

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Studijní program – Krajinářství

Obor – Územní technická a správní služba

**Kořenové čistírny pro čištění srážkových smyvů z komunikací a jiných
zpevněných ploch**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Bakalant: Pavlína Hošková

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavλίna Hošková

Územní technická a správní služba

Název práce

Kořenové čistírny pro čištění srážkových smyvů z komunikací a jiných zpevněných ploch.

Název anglicky

Constructed wetland technologies for road and other paved areas stormwater runoff cleaning

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je formou rešerše podat přehled současných vědeckých a praktických poznatků o kořenových čistírnách v rámci nakládání s dešťovými a smyvovými vodami. Cílem práce je formou studie proveditelnosti zhodnotit potenciální aplikaci technologie v reálném provozu z hlediska udržitelného nakládání se splachovou vodou v průmyslových areálech spadajících do této oblasti, a to: sběr dešťové vody, její přečištění a následné využití.

Metodika

Práce bude formou rešerše shrnovat využití kořenových čistíren odpadních vod zejména v průmyslových areálech, a to jak z hlediska designu, ale i z hlediska hodnocení jejich přínosů s ohledem na potenciál úspory vody v provozu; minimalizaci negativního dopadu na vodní a půdní prostředí v blízkosti areálu; zapojení závlahového systému dotovaného vyčištěnou vodou aj. V rámci praktické části práce bude na základě výše uvedeného zpracována studie proveditelnosti pro kořenovou čistírnu pro průmyslový podnik Vishay Electronic spol. s r.o. Blatná.

Doporučený rozsah práce

35 stran

Klíčová slova

kořenová čistírna, dešťová voda, smyvvy

Doporučené zdroje informací:

1. Eytan Gur, Dorothee Spuhler, 2019: Affordable WASH services and products, Rainwater Harvesting (Urban)
 2. MLM Brander, Institute for Environmental Studies (IVM), The Empirics of Wetland Valuation: A Comprehensive Summary and a Meta-Analysis of the Literature, 37
 3. Škripcová N., Záveská D., Šperling M. (Kořenovky.cz), Ježíková J., 2013: Výhody a úskalí kořenové čističky odpadních vod. časopis HOME, byt, dům, styl, zahrada
 4. T. Dou, S. Troesch, A. Petitjean, TG Palfy, D. Esser, 2017: Wastewater and Rainwater Management in Urban Areas: A Role for Constructed Wetlands. Procedia Environmental Sciences, Elsevier, 37
 5. Vymazal J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI o.p.s. Třeboň, 14 s.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno: 23. 11. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma: „Kořenové čistírny pro čištění srážkových smyvů z komunikací a jiných zpevněných ploch“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáváním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Dožicích 27. 06. 2020

.....
Pavλίna Hošková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D., za věnovaný čas, věcné připomínky a pomoc při zpracování této bakalářské práce.

V Dožicích 27.06.2020

.....
Pavlína Hošková

Abstrakt

Bakalářská práce seznamuje s možností hospodaření s dešťovou vodou, a to zejména ve městech a ze zpevněných ploch, jako jsou střechy budov, parkoviště, silnice nebo veřejná prostranství. Práce popisuje způsob jejího zachycování, využití a nároky, které musí dešťová voda splňovat pro účel následného využití, její přínosy pro uživatele i životní prostředí. Popisuje ekologické, šetrné, přírodě blízké způsoby čištění, úpravy a využití dešťových vod. Popisuje funkci a možnost využití přírodních a uměle vytvořených mokřadů. Práce seznamuje s výhodným využitím kořenových čistíren a může napomoci při rozhodování o využití dešťové vody v budovách, firmách i domovech.

Praktická část seznamuje s možností využití kořenové čistírny pro následné využití dešťových vod pro průmyslový podnik Vishay Electronic spol. s r. o. Blatná.

Klíčová slova

kořenová čistírna, dešťová voda, smyvy

Abstract

Bachelor thesis introduces the possibility of rainwater management, especially in cities and from hard surfaces such as roofs of buildings, parking lots, roads or public spaces. The thesis describes the method of its capture, utilization and demands that rainwater must meet for the purpose of subsequent use, its benefits for users and the environment. It describes ecological, environmentally friendly, nature-friendly methods of cleaning, treatment and use of rainwater. It describes the function and possibility of using natural and man-made wetlands. The work introduces the advantageous use of root treatment plants and can help in deciding on the use of rainwater in buildings, companies and homes.

The practical part introduces the possibility of using the root treatment plant for the subsequent use of rainwater for the industrial company Vishay Electronic spol. s r. o. Blatná.

Keywords

Root treatment plant, rainwater, skids

1	OBSAH	
2	ÚVOD	9
3	CÍL PRÁCE	10
4	MOKŘADY	10
4.1.	Vliv urbanizace	11
4.2.	Flóra a fauna mokřadů.....	11
4.3.	Ramsarské mokřady v ČR.....	12
4.4.	Umělé mokřadní systémy	12
5	DĚŠŤOVÉ VODY	13
5.1.	Vliv dešťové vody v urbanizovaném prostředí.....	13
5.2.	Hydrologická bilance stavu dešťových srážek v ČR v roce 2018	15
5.3.	Znečištění dešťových vod	16
5.4.	Čištění dešťové vody	19
5.5.	Hospodaření s dešťovými vodami.....	21
5.6.	Úprava a retence srážkových vod.....	25
6	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD (KČOV)	26
6.1.	Princip kořenových čistíren	28
6.2.	Kořenová čistírna s volnou hladinou	29
6.3.	Kořenové čistírny s podpovrchovým horizontálním průtokem	30
6.4.	Kořenové čistírny s vertikálním podpovrchovým tokem.....	33
6.5.	Provoz kořenových čistíren.....	35
7	PRAXE VYUŽITÍ	36
8	VYUŽITÍ KČOV VE FIRMĚ VISHAY	38
8.1.	Charakteristika budovy	38
8.2.	Popis schvalovacího procesu před výstavbou	40
8.3.	Výpočty a parametry.....	41
9	VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ	44
10	DISKUSE	44
11	ZÁVĚR	46

12 PŘEHLED LITERATURY	46
12.1. Internetové zdroje	47
13 PŘEHLED OBRÁZKŮ.....	50
14 PŘEHLED TABULEK.....	51
15 NORMY A ZÁKONY.....	51

2 ÚVOD

V současnosti planetu Zemi obývá sedm miliard lidí, v důsledku toho narůstají požadavky na živiny a pitnou vodu, ale i požadavky pro určitou úroveň života. Klima naší planety se celkově mění, což pocítují lidé po celém světě. Dochází k znečištění ovzduší, ale i vodních toků, navyšuje se období sucha a zásoby podzemních vod se zmenšují. Proto je téma celkové využití dešťové vody všude tam, kde není potřeba plýtvat pitnou vodou, velice aktuální. Využitím dešťové vody se mohou účelně šetřit zásoby pitné vody, životní prostředí i finanční prostředky samotných uživatelů. V současné době začínáme pocítovat nedostatek vody, ale tento nedostatek není akutní. Měli bychom si ale uvědomit, že tento stav nemusí být trvalý. Vnímáme pokles vydatnosti vodních zdrojů, sníženou retenční schopnost krajiny při prudkých deštích a nedostatek podzemní vody. Přínosem by bylo naučit se lépe využít vodu z dešťových srážek. V České republice má dlouholetou tradici zachytávání dešťové vody do sudů a nádržek, které jsou postaveny poblíž okapů. Zachycená voda se pak používá na zalévání zahrad. Dnes se ale nabízí mnohem propracovanější systémy, které využití dešťové vody rozšiřují do domácností, škol, firem a dalších budov. Pro citelnou úsporu pitné vody by bylo uplatnění dešťových vod při splachování toalet, praní a úklidových pracích. Voda ze srážek lépe prospívá rostlinám, může znamenat i úsporu pracích prostředků a je šetrnější k tvorbě vodního kamene. Zachycování srážkových vod ve městech a jejich následné správné využití by přispívalo ke zlepšení zdraví a vybavenosti stromů, zmírnění dopadu městského tepelného ostrova a snížení přebytečné dešťové vody odtékající do vodních toků. Dnes všichni vnímáme vodu jako samozřejmost a dle toho se tak i s tímto cenným zdrojem nakládá. Hospodaření s dešťovou vodou je u nás teprve v rozkvětu, protože doposud byla tato voda vnímána jako odpadní. Do budoucna by se celkové podvědomí lidí mělo změnit a začít vnímat dešťovou vodu jako zdroj vody, který nelikvidujeme, ale hospodaříme s ním.

3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je formou rešerše podat přehled současných vědeckých a praktických poznatků o kořenových čistírnách v rámci nakládání s dešťovými a smyrovými vodami. Cílem práce je formou studie proveditelnosti zhodnotit potenciální aplikaci technologie v reálném provozu z hlediska udržitelného nakládání se splachovou vodou v průmyslových areálech spadajících do této oblasti, a to: sběr dešťové vody, její přečištění a následné využití.

4 MOKŘADY

Mokřady ve své různorodé podobě jsou skutečně nejvýznamnější a nenahraditelnou součástí krajiny kdekoliv na světě, vysoce produktivní a cenné ekosystémy. Vyplývá to ze samotné podstaty života. Mokřadem se rozumí všechna území s půdou nasycenou nebo zaplavenou vodou po určité období roku, vodou stojatou i pomalu tekoucí od pramenišť po rybníky, údolní nádrže a říční delty. Jsou to vlastně přechodové biotopy mezi vodními a suchozemskými ekosystémy s nejrůznější podobou. Podle té se rozlišují na bažiny, močály, blata, mokřiny aj. (Brander).

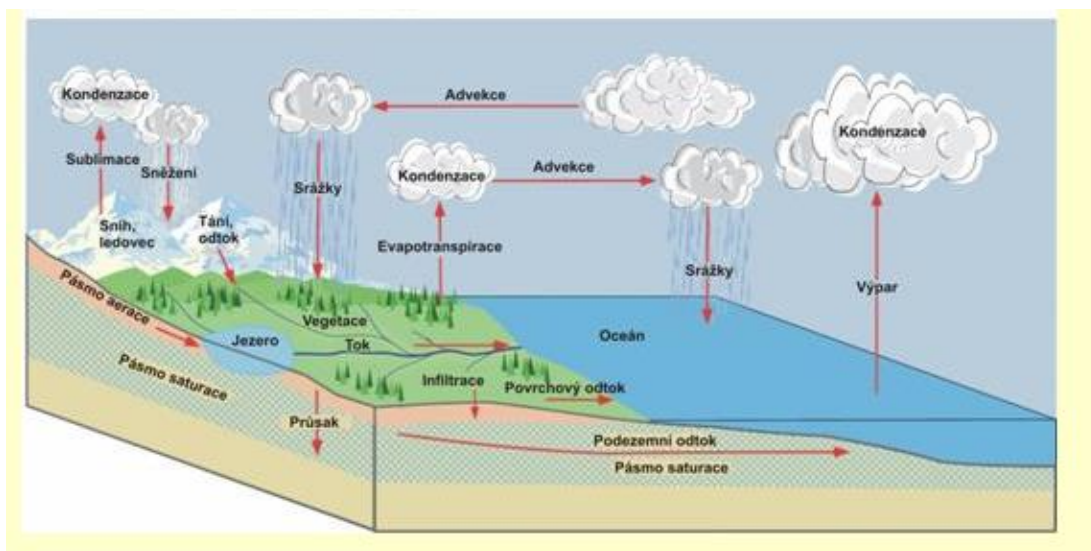
Význam mokřadů je ekologický, vodohospodářský i krajinotvorný. Necitlivým odvodňováním bylo v 60. – 80. letech do značné míry znehodnoceno mnoho zemědělské půdy i mokřadů melioracemi. Kvalita půdy se nezlepšila a přirozené zásobárny vody vymizely. Dnes se snaží tyto škody nákladně odstranit revitalizacemi. Paradoxem je, že z toho zase mají prospěch ti lidé, co krajinu předtím zničili. Možná by stačilo víc důvěřovat přírodě, její schopnosti vlastní obnovy (Anděra, 2000).

Mokřady mají nenahraditelný význam pro retenci vody v krajině, koloběh vody v přírodě, čištění vody, zmírňování klimatické změny a biodiverzitu. Retenční schopnost zadržovat vodu v krajině a zpomalovat odtok srážkových vod mají zejména mokřadní biotopy, jako jsou říční nivy, tůně, rašeliniště, podmáčené smrčiny. V horských oblastech a v horní části povodí spadne nejvíce dešťových srážek. Za současné situace však dochází k velkému odlesnění těchto oblastí a díky tomu srážky rychle odtékají do nižších poloh, kde způsobují záplavy. V důsledku odlesňování, vysušování mokřadů, velkoplošného odvodňování zemědělské půdy a napřimování

říčních toků dochází k významnému omezení retenční schopnosti krajiny. A právě mokřady jsou nejlépe uzpůsobeny k retenci vody a nasycení vodou jim neškodí (Eiseltová 2019).

4.1. Vliv urbanizace

Naše společnost se stále rozvíjí a půda je pokrývána nepropustnými povrchy – silnice, parkoviště, chodníky. Všude kolem nás vznikají nové a nové stavby, ale i toto jedna z příčin, kdy je stále více bráněno přirozené filtraci dešťové vody do vrchních vrstev půdy. Při stavebních činnostech je půda povrchových vrstev smíchána s půdou spodnější, která má nižší propustnost. Propustnost půdy je také redukována městskými povrchy, jako jsou beton, asfalt, dlažba apod. Po nepropustném povrchu se voda pohybuje rychleji a rapidně roste objem odtoku deště. Velké přívaly vody vymílají vodní toky, které mají hlubší a větší koryta, ničí se vodní organismy, roste pokles biodiverzity, ubývá počet vodních živočichů. Mělčiny se zanáší odpady, sedimenty a ropnými skvrnami na hladině. V dolních oblastech povodí, kde je menší pohyb vody, se erodované sedimenty ukládají, dusí bentos a zanáší mokřady sedimenty (Hlavínek 2010).



Obrázek 1: Koloběh vody na zemi (Grmela, 2004).

4.2. Flóra a fauna mokřadů

Rostlin, které snesou nedostatek kyslíku a ledový příkrov, není mnoho. Možná proto si svoji malou rozmanitost vynahrazují svým bujným porostem na mokřadech. Typickými druhy těchto oblastí jsou např. rákos obecný, máta vodní, sítin, ostřice, blatouch bahenní, dábřík bahenní nebo kosatec sibiřský. Barevnou ozdobou léta jsou

přes metr vysoké rostliny, kyprej obecný a vrbina obecná. Stromy na mokřadech rostou nízké a většinou brzy odumírají.

