

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU
V URBANIZOVANÉM ÚZEMÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Bakalant: Martin Straka

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta Životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Straka

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném území

Název anglicky

Rainwater management in urban areas

Cíle práce

Předmětem bakalářské práce je charakteristika velmi aktuální problematiky využívání dešťových vod, především ve smyslu podpory zadržení vody v urbanizovaném území. Cílem práce je popis možných způsobů akumulace a následného využití, nebo retence a infiltrace dešťové vody.

Dílčím cílem pak je posouzení možnosti využití dešťové vody u konkrétního objektu ve městě Litvínov, s ohledem na bilanci předpokládaného množství dostupné srážkové vody a potřebného množství vody k jejímu následnému využití.

Metodika

- literární rešerše studované problematiky
- přehled platné legislativy
- návrh hospodaření s dešťovými vodami na modelovém objektu
- zhodnocení zjištěných informací
- shrnutí

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

dešťová voda; hospodaření s dešťovou vodou; úspora vody; urbanizované povodí; přírodě blízké odvodnění

Doporučené zdroje informací

ČSN 75 9010, 2012: Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 44 s.

Krejčí, V., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: Noel 2000. 560 s.

Novak, C.A., Giesen, G.E.V., DeBusk, K.M., 2014: Designing rainwater harvesting systems: integrating rainwater into building systems. Hoboken: Wiley. 294 p.

TNV 75 9011, 2013: Hospodaření se srážkovými vodami. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s. 27 s.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném území, vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, 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 vědom, že odevzdáním 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 Litvínově dne 16.3.2021

Martin Straka

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Sychové, Ph.D. za pomoc při vypracování bakalářské práce a konzultace, které byly potřebné k dokončení práce.

V Litvínově 16.3.2021

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku a využívání dešťových vod v České republice. Rešerše pojednává o možnostech a snaze o napodobení přírodních procesů, které se odehrávají ve volné krajině bez zástavby. Hospodaření s dešťovou vodou také napomáhá výrazně při rozvoji měst a obcí. K dané problematice také bezesporu patří legislativa, která ale není zcela srozumitelná a jasná. Podle získaných skutečností s odvodněním, bude potřeba propojit hospodaření s dešťovými vodami s územním plánováním. Praktická část bakalářské práce je věnována návrhu využití dešťové vody v novostavbě a posuzuje získané množství vody proti potřebě provozní vody budovy.

Klíčová slova: dešťové vody, hospodaření s dešťovou vodou, odvodnění, územní plánování.

Abstract

The bachelor thesis is focused on the issue and use of rainwater in the Czech Republic. The research deals with the possibilities and efforts to imitate natural processes that take place in the open countryside without built-up areas. Rainwater management also helps significantly in the development of cities and municipalities. Legislation also undoubtedly belongs to the given issue, but it is not completely understandable and clear. According to the facts obtained with drainage, it will be necessary to link rainwater management with spatial planning. The practical part of the bachelor's thesis is aimed to the design of the use of rainwater in a new building and assesses the amount of water obtained against the need for process water of the building.

Keywords: rainwater, rainwater management, drainage, spatial planning.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Voda ve světě	3
3.2	Dešťové vody	4
3.3	Využití dešťové vody	9
3.4	Hospodaření s dešťovou vodou	11
3.5	Jakost a úprava dešťových vod.....	16
3.6	Legislativa	21
4	Metodika	25
4.1	Popis sledované lokality	25
4.2	Výpočet množství srážkové vody.....	26
4.3	Výpočet potřebného množství vody	28
4.4	Posouzení využitelnosti dešťové vody pro provozní účely	29
5	Výsledky	31
5.1	Bytový dům	31
5.2	Množství dešťové vody	32
5.3	Potřeba vody.....	32
5.4	Posouzení využitelnosti dešťové vody	34
6	Diskuse.....	35
7	Závěr	37
	Použitá literatura	39
	Seznam tabulek	43
	Seznam obrázků	43

1 Úvod

Voda je jedním z nejdůležitějších aspektů pro život na zemi. Dnes považujeme za samozřejmost využívání pitné vody pro zalévání zahrádek, pozemků, záhonů a hlavně pro splachování toalet. Vzhledem k neustále rostoucí populaci na Zemi, se využívání pitné vody a jejího úbytku, jeví jako velký problém. Dokonce přerůstá v globální problém. V současné době žije přibližně 10% populace v místech, kde je velký nedostatek pitné vody. Pokud bude tento trend pokračovat, můžeme předpokládat, že za několik desítek let se bude nedostatkem vody zabývat zhruba třetina obyvatel Země. Bohužel, zhruba jedna miliarda obyvatel nemá vůbec přístup k nezávadné pitné vodě.

Nedostatek vody se dá akumulací dešťové vody značně eliminovat. Pro trvale udržitelný rozvoj je potřeba jak s vodou, tak s energiemi dobře hospodařit a minimalizovat jejich spotřebu. Stát se zaměřuje na dotace pro využívání a akumulaci dešťové vody.

Pokud se zaměříme na spotřebu vody v domácnostech, tak šedá voda, ze sprch, umyvadel tvoří zhruba 50 % z celkové spotřeby. Dešťovou vodu, z důvodu lepšího hospodaření, je možné použít v domácnostech např. ke splachování toalet. Je možné po odpovídající úpravě použít i splaškovou vodu. Tímto způsobem dojde i k lepšímu hospodaření s pitnou vodou.

2 Cíle práce

Předmětem bakalářské práce je současná problematika zabývající se hospodařením s dešťovými vodami. Pro pochopení daného tématu a problematiky, je velmi důležité seznámit se s poznatky daných oborů. Do oborů dané problematiky patří platná legislativa, územní plánování, ale i klimatické změny. Hlavním cílem je tedy téma hospodaření s dešťovými vodami. V dnešní době se hospodaření s dešťovými vodami nezabývá pouze akumulací dešťové vody, ale i vsakováním v povodích.

Dílčím cílem je posouzení možného využití dešťové vody v bytovém domě ve městě Litvínov. Cílem je využití srážkové vody pro splachování toalet a posouzení pomocí výpočtu potřebného objemu srážkové vody k danému záměru.

3 Literární řešerše

3.1 Voda ve světě

Mnoho rozvojových zemí se potýká s nedostatkem pitné vody. Je to zapříčiněno častou změnou počasí. Z tohoto důvodu je i velké riziko spojené se suchem a nedostatečným zajištěním potravin (Ngigi, 2003).

Dešťové vody mohou být v některých zemích zdrojem pitné vody. Správným hospodařením s dešťovou vodou se může eliminovat případná krize s nedostatkem pitné vody. Státy, které trápí nedostatek pitné vody, mohou tuto technologii – hospodaření s dešťovou vodou využít prostřednictvím svých místních možností, materiálů a vybavení k zadržování povrchových vod a akumulaci vod při dešťové události (Helmreich a Horn, 2009).

