají dostatečnou kapacitu i na pokrytí nejsušších měsíců.

V budově jsou navrženy i vertikální zahrady, která mají za úkol zlepšovat mikroklima v budově.

Chlazení v budově je pak navrženo pomocí systému free-cooling využívající vodu z Vltavy.



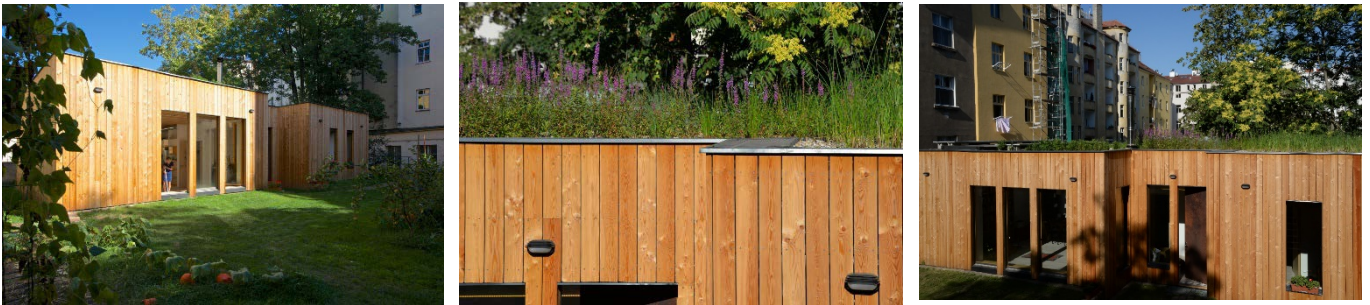
Obr. 25, 26, 27 Budova Main Point Karlín

Dům s mokřadní střechou na Letné, Praha

Jedná se o rodinný dům, který byl postaven ve vnitrobloku současné zástavy. Tento dům byl postaven v pasivním standardu.

Dům má zelenou střechu, která je koncipována jako mokřad – zadržuje ještě více dešťové vody a slouží i jako kořenová čistírna pro odpadní vody. Přečištěná voda je pak použita zpětně v budově na splachování a zalévání.

Objekt je vytápěn a chlazen za pomoci zemního výměníku. Užitková voda je ohřívána pomocí fototerických panelů na střeše.



Obr. 28, 29, 30 Rodinný dům na Letné

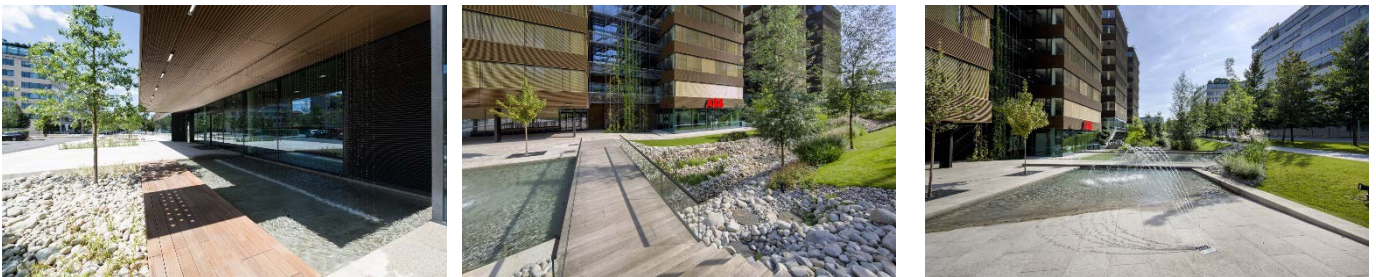
Vsakovací systém Budovy Delta v Praze

Jedná se o kancelářskou budovu v pražské Michli.

Delta ukazuje, že hospodaření s dešťovou vodou je možné i v případě rozsáhlých kancelářských komplexů. Budova získala dokonce certifikaci BREAM právě za hospodaření s dešťovou vodou.