Do fauny mokřadů patří hlavně hraboši, na jejichž cestičky a hnízda narazíme v hustém koberci sítin a ostřic. Pokud hlodavce nesužuje nedostatek potravy, jsou velice vybíraví v konzumaci rostlin. Dalším obyvatelům mokřin je chřástal kropenatý nebo cvrčilka zelená, kuňka obecná nebo čolek velký, různé druhy vážek, obožlivníci, volavky a mnoho dalších (Anděra 2000).

4.3. Ramsarské mokřady v ČR

V České republice z více než 1800 maloplošných chráněných území připadá na mokřady, nepočítáme-li rašeliniště, necelá desetina. Jsou to stanoviště zpestřující kulturní krajinu nebo jsou významná výskytem vzácnějších rostlin a ptáků. Úmluva o mokřadech, která podtrhuje jejich důležitost a mající mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva, byla podepsána v roce 1971 v íránském městě Ramsar. Prostřednictvím této úmluvy se zajišťuje celosvětová ochrana a rozumné užívání všech typů mokřadů. Každý členský stát Ramsarské úmluvy je povinen zařadit alespoň jeden ze svých mokřadů do „Seznamu mokřadů mezinárodního významu“. Česká republika je smluvní stranou do roku 1990 a v seznamu má zapsáno 11 mokřadů, např. Krkonošská rašeliniště, Třeboňská rašeliniště, Lednické rybníky, Poodří a další (Anděra 2000).



Obrázek 2: Ramsar/Výtopy Rožmberka (Ševčík, 2020).

4.4. Umělé mokřadní systémy

Znečištění ze zemědělství, kdy drenážní vody nesou vysoké koncentrace nerozpuštěných látek do drenážních kanálů, i odtok znečištěných odpadních vod ze zpevněných ploch do kanalizací při deštích, jsou velkým a stále málo řešeným

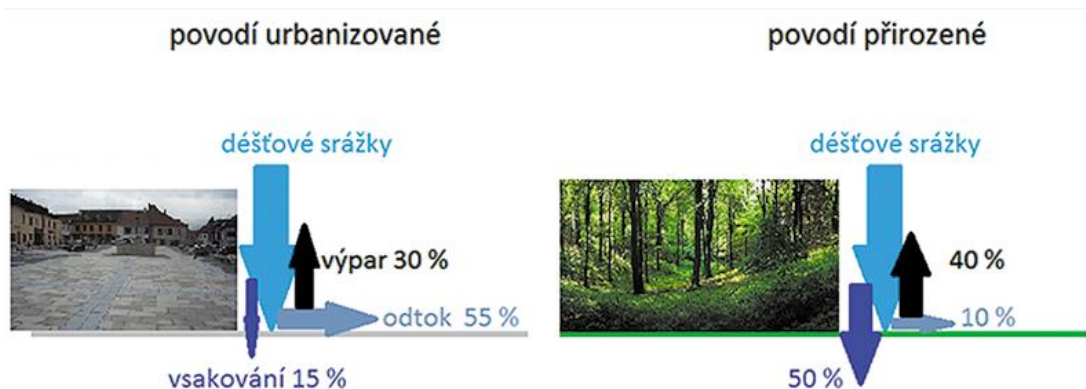
problémem. V dnešní době, kdy je nedostatek vody, je zapotřebí problém drenážních vod a splachů ze zemědělských i zpevněných ploch řešit. Jednou z možných variant mohou být umělé mokřady s volnou vodní plochou. Umělé mokřady je zapotřebí navrhovat do konkrétních podmínek, pro konkrétní místo a konkrétní účel. Jejich navrhování se liší v závislosti na druhu půdy, krajině, klimatu, vodním režimu a jeho chemismu, vegetaci a lidských distorbacích, ekologických zdrojích a okolních účincích, topografii. Identifikátory, jako je typ krajiny, typ půdy a vegetační typ napomáhají identifikovat druhy mokřadů pro jednotlivá stanoviště (Vymazal a kol. 2017).

Velká část plochy území je pokryta zpevněnými povrchy, jako jsou silnice, chodníky, zástavba, parkoviště, které zabraňují prosakování vody do půdy. Dešťová voda tak odtéká stokou do nejbližšího recipientu a zásoby podzemní vody nejsou doplňovány a klesá míra jejich obnovování. Nízká hladina podzemní vody, nižší půdní vlhkost a chybějící vegetace může mít vliv na regionální klima (Hlavínek a kol. 2007).

5 DĚŠŤOVÉ VODY

5.1. Vliv dešťové vody v urbanizovaném prostředí

Rok od roku stále roste spotřeba vody. S měnícím se klimatem je důležité začít využívat i vodu srážkovou, která je důležitým a jediným zdrojem pro naši republiku a může v budoucnu mít hlavní roli v udržení sociálního standardu. V minulosti se mluvilo o nedostatku vody v tropických a subtropických oblastech a nikdo netušil, že by se to mohlo týkat i nás. Nastává situace, kdy voda může být nedostatkovým a vzácným zbožím. Není to problém pouze v České republice, ale je to problém celosvětový. Srážkové vody jsou schopny přirozeného vsaku a funguje to v přirozeném prostředí. V prostředí, které je ovlivněno zástavbou a činností člověka a nachází se zde velké množství nepropustných ploch, srážkové vody nejsou schopny přirozeného vsaku a jsou odváděny kanalizací. Při přívalových deštích může docházet k přetížení čistírny odpadních vod (Dufka 2017).



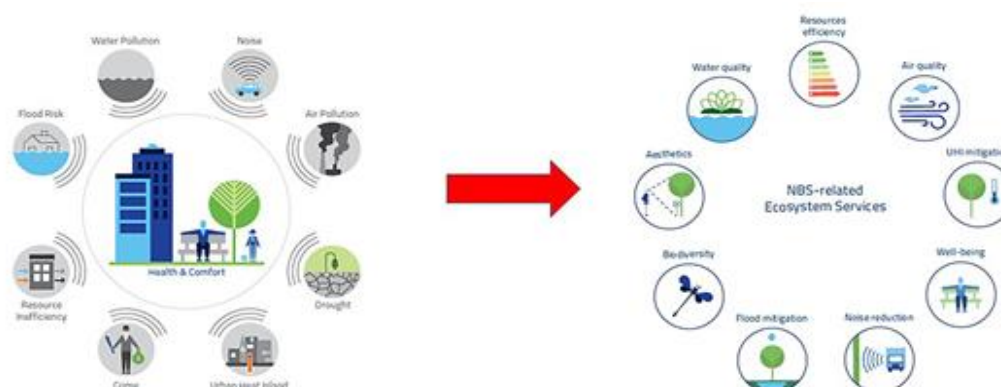
Obrázek 3: Porovnání odtoku dešťových srážek v urbanizovaném prostředí (Dufka, 2017).

Dešťová voda, která odtéká stokou do nejbližšího recipientu ze zpevněných ploch, vykazuje poměrně velké znečištění. Zvětšují se území se zastavěnou plochou a následkem toho roste povrchový odtok, ale klesá míra obnovování podzemních vod. Stále častěji lze pozorovat stav povodňové situace nebo vysychající toky při nízkých odtocích, záplavy, eroze, znečištění vody, a hlavně snižování hladiny podzemní vody. K jejímu zlepšení se musí zásadně usilovat o vsakování dešťových vod. Odpojování jednotlivých střešních ploch od centrální kanalizace, zadržování a vsakování dešťových vod v místě jsou možnosti vedoucí ke snížení zatížení toku kanalizací a zvýšení hladiny podzemní vody (Hlavínek a kol. 2007).

Nejčastější technikou sběru dešťové vody je shromažďování vody na střeše a přepravuje se žlaby do akumulací nádrže, kde se používá pro doplňování podzemní vody, nebo se používá k místní potřebě. Důležitá je úprava před spotřebou formou filtrace nebo dezinfekce. Tato technologie je flexibilní a používá se v nejbohatších i nejchudších společnostech a také v nejmokřejších a nejsušších oblastech naší planety (Hatun, Worm 2006).

Rychlý růst městských oblastí vede k vyšší poptávce po vodních zdrojích. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby vodohospodářství měst bylo nedílnou součástí územního plánování. Celá řada technik může řešit městské problémy související s vodou, například zlepšením využití dešťové vody. Je potřeba se zaměřit na realizaci bezpečného a funkčního koloběhu vody v městské biosféře. Většina dešťové vody je ve městech odváděna rovnou do recipientu bez jakéhokoliv čištění, a to je vážnou hrozbou pro kvalitu těchto vod a nebezpečné pro vodní toky protékající městy (IWA publishing 2020).

S postupující urbanizací nevyhnutelně dochází k nahrazení přirozeného půdního krytu nepropustným povrchem a ke zvýšení povrchového odtoku. Změna klimatu vede k vyššímu počtu extrémně vydatných srážek. Následkem toho se častěji vyskytují povodně, a to zejména v centrálních městských částech s velkou mírou nepropustných ploch. V polském městě Kodani za posledních 18 let, došlo k více srážkovým událostem stoletých vod. Opakem jsou dlouhá období bez srážek, které způsobují funkční problémy města. To způsobuje nedostatek podzemní vody a zvyšuje potřebu zalévání zelených ploch ze závlahových systémů (Pančíková 2018).



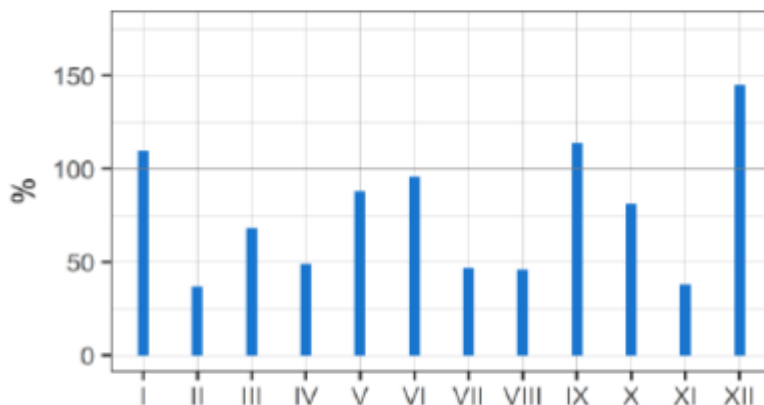
Obrázek :4 Identifikované problémy s vodou a městské tlaky a zmírnění možnosti aplikací NBS (Modro zelená Solutions, 2017).

5.2. Hydrologická bilance stavu dešťových srážek v ČR v roce 2018

Průměrný roční srážkový úhrn činil 520 mm, což odpovídá pouze 76 % normálu. Rok jako celek byl srážkově podnormální až silně podnormální.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	2018
[mm]	48	14	32	20	61	76	41	37	65	35	18	72	520
[%]	110	37	68	49	88	96	47	46	114	81	38	145	76

Obrázek 5: Průměrný úhrn srážek v ČR (mm) a jeho poměr k dlouhodobému normálu (%), (ČHMÚ, 2018).



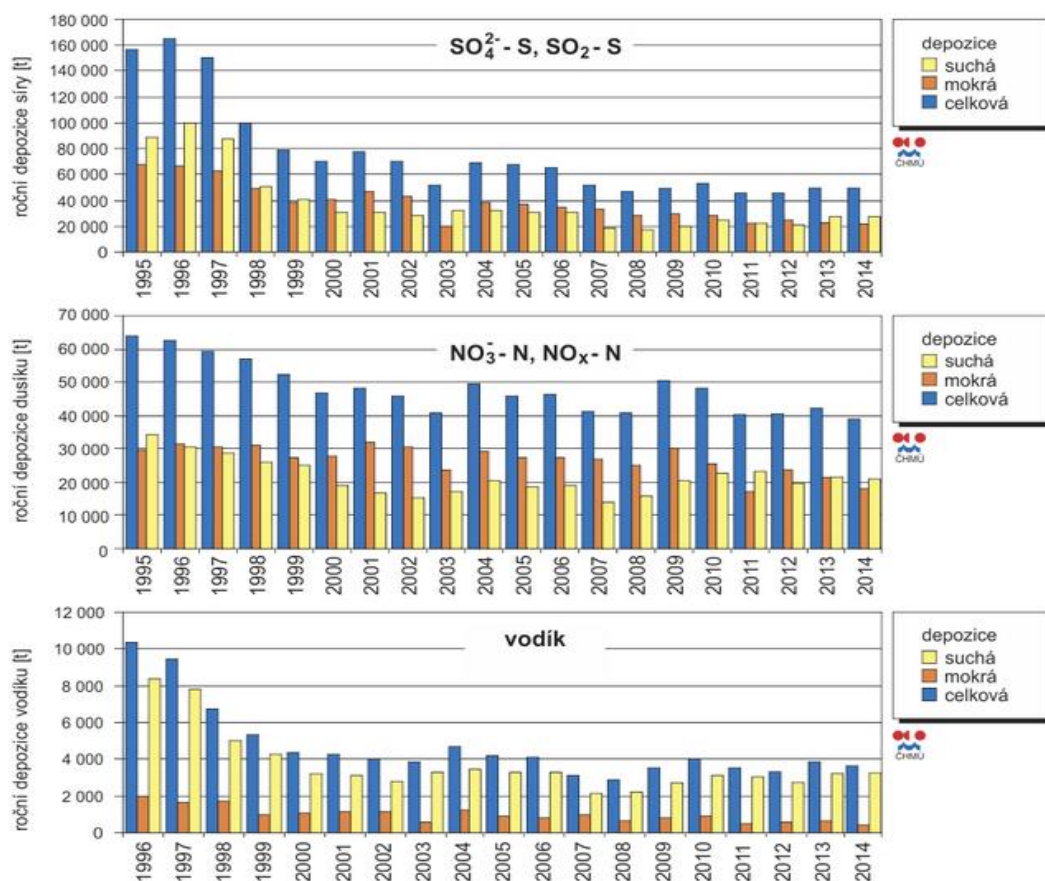
Obrázek 6: Průměrný úhrn srážek v ČR v % dlouhodobého normálu, (ČHMÚ, 2018).

5.3. Znečištění dešťových vod

Spolu s rychle odtékající dešťovou vodou ze zpevněných ploch se dostávají do vodních toků i látky spláchnuté právě z těchto povrchů. Jsou to znečišťující látky z dopravy (ropné látky), soli ze solení chodníků, chlornaté sloučeniny a sloučeniny síry. Na přírodních plochách by tyto škodlivé látky byly zachyceny ve svrchních vrstvách půdy a postupně biologicky odbourány. Na zpevněných plochách jsou bohužel rychle odváděny z místa spadu do vodního toku. Následkem toho se zhoršuje kvalita vody, která je limitujícím faktorem pro biodiverzitu vodního života (Sieker 2007).