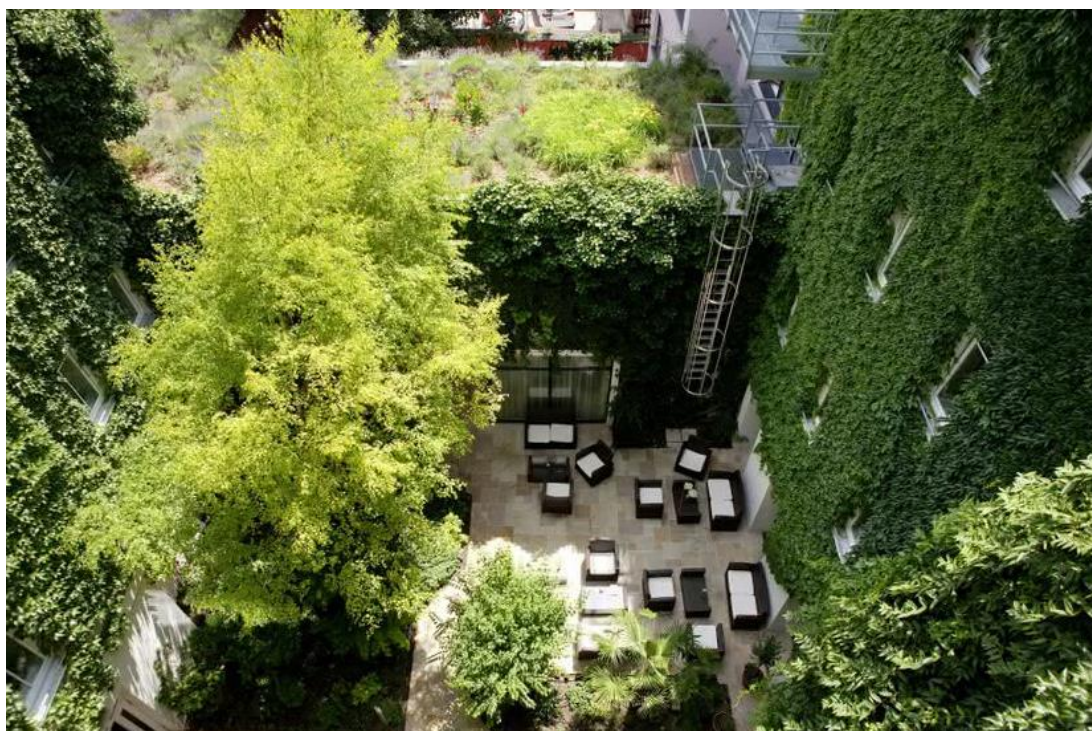
I státy, které nemají s pitnou vodou problémy, se začínají zabývat hospodařením s dešťovou vodou. V některých oblastech s výskytem nedostatku pitné vody, přicházejí majitelé nemovitostí k opatřením, která se zabývají záchytem dešťové vody. Rozmísťují k nemovitostem barely a akumulární nádoby. Pro tyto oblasti byly vytvořeny různé počítačové simulace, které naznačovaly možnou schopnost těchto systémů a jejich rozmístění (Jones a Hunt, 2010).

Dobrym příkladem dobrého hospodaření s pitnou vodou je Izrael. Přestože jsou zde nepříznivé přírodní podmínky a nedostatek vodních zdrojů, je toto odvětví v ekonomickém rozvoji. Příkladem toho je izraelské zemědělství. Použitím kapkové závlahy, kterou na začátku šedesátých let vyvinul izraelský vodohospodář Simcha Blass, se voda dostane přímo ke kořenům rostliny. Tímto je razantně snížena spotřeba vody oproti klasickému vodnímu postřiku. Oproti jiným státům Izrael využívá i vyčištěnou vodu z čistíren. Opětovně ji nechává vsakovat do podzemí a tím jí i znovu využívá. Jedná se o proces umělé infiltrace. Efekt umělé infiltrace může být rozdělen do tří skupin (Hrkal,2014):

- 1- Procesem infiltrace dochází ke zvýšení podzemní hladiny vody
- 2- V suchém období je tato voda opětovně použita čerpáním
- 3- Voda se vsakuje horninou a tím dochází k její dokonalé filtraci

Touto metodou dokáží využít až 65% odpadní vody. Pro toto nakládání s odpadní vodou je Izrael světovou velmocí. V evropských zemích je v popředí Španělsko s 20 % využitím odpadní vody (Hrkal, 2014).

Vydařeným příkladem hospodaření s dešťovou vodou je hotel v Rakousku (obr.1.). Hotel využívá přístavby na střeše, kde je zasazena zeleň. Touto střechou dochází jednak k ochlazení prostor uvnitř hotelu, ale také k zachycení dešťové vody a svedení do nádrží pro dešťovou vodu. Tuto zadržanou vodu lze zpětně využít jednak pro závlahu pozemku, ale také pro splachování toalet, kterými je hotel vybaven.

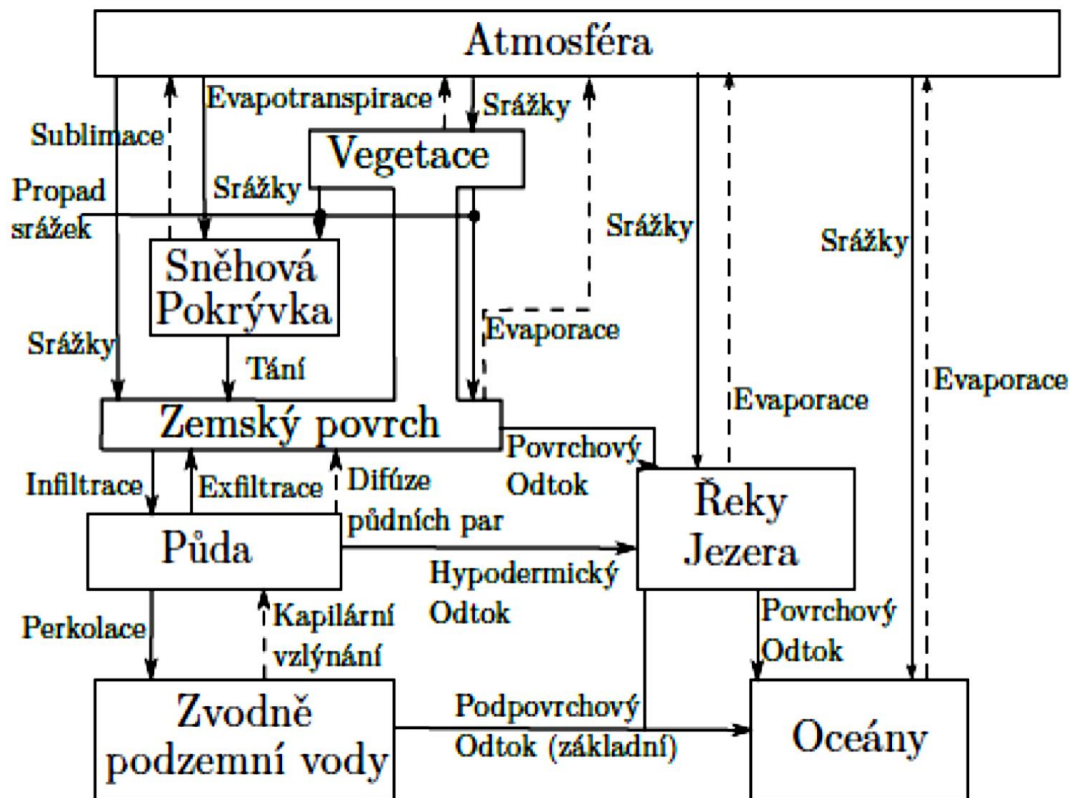


Obrázek 1 - Pohled z hotelu ve Vídni na zelené střechy (www.wieninfo.com)

3.2 Dešťové vody

Dešťová voda dopadající na zem (voda povrchová) by vlastně mohla být brána jako voda destilovaná. Ovšem už v atmosféře dochází ke střetu s různými chemickými látkami, stejně jako při dopadu na povrchu země. To ale neznamená, že bychom se jí měli bát. Kvalita srážkové vody je naprosto dostačující pro využití vody např. při praní nebo splachování. Její využití lze aplikovat jak na zahradě, tak ale i v domě. Úspora

ale není vše, co může dešťová voda nabídnout. Její velkou výhodou je, že je měkká. To v podstatě znamená, že nezanáší spotřebiče a nedochází k usazení vodního kamene. Její využití v domě, je ale trochu složitější než využití při zalévání a podobně. Je totiž potřeba jí zcela oddělit od rozvodů pitné vody a v případě nedostatků této vody ji moci nahradit za vodu pitnou.