Část střechy budovy je pokryta ozeleněnou střešní terasou. Zelení je pokryta asi třetina střechy.

Voda, kterou nezadrží střecha, je pak svedena do retenční nádrže. Tato nádrž je pak parkově upravena, a dotváří tak atmosféru příjemného veřejného prostranství. Při naplnění této nádrže pak voda přetéká do další nádrže komponované jako říční delta. Otevřené retenční nádrže umožňují odpařování vody do ovzduší, což podporuje i vodní režim krajiny.



Obr. 31, 32, 33 Vsakovací systém budovy Delta

Hotel Mosaic House v Praze

Mosaic House je první hotel v České republice využívající energie z obnovitelných zdrojů. V tomto hotelu byl zaveden i systém pro využití šedé vody pomocí recyklačního systému Pontos AquaCycle. Jedná se o systém, který využívá i odpadní teplo těchto vod. Jde o biologické čištění pomocí nárostové biomasy v molitanové drti umístěné v provzdušňovacích nádržích.

Produkty AQUALOOP od společnosti ASIO s.r.o., využívající biologického čištění přes membrány, byly použity například v hotelu Galant v Mikulově nebo v centru Rozmarýnek v Brně.

5. Závěr

Diplomová práce se zabývala zpětným využitím odpadních vod. V teoretické části jsem se snažil rozebrat současné dělení a možnosti využití a likvidace odpadních vod. Dále jsem se zaměřoval na možnosti zásobování objektů pitnou vodou.

Z jednotlivých rešerší je patrné, že u některých staveb je vhodné zpětné využití odpadních vod.

V rámci práce byly také uvedeny důvody, proč je nutné se v současnosti zabývat technologiemi pro hospodaření s vodou. Tím podstatným důvodem je možná finanční a ekologická úspora staveb. Další motivací k řešení by pak mohla být i rostoucí cena a nedostatek pitné vody.

V současnosti si již každý člověk (nejen z České republiky, ale i v zahraničí) mohl všimnout, že v letních měsících ubývá srážek a přibývá takzvaných měsíců sucha. Je proto žádoucí řešit i nakládání se srážkovými vody.

V rámci projektu jsem si pak chtěl vybrané technologie zkusit navrhnout na vybraný projekt stavby. Tento objekt se mi líbil, jelikož se v dané lokalitě nenachází veřejné sítě a je nutné řešit kanalizaci a zásobování vodou ostrovně.

Objekt hotelu také vybízí ke zpětnému využívání šedých nebo dešťových vod, což může mít přidanou hodnotu i pro návštěvníky.

6. Zdroje diplomové práce

Literatura

- SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1: Úprava a čištění vody. 2.* přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013.
- MICHALEK, V. a A. DAŘÍČKOVÁ. *Upravujeme vodu: doma a na chatě.* Praha: Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1546-9.
- ZELINKA, Z. A Z. FORMÁNEK. *Stavíme úpravny vody.* Brno: ERA group spol. s.r.o., 2005. ISBN 80-7366-036-9.
- HERLE, J. a P. BAREŠ. *Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění.* Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 04-730-09.
- ŠÁLEK, J., Z. ŽÁKOVÁ a P. HRNČÍŘ. *Přírodní čištění a využívání vody: v rodinných domech a rekreačních objektech.* Brno: ERA group spol. s.r.o, 2008. ISBN 978-80-7366-125-0.
- SOJKA, J. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy.* Praha: Grada Publishing, a.s, 2013. ISBN 978-80-247-4504-6.
- SOJKA, J. *Malé čistírny odpadních vod.* Brno: ERA group spol. s.r.o, 2001. ISBN 80-86517-11-X.
- ŠÁLEK, J a V. TLAPÁK. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006. ISBN 80-86769-74-7.