Občanskou vybaveností, dopravou, urbanistickým řešením, podílem průmyslu, znečištěním vzduch, údržbou komunikací, degradací ploch, odpadky, fekálním znečištěním, vegetací apod. je ovlivněno látkové znečištění dešťového odtoku. Z hlediska původu lze látkové znečištění rozdělit do tří kategorií:

- rozpuštěné a nerozpuštěné látky **v atmosférických srážkách** („particle and gas scavenging“) – déšť promývá atmosféru a dopadá na urbanizovaný povrch, a tím dochází k tzv. „mokřým depozicím“, převládají zde dusičnany, sírany, chloridy, uhličitany, vápník, hořčík, amonné ionty, vedlejší látky jsou železo, mangan, draslík, fosfáty, křemík, hliník, zinek, olovo, měď, kadmium a celá řada organických látek, tyto látky je možno vyjádřit pomocí CHSK nebo DOC v řádových koncentracích mg/l (Golver 1988).



Obrázek 7: Vývoj roční depozice síry, oxidovaných forem dusíku a vodíku na plochu ČR v letech 1995-2014 (CHMI, 2014).

Sloučeniny síry (SO₂, H₂S) ze spalování fosilních paliv, sloučeniny dusíku (N₂O, NO, NO₂) jak ze spalování fosilních paliv, tak i výfukových plynů motorových vozidel, sloučeniny chloru ze spalování umělých hmot s obsahem PVC (městské a průmyslové spalovny) jsou vlastně zdrojem kyselin. Zemědělství (amonné ionty v hnojivech při erozi půdy) a přirozené pozadí (uhlíčitany při erozi půdy) jsou zdrojem zásaditých látek. Těžké kovy (emise z průmyslu a spaloven), organické látky (uhlovodíky z výfukových plynů motorových vozidel) a rostlinné živiny (fosfor, amonné ionty erozí zemědělské půdy) jsou ostatními znečišťujícími látkami. Pokud v atmosférických srážkách převažují minerální kyseliny, vznikají „kyselé deště“. Jejich původ byl v šedesátých letech ve Skandinávii, kde došlo k poškození vodní fauny a flory v jezerech. K těmto problémům došlo i v jiných státech na severovýchodním pobřeží USA a Kanady. U nás „kyselé deště“ nejvíce zasáhly oblast v severních Čechách a oblasti velkoměst (Pitter 1999).

- během **bezdeštného období** bylo znečištění **deponováno** na urbanizovaných plochách **ze vzduchu** – „suché depozice“, a znečištění vzniklé dopravou a jinými civilizačními aktivitami („dust and dirt“), které je za deště odplavováno dešťovou vodou, vyskytují se zde podobné látky jako

v atmosférických srážkách, částečně však v jiném poměrném zastoupení, v prachu a špíně je obsaženo velké množství anorganických a organických látek (Golver 1988).

Dešťová voda je třeba pro střechy jediným způsobem jejich čištění. Avšak voda odtékající ze střech objektů obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků (CO_2 a SO_2), proměnlivý podíl organických látek, jako je pyl, klacíky, listí, ptáčí trus, prach, choroboplodné zárodky. Toto choroboplodné zatížení, při zodpovědném zacházení s dešťovou vodou, je nepatrné (Dvořáková 2007).

- znečištění vzniklé při **kontaktu dešťové vody s nejrůznějšími materiály** na povrchu urbanizovaných území, je zde obsažen vápník, hliník a křemík z betonových ploch, zinek, měď a kadmium z nejrůznějších kovových povrchů, organické látky z asfaltových povrchů, umělých hmot, barevných nátěrů apod. (Golver 1988).

Vlivem vody, slunce, mrazu i deště na různé povrchy dochází k uvolňování drobných částic např. z krytin střech (eternit, lepenka), cihel, betonu, kovů, barev, asfaltu, skla, z nátěrů střech, okapů. Tyto částičky tvoří značnou část znečištění v dešťovém odtoku, které závisí na stavu staveb a použitém materiálu.

Je lepší dávat přednost méně škodlivým materiálům, které nemohou do vody uvolňovat nežádoucí látky. V tomto směru by byly vhodné předpisy pro povinné předčištění dešťového odtoku se střech. Stavebník by byl nepřímo donucen používat náhradní, inertní materiály (Dvořáková 2007).

Automobilová doprava

Z nespáleného paliva dopravních prostředků se každodenně při běžném provozu uvolňují pevné částičky a polyaromatické uhlovodíky, sloučeniny olova z přísad pohonných hmot a uhlovodíky uvolněné z olejů, mazadel a hydraulických systémů. Opotřebením pneumatik se uvolňuje zinek a uhlovodíky, při korozi vozidel železo, chrom, olovo a zinek. Opotřebením spojky a brzdového obložení se uvolňuje měď a nikl. Při opotřebování vozovek se uvolňují minerální a aromatické uhlovodíky, dehet, emulgáty, uhličitany, kovy a jemné usazeniny, jejichž uvolnění je závislé na konstrukci vozovky a druhu použitého materiálu. Použitá sůl v zimním období zvyšuje množství chloridů v dešťových vodách a urychluje korozi dopravních prostředků a kovových zařízení na ulicích. I posypové materiály, jako jsou písek, štěrk nebo škvára, mohou při nevhodném složení uvolňovat chemické látky a zvyšují množství pevných částic transportovaných při dešti. Postupným stárnutím zpevněných ploch se uvolňují částice různých velikostí a složení (Krejčí a kol. 2000).

5.4. Čištění dešťové vody

Ze střech se srážkový odtok zachycuje v okapních žlabech a svody se přivádí na úpravárenskou jednotku nebo do akumulčních nádrží. Ze zpevněných ploch se k jímání vody využívají jímací žlábkové trubní odvody vody. Jejím dalšímu užívání předchází úprava, která spočívá v těchto opatřeních:

- odstranění hrubších nečistot na samočisticím spádovém síťovém filtru
- zachycení usaditelných látek ve vertikální nebo lamelové usazovací nádrži
- poutání jemných částic nečistot filtrační srážkové vody přes filtry s jemným kamenivem z křemičitého písku, vodárenského písku, drceného krystalického vápence (Šálek a kol. 2012).

Pokud se používá dešťová voda na zahradě na zalévání nebo na mytí auta, postačí systém nevyžadující žádnou filtraci vody. Lze použít akumulční nádrž a zabezpečit ji proti vpádu listí a větších nečistot, které by nádrž zanášely.

Použití dešťové vody na praní nebo splachování WC vyžaduje podstatně kvalitnější filtraci a je i možné použít jemný filtr pro montáž do tlakového potrubí za čerpadlem. Při tomto čištění se uplatňují dva procesy:

- **filtrace**
- **sedimentace**

Sedimentace probíhá buď v samotné akumulční nádrži na dešťovou vodu, nebo v nádrži usazovací, předsazené nádrži akumulční. V těchto zařízeních poměry proudění umožňují, aby látky se specifickou hmotností vyšší, než voda klesaly dolů a látky se specifickou hmotností nižší, než voda vyplavaly nahoru. Látky nerozpustné ve vodě, které jsou zadrženy, by se neměly znovu smíchat s jiným proudem odpadních vod, aby se zabránilo šíření těchto nakoncentrovaných látek a škodlivin v sedimentačním zařízení. Vhodnou úpravou je odvodňování a třídění a následná likvidace nebo využití látek nerozpustných ve vodě. Sedimentačními zařízeními jsou:

- **dešťové usazovací nádrže** – pro ochranu vod jsou zvláště účinné, pokud jsou z velké části separovány jemné frakce, než takto mechanicky předčištěná voda bude odtékat přes přepad vyčiřené vody, usazený sediment by neměl být rozvířen, ani smíchán s průtokem,

- **dešťové usazovací nádrže bez trvalého usazování** – po každém nadržení jsou vyprázdněny a vyčištěny, k tomu je zapotřebí přechodně otevřené spojení k odpadnímu kanálu jednotné stokové soustavy,
- **dešťové usazovací nádrže s trvalým zdržováním** – jsou vyprazdňovány ve velkých intervalech za účelem čištění a inspekce,
- **rybníky** – jako zemní nádrže jsou svým způsobem provedení blízké přírodě, ovlivňují biologické čištění, předřazený kalový lapák je pro provoz účelný,
- **hydrodynamické odlučovače** – jsou to masivní kruhové nádrže s tangenciálním přítokem bez trvalého zdržování, které vytváří stabilní točivé proudění, a to vede k čištění dna nádrže a shromažďování sedimentů v kalovém zásobníku umístěném ve středu nádrže, jsou méně citlivé na resuspendaci usazených látek nerozpustných ve vodě, jsou vhodná pro menší sběrná území,
- **dešťová retenční zařízení** – při vhodném uspořádání přítoků a odtoků u velkého specifického objemu vykazují dobrý čistící výkon a je zabráněno vynášení s vyprázdněním, zůstane-li v části nádrže zdržená voda, mohou být plovoucí látky zdrženy hornou stěnou, pokud se nádrž po dešti zcela vyprázdní, je možno plnit se škrceným odtokem nádrže následně napojeným odlučovačem,
- **usazovací zařízení** – jsou zřizována ke zredukování výskytu kalu na průsakových plochách před průsakovými jamkami („muldami“), slouží k sedimentaci usaditelných látek s průměrem zrna zhruba nad 0,1 mm.

Pro **filtraci** se mohou použít dva typy filtrů:

- **interní**, ty jsou umístěny uvnitř nádrže, mají jen jeden přítok, odtok vyčištěné vody do nádrže a možnost napojení přepadového sifonu pro odtok přebytečné vody,
- **externí**, jsou samostatné filtrační šachty, které se napojují mezi okapový svod a jímku. Umožňují spojení dvou odvětví okapových svodů a po přefiltrování vody umožní odtok čisté vody do jímky a v případě samočisticích filtrů odtok přebytečné vody a nečistot do kanalizace.

Filtrováním dochází k odstranění nečistot a v nich přebývajících bakterií. Dešťový odtok je zaústěn do nádrže (cisterny), kde se dešťová voda uchovává. Platí zde pravidlo, co možná nejméně světla, nejnižší možná teplota a neskladovat vodu příliš dlouho. Levnější variantou jsou nádrže na povrchu terénu, ty jsou však vystaveny vlivu kolísání teplot, světla a eventuálnímu znečištění a tyto vlivy nepřispívají

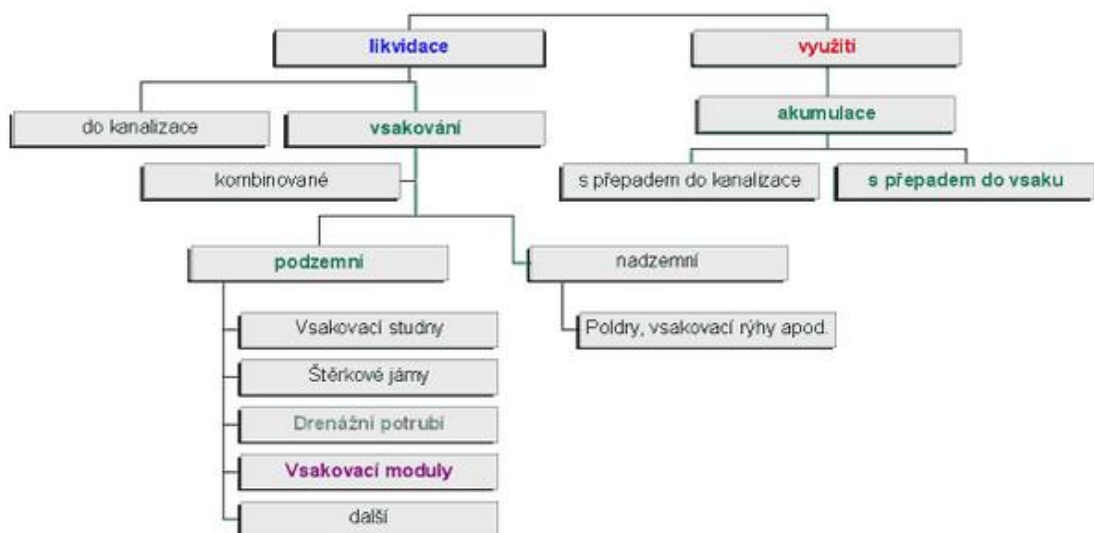
k udržení hygieny zachycené vody. Proto jsou doporučovány cisterny umístěné v zemi. Filtrační zařízení odstraňuje látky ve formě částic a díky filtračnímu materiálu, síle filtru, ovlivnění doby průtoku, mohou být odstraněny rozpuštěné látky. Retenčním účinkem filtračního zařízení je voda hydraulicky odlehčena, snižuje se hydrobiologický stres a při dlouhé době dotoku se navyšuje nízký odtok vody. V těchto zařízeních je zaizolováno dno proti podloží a je u něj provedena drenáž, nad kterou leží filtrační vrstva s osázenou zelení. Zde je také potřeba počítat s retenčním prostorem (Dvořáková 2007; Plotěný a Pírek 2012).

Typ plochy	Opatření
Vegetační střechy Střechy z inertních materiálů Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 500 m ² Komunikace pro chodce a cyklisty Málo frekventovaná parkoviště osobních aut Málo frekventované pozemní komunikace ^a (příjezdy k domům)	není nutné (vyjma mechanického zadržení splavenin u některých typů vsakovacích zařízení)
Středně frekventované pozemní komunikace (Vysoce) frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy)	minimální požadavek: jednoduché mechanické předčištění – kalová jímka s normou stěnou pro zadržení lehkých kapalin, pokud možno, doplnit o filtraci.
Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ²	filtrace přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo filtrace přes adsorbenty těžkých kovů.
Vysoce frekventované pozemní komunikace ^c Plochy u skladišť, manipulační plochy Komunikace zemědělských areálů Parkoviště nákladních aut ^d	minimální požadavek: náročnější mechanické předčištění – odlučovač lehkých kapalin, usazovací nádrž s normou stěnou; pokud možno, doplnit o filtraci, příp. filtrace přes adsorpční materiály.
^a	< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě
^b	300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h
^c	nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice
^d	parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací

Obrázek 8: Doporučená opatření pro předčištění srážkových vod z různých typů ploch při zaústění do povrchových vod (dle TNV 75 9011).

5.5. Hospodaření s dešťovými vodami

Klasický a dnes již nevyhovující systém spočíval v oddílné kanalizaci pro splaškovou a dešťovou vodu, kdy dešťová voda byla odváděna nejkratší cestou rovnou do vodního toku.