Obrázek 2 - Hydrologický cyklus (zdroj: Eagleson, 2003)

Srážky a jejich vznik

Kondenzace vodní páry je základním procesem vzniku srážek a oblaků. Proto, aby se mohly kapičky snášet na zem, musí být jejich velikost dostatečně velká a jejich rychlost pádu větší než rychlost pohybu vzduchu (Soukupová, 2009). Srážky jsou voda v pevném či kapalném skupenství.

Srážky a jejich třídění

Srážky se dělí dle:

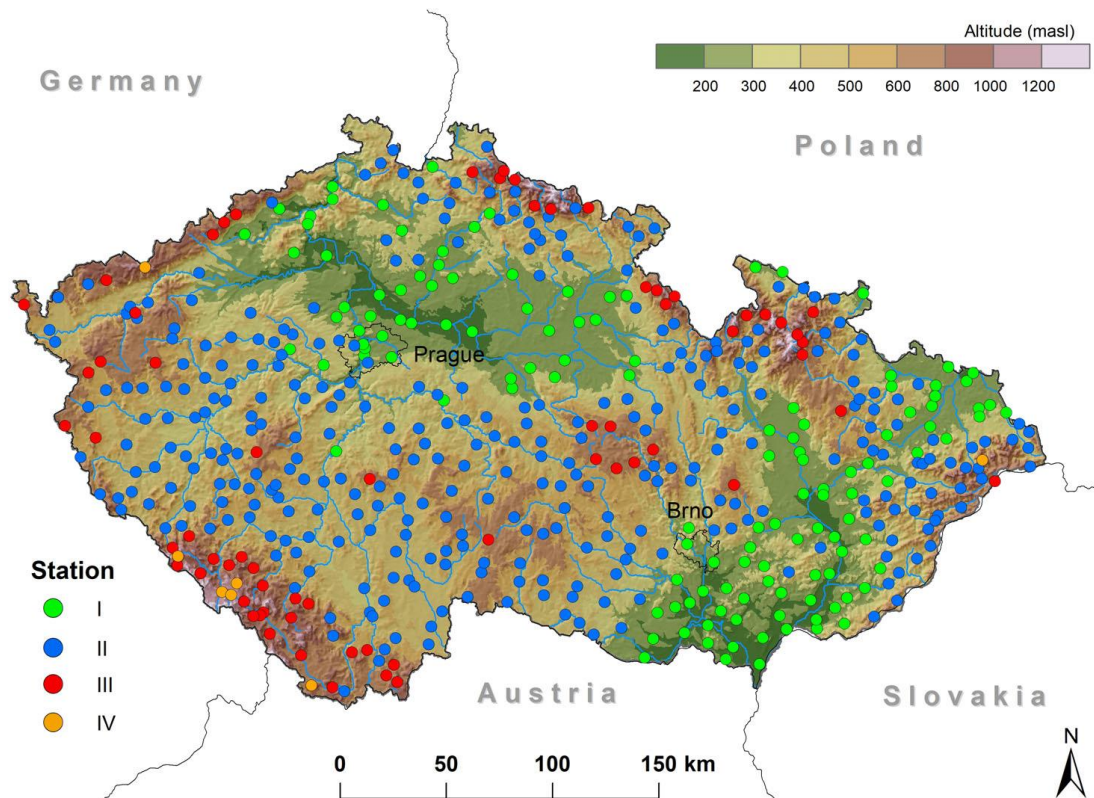
- 1- skupenství – kapalné, tuhé a smíšené
- 2- původu – usazené (ledovka, námraza, jinovatka, rosa), padající (mrholení, déšť, kroupy, ledové jehličky, sníh)
- 3- délky trvání – trvalé, občasné (určitou dobu ustávají), přehánky (náhlý začátek a koncem, krátkým trváním, vypadávají z konvečních oblaků)
- 4- příčiny vzniku – cyklonální (především frontální srážky), orografické (vytvářejí se v důsledku terénních překážek) a konvenční (mají charakter přeháněk, často provázené bouřkou)

Srážky v České republice

Procentuální rozložení srážek je následovné: v létě je to zhruba 40 %, na podzim 20 %, v zimě 15 % a na jaře 20 %. V zimním období je označen měsíc únor jako doba s nejmenším počtem srážek, a naopak v letním období měsíc červenec s největším počtem srážek. Krátkodobá intenzita srážek je hlavně v letním období, a naopak delší intenzita srážek je v zimním období (Krejčí a kol., 2002). Srážky v České republice jsou velice variabilní (Hanel a Máca, 2014), ovlivňovány Atlantickým oceánem a z převážné většiny Středozezemním mořem jak v létě, tak v zimě.

V České republice je rozmístěno celkem 531 meteorologických stanic, provozovaných Českým hydrometeorologickým ústavem. Jsou rozděleny do 4 skupin podle umístění v nadmořské výšce.

- I. Skupina: do 300 metrů nad mořem
- II. Skupina: mezi 301 až 600 metrů nad mořem
- III. Skupina: mezi 601 až 900 metrů nad mořem
- IV. Skupina: nad 900 metrů nad mořem