Normy a zákony

- ČSN 73 0873: 2003 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou.
- Zákon č. 150/2010 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a související předpisy.
- Zákon č 275/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů a zákon č 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 428/2001 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavením řádu (stavební zákon).
- ČSN 73 6660: 1984 Vnitřní vodovody.
- ČSN EN 806-2 (75 5410): 2005 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě. Část 2: Navrhování.
- ČSN EN 806-3 (75 5410): 2006 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě. Část 3: Dimenzování potrubí – Zjednodušená metoda.
- ČSN EN 805 (75 5011): 2001 Vodárenství – požadavky na vnější sítě a jejich součásti.
- ČSN 75 5401: 2007 Navrhování vodovodního potrubí.
- ČSN 75 6402: 1998 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel.
- ČSN EN 12056-1 až 5 (75 6760): 2001 Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy.
- ČSN 75 6760: 2003 Vnitřní kanalizace.
- ČSN 75 6101: Venkovní systémy stokových sítí a přípojek.
- ČSN 75 5201: Vodárenství. Navrhování úpraven pitné vody.

Odborné webové stránky

<https://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>
<https://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cisteni-a-docistovani-odpadnich-vod>
<https://www.asio.cz/cz>
<https://www.nicoll.cz/>
<https://www.tzb-info.cz/>
<https://www.pocitamesvodou.cz>
<http://tzb.fsv.cvut.cz/>
<https://ekolist.cz/>
<https://www.citacepro.com/dok/iE79Xu7krUf0fpi2?kontrola=1>
<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16101-v-cr-se-zacalo-vyuzivani-tzv-sedych-vod-sklonovat-ve-vsech-padech>

rešerše

<http://www.prostranstvi.cz/Priklady-dobre-praxe/Databaze/Experimentalni-budovy-vyvojoveho-centra-LIKO-Noe>
<http://www.ibestof.cz/stripsy-ze-spolecnosti/mezinarodni-oceneni-pro-architektonickou-archu-liko-noe-ve-slavkove-u-brna.html>
<https://www.soutezprovodu.cz/Inspirace/Reseni/Uspora-pitne-vody-v-objektu-SEV-Toulcuv-dvur>
<https://echo24.cz/a/w2ZRr/skanska-postavila-prvni-bytovy-dum-vceske-republice-ktery-recykluje-pitnou-vodu>
<https://www.skanska.cz/kdo-jsme/media/archiv-tiskovych-zprav/170738/Skanska-odstartovala-prodej-posledniho-bytoveho-domu-v-rezidencni-ctvrti-Botanica-v-Praze-5-Jinonicich>
<http://www.otevrenazahrada.cz/energie>
<http://www.dam.cz/cs/portfolio/main-point-karlin>
<https://www.pocitamesvodou.cz/mapa-prikladu/>
<https://www.pocitamesvodou.cz/mapa-prikladu/>
https://www.idnes.cz/bydleni/stavba/pasivni-dum-zelena-strecha-mokrad-letna-levne-bydleni-levne-topeni.A180201_101449_stavba_web
<https://www.pasivnidomy.cz/domy/dum-se-zelenou-mokradni-strechou-korenovou-cistickou-na-strese-517>
<https://www.pocitamesvodou.cz/mapa-prikladu/>
<https://www.bbcentrum.cz/cz/o-nas/bb-centrum/realizovane-projekty/budova-delta>
<https://www.archiweb.cz/b/bb-centrum-budova-delta>

Další zdroje

Přednášky a podklady z předmětů Technické navrhování budov 1 a Zdravotně-technologická zařízení budov.

7. Seznam obrázků

Obr. 1 Průměrná denní spotřeba vody v domácnosti

Graf sestaven na základě údajů převzatých z údajů pražských vodovodů a kanalizací dostupných na webových stránkách ke dni 02. 01. 2020:

<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>

Obr. 2 Diagram ukázky množství možné náhrady pitné vody dešťovou vodou

Graf sestaven na základě údajů převzatých z článku na webových stránkách dostupných ke dni 02. 01. 2020:

<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>

Obr. 3 Rozhodovací schéma volby způsobu čištění odpadní vod

Schéma převzato a upraveno z odborné literatury uvedené výše.