Obrázek 9: Nakládání s dešťovou vodou (Černá, GLYNVED s.r.o.,2006).

V dnešní době je základním principem v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací. Řešit srážkovou vodu tam, kde spadne, a vracet ji do přirozeného koloběhu vody. Tento způsob hospodaření s dešťovou vodou nazýváme decentralizovaným způsobem odvodnění. Je zapotřebí zavést taková opatření, která podporují výpar, vsakování a pomalý odtok do lokálního koloběhu vody. Patří sem i zařízení, která alespoň určitým způsobem přispívají k zachování přirozeného koloběhu vody a k ochraně vodních toků, jako např. akumulací a užíváním dešťové vody nebo zdržením a pomalým škrceným odtokem do stokové sítě. Dalšími prvky hospodaření s dešťovou vodou jsou třeba zasakovací průlehy nebo retenční nádrže. Je zapotřebí se k hospodaření se srážkovými vodami stavět nikoliv jako k problému, ale jako ke zdroji, který je třeba hospodárně využívat a chránit. Je důležité brát v úvahu ekonomické přínosy, úsporná řešení, která vzniknou snížením množství pitné vody a využitím vody dešťové. Dále také přínosy ekologické a bezpečnostní, které spolu úzce souvisí. V České republice není bohužel k dešťovým vodám přistupováno s patřičným zájmem a jen málo se využívá dešťová voda k akumulaci či pro vsakování. Hospodaření s dešťovými vodami se souborem opatření, který podporuje čištění, vsakování, akumulaci, evapotranspiraci a zadržování srážkových vod v místě či blízkosti místa dopadu na zemský povrch. Čím více je zpevněných ploch, tím větší a dražší je potřeba zařízení k zadržování dešťové vody. Při nových výstavbách by se mělo pamatovat více na místa pro přírodní vsak, měla by být preferována zeleň, upřednostnění propustných ploch před povrchy z betonu a nepropustnou dlažbou (Nehasil).



Obrázek 10: Zelený tramvajový pás v Praze 8, kde je místostarostou Petr Vilgus za Stranu zelených. (www.zeleni.cz, 2018).

U nás je to udržitelné hospodaření s dešťovou vodou a decentralizovaný systém odvodnění, v anglicky mluvících zemích se tyto systémy označují zkratkou SUDS – Sustainable Drainage System – Systémy udržitelného odvodnění. Součástí těchto systémů se navrhuje retenční nádrže – poldry, kanály, umělé vodní plochy s již vymezeným ochranným prostorem, vegetační střechy apod. Pro větší vsakování se využívají vlastnosti různých druhů propustných a částečně propustných povrchů. Mezi ně patří zatravněné plochy, zatravněné průlehy, šterkové či kamenité plochy, propustná dlažba, propustný asfalt, beton apod. Odhalování dopravních ploch, přístupové komunikace, odizolování oblastí, ve kterých může dešťová voda prosakovat a odpařovat se, zvýšená tvorba zelených ploch, výsadba, stromy a ekologizace budov, to vše zvyšuje míru zadržování a odpařování dešťových vod ve městech. Pokud voda prosakuje rušnou půdní zónou o tloušťce nejméně 20 až 30 cm, je obvykle dostatečně vyčištěna, aby chránila podzemní vodu před škodlivými látkami. Aby se však zabránilo ohrožení podzemních vod, neměly by silně znečištěné povrchové vody prosakovat, ale čistit v závislosti na úrovni kontaminace nebo vypouštění do kanalizace, právě třeba v kořenových čistírnách. Decentralizované systémy jsou často viditelnou součástí měst a působí přímo na jeho uživatele a plní kromě funkční také estetickou roli. Proto při jejich realizaci musí docházet ke spolupráci mezi vodohospodáři, architekty a dalšími dotčenými specialisty. Tyto systémy nabízí dobré příležitosti k dosažení rovnováhy mezi „vnitřkem“ a „vnějškem“ měst a sídel, protože je důležité na ně pohlížet jako na živý organismus. Jestliže je město zdravé zevnitř, pod městským povrchem v podobě inženýrských sítí, pak se to také projeví na jeho povrchu (Vacková 2016).

Zachycenou dešťovou vodu lze využívat nejen na zalévání zahrady, kdy nedochází k zasolování půdy, ale hlavně skvěle poslouží i pro splachování WC a praní prádla. Pro tyto účely se hodí dokonce více než chlorovaná pitná voda, protože je měkčí a šetrnější k domácím spotřebičům, nevytváří vodní kámen a také lépe rozpouští mycí prostředky. Jeden z hlavních důvodů využití je úspora pitné vody, neboť zdroje pitné vody se snižují a cena za ni se zvyšuje. Sladkovodní zdroje zaujímají pouhé 0,3% vody na celé planetě, a přesto se s vodou plýtvá. Úspora vody pouze při zalévání zahrady je zanedbatelná ve srovnání s používáním dešťové vody pro splachování a praní. Průměrná spotřeba pitné vody na člověka a den je 150 l, a přitom by mohla být spotřeba o polovinu nižší, pokud by člověk začal více využívat dešťovou vodu. Dešťová voda, tak jak odtéká ze střech a jiných zpevněných ploch, není vhodná pro požívání člověkem. Její kvalita však postačuje, jak již bylo řečeno pro zavlažování zahrad, jako užitková voda pro splachování toalet, pro pračky, pro čištění a mnohé další účely. Voda může být ve zlepšené kvalitě používána jako studniční. Všechny střešní materiály jsou vhodné ke sběru srážkové vody a všechny by měly mít okapové roury, které svádí dešťovou vodu do zásobníku. Dešťová voda je měkká voda, protože obsahuje jen nepatrné množství sloučenin vápníku a hořčíku, které jsou zodpovědné za tvrdost vody. Při instalaci zařízení pro dešťovou vodu musí být respektována řada norem, pravidel, předpisů a případně stavební povolení. Příslušná stanovení musí být ověřena v daném místě, neboť jsou rozdílná v každé obci, u každého vodárenského podniku i v různých spolkových zemích. Žádný všeobecný odběrový zákon pro vodu není v platnosti, takže může zařízení pro dešťovou vodu provozovat v podstatě každý. U novostavby musí být schváleno v rámci stavebního projektu spolu s odvodněním, dodatečná vestavba podléhá už jen ohlašovací povinnosti. O využívání zařízení má být informován vodárenský podnik a pokud je zařízení postaveno podle technických pravidel a odpovídajících technických norem (ČSN, DIN), nemůže ho zakázat. Nejdůležitější je nespojovat potrubí pro pitnou vodu s vodou dešťovou, určenou pro jiné využití (Karl-Heinz Böse 1999; Gur 2019).



Obrázek 11: Spotřeba vody (ekocis.cz, 2015).

Využití dešťové vody řeší města po celém světě. Stále více se využívá decentralizované nakládání s těmito vodami. Méně nákladné je vybudování umělého mokřadu než vystavění nové kanalizační sítě. Mokřady prokázaly vysokou účinnost odstraňování znečišťujících látek po dobu více než 20 let. Nejnovější vývoj může zvýšit jejich účinnost zpracování. Upravené odpadní vody a zachycené dešťové vody lze znovu výhodně použít. Decentralizované vybudované mokřady mohou vyřešit problém při řešení nadměrného množství dešťové vody při intenzivních srážkách, kdy se přeplněné vodní toky, nedostatečně upravované, rozlévají do okolí. Mohou řešit problém přetečení, ale také mohou vytvářet přirozené zelené prostory ve městě, což zlepšuje biologickou rozmanitost, mikroklima a snižuje účinky tepelných ostrovů ve městech. Jsou vyvíjeny alternativní systémy, aby se vytvořilo více malých retenčních nádrží a mokřin zadržujících odtok a nadměrnou dešťovou vodu. Ve Francii je vytvářeno mnoho projektů na vybudování mokřadů v městských oblastech. Například na ploše jednoho hektaru se zkouší různé metody nakládání s dešťovou vodou: odvodnění povrchové vody, čištění odtokové vody filtry na rákosu, skladování vody, zavlažování zahrady a vytvoření městské mokřadní oblasti s funkcí regulování povodní. Jedním z nejehospodárnějších, ekologických a realizovatelných řešení jsou mokřady s vertikálním tokem. Terciální zpracování prostřednictvím vybudovaných mokřadů, aerační systém a infiltrační systémy půdy mohou produkovat vysoce kvalitní vodu pro účely opětovného využití (T. Dou a kol. 2007).

5.6. Úprava a retence srážkových vod

Ze střech se srážkový odtok zachycuje v okapních žlabech a svody se přivádí na úpravářskou jednotku nebo do akumulčních nádrží. Ze zpevněných ploch se k jímání vody využívají jímací žlábků a trubní odvody vody. Jejím dalšímu užívání předchází úprava, která spočívá v těchto opatřeních:

- odstranění hrubších nečistot na samočisticím spádovém síťovém filtru
- zachycení usaditelných látek ve vertikální nebo lamelové usazovací nádrži
- poutání jemných částic nečistot filtrací srážkové vody přes filtry s jemným kamenivem z křemičitého písku, vodárenského písku, drceného krystalického vápence (Šálek a kol. 2012).

Retenční nádrže zajišťují ochranu před velkými vodami, dešťovými odtoky a zachycují smyvy ze zpevněných ploch. Z hlediska funkčního využití dělíme nádrže takto:

- **suché retenční nádrže** – poldry – zachycují část až celý objem povodňových odtoků, snižují kulminaci povodňového průtoku, řízeně se vyprazdňují,
- **retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným systémem** – transformují povodňovou vlnu, po jejím průchodu řízeně vyprazdňují ochranný prostor až po hladinu vymezeného zásobního prostoru a ten je využíván k různým účelům,
- **protierozní nádrže** – jejich principem je ochrana životního prostředí před negativními účinky dešťové vody a povrchově odtékajících vod a jejich využití
- **dešťové nádrže** – slouží k zachycení a krátkodobé akumulaci vody a její úpravě a využití vod z dešťových srážek, nevyužité dešťové vody se převádějí vsakem do podzemních vod nebo se postupně vypouštějí do vodních toků, znečištěné do stokové sítě a čistírny odpadních vod,
- **infiltrační výtopové nádrže** – využívají se ke krátkodobému zadržení přebytku přitékající vody, k závlaze luk v údolních nivách řek a lužních lesů,
- **nárazové nádrže** – jsou určené k vyrovnání nárazových průtokových vln ve vzdálených profilech při řízení průtoku,
- **retenční kanál** – stoka velkého profilu má retenční účinek díky potrubí o velkém průměru a na jeho konci je instalováno zařízení na omezení odtoku (Šálek a Tlapák 2006).

6 KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD (KČOV)

Jedním z přírodních způsobů, jak čelit znečištění vod, je kořenová čistírna. Její historie není u nás nijak dlouhá. Kořenové čistírny se začaly stavět po roce 1989 na základě zkušeností ze zahraničí. Byly to pro nás nové stavby nijak teoreticky neprozkoumané a většina problémů se řešila až při jejich realizaci a provozu. V dnešní době jsou již specializované firmy, které se zabývají výstavbou kořenových

čistíren. Přírodní čistírny se příznivě začleňují do životního prostředí, mají minimální nebo žádnou potřebu energie, obsluhy a nízké provozní náklady. Jejich čistící účinek je poměrně dobrý již od počátku provozu, poutání části dusíku, fosforu i těžkých kovů, možnost čištění odpadních vod s vysokým podílem balastních vod a organicky nízko zatížených odpadních vod. Přispívají ke zlepšení úrodnosti půd a zvýšení sklizní při závlaze. Naházejí uplatnění zejména při čištění splaškových odpadních vod jednotlivých domácností, hotelů, rekreačních, restauračních zařízení, letních táborů, menších obcí (obvykle do 1000 obyvatel), ze školních zařízení, škol v přírodě, z dílen a malých průmyslových závodů, čištění filtrátů vody ze skládek komunálního odpadu, zemědělských odpadních vod a čištění znečištěných povrchových vod z dešťových srážek. Naopak jsou nevhodné pro čištění odpadních vod s vysokým obsahem organického znečištění a vyšším výskytem tuků a olejů, extrémně kyselé a zásadité důlní a průmyslové odpadní vody, odpadní vody s vysokým obsahem toxických látek překračující mez toxicity, s obsahem derivátů ropy, tenzidů, pesticidů apod.

Kořenová čistírna je živý organismus závislý na složení přitékající vody, na hodnotě BSK₅, CHSK, amoniaku, fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech prostředí, délce filtrační dráhy, době zdržení vody, rovnoměrnosti proudění, klimatických podmínkách, hloubce promrzání půdy, způsobu průtoku vody, mikrobiálním oživení, technologickém uspořádání, počtu stupňů a použité vegetaci.

Vybudování kořenové čistírny je zajímavé pro obce s menším počtem obyvatel, které nemají uspokojivě vyřešeno odkanalizování a likvidaci odpadních vod, kdy jsou vypouštěny nedostatečně vyčištěné odpadní vody do dešťových kanalizací a jimi do recipientů nebo vod podzemních. Náklady na vybudování jsou plně závislé na místních podmínkách a je zapotřebí odborné posouzení těchto podmínek (Kabinet ŽP ©1998, Škřipcová 2013).

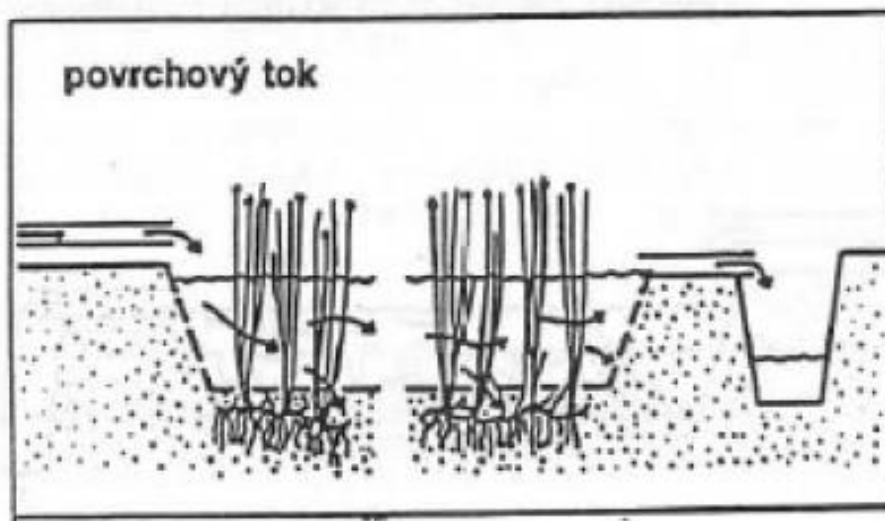
V sedmdesátých letech byla v Německu postavena první čistírna s umělým mokřadem a dnes jich mají na svém území padesát tisíc. U nás se zatím kořenové čistírny moc nestavějí, ale i přesto zde máme 150 funkčních evidovaných čistíren. Existuje však mnoho domácích kutilů, kteří si čistírnu postaví svépomocí. A jak vlastně kořenová čistírna funguje? Odpadní voda je přivedena potrubím do umělého mokřadu, který tvoří drobné kamenivo nebo štěrky. Ve štěrku a v kořenech rostlin žijí mikroorganismy a bakterie, díky kterým dochází k čištění vody. Je to poměrně pomalý proces, kdy se voda v čistírně drží několik dní, než ji opustí. Pro kvalitní čištění je důležité před kořenovku předřadit septik nebo usazovací nádrž. U čistíren v obcích se vyplatí štěrbinová nádrž. Hlavní funkcí mokřadních rostlin je také zateplení čistírny a voda ve filtračním loži může proudit i za velkých mrazů (EkoList č.4/2001).