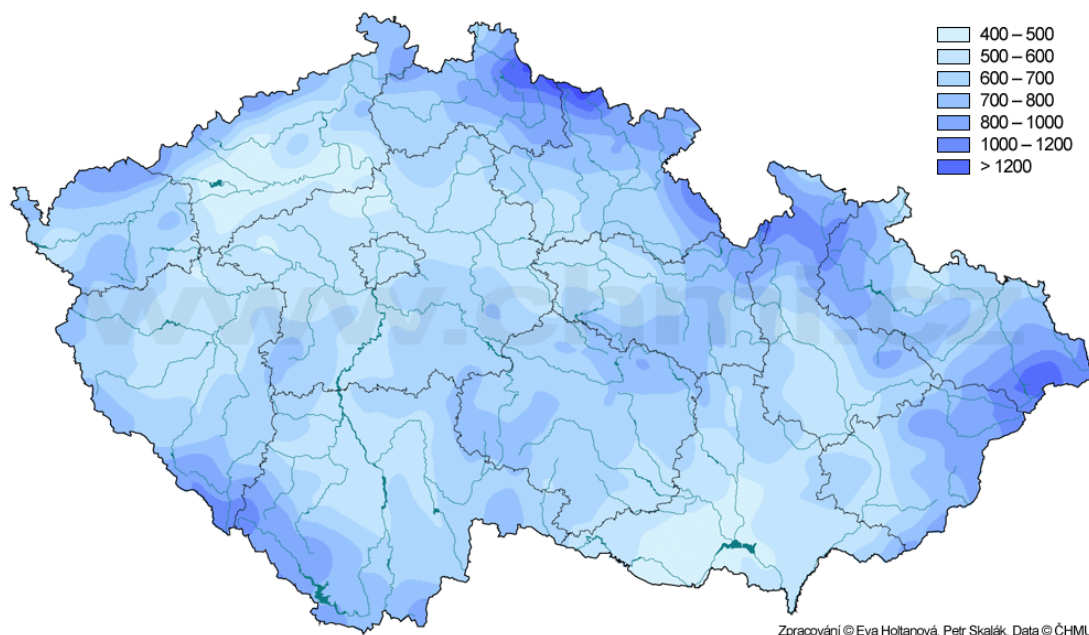


Obrázek 3 - Geografické rozmístění meteorologických stanic

Česká republika je charakteristická členitou morfológií, složenou z nížin, kopcovité země, vysočin a hor. Rozsah nadmořské výšky je mezi 115 až 1603 metrů nad mořem. Hory jsou rozloženy především v okolí hranic se sousedními státy.

Z kompletních analýz srážek na území České republiky z 531 meteorologických stanic v období 1961-2019 lze říci, že měsíční, sezónní a roční úhrny srážek vykazují stabilní až cyklické výkyvy. Únor a červenec jsou nejčastějšími měsíci srážkového minima a maxima, z hlediska ročního průměru (Brázdil et al, 2021).

Průměrný roční úhrn srážek 1961-1990 [mm]

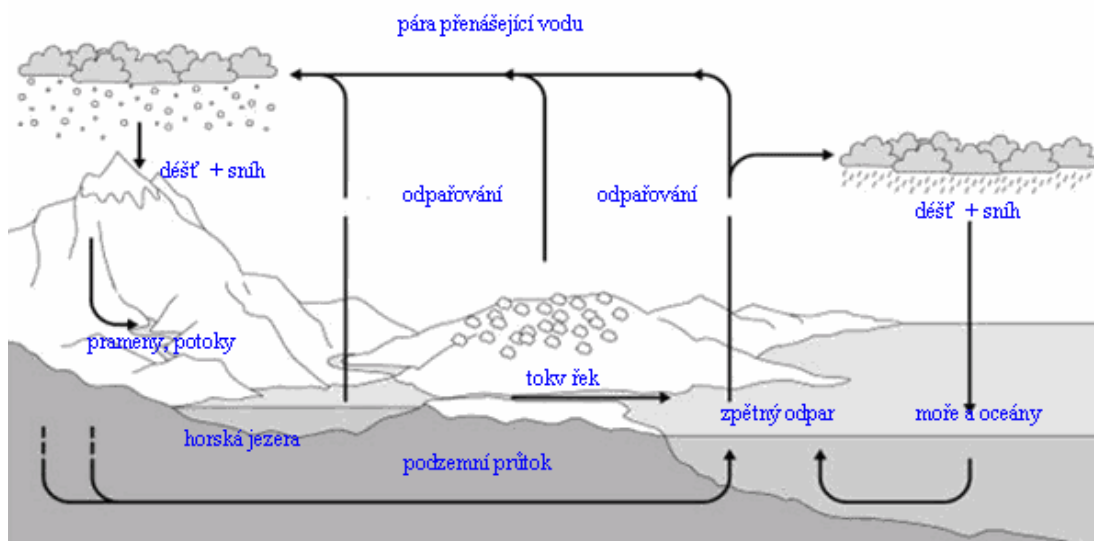


Obrázek 4 - Srážkové poměry v ČR (zdroj: ČHMÚ)

Dešťové vody a jejich vznik

Koloběh vody v přírodě je poměrně složitý (obrázek 5), představuje nejen pohyb vody v rámci prostoru, ale i změnu jejího skupenství. Ze zemského povrchu se voda působením různých zdrojů tepla vypařuje, tím vniká do ovzduší, kde se opětovně ochlazuje, kondenzuje a tvoří oblaka. Díky různým vzdušným proudům dochází k pohybu a tím se může šířit i do velkých vzdáleností.

Je možné rozlišit velký a malý koloběh vody. Velký cyklus je charakteristický neustálým pohybem vody v rámci celého zemského systému, dochází k výparu vody, která je přenesena větrem nad pevninu, kde opět kondenzuje a pomocí srážek dopadne zpět na zem a odtokem je svedena zpět do moře a oceánu. Oproti tomu malým cyklem je míněn výpar nad oceánem a po kondenzaci zpětné vrácení v podobě srážek. V posledních letech je pojem „malý koloběh vody“ používán i k popisu chování vody v urbanizovaném prostředí...



Obrázek 5 - Koloběh vody na zemi (zdroj: tzbinfo 2020)

3.3 Využití dešťové vody

Dešťová voda je na rozdíl od pitné vody měkká. Měkká voda se hodí na více účelů, neboť:

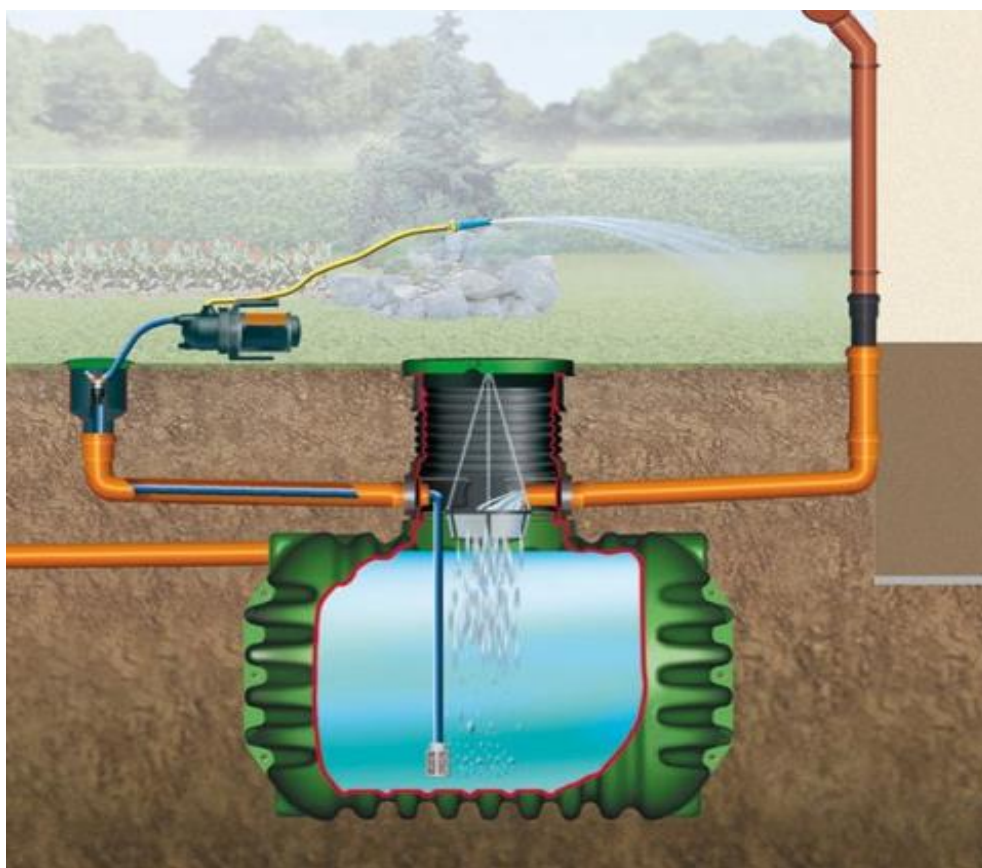
- má velmi dobré rozpouštěcí vlastnosti, proto je výborná na praní, mytí, čištění atd..
- díky nízkému obsahu minerálních látek, po vypaření nezanechává bílé stopy, hodí se proto na umývání oken, aut, výloh
- neobsahuje chlór, a má vyšší teplotu než voda z distribuční sítě, proto se hodí na zavlažování trávníku, nebo zalévání rostlin
- nedochází k zanášení trysek zahradní techniky vodním kamenem, nedochází k zanášení pracích spirál.
- je jako destilovaná voda, proto je vyprané prádlo dokonale zbaveno zbytků pracího prášku, je měkké a nevyžaduje dodatečnou úpravu za pomoci aviváže. Využití je nejen na praní, splachování ale také na osobní hygienu.