Obr. 4 Schéma žumpy

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 5 Schéma septiku

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 6 Schéma anaerobní ČOV

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 7 Schéma Rotačního biofilmového reaktoru

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 8 Schéma aktivační ČOV

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 9 Schéma VKČ s horizontálním průtokem

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 10 Schéma VKČ s vertikálním průtokem

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 11 Schéma zemního filtru

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 12 Příklad schématu čištění šedých vod

Schéma nakresleno dle odborné literatury uvedené výše

Obr. 13. Mapa srážkových úhrnů České republiky

Zdroj: <https://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/nadrze-na-destovou-vodu/kalkulator-velikosti-nadrze.html>

Obr. 14 Vsakovací box

Zdroj: https://www.destovenadrze.cz/eshop/rain-bloc-300-l-detail?gclid=Cj0KCQiAr8bwBRD4ARIsAHa4YyKhOjrPN4BGDFRYI4H5fHge7Yb18ESiHSpzTxqfeJUcatqz06LyST0aAh24EALw_wcB

Obr. 15 vsakovací tunel

Zdroj: https://www.shop.elkoplast.cz/vsakovaci-tunel-300-l?gclid=Cj0KCQiAr8bwBRD4ARIsAHa4YyI3rFjy1wg5HjHxZkpuM1bU9vOEokC55iMQ3tJE9a11BjiHpTDMLMaAm9KEALw_wcB

Obr. 16 Příklad vsakovacího průlehu

Zdroj: https://www.sumavanet.cz/oustachy/user/2019/plany/uzemni_studie/6_2_obrazova_priloha_03.pdf

Obr. 17 retenční nádrž v zámeckém parku Měšice

Zdroj: http://www.parkmesice.cz/vismo/gallery-viewer.asp?id_galerie=1022&width=412

Obr. 18 Schéma úpravy podzemní vody (vlevo) a povrchové vody (vpravo)

Schéma převzato z knihy *Vodní hospodářství obcí 1 – úprava a čištění vody*; viz výše uvedené.

Obr. 19, 20, 21 Výrobní areál společnosti Liko-s a.s.

Zdroj: <http://www.prostranstvi.cz/Priklady-dobre-praxe/Databaze/Experimentalni-budovy-vyvojoveho-centra-LIKO-Noe>

Obr. 22, 23, 24 Areál otevřená zahrada v Brně

Zdroj: <https://www.otevrenazahrada.cz/Uvod.aspx>

https://cs.wikipedia.org/wiki/Otev%C5%99en%C3%A1_zahrada

Obr. 25, 26, 27 budova Main Point Karlín

Zdroj: <http://www.dam.cz/cs/portfolio/main-point-karlin>

Obr. 27, 29, 30 Rodinný dům na Letné

Zdroj: <https://www.pasivnidomy.cz/domy/dum-se-zelenou-mokradni-strechou-korenovou-cisticou-na-strese-517>, autor fotografií Ing. Michal Šperling

Obr. 31, 32, 33 – vsakovací systém budovy Delta

Zdroj: <https://www.bbcentrum.cz/cz/o-nas/bb-centrum/realizovane-projekty/budova-delta>

8. Slovníček a použité zkratky

ČOV – čistírna odpadních vod

OV – odpadní vody

OŽP – odbor životního prostředí

EO – ekvivalentní obyvatel

Recipient – vodní tok, nádrž nebo rybník

VKČ – vegetační kořenové čistírny

Evaporace – fyzikální výpar vody z povrchu rostlin a substrátů

Aerobní – procesy za pomoci volného kyslíku

Anaerobní – procesy v nepřítomnosti vzduchu, resp. jakéhokoliv dostupného elementárního kyslíku (spojeno s existencí anaerobních bakterií)

Poznámky

A series of horizontal dotted lines for taking notes.