6.1. Princip kořenových čistíren

Dešťová voda, která stéká za střech a pevných ploch se pouští do kanalizace či vodního toku a rychle opouští krajinu, zvyšuje se tak průtok v řekách a riziko povodní. V dnešní době tedy dává smysl zachytávat a dále využívat srážkovou vodu. Jednou z variant je vytvářet zásobní nádrže, ze kterých je pak voda čerpána separátními rozvody pro účely splachování, praní nebo zalévání. Pro tyto účely se hodí vody vytékající z kořenové čističky. Jejím principem je průtok předčištěné odpadní nebo dešťové vody kořenovým filtrem. Kořenový filtr je naplněn jemnými kamínky, na jejichž povrchu jsou bakterie a ty zajišťují čisticí proces. Rostliny, které jsou vysázené na kořenovém filtru mají nezastupitelnou funkci, v zimních měsících zateplují povrch filtračního lože, poskytují podklad pro přisedlé bakterie, skrze vzdušná pletiva přivádějí do filtračního lože kyslík nutný pro aerobní procesy, poutají minerální živiny. Voda musí být zbavena mechanických nečistot, případně anaerobně předčištěna před průtokem kořenovým filtrem. To se děje v anaerobním separátoru (vícekomorový septik) nebo v sedimentačních nádržích. Pak již může pomalu protékat kořenovým filtrem a přes filtrační materiál osázený mokřadní vegetací. Voda se v systému čistí přibližně 10 dní, to je doba držení. Nejčastěji používaná rostlina v kořenovkách po celém světě je rákos obecný, chrastice rákosovitá v Čechách, dosna indická a šáchor střídavolistý v Asii, baumea v Austrálii a kosatce v Severní Americe. Poslední výzkumy také ukazují, že rostliny rozkládají léky, akumulují do sebe těžké kovy a pomocí uvolňovaných enzymů rozkládají hormonální antikoncepci a antibiotika (Kořenovky.cz; Song a kol. 2018).

Nerozpuštěné látky jsou odstraňovány filtrací a sedimentací, organické látky mikrobiální aerobní i anaerobní respirací, koloidní částice filtrací, sedimentací a adsorpcí. Dochází v určité míře k odstraňování dusíku procesy amonifikace, nitrifikace a denitrifikace. K odstraňování fosforu dochází vázáním fosforu na filtrační materiál a zachycením kalu a odběrem biomasou mokřadní vegetace. Bakteriální znečištění je také výrazně snižováno. Koncentrace těchto látek na odtoku bývají pod maximálními přípustnými hodnotami, které stanoví Nařízení vlády 63/2001 Sb. ve znění novely 23/2011 Sb., a proto jsou velmi efektivní pro odstraňování organických a nerozpuštěných látek (Vymazal 2004).

6.2. Kořenová čistírna s volnou hladinou



Obrázek 12: Schéma mokřadu s povrchového tokem (Vymazal, 1995).

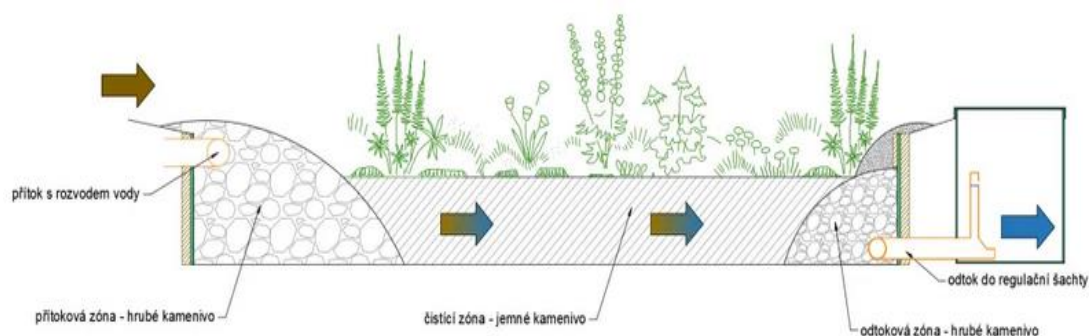
Tato kořenová čistírna není izolována od okolí nepropustnou bariérou, jako je folie nebo jílové těsnění. Čistírna tak zapadá do krajiny jako přirozený mokřad a posiluje lokální biodiverzitu. Je to vlastně takový rybník, akorát s menší hloubkou vody a skoro cely zarostlý rákosem. Jsou nejvíce podobné přirozeným mokřadům, a kromě čištění vody slouží jako vhodné prostředí pro různé vodní rostliny a živočichy. V České republice se tento typ umělého mokřadu moc nepoužívá, protože ho pro větší využití čištění vod diskvalifikuje hygienické hledisko, otevřený přístup k odpadní vodě a z toho plynoucí možné zápachové závady. Většinou se jich využívá k čištění důlních vod nebo k snižování obsahu fosforu v povrchové vodě. Jejich velké využití by bylo v oblasti čištění dešťových vod ze silnic, dálnic a obdobných zpevněných ploch (Grania.cz).

Substrát musí mít dostatečnou propustnost, aby nedocházelo k ucpávání a následnému povrchovému odtoku. Při prosakování odpadní vody substrátem jsou ve velkém množství odstraňovány organické a nerozpuštěné látky a mikrobiální znečištění. Dusík a fosfor je odstraňován v nižším množství, avšak tyto systémy nejsou určeny speciálně pro odstraňování těchto živin. Povrchový tok vody je charakteristický obzvláště malými průtočnými rychlostmi v nízké vrstvě vody, a tím zapříčiňuje intenzivní sedimentaci usaditelných částic na počátku půdního filtru a k tomu napomáhají vlhkomilné, mokřadní a vodní rostliny. Dochází k dostatečnému styku vodního prostředí s ovzduším a k dobrému okysličování vody. Amoniakální znečištění se snižuje procesem čištění a nitrifikace. V zimních měsících je nezbytné

zvýšit hladinu, voda pak proudí pod ledem a v půdním prostředí. Výška vodního sloupce se pohybuje od 20 do 80 mm s možností vyššího zatopení právě v zimním období. Při přivalových deštích a s tím související kratší době zdržení převažuje u tohoto typu čištění funkce sedimentační a je možno dočasně prostor čistírny využít k retenčním účelům v době dešťů (Šálek a Tlapák 2006).

V roce 2004 byl tento typ vybudován na Sardinii. Čistírna se nachází uvnitř regionálního parku Molentargius-Saline o ploše 37 hektarů, obklopená rušným městským prostředím, a vyčištěná odpadní voda odtéká přímo do přírodního parku. Květena mokřadů představuje více než polovinu květeny regionálního parku, která má prospěch ze slaného a dusíkem obohaceného habitatu nabízeného z mokřadní čistírny. V rámci studie tohoto konkrétního mokřadu se ukazuje velmi pozitivní dopad uměle vytvořených ekosystémů na lokální biodiverzitu a plocha jako tato, může velmi přispět k udržitelnému rozvoji v městských územích (De Martis a kol. 2016).

6.3. Kořenové čistírny s podpovrchovým horizontálním průtokem



Obrázek 13: Kořenová čistírna s horizontálním průtokem (www.grania.cz).

Principem této čistírny je průtok mechanicky předčištěné odpadní nebo dešťové vody propustným substrátem, který je osázen mokřadními nebo vlhkomilnými rostlinami a dochází k odstraňování znečištění vod kombinací fyzikálních, chemických a biologických procesů. Kombinace česlí, lapáku písku a štěrku a štěrbinové nádrže se nejčastěji používá pro mechanické předčištění vod, které odstraňuje především nerozpuštěné látky. Účelem česlí je odstranit obtížné splaveniny, které se nazývají shrabky. Hrubé česle se používají hlavně ve velkých čistírnách odpadních vod při jednotné kanalizaci, mají průliny 6 i více cm široké. Jemné česle mají průliny až 4 cm široké a osazují se za hrubými česlemi buď před,

nebo za lapákem písku. V čistírnách se štěrbinovými nádržemi se osazují i do usazovacího žlabu štěrbinové nádrže. Velmi jemné česle mají velikost průlin 3-6 mm, zásadně se konstruuje jako strojně stírané. U malých kořenových čistíren lze k tomuto účelu použít vícekomorový septik. Mechanicky čištěná odpadní voda se rovnoměrně rozlévá po celé šířce filtračního pole, protéká půdním filtrem a je odváděna sběrnou drenáží. Speciálním zařízením je regulována výška hladiny. Filtrační pole, jímka, pečlivě těsní, aby se odpadní vody nefiltrovaly do podzemních vod. K těsnění se většinou používá folie z plastů, měkčeného PVC nebo z vysoko hustotního polyetylenu. Folii můžeme chránit proti protržení krycí geotextilií. Není potřeba používat další izolace, pokud je podloží tvořeno málo propustným materiálem např. jílem (Pytl a kol. 2004; Šálek a Tlapák 2006).

Výkop tohoto typu čističky je tvořen výkopem různých hloubek (0,5 – 1 m), ten je vyplněn hydroizolační folií a geotextilií a štěrkem. Na vtoku a odtoku je používán hrubší štěrk frakce 36/63 nebo 63/125, v čistící zóně pak štěrk jemnější frakce 8/16 nebo 4/8.



Obrázek 14: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo(dumzahrada.cz).

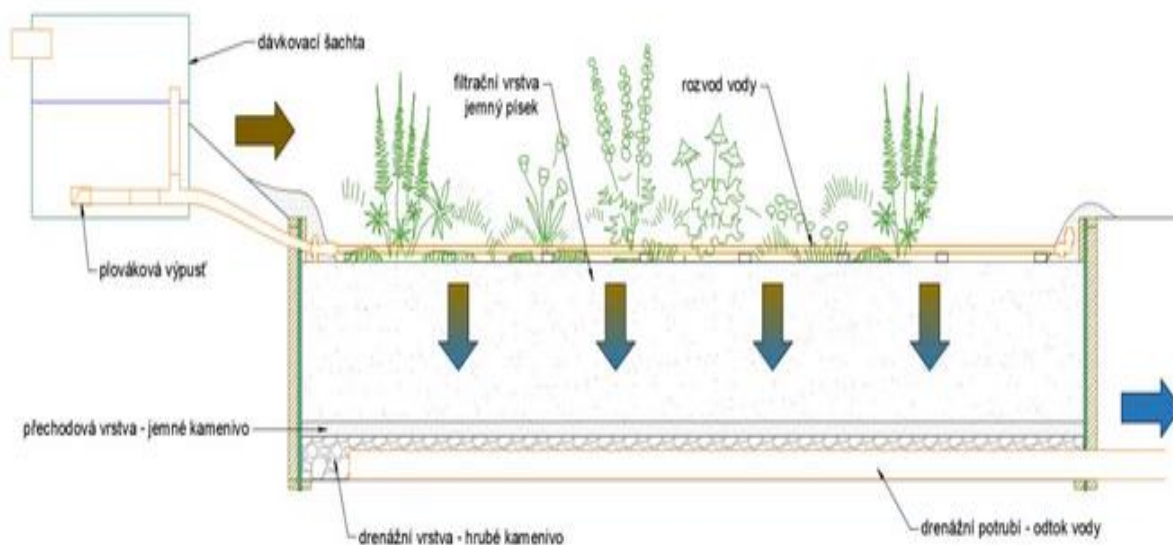
Odpadní voda tvoří souvislou hladinu, která prochází z jedné strany filtračního pole na druhou a její výšku je možno regulovat pomocí zařízení umístěného v regulační šachtě na konci čistírny. Mikrobiální procesy probíhají většinou v anaerobním prostředí, to je hlavně poblíž kořenů mokřadních rostlin a při povrchu filtračního lože, nebo v anoxickém prostředí. Čistírna zvládá velice dobře redukci nerozpuštěných

látek (80–95 %), organického znečištění (BSK₅) a patogenů. Nerozpuštěné látky a těžké kovy se odstraňují sedimentací a filtrací ve filtračním loži. Méně vhodná je pak pro redukci amoniakálního dusíku (20-40 %), kdy by bylo zapotřebí dostatečné plochy pro správnou redukci cca 10 m²/EO, což už je nereálné z hlediska investičních nákladů. Odstraňování fosforu je také velmi nízké (10-30 %), jde však výrazně zvýšit (>90 %) použitím filtračních materiálů s vysokou sorpční schopností, např. termicky upravený jíl nebo strusky. Pro dostatečné snížení organického znečištění je zapotřebí plochy 5 m²/EO (Grania; MŽP ©2017).

Typ odpadní vody	Specifikace	Uplatnění
Průmyslové	Petrochemický	USA, Čína, Velká Británie, Jižní Afrika, Súdán, Taiwan
	Chemický	Portugalsko, Austrálie, Čína
	Papírenský	USA, Keňa,
	Textilní	Slovinsko, Austrálie, Německo
	Koždělný	Portugalsko, Turecko, USA
	Masný	Mexiko, Ekvádor, Nový Zéland, Austrálie, Uruguay
	Potravinářský	Francie, Slovinsko, USA, Itálie, Litva, Nizozemí, Řecko
	Vinařský	JAR, Itálie
	Prádelny	Austrálie
	Důlní vody	Německo, USA
Zemědělské	Vepřiny	Austrálie, Čína, Velká Británie, Thajsko, Litva, Taiwan
	Kraviný	Itálie, Německo, USA, Nový Zéland, Dánsko
	Mléčnice	Itálie, Litva, Německo, USA, V. Británie, Nový Zéland
	Rybí farmy	USA, Kanada, Německo, Taiwan,
Splachové	Dálnice	Velká Británie, Itálie
	Letiště	USA, Velká Británie, Německo, Švýcarsko, Kanada
	Intravilán	Austrálie, USA
	Skleníky a školky	Kanada, Austrálie, Francie
Skládky	Průsaky	Portugalsko, Slovinsko, Norsko, Velká Británie, Polsko, USA,

Obrázek 15: Příklady využití kořenových čistíren s horizontálním průtokem pro čištění různých druhů odpadních vod (Vymazal, 2004).