To kolik vody spotřebujeme si vždy uvědomíme, když přijde vyúčtování za vodu. V dnešní době je průměrná spotřeba na obyvatele 100 litrů denně. Vodou

srážkovou můžeme zhruba polovinu této spotřeby eliminovat. Srážková voda se dá akumulovat, není žádoucí ji svádět do kanalizace. U novostaveb je pro získání stavebního povolení již nutné uvést řešení nakládání s dešťovou vodou.

Systémů, jak ušetřit pitnou vodu je mnoho. Naakumulovanou dešťovou vodu můžeme využít hlavně při zalévání zahrad. Pro zálivku je vhodná dešťová voda hlavně proto, že neobsahuje soli ani chlór, které rostlinám moc neprospívají. Navíc, je velké množství rostlin, které by se pitnou vodou vůbec zalévat neměly.

Systémy, jak shromažďovat dešťovou vodu jsou velmi jednoduchou technologií. Jejich instalace a provoz je mnohem méně nákladný než jejich čištění. Údržba takového systému vyžaduje méně času a energie. Výsledkem je akumulace vody, která může být použita, a to i bez čištění.



Obrázek 6 - Podzemní nádrž s čerpadlem (zdroj: Hlavínek a kol.,2007)

Výběr vhodné velikosti nádrže na dešťovou vodu závisí na několika faktorech.

Nejdůležitější je výběr správné velikosti. Jen tak zajistíme efektivní využití. V úvahu se musí brát maximální naplnění oproti spotřebě, z jak velké plochy je voda do nádrže sváděna a také předpoklad množství srážek v dané lokalitě.

3.4 Hospodaření s dešťovou vodou

Ve městech se nachází velké množství nepropustných ploch. Hranice nepropustných ploch se pohybuje kolem 68 %. Oproti přirozeným podmínkám se zde snižuje schopnost výparu a přirozená možná infiltrace do podzemních vod. Převážná většina dešťové vody je sváděna přes pevné povrchy do recipientu. Tím, že se zrychluje rychlost povrchového odtoku, dochází často k záplavám (Bareš a Stránský, 2007). V případě nepropustnosti povrchu je výrazně ovlivňován i malý hydrologický cyklus.

V přírodě je plynulým vsakováním dodržena cirkulace a koloběh vody. Podobnému způsobu plynulého odtoku je tak zvaná akumulace a využití dešťové vody a regulací odtoku do stokové sítě (Stránský a Kabelková, 2011).

Při hospodaření s dešťovou vodou je důležité separovat znečištěné vody. Vody, které jsou silně znečištěné, je potřeba čistit. To se děje při svedení ve stokové síti v čistírnách odpadních vod. V případě oddělené sítě se toto provádí v zařízení na předčištění (Stránský a kol., 2007).

Způsoby odvodnění

V dnešní době, je velice důležité řešit odvodnění nemovitostí či pozemků. V případě využití odvodnění pro více pozemků je potřeba uplatnit centralizovaný systém. To, jak bude proveden, záleží na několika faktorech. Dispoziční předpoklady, ekonomické podmínky či informace o podloží k čemuž slouží geologický průzkum. Do budoucna je zapotřebí uvažovat o větší úspoře pitné vody, a naopak se zaměřit na větší využití dešťové vody, které odtokem končí v kanalizaci (Krejčí a kol., 2002). V případě, že nelze dodržet přirozené vsakování, je potřeba zajistit regulovatelný

odvod vody do recipientu, provedený přes vhodné zařízení. Pokud není možné dodržet ani jednu z předešlých variant, přichází v potaz odvedení stokové vody do čistírny odpadních vod (Stránský a kol., 2007).

Vsakování dešťových vod

Nejjednodušší způsob nakládání s dešťovou vodou je vsakování. Tam, kde lokalita nesplňuje hydrogeologické podmínky, je vsakování velmi obtížné. Je ale možné široké uplatnění u staveb, objektů, či pozemků určených k výstavbě. Jednou z dalších možností je vybudování mokřadů či retenčních nádrží. Z ekonomického hlediska je důležité zohlednit především místní podmínky (Novotná a kol., 2015). Vsakování lze rozdělit na podzemní a plošné, a to na základě vzájemného vztahu s místním povrchem terénu. Vsakování lze také rozdělit:

- 1- z povrchu terénu vsakováním přes půdní profil, přes technické prvky, vsakovací nádrže.
- 2- výpar a retenční účinek pomocí nádrže a mokřadů.
- 3- podzemní vsakování šachtou, šterkem, vsakovacími bloky.
- 4- kombinací podzemního a povrchového vsakování rýhou.

Vsakování povrchové

Vsakování povrchové je velmi podobné jako je tomu u vsakování přírodního. Přes půdní profil je vsakování přirozené a nejjednodušší. Tento způsob plošného vsakování se uplatňuje bez i s vytvořením retenčního prostoru. Je nejvíce přirozené. Pro bezpečné vsakování na zatravněných plochách nesmí být pokryv ohrožen erozí. Tuto erozi může způsobit velký přítok srážkové vody.

Vsakovací nádrž

Tento typ vsakování je použit převážně pro větší plochy, parcely, nebo pozemky. Pomocí potrubí nebo žlabů, je voda odváděna ze zpevněných ploch přímo do nádrže. Tím se zabrání erozi půdy (ČSN 75 9010). Je to výhodné hlavně proto, že se dešťová voda nesmí vypouštět do kanalizací. Pokud dešťová voda odtéká do kanalizace, ředí ostatní splašky a ztěžuje filtraci vody v čistírně, především kvůli aktivovanému kalu (mikroorganismům).