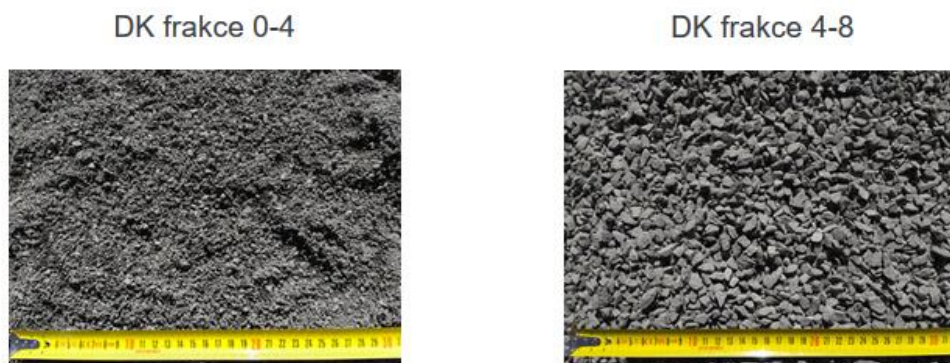
6.4. Kořenové čistírny s vertikálním podpovrchovým tokem



Obrázek 16: Kořenová čistírna s vertikálním průtokem (www.grania.cz).

Při tomto způsobu čištění je odpadní voda pulzně přiváděna na povrch lože osázeného mokřadními rostlinami, voda pak prosakuje vrstvami štěrku a písku a na dně je sbírána drenážními trubkami a odváděna ze systému. Čistící systém by měl být složen z několika paralelních loží, která budou střídavě zaplavována. Předčištěná voda při proudění směrem dolů nejprve vtéká do pulzní šachty, kde se postupně shromažďuje a po zaplnění šachty se vypouští na kořenový filtr. Jímky se těsní fólií, jílovým těsněním nebo se umísťují do speciálně upravených nádrží. Při proudění směrem vzhůru je odpadní voda přiváděna k těsnému dnu čistírny do rozdělovacího potrubí, které je tvořeno z perforovaných hadic nebo plastového potrubí, filtruje se přechodovým filtrem a filtračním prostředím směrem vzhůru, na povrchu přepadá do sběrného žlábků. Tento způsob uspořádání je vhodný u zařízení s letním provozem. Při celoročním provozu je zapotřebí nezbytná ochrana před zamrznutím, tepelně izolační kryt, odvod jímacím potrubím uloženým pod terémem, zatopení filtru, odvádění čištěné odpadní vody z vrstvy pod ledem apod. Pro zvýšení účinnosti je možné vodu vertikálním filtrem několikrát recirkulovat nebo dočišťovat pomocí dočišťovacích kaskád nebo zařadit sorpční nádobu, ve které se několikrát do roka obměňuje náplň. Vertikální umělé mokřady jsou většinou 1,0 až 1,2 m hluboké. Filtrační materiál bývá jemnější, je doporučován písek, a to frakce 0-4 mm, drenážní vrstva frakce 4-8 mm. Velmi často bývá použito několik vrstev různých frakcí, větší

frakce ve svrchní části filtru a u dna, aby nedocházelo k rychlému ucpání. Při správném nastavení výškového rozdílu mezi přítokem a odtokem z filtru, při kvalitním mechanickém předčištění, při rovnoměrném rozdělení odpadních vod po celé ploše povrchu a přístupu vzduchu do filtračních vrstev, plní vertikální filtr svoji správnou funkci. (Šálek a kol. 2012; Vymazal 1995; Šálek a Tlapák 2006).



Obrázek 17: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo (dumzahrada.cz).

Kořenová čistírna s vertikálním průtokem je obdobná jako kořenová čistírna s horizontálním průtokem s tím rozdílem, že ve filtračním loži není stálá hladina vody. Čistírna pracuje v aerobním režimu a je pro ni důležitý přístup vzduchu do vnitřku filtračního lože. Dosahuje tak vyšší účinnosti čištění pro organické znečištění (BSK) a hlavně pro amoniakální dusík, kdy plocha čistírny může mít menší rozměry. Ve vertikálních aerobních filtrech dochází k velmi dobré oxidaci amoniaku, ale vzniklé dusičnany nemohou být denitrifikovány a odtékají ve vypouštěné vodě. Ideální je propojení obou systémů vegetačních kořenových čistíren, horizontální průtok s vertikálním za účelem zvýšené eliminace celkového dusíku, tj. jak amoniaku, tak dusičnanů. Velikost plochy vertikální kořenové čistírny se liší v jednotlivých zemích, ve Francii pouze 2 m²/EO, v Dánsku to jsou 3 m²/EO, v Rakousku a Německu 4 m²/EO. Vertikální mokřady jsou využívány především ve Francii a Rakousku k čištění domovních a městských splaškových vod. V současné době se jejich využití rozšiřuje. Největší čistírna tohoto typu je nedaleko jihočínského Kantonu o ploše 25 ha. (Grania, MŽP ©, 2017)

Vertikální čistírny jsou daleko více rozšířené v Německu a USA než v České republice. Podle tamních poznatků jsou vertikální kořenové čistírny schopny odstraňovat amoniakální dusík až s dvojnásobnou účinností než čistírny horizontální (Luederitz a kol., 2001).

Typ odpadní vody	Lokalita
Speciální organika	Německo Francie Portugalsko
Průsaky skládky pevného odpadu kompost	Austrálie Německo
Herbicidy	Velká Británie
Letištní splachy	Kanada
Mlékárna	Nizozemí
Výroba sýrů	Německo
Jatka	Kanada
Rafinérie	Pákistán

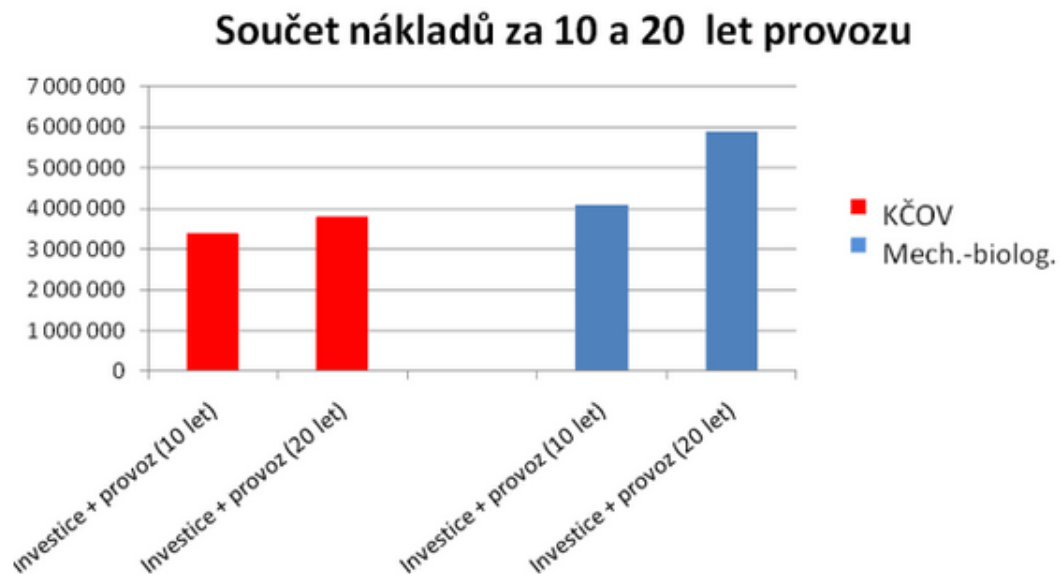
Obrázek 18: Příklady použití kořenových čistíren s vertikálním průtokem pro různé druhy odpadních vod (Vymazal, 2004).

6.5. Provoz kořenových čistíren

Vegetační kořenové čistírny jsou v České republice i v zahraničí stále více využívány pro svou provozní nenáročnost a nulovou spotřebu energie. Čištění odpadní nebo dešťové vody probíhá přirozeně a soběstačně. Člověk musí pouze čistit potrubní vedení a objekty, odstraňovat suché rostliny v zimním období, jednou za čas vyvézt kal z nádrže. Počáteční investice je závislá na konstrukčním řešení čistírny, na morfologii terénu a dostupnosti vhodného pozemku. Je nutno počítat s prostorem cca 5 m²/EO, s prostorem pro budoucí rozvoj, obslužnou komunikaci a manipulační plochu.



Obrázek 19: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).



Obrázek 20: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).

Investiční náklady, jak je vidět v grafech, jsou vyšší, ale vrací se hned v prvním roce provozu čistírky. Většinou lze na výstavbu čistírky získat dotaci a dle jejího typu pokrýt až 90 % nákladů. (Polák 2011).

7 PRAXE VYUŽITÍ

U nové zástavby se dá ovlivnit poměr a rozmístění zastavěných a nezastavěných ploch, zatímco u stávající zástavby je tomu jinak. Odtokové plochy včetně výškových poměrů a spádování jsou již stanovené a těžko ovlivnitelné. Převézt proto dešťovou vodu do povrchových objektů je většinou ztíženo. Doposud se řešila pouze problematika vodního hospodářství měst a obcí pouze v kategorii technických oborů, je však potřeba ji zohlednit i v ostatních aktivitách a činnostech podléhajících se na urbanizaci krajiny a přijmout opatření, která mají spíše neinvestiční charakter.

Příležitost ke zlepšení v pouličních scénériích je důležitá, protože ulice tvoří významnou část rozvoje měst. Správným využitím a ošetřením dešťové vody se může zlepšit zdraví a vybavenost stromů, zmírnit dopad městského tepelného ostrova a snížit přebytečné dešťové vody odtékajících do vodních toků.

V Austrálii v Melbourne jsou vytvářeny raingardeny – zahradní postele, kořenové čistírny v menším provedení, které filtrují odtok dešťové vody z mírných srážek z okolních oblastí nebo potrubí pro dešťovou vodu. Jejich funkcí je zastavení odtoku dešťové vody od znečišťování vodních toků živinami, odpadky a sedimenty.

Raingardeny se navrhují ve velikosti od 1 do více než 100 m² a obvykle jsou to 1–2% povodí a jsou nad úrovní okolní podzemní vody. Filtrační médium je před instalací testováno, musí splňovat normy pro vodivost a růst rostlin a udržovat dostatečnou vlhkost pro jejich podporu. Nedoporučují se stavět v místech s malým rozdílem mezi povrchem země a hladinou raingardeny, v povodí s vysokým zatížením sedimentu, v oblasti stavenišť proti proudu, v oblastech s konstantními spádovými toky. Oficiálně je jich v Melbourne registrováno více než 10 tisíc ([www.melbournewater](http://www.melbournewater.com.au) 2017).



Obrázek 21: (www.melbourne.com.au/raingardens, 2017).

Využívání dešťové vody je obzvláště populární v Německu, kde města a jejich obyvatelé také stále více pociťují důsledky změny klimatu. Například v Dortmundu revitalizovali sídliště Scharnhorst se 17 tis. obyvateli v rámci nového přístupu k dešťové vodě na veřejných prostranstvích, která teď tvoří široké travnaté plochy. Byl zde také vybudován nový velmi účinný systém odvodnění. Od jednotné kanalizace byly během několika let odpojeny čtyři školy, jedna školka, dvě církevní obce a čtyři bytová družstva, což představuje přibližně 8 % zpevněných ploch v lokalitě. Tento fungující projekt nastavil budoucí vývoj městské čtvrti správným směrem (Vítek a kol. 2015).

Kořenové čistírny našly své uplatnění také v USA. Ve městě St. Salina v rámci projektu instalovali několik dešťových zahrad na sběr vody ze střech a přeměnili několik parkovišť na porézní chodník.

Ve městě Syrakusy vytvořili v rámci programu Save the Rain přes 180 projektů zelené infrastruktury v kombinovaných povodí města, které každoročně zachycují v průměru přes 122 milionů galonů dešťové vody. Byla vybudována velká bio retenční oblast pro zachycení odtoku ze střech, parkovišť, zbudované porézní chodník, dešťové zahrady, podzemní filtrační zákopy a cisterny (<http://savetherain.us> 2019).

V České republice jsou objekty decentrálního systému využity například v kampusu Masarykovy univerzity v Brně, odvodnění parkoviště zavedením opatření pro omezení vlivu přívalových srážek na kulminační průtok v dešťové kanalizaci v Praze 12. Lokální retence s řízeným odtokem dešťové vody ze střech a přilehlých ploch při přebudování odvodnění Městského domu kultury v Karviné, což vyžadovalo rekonstrukci vnitroareálových rozvodů, vyústění dešťových odpadů na terén a přespádování některých zpevněných ploch. Také projekt Koncepce vodního hospodářství statutárního města Olomouce byl vytvořen v důsledku dlouhodobého plánování rozvoje zásobování vodou a efektivní odvedení splaškových a srážkových vod z města s minimalizací investičních a provozních nákladů (Vítek a kol. 2015).

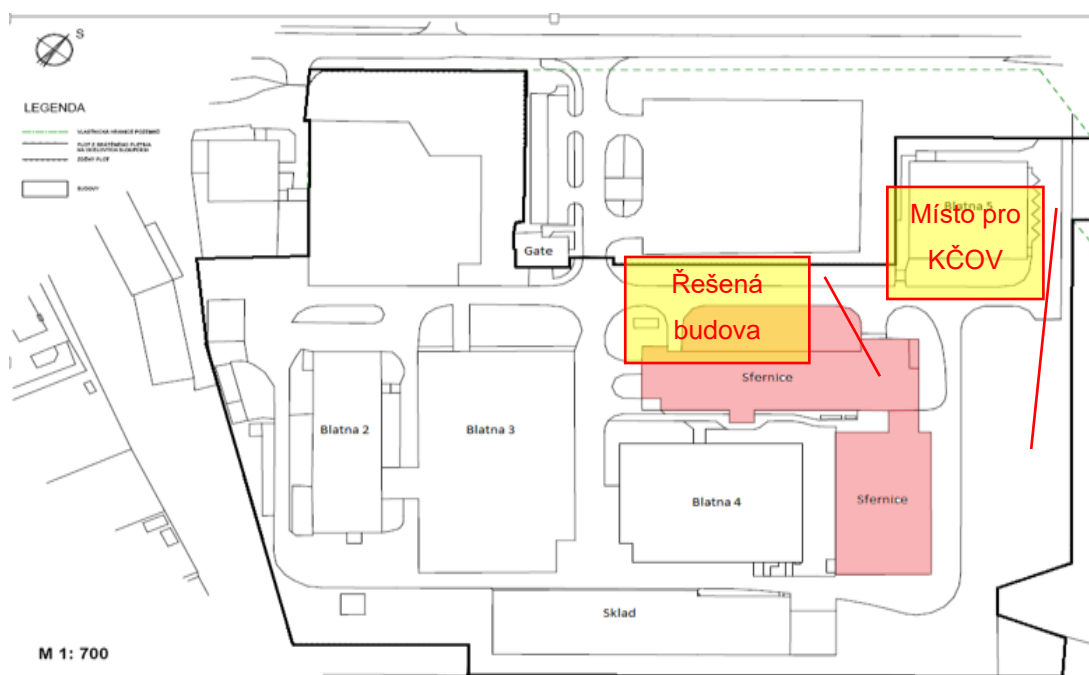
8 VYUŽITÍ KČOV VE FIRMĚ VISHAY

8.1. Charakteristika budovy

Praktická část se bude zabývat možností využití kořenové čistírny ve firmě Vishay Electronic spol. s r.o. ve městě Blatná, katastrální území Blatná, parcelní číslo st. 1805, výměra pozemku je 2646 m², druh pozemku je zastavěná plocha a nádvoří. Blatná se nachází v Jihočeském kraji. Řešená budova Vishay Sfernice se nachází v průmyslové zóně, která navazuje na zónu obytnou. Společnost se zabývá výrobou elektrosoučástek pro automobilový, letecký průmysl a zdravotnictví. V objektu je více budov, které jsou rozdělené na budovu Esta a Sfernice. Řešená budova je Sfernice, která má dvě vzájemně napojené budovy. Jedna má tři podlaží, výroba a administrativa, a druhá je jednopodlažní sklad. Venkovní prostor je složen z příjezdových, skladovacích ploch a zatravněné plochy. V současné době ve firmě Sfernice pracuje 120 zaměstnanců, 90 žen a 30 mužů. Veškeré dešťové vody jsou svedeny do městské kanalizace. Zachycenou dešťovou vodu by bylo možno použít na splachování toalet a úklid veškerých prostor v budově.



Obrázek 22: Areál firmy Vishay Electronic spol. s r.o., zdroj: autor.



Obrázek 23: Půdorys firmy, zdroj: autor.

Vysvětlivky:

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]

% = úhrn srážek v % normálu 1961-1990

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	S	65	31	48	25	91	53	58	77	62	43	43	38	634
	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	674
	%	155	82	120	53	123	63	73	99	119	102	88	79	94
Praha a Středočeský	S	44	28	37	25	72	47	52	72	46	36	40	18	519
	N	32	30	36	43	70	75	72	73	46	36	40	35	590
	%	138	93	103	58	103	63	72	99	100	100	100	51	88
Jihočeský	S	66	35	49	16	85	69	69	70	50	37	33	33	612
	N	34	33	39	49	75	94	83	82	51	37	43	39	659
	%	194	106	126	33	113	73	83	85	98	100	77	85	93

Obrázek 24: Úhrn srážek za rok 2019, ČHMÚ 2020.

8.2. Popis schvalovacího procesu před výstavbou

Jestliže příslušný vodoprávního úřadu, který bývá nejčastěji součástí odboru životního prostředí obecního úřadu s rozšířenou působností, rozhodne na základě zákona č. 254/2001 Sb. o tom, že předmětná kořenová čistírna je vodním dílem, je zapotřebí stavební povolení, potvrzení o vodotěsnosti folie kořenového pole a povolení k nakládání s odpadními vodami dle NV 229/2007 Sb. Podkladem pro povolení je projektová dokumentace, kterou vypracuje projektant autorizovaný v oboru vodohospodářství. V povolení k nakládání s odpadními vodami je určen požadovaný stupeň čištění odpadních vod, způsob kontroly čištění atd. Po kolaudaci čistírny je povolen zkušební provoz a následně po jeho vyhodnocení provoz trvalý. Během obou provozů je požadována kontrola kvality čištění a dokladována rozborem vzorků na odtoku. V případě, že by byly předčištěné odpadní vody zasakovány drenážním potrubím do podzemních vod, je třeba k projektu doplnit hydrogeologické posouzení, že v místě vypouštění se nebudou znehodnocovat pozemní vody. V tomto případě toto posouzení nebude zapotřebí, neboť odpadní a dešťové vody by byly opět využity.

Investor (podnik) musí mít náležitě vypořádány majetkoprávní vztahy, a to zejména v oblasti stavby kanalizace a splňovat tak všechny náležitosti uvedené ve stavebním zákonu č. 422/2002 Sb...

8.3. Výpočty a parametry

	počet	voda WC	mytí rukou	za den* 3
ženy	90	7 l	2 l	21 l
muži	30	1 l	2 l	9 l
úklid /0,3 m ³	1500 m ²			450 l

Plocha střechy3 126 m²

Průměrný úhrn srážek za rok 2019.....612 mm

Množství odpadních vod za rok 2019.....6 219 m³518,25 m³/měs.

Spotřeba vody za rok 2019.....2335 m³194,58 m³/měs.

Současná cena stočného/m³.....28,26 Kč/bez DPH

Současná cena vodného/m³.....41,72 Kč/bez DPH

Současné náklady na odpadní vody za rok.....218 760 Kč

BSK₅..... 270 mg/l

CHSK.....564 mg/l

Měsíc	Počet dní v měsíci	Spotřeba vody na den (m ³)	Spotřeba vody na měsíc (m ³)	Úhrn srážek (mm)	Objem srážek na ploše 3126 m ² (m ³)
Leden	31	4770	147870	66	206,316
Únor	28	4770	133560	35	109,41
Březen	31	4770	147870	49	153,174
Duben	30	4770	143100	16	50,016
Květen	31	4770	147870	85	265,71
Červen	30	4770	143100	69	215,694
Červenec	31	4770	147870	69	215,694
Srpen	31	4770	147870	70	218,82
Září	30	4770	143100	50	156,3
Říjen	31	4770	147870	37	115,662
Listopad	30	4770	143100	33	103,158
Prosinec	31	4770	147870	33	103,158
Celkem	365		1741050	612	1913,112

Tabulka 1: Měsíční bilance.

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	NM	Zkušební metoda	Akr.
pH	8,8		0,2	SOP 1A (ČSN ISO 10523)	P2 A
BSK-5	270	mg/l	15%	SOP 3A (ČSN EN 1899-1:1999)	P2 A
CHSK-Cr	564	mg/l	12%	SOP 2B (ČSN ISO 15705)	P2 A
N-amoniakální	48	mg/l	10%	SOP 7 (ČSN ISO 5664)	P2 A
Celkový dusík	92	mg/l	15%	SOP 10 (ČSN 10048:1996)	P2 A
NL-105°C	200	mg/l	10%	SOP 4 (ČSN EN 872)	P2 A, F
RL-550°C	240	mg/l	12%	SOP 5 (ČSN 757347)	P2 A, F
P celkový	11	mg/l	10%	SOP 6 (ČSN EN ISO 6878)	P2 A
Tenzidy aniontové	6,7	mg/l	20%	SOP 6.30 (ČSN EN 903)	P1 A
Chrom	0,0206	mg/l	10.0%	CZ SOP D06 02 001 (US EPA 200.7, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, ČSN 75 7358)	A, S
Nikl	0,0053	mg/l	10.0%	CZ SOP D06 02 001 (US EPA 200.7, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, ČSN 75 7358)	A, S
Měď	0,0583	mg/l	10.0%	CZ SOP D06 02 001 (US EPA 200.7, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, ČSN 75 7358)	A, S
Olovo	<0,010	mg/l		CZ SOP D06 02 001 (US EPA 200.7, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, ČSN 75 7358)	A, S
Zinek	0,119	mg/l	10.0%	CZ SOP D06 02 001 (US EPA 200.7, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, ČSN 75 7358)	A, S

Obrázek 25: Vzorky odběrů vody v podniku, zdroj: autor.

Mezi základní parametry kořenové čistírny při návrhu patří plocha, objem, hydraulické zdržení a doba zdržení. Obecně je počítána hloubka filtračního pole 0,8 – 1 m, která se volí s ohledem na mokřadní vegetaci, aby mohl kořenový systém volně prorůst celou hloubkou lože. Sklon filtračního pole se zpravidla navrhuje vodorovný 0–1 % od 45° do 60° (Nováková a kol. 2006).

Norma ČSN 75 6402 popisuje objekty mechanického předčištění a mezi tyto objekty patří česle, lapáky písku, tuků a olejů, septiky a šterbinové usazovací nádrže, usazovací nádrže a anaerobní separátory. Norma doporučuje přednostní použití strojně čištěných automatických česlí s minimální náročností na obsluhu, kořenová čistírna pro 300-500 EO (ekvivalentních obyvatel). Využití ručních česlí je ovšem také možné, vyžaduje ale soustavnější obsluhu, kořenová čistírna pro méně osob. Sklon česlí se navrhuje 45°, rychlost průtoku česlemi nemá překročit 1 m/s. Norma udává i hodnoty účinnosti čištění jednotlivých technologických objektů. Technologie čištění je volena tak, aby vyčištěná odpadní voda splňovala emisní standardy dle NV 401/2015 Sb.

Průměrná denní spotřeba vody (l/osoba):

Spotřeba vody:

$$Q_{24} = q_{wc} * n + q_u * A_u$$

$$Q_{24} = 36 * 120 + 0,3 * 1500 = 4320 + 450 = 4770 \text{ l/ den}$$

n = počet osob 90 (žen) + 30 (mužů)

q_{wc} = spotřeba vody pro záchody – splachování + mytí rukou * 3/den

$$\text{ženy: } 7 + 2 * 3 = 27 \text{ l/os/den}$$

$$\text{muži: } 1 + 2 * 3 = 9 \text{ l/os/den}$$

q_u = spotřeba vody na úklid

A_u = plocha na úklid.....1500 m²

$$\text{jedno vytření ploch} = 0,3 \text{ l/m}^3 \quad 1500 * 0,3 = 450 \text{ l/den}$$

$$\text{vytírání 5 dní v týdnu} \quad 450 * 5 = 2250 \text{ l/týden}$$

Spotřeba vody:

$$Q_{24} = q_{wc} * n + q_u * A_u$$

$$Q_{24} = 36 * 120 + 0,3 * 1500 = 4320 + 450 = 4770 \text{ l/ den}$$

Spotřeba vody m³/měsíc

$$Q_m = d * Q_p$$

d = počet dní v měsíci

plocha střechy budovy je 3126 m²

Plocha kořenových polí je navrhována podle rovnice:

$$A_h = Qd (\ln C_o - \ln C_t) / K_{BSK}$$

A_h = plocha filtračních polí (m²)

Qd = průměrný průtok odpadní vody (m³/d)

C_o = koncentrace BSK₅ na přítoku na filtrační pole (mg/l)

C_t = požadovaná koncentrace BSK₅ na odtoku (mg/l)

K_{BSK} = rychlostní konstanta (m/d)

Na výstavbu čistírny se průměrně počítá 5 m²/ osobu a 15–20 tisíc/ osobu. V tomto případě je to:

$$5 * 120 = 600 \text{ m}^2 \quad 120 * 20\,000 = 2\,400\,000,- \text{ Kč}$$

Z celkové ceny připadá přibližně 25 % na předčištění, 60 % na filtrační pole a 15 % na ostatní (šachty, rozvody, oplocení atd.). Náklady na filtrační pole se přibližně skládají z 40 % na filtrační materiál a jeho dopravu, 10 % na uložení ochranných fólií, 5 % na zemní práce a 5 % na výsadbu rostlin.

9 VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ

Cílem praktické části této práce bylo zjistit a doporučit možnost využití dešťových a odpadních vod vybudováním kořenové čistírny pro vybranou budovu v průmyslovém objektu. Čistírenské zařízení by se skládalo ze septiku, kořenového filtračního pole s vertikálním prouděním, dočišťovací nádrže a rozvodního potrubí. Septik jako mechanické předčištění je klíčovým prvkem celého systému. Kořenové filtrační pole s vertikálním prouděním, je navrženo z důvodu vyššího výskytu dusíku.

Potřebná plocha na vybudování této kořenové čistírny je dostačující, proto je kořenová čistírna ideálním a elegantním řešením pro využití dešťových a odpadních vod. Prvotní investice by byla v rozpočtu na osobu vyšší, neboť by bylo nutné vybudovat druhou větev stoupaček na vyčištěnou vodu. Kvalitní projekt, správný provoz a údržba je zárukou dlouholetosti a plnohodnotné funkce kořenové čistírny.

Ze zjištěných hodnot lze předpokládat, že firma Vishay Electronic spol. s r.o. by výstavbou čističky ušetřila značné náklady za vodu.

10 DISKUSE

Využití dešťových vod je v poslední době aktuální téma nejen celosvětové, ale i hodně diskutované v České republice. K diskusi o tomto tématu nás začínají nutit nejen delší a častější období sucha, ale především rostoucí cena pitné vody. Díky klimatickým změnám dochází ke snižování zásob spodních vod. Dešťová voda je nepostradatelná pro uzavřený koloběh malého vodního cyklu. Voda by se měla vrátit zpět na stejné území, ze kterého se vypařila, a my bychom měli zabránit tomu, aby odtekla z tohoto území s takovou intenzitou, s jakou na něj spadla. Pokud tomu tak není a voda je odvedena pryč kanalizací a dále do moře, kde se stává součástí velkého vodního koloběhu, narušuje se tak vodní režim krajiny.

Kvalita vody je znečišťována pesticidy a dusičnany v důsledku vysoké zemědělské činnosti, ale také splavením veškerých nečistot ze zpevněných ploch. Kanalizační sítě

jsou přetěžovány, kapacity čistíren přeplněny. Kvůli stále větším zastavěným plochám nemá voda šanci se vsakovat do půdy. Udržení kvality podzemní vody zvyšuje pozdržení srážkové vody v půdním profilu a zamezení jejímu rychlému odtoku. Přívalové deště způsobují škodu v kanalizaci, která není schopna, a hlavně není konstruována na to, aby pojmula najednou velké přívaly vody. V důsledku stále častějších přívalových dešťů je potřeba stoky rekonstruovat, vytvářet vhodné prostory pro vsakování a zadržení vody v místě a doplňovat tak pozemní zásoby vody (Pancíková 2018).