Retenční účinek, výpar

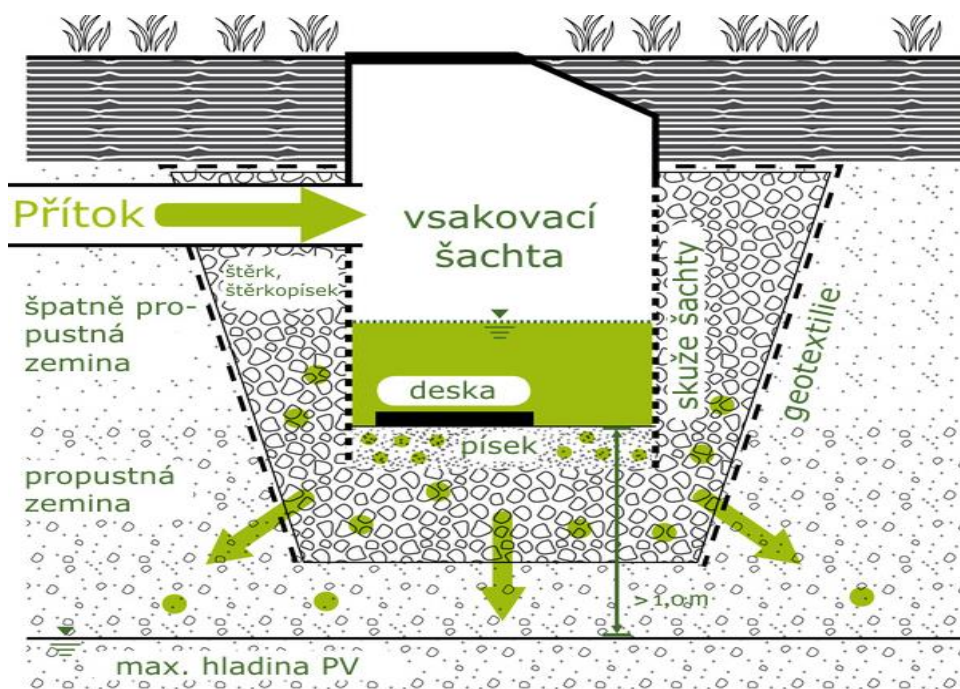
Mokřady se používají převážně u nákupních center a na okrajích měst. Vybudování mokřadu je prostorově velmi náročné. (obrázek 7).



Obrázek 7 - Umělý mokřad (zdroj: přírodní rezervace Choryňský mokřad).

Podzemní vsakování štěrkem, šachtou, vsakovací bloky

Prívod srážkového odtoku je veden přes rozdělovací a usazovací šachtu do hloubených zařízení.



Obrázek 8 - Vsakovací nádrž vyplněná štěrkem (zdroj: Šálek a Tlapák, 2006)

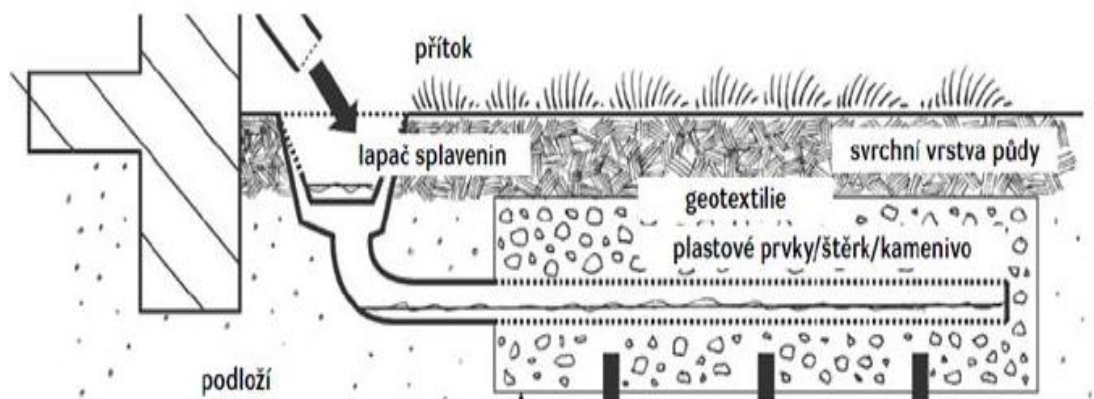
Voda se takto vsakuje do podloží díky retenční schopnosti. V případě, že má zemina nízkou propustnost, přichází toto zařízení v potaz. Díky tomu, že toto zařízení ničemu nepřekáží a není náročné na plochu, lze ho v podstatě vybudovat kdekoli. Vsakovací bloky mají 3x větší absorpční schopnost než štěrkové těleso (Novotná a kol., 2015). Používají se pro výstavbu vsakování všech možných velikostí a rozsahů. Více méně je možné je použít ve všech typech podloží. Také se dají použít pro stavbu nepropustných retenčních nádrží. Díky použitému materiálu z lehkého a velice odolného plastu, je tato varianta použití velmi vhodná a také dlouholetá.



Obrázek 9 - Vsakovací bloky (zdroj: ASIO.cz)

Vsakovací rýha

Vsakovací rýha je zařízení hloubené a využité jako přepad z usazovací nádrže. Obě zařízení navazující na sebe mají velmi dobrou retenční schopnost. Tímto způsobem odtoku se voda dobře vsakuje do podloží. Toto lze použít v místech, kde není dostatečná plocha pro plošné vsakování vody. Používá se také v případě, kdy je velmi nízká propustnost zeminy. Vzhledem k tomu, že není toto zařízení náročné na výstavbu, je možné jej použít více méně kdekoli.



Obrázek 10 - Vsakovací rýha vyplněná štěrkem (zdroj: Šálek a Tlapák, 2006)

3.5 Jakost a úprava dešťových vod

Dešťová voda je čistá voda, neboť neobsahuje žádnou rozpuštěnou látku a je tedy možné jí brát jako vodu destilovanou, která vzniká odpařováním. Její pH je zhruba 5,6 a to hlavně díky CO_2 , který je obsažen ve vzduchu. Díky znečištěnému vzduchu může být ovlivněna její kvalita. Do ovzduší se dostávají různé sloučeniny díky spalování uhlí, nebo různých olejů. Díky pohlcení těchto sloučenin vodní párou, může pH dešťové vody klesnout až na hranici 4,0. Pokud je pH dešťové vody takto nízké, lze hovořit o kyselé vodě. Její vlastnosti a charakter se tím nedoporučují pro pití, ale lze jí využít např. k zalévání či splachování toalet (Bose, 1999).

Znečištění dešťové vody je ovlivněno několika faktory. Jedním z nich je kontakt dešťových vod se znečištěným materiálem na povrchu země, nebo také v atmosférických srážkách (Hlavínek a kol, 2007). Čím je déšť vytrvalejší, tím méně znečišťujících látek obsahuje. Je tomu proto, že z kraje deště bývá vyplavováno atmosférické znečištění (Hlavínek a kol., 2007).

Tabulka 1 - Znečišťující látky na jednotlivých plochách (zdroj: TNV 75 9011)

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlíkovíky	Organické znečištění, BSK ₅	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	○	○	○	○	○	○	○	○
	vegetační intenzivní	○	○	○	○	●	●	○	○
	inertní	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí do 50 m ²	●	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí 50 m ² až 500 m ²	●	●	●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ²	●	●	●●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○	
Zatrávněné plochy		●/●●●	●/●●●	○	○	●	●	○/●	○
Komunikace pro chodce a cyklisty		●●	●	○/●	○/●	●	●	●	○/●
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	nákladní auta ^d	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●
Pozemní komunikace	málo frekventované ^a (příjezdy k domům)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	středně frekventované ^b	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	vysoce frekventované ^c	●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●●
Plochy u skladišť, manipulační plochy		●/●●●	●/●●●	●/●●●	●/●●●	●	●	●	●/●●
Komunikace zemědělských areálů		●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	○/●
○		neznečištěná srážková voda							
●		mírně znečištěná srážková voda							
●●		středně znečištěná srážková voda							
●●●		vysoce znečištěná srážková voda							
/		až							
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							

Největší zastoupení v dešťových srážkách mají hořčík, vápník, dusičnany, amonné ionty, chloridy a sírany. Mezi vedlejší patří zinek, železo, křemík, a další kovy. Materiály, které se vyskytují na povrchu půdy a jsou splavovány patří křemík, vápník, hliník, zinek a měď (Krejčí a kol., 2002).

Znečištění dešťového odtoku je výsledkem vzájemného působení znečištěním atmosféry a znečištěním zastavěného území (tab.1). V období sucha se na plochách hromadí nečistoty a při prvním dešti jsou tyto nečistoty splavovány dešťovou vodou. Městská zástavba, střechy, stromy a jiná zařízení bývají omývány pouze dešťovou vodou. Oproti tomu chodníky a pozemní komunikace bývají pravidelně oplachovány při různé údržbě.

Typy znečištění ploch jsou převážně v automobilové dopravě, uvolněné látky z povrchů, průmysl, vegetace, zvířata, odpadky a také eroze.

Znečištění dešťových vod prvotním splachem

Velkým problémem je atmosférické znečištění z důvodu různých emisních zdrojů. Převážně se vyskytuje ve velkých městech či průmyslových oblastech. V letních měsících a období sucha se na povrchu usazuje prach, který je následně deštěm odplaven (Krejčí a kol., 2002).

Doprava a kouřové plyny jsou největším problémem znečištění. Tyto znečištěné látky se vlivem povětrnostních podmínek mohou dostat i do velkých vzdáleností. Toto se může projevit z místního znečištění, ale i ze vzdálenější oblasti. V případě obsazení minerálních kyselin v atmosférických srážkách, vznikají kyselé deště. V České republice jsou kyselé deště sledovány převážně v Severních Čechách a ve velkoměstech (Pitter, 1990).

Díky tomu, že mohou být látky obsažené v atmosféře přenášeny z velké vzdálenosti, může být znečištění v dešťové vodě lokální, ale i z větší dálky. Tyto znečišťující látky jsou velkou příčinou znečištění dešťového odtoku (tab.2). Patří sem různé kyseliny a kyselinotvorné látky. Zdrojem kyselin jsou převážně sloučeniny síry (zejména SO_2 a H_2S). Také sloučeniny dusíku (N_2O , NO a NO_2). Spalováním různých hmot s obsahem PVC vznikají sloučeniny chlóru. Z ostatních látek je důležité zmínit těžké kovy, organické látky. Mezi těžké kovy patří zejména emise z průmyslu a spaloven. Mezi organické látky pak uhlovodíky z výfukových plynů motorových vozidel.

Tabulka 2 - Chemické složení srážek v ČR (zdroj: ČHMÚ)

	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Pb	ZN	F
mg/l	0,37	0,06	0,25	0,19	0,017	0,007	0,002	0,007	0,012

Znečištění dešťových vod ze střech

Střechy tvoří velké procento ploch odtoku dešťové vody. Takto zadržovaná srážková voda má velké předpoklady pro další využití. Její kvalita je po dlouhá léta zkoumána a zkoušena v různých odvětvích.

Ve studii věnující se procesům znečišťování dešťových vod se potvrzuje názor, že ve venkovských oblastech oproti městům a průmyslovým oblastem je dešťová voda poměrně čistá (Helmreich a Horn, 2009). Ve městech dochází ke znečištění především v průmyslových oblastech, kde se do vody dostávají částice těžkých kovů, nebo organických látek.

Dešťové odtoky se mohou podle typu znečištění dělit na odtok málo znečištěný, hodně znečištěný, nebo různě znečištěný (Krejčí a kol., 2002). Kvalitou dešťových vod se zabývá mnoho vědeckých studií. Různé typy znečištění závisí i na použitelném materiálu střešní krytiny. Dešťová voda se ale může kontaminovat nečistotami vlivem společného působení s materiály použitými pro odvod vody, okapy, svody.

Čištění dešťové vody

Pro čištění je možné použít několik jednoduchých filtrů – podokapní, filtrační vložky, šachty.

V případě akumulování dešťové vody pro případné další využití je vhodné vybrat ideální místo pro uložení nádrže. Nejvýhodnější je nádrž uložit do suterénu budovy, nebo do země. Zabrání se tím přímému kontaktu se světlem a jeho účinky.

Pro hrubé předčištění dešťové vody je vhodné nainstalovat různé lapače listí, česle, nebo mřížky. Dalším způsobem zachycení nečistot je vsakování přes

humusovou vrstvou. Účinnost této filtrace je závislá na zrnitosti použitého materiálu. Velmi vhodný je proto jemnozrný materiál. Problémem ale může být velké množství jílu. V místech, kde je požadována vysoká kvalita čištění je potřeba do takového to systému přiřadit adsorpční zařízení.

Filtrace dešťových vod

Jedním ze způsobů čištění dešťové vody je mechanická filtrace (obr. 11). Má za úkol od sebe oddělit hrubé a jemné částice, a to pomocí písku, šterku, nebo geotextílie. Pro tento druh čištění lze použít i různé podzemní filtry.

Dalším způsobem čištění dešťové vody je čištění biologické. Jsou to filtry porostlé vegetací a jsou nenáročné na údržbu.

Filtrací, kterou lze odstranit znečištěné látky je filtrace adsorpční. Adsorpční materiál je potřeba při filtraci chránit. K tomu se používají různé materiály jako např. geotextílie, sedimentace. Je možné je použít v různém možném provedení v šachtách, nebo liniových objektech.



Obrázek 11 - Filtrace dešťové vody (zdroj: belis.cz)

3.6 Legislativa

Česká legislativa vychází ze směrnice 2006/60/ES Evropského parlamentu a rady z 23.října 2000 pro činnost v oblasti vodní politiky Evropského společenství.

V okolních státech lze kompletně odstranit náklady na kanalizaci tím, že se dešťová voda zasakuje, nebo dojde k úplnému využití dešťové vody (Hlavínek a kol.,2007). Bohužel v České republice není zatím hospodaření s dešťovou vodou rozšířeno, je spíše zanedbáváno. Jedním z možných důvodů je jednak nízká cena pitné vody, ale také nízké znalosti této problematiky. V Německu, je tento systém hospodaření s dešťovou vodou velice propracovaný a úspěšný. Bylo by potřeba české občany ekonomicky motivovat k využívání dešťové vody.

Legislativa v ČR pro hospodaření s dešťovou vodou

Povodí v ČR

Plán hlavních povodí je v České republice hlavním strategickým dokumentem. Jedná se o program, který lze chápat jako stěžejní, neboť rozvíjí novou éru nakládání se srážkovými vodami. Za stávajícího stavu je řešení odtoku srážkových vod v intravilánu obcí špatný (Stránský a kol., 2008a).

V programu opatření pro dešťovou vodu jsou důležité dva body:

- zlepšit podmínky pro přímé vsakování a snížit množství vody odváděné kanalizací
- oddělenou likvidací srážkových vod snížit znečištění vodních toků.

Program podporuje filosofii:

- u nových zabydlených ploch přenést závazek hospodaření s dešťovou vodou na majitele pozemku, kde dochází k odtoku z nepropustných ploch.
- motivovat vlastníky stávajících zástaveb k tomu, aby hospodařili s dešťovou vodou – například finanční úlevou na stočném

Dešťová voda je dle vodního zákona brána jako voda povrchová. Oproti tomu dle zákona o vodovodech a kanalizacích je brána jako voda splašková.