Současná společnost ovšem více přihlíží k ekonomickému hledisku, zda bude výhodnější odvádění dešťových vod do recipientů nebo do dešťové kanalizace než jiná řešení. Tak je tomu i v areálech firem, kde jsou hlavním faktorem investiční náklady, zejména u starších budov jsou investice výrazněji vyšší. Motivací mohou být pouze dobře navržené projekty, které ušetří náklady v jejich areálech. Ani pro novou metodu odvodňování v urbanizovaných územích nejsou nijak legislativně vytvořeny podmínky a zavedení účelových pravidel, ze kterých by vyplývala jasná stanoviska při projektování. Legislativa nijak nemotivuje k lepšímu využití dešťových vod. Občas pouze formou dotačních programů, jako byl loni v České republice vyhlášen projekt Dešťovka. Díky tomuto projektu byl velký nárůst v projektování a dodávkách zařízení na využití srážkových vod. Podstatné je, že se využitím srážkových vod a úsporou pitné vody zabývají státní instituce. První vlaštovkou bylo vydání nové vyhlášky 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, konkrétně § 20, kdy je nutno přednostně nechat vsáknout dešťové vody na vlastním pozemku, ale pouze u novostaveb. Ideální by bylo také neustálé vzdělávání vodoprávních úředníků a úředníků stavebních úřadů, projektantů a architektů, aby byli schopni lépe spolupracovat s investory a navrhovat účinné a stoprocentně využitelné projekty (Nehasil).

Jedním z nich je výstavba kořenové čistírny odpadních vod, která mezi laickou populací v České republice stále evokuje předsudky a nedůvěru k jednoduchosti zařízení. Málokdo z nás však ví, že výstavbou KČOV tak vznikne v krajině zcela nový estetický krajinný prvek a mokřadní biotop, který přispívá k udržení ekologické stability ekosystému. Obecně nesou kořenové čistírny odpadních vod mnoho pozitivních skutečností z provozního, konstrukčního i ekonomického hlediska, ale také i některé negativní. Výhody výstavby KČOV však významně převažují. Tyto metody využívají přirozených procesů ke zlepšení kvality vod a k jejich realizaci zásadně přispívá jejich jednoduchost, minimální provozní náklady a také to, že velmi dobře zapadnou do krajiny (Kořenovy.cz 2020).

Pitná voda je nenahraditelným přírodním zdrojem pro život na Zemi. Měli bychom cítit alespoň morální zodpovědnost za uchování tohoto zdroje pro budoucí generace. Lidé začínají přemýšlet o využití dešťových vod, avšak zatím je to na úrovni zalévání zahrádek. Možné zpoplatnění vypouštění dešťových vod by mohlo podpořit vnímání lidí k lepšímu využití tohoto důležitého zdroje vody. Povinností každého člověka by mělo být omezení znečišťování srážkových vod po dopadu na zemský povrch a snažit se udržet tyto vody v půdním profilu. Zatím to ale není povinnost a záleží jen na přístupu každého z nás. Bez vody není život (Pavλίna Hošková, VI. 2020, in litt.).

11 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo nastínit problematiku možností využití dešťových vod v urbanizovaných územích a ze zastavěných ploch. Jakým způsobem nejlépe zadržet srážkovou vodu v těchto územích. Zviditelnit využití kořenových čistíren jako velmi efektivní čištění srážkových a odpadních vod a jejich rozlišení podle účinnosti. Jsou zde popsány návrhy, které je možné využít v urbanizovaném území. Chtěla jsem ukázat a popsat, jak důležité je vrátit vodu zpět do přírody, že je zapotřebí se neohlížet pouze na ekonomickou stránku, ale hlavně na udržitelnost pitné vody teď i pro budoucí generace. Stavební náklady jsou stále vysoké, ale společným smýšlením se můžeme posouvat v tomto směru dál. Je zapotřebí legislativně zavést přesně dané podmínky, zjednodušit a zpřísnit proces přípravy a realizaci staveb hospodařících s dešťovou vodou. Systémový přístup by v naší zemi vytvořil prostředí, které by zkoordinovalo všechny zákonné a technické normy a ekonomické podmínky pro návrhy, realizaci a provozování odvodňovacích systémů s decentralizovanou retencí. Hlavně, ale můžeme začít sami u sebe, s lepším přístupem k hospodaření s dešťovou vodou a naše chování může inspirovat ostatní.

12 PŘEHLED LITERATURY

- Anděra M., 2000: Encyklopedie naší přírody. Nakladatelství Slovart, Praha.
- Böse K., 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. Hel. ISBN: 80-86167-08-9
- Hlavínek P., Prax P., Kubík J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno.

- Hlavínek P., 2010: Hospodaření s dešťovými vodami – efektivní nástroj ochrany recipientů. In: Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích. ARDEC, Brno.
- Krejčí V., GUJER W., 2000: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. NOEL 2000, Brno, ISBN 80-86020-39-8.
- MŽP, 2017: Mokřady. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- Pitter P., 1999: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT. Praha. ISBN: 80-7080-340-1.
- Pytl V., a kol., 2004: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. Medium, Praha, ISBN 80-239-2528-8.
- Kabinet ŽP, ©1998: Sborník přednášek – Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren. Brno.
- Šálek J. a kolektiv, 2012: Voda v domě a na chatě. Grada, Praha.
- Šálek J., Tlapák V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. IC Ckait, Praha.
- Vítek J., Stránský D., Kobelková I., Bareš V., Vítek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Koniklec, Praha.
- Vymazal J., Sklenička P., Krsňák J., Dvořáková Březinová T., Černý Pixová K., Bierhanzl B., 2017: Umělé mokřadní systémy pro snížení koncentrace dusíku a fosforu v povrchových vodách zemědělských krajín. ČZU FŽP, Praha.
- Vymazal J., 1995: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. Enki, Třeboň.
- Vymazal J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. Enki, Třeboň.
- Worm J., Hattum T., 2006: Digigrafí, the Neteherlands Wageningen, ISBN CTA: 92-9081-330-X.

12.1. Internetové zdroje

- Brander L.M., The Empirics of Wetland Valuation (online) [cit. 2020 12. 03.], dostupné z < <https://www.cbd.int/financial/values/g-valuwetland.pdf> >.
- ČHMÚ, 2020: Roční úhrn srážek na území České republiky v roce 2019 (online) [cit. 2020 15. 06.], dostupné z < <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#> >.

- Dufka J., 2017: Srážkové vody (online) [cit. 2020 13. 03.], dostupné z < <http://www.topin.cz/clanky/topenarstvi-instalace-obsah-51-rocniku-2017-detail-3587> >.
- Dvořáková D., 2007: Využívání dešťové vody II. – možnosti použití dešťové vody a části zařízení (online) [cit. 2020 13. 03.], dostupné z < <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni> >.
- Dou T., Troesch S., Petitjean A., Palfy TG, Esser D., 2017: Wastewater and Rainwater Management in Urban Areas: A Role for Constructed Wetlands. Procedia Environmental Sciences, Elsevier, 37 (online) [cit. 2020 14. 03.], dostupné z < <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01778994/document> >.
- De Martis G., Mulas B., V. a Marignani M., 2016: Can Artificial Ecosystems Enhance Local Biodiversity? The Case of a Constructed Wetland in a Mediterranean Urban Context (online) [cit. 2020 20. 03.], dostupné z < <http://europepmc.org/article/med/26894617> >.
- Eiseltová M., 2019: Význam mokřadů v zemědělské krajině (online) [cit. 2020 10. 03.], dostupné z < <https://www.ctpz.cz/vyzkum/vyznam-mokradu-v-zemedelske-krajine-868> >.
- EkoList, 2001: Umělý mokřad krajiny sluší (online) [cit. 2020 14. 03.], dostupné z < https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/umely-mokrad-krajine-slusi?apc=/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/umely-mokrad-krajine-slusi&nocache=invalidate&sh_itm=29dfe2571dc8eff8ea3993c1abf50599&all_ids=1 >.
- Grania, 2020: Kořenová čistírna s volnou hladinou (online) [cit. 2020 20. 03.], dostupné z < <http://grania.cz/korenove-cistirny-pruvodce-technologie/korenova-cistirna-s-volnou-hladinou/> >.
- Gur E., Spuhler D., 2019: Rainwater Harvesting (online) [cit. 2020 05.02.], dostupné z < <https://sswm.info/sswm-solutions-bop-markets/affordable-wash-services-and-products/affordable-water-supply/rainwater-harvesting-%28urban%29> >.
- IWA publishing, 2020: Blue Green Systém (online) [cit. 2020 12. 03.], dostupné z < <https://iwaponline.com/bgs> >.
- Kořenovky.cz, 2020 (online) [cit.2020 14. 03.], dostupné z < <http://www.korenova-cisticka.cz/korenovky-v-mediich.html> >.

- Luederitz V., Eckert E., Lange-weber M., Lange A., Mgersberg R., 2001: Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and 65 horizontal flow constructed wetlands, *Ecological Engineering* (online) [cit. 2020 20. 03.], dostupné z < [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(01\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(01)00075-1)>.
- Melbourne water, 2017: Raingardens (online) [cit. 2020 10.05.], dostupné z < <https://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management/options-treating-stormwater/raingardens> >.
- Nehasil O., Hospodaření s dešťovou vodou v obcích (online) [cit. 2020 13. 03.], dostupné z < <https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-v-obcich-3/> >.
- Nováková J., Melčáková I., Švehlákova H., 2006: Skripta Ekologické aspekty Technické hydrobiologie (online) [cit. 2020 10. 06.], dostupné z < <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%aspekty/> >.
- Pančíková L., 2018: Hospodaření s dešťovou vodou a zeleň Hamburku a Kodaně (online) [cit. 2020 12. 03.], dostupné z < <https://www.moudramesta.cz/hry-ve-vode-misto-zaplav/> >.
- Plotěný K., Pírek O., 2012: Čištění odpadních vod (online) [cit. 2020 14. 03.], dostupné z < <https://www.asio.cz/cz/22.asio-news-cislo-46-duben-2009>>.
- Polák P., 2011: Kořenové čistírny odpadních vod – ekonomika výstavby a provozu (online) [cit. 2020 12. 03.], dostupné z < <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/7839-korenove-cistirny-odpadnich-vod-ekonomika-vystavby-a-provozu> >.
- Save the Rain, 2019: Green projects List (online) [cit. 2020 23. 04.], dostupné z < <https://savetherain.us/green-project-list/> >.
- Sieker F., 2007: Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung unter dem besonderen Aspekt der Hochwasservorsorge (online) [cit. 2020 12. 03.], dostupné z < <https://www.sieker.de/de/home.html>>.
- SONG, Hai-Liang, Shuai ZHANG, Jianhua GUO, Yu-Li YANG, Li-Ming ZHANG, Hua LI, Xiao-Li YANG, Xi LIU, 2018: *Vertical up-flow constructed wetlands exhibited efficient antibiotic removal but induced antibiotic resistance genes in effluent*, *Chemosphere*, Volume 203, Pages 434-441, ISSN: 0045-6535 (online) [cit.2020 14.03.], dostupné z < <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.006> >.
- Škrípcová N., Záveská D., 2013: Výhody i úskalí kořenové čistírky odpadních vod (online) [cit. 2020 12. 03.], dostupné z < <https://homebydleni.cz/zahrada/rady-a-tipy/vyhody-i-uskali-korenove-cisticky-odpadnich-vod/> >.

- Vacková M., 2016: Hospodaření s dešťovou vodou ve městech (online) [cit. 202014.03.], dostupné z https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/51951/213-218_vackova.pdf?sequence=1&isAllowed=y >.

13 PŘEHLED OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Koloběh vody na zemi (Gmela A., 2004).

Obrázek 2: Ramsar/Výtopa Rožmberka (Ševčík, 2020).

Obrázek 3: Porovnání odtoku dešťových srážek v urbanizovaném prostředí (Dufka, 2017).

Obrázek 4: Identifikované problémy s vodou a městské tlaky a zmírnění možnosti aplikací NBS (Modro zelená Solutions, 2017).

Obrázek 5: Průměrný úhrn srážek v ČR (mm) a jeho poměr k dlouhodobému normálu (%), (ČHMÚ, 2018).

Obrázek 6: Průměrný úhrn srážek v ČR v % dlouhodobého normálu, (ČHMÚ, 2018).

Obrázek 7: Vývoj roční depozice síry, oxidovaných forem dusíku a vodíku na plochu ČR v letech 1995-2014 (CHMI, 2014).

Obrázek 8: Doporučená opatření pro předčištění srážkových vod z různých typů ploch při zaústění do povrchových vod (dle TNV 75 9011).

Obrázek 9: Nakládání s dešťovou vodou (Černá, GLYNVED s.r.o., 2006).

Obrázek 10: Zelený tramvajový pás v Praze 8, kde je místostarostou Petr Vilgus za Stranu zelených (www.zeleni.cz, 2018).

Obrázek 11: Spotřeba vody (<https://ekocis.cz/>).

Obrázek 12: Schéma mokřadu s povrchovým tokem (Vymazal, 1995).

Obrázek 13: Kořenová čistírna s horizontálním průtokem (www.grania.cz).

Obrázek 14: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo (<https://www.dumzahrada.cz/>).

Obrázek 15: Příklady využití kořenových čistíren s horizontálním průtokem pro čištění různých druhů odpadních vod (Vymazal, 2004).

Obrázek 16: Kořenová čistírna s vertikálním průtokem www.grania.cz.

Obrázek 17: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo (<https://www.dumzahrada.cz/>).

Obrázek 18: Příklady použití kořenových čistíren s vertikálním průtokem pro různé druhy odpadních vod (Vymazal, 2004).

Obrázek 19: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).

Obrázek 20: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).

Obrázek 21: (www.melbourne.com.au/raingardens).

Obrázek 22: Areál firmy Vishay Electronic spol. s r.o., zdroj: autor.

Obrázek 23: Půdorys firmy, zdroj: autor.

Obrázek 24: Úhrn srážek za rok 2019, ČHMÚ 2020.

Obrázek 25: Vzorke odběrů vody v podniku, zdroj: autor.

14 PŘEHLED TABULEK

Tabulka 1: Měsíční bilance (autor).

15 NORMY A ZÁKONY

ČSN 75 6402, Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel.

TNV 75 9011, Hospodaření se srážkovými vodami.

Zákon 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Zákon 422/2002 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.

NV 401/2015, Rozdělení čistíren podle zařazení do třídy I, II a III.

NV 229/2007 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.