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

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství (§1, odst. (1) zákona č. 254/2001 Sb.).

Využití dešťové vody bylo specifikováno až v novele zákona, jejíž platnost je od 1.8.2010. Tato novela specifikovala srážkové vody a upravila jak se má nakládat se srážkovou vodou.

§5, odst. (3)

Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (srážkové vody) v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.

Z výše uvedeného vyplývá, že citovaný zákon určuje, aby se v případě novostaveb, změn staveb a změn užívání striktně preferovalo vsakování či zadržování srážek před svodem do kanalizace.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění

Tento zákon upravuje ve věcech územního plánování zejména cíle a úkoly územního plánování, vyhodnocování vlivů na udržitelný rozvoj území, možnosti sloučení postupů podle tohoto zákona s postupy posuzování vlivů záměrů na životní prostředí (§1, odst. (1) zákona č. 183/2006 Sb.).

I stavební zákon pamatuje na nakládání s dešťovými vodami ve vyhlášce 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Tato vyhláška prošla novelizací v roce 2009 vyhláškou č. 269/2009 Sb. Tím se zakotvily požadavky na zadržování a vsakování srážkových vod.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., §20. odst. (5), písmeno c)

Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno:

c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

- 1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,*
- 2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo*
- 3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.*

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění

Kanalizace je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod a srážkových vod společně nebo odpadních vod samostatně a srážkových vod samostatně... Odvádí – li se odpadní voda a srážková voda společně, jedná se o jednotnou kanalizaci a srážkové vody se vtokem

do této kanalizace přímo, nebo přípojkou stávají odpadními vodami. (§2, odst. (2) zákona č. 274/2001 Sb.).

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Norma, která řeší možnosti likvidace srážkových vod v urbanizovaném území způsoby blízkými přírodě.

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Předmětem této normy je nakládání se srážkovými vodami v urbanizovaném území. Také řeší nakládání s dešťovými vodami na pozemku stavby decentralním způsobem odvodnění. Jsou zde i opatření zabývající se snížením srážkového odtoku (TNV 75 9011, Plotěný a Bartoník, 2015).

Koncepce nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném území a jejich změny:

1. Definovat srážkové vody.
2. Zpracovat koncepci nakládání s vodou.
3. Zachovat přirozený odtok.
4. Propagovat výzkum a vědu.
5. Upravit vsakování.
6. Provádět principy HDV
7. Oddělit zpoplatnění srážkových a splaškových vod.
8. Vytvořit technickou směrnici pro HDV.
9. Vyjasnit majetkoprávní vztahy mezi vlastníkem a obcí, vlastníkem pozemku.
10. Vyjasnit údržbu HDV systémů.

4 Metodika

4.1 Popis sledované lokality

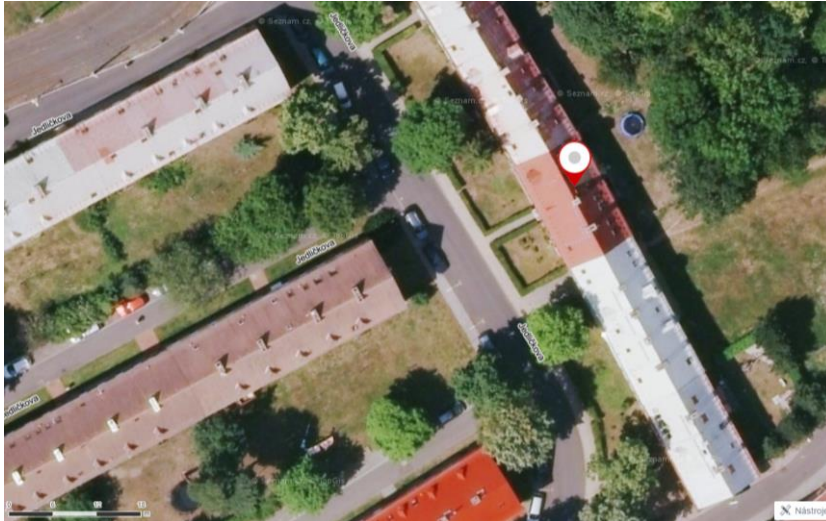
Jako předmět zkoumání je zvolena obytná budova sestávající se z pěti bytových jednotek. Nemovitost se nachází v klidné zastavěné části města Litvínov. V daném městě žije přibližně 36.000 obyvatel. U vybrané nemovitosti se posuzuje možnost hospodaření se srážkovou vodou.

Prvotně je potřeba zjistit, zda je zastavěná plocha schopna naakumulovat dostatečné množství vody pro pět domácností a pokrýt tak potřebu vody pro splachování toalet a v případě přebytků pro praní.

Tato studie použitelnosti dešťové vody se provádí pro porovnání vstupu srážkové vody a výstupu vody pro použití ke splachování toalet. V případě, že dané množství bude dostačující, uvažuje se o vybudování dodatečné sítě pro vnitřní využití.



Obrázek 12 - Zkoumaná nemovitost Litvínov (zdroj autor)



Obrázek 13 - Zkoumaná nemovitost letecký pohled (zdroj Mapy.cz)

4.2 Výpočet množství srážkové vody

Pro tyto účely jsou hodnoty převzaty z údajů pro Severočeský kraj ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu. Pro zjištění množství potřebné dešťové vody je potřeba vymezit plochu, ze které dochází k odvodňování a ze které bude docházet k akumulaci dešťové vody (tab.3). Dle normy ČSN 75 9010 je možné tyto výpočty provést. V této normě se konkrétně hovoří o vsakovacím zařízení srážkových vod. Celkový výsledek srážkového úhrnu vychází z výpočtu dle druhu, sklonu a charakteru odvodňované plochy.

Hodnoty úhrnu srážek v jednotlivých měsících vychází z hodnot dlouhodobého srážkového normálu z let 1961-1990 (ČHMÚ) pro Ústecký kraj.

Tabulka 3 - Součinitele odtoku srážkových vod (zdroj: ČSN 759010)

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku srážkových povrchových vod ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,5 až 0,7 ¹⁾
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,8 až 0,9 ¹⁾
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravnovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

¹⁾ Podle tloušťky propustné horní vrstvy (s rostoucí tloušťkou propustné horní vrstvy se součinitel odtoku srážkových povrchových vod snižuje až na uvedenou dolní mezní hodnotu).

Půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} (m²) se určí pomocí základního vzorce:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i$$

kde je:

A_i – půdorysný průmět odvodňované plochy určitého druhu (m²)

C_i – součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu určitého druhu.

n – počet odvodňovaných ploch podle druhu.

Každá hodnota objemu srážkových vod je stanovena měsíčně. Dlouhodobý srážkový normál pro Severočeský kraj poslouží pro možnosti posouzení využití srážkových vod. Ale pro konkrétní návrh a projekt v dané lokalitě, je potřeba zjistit úhrnné srážky z dané lokality. Pro zjištění celkového množství srážkové vody v jednotlivém měsíci, je potřeba výpočet. Ten získáme vynásobením celkové redukované plochy s hodnotami srážkových úhrnů za měsíc. Vzorec pro výpočet je upraven takto:

$$V_m = A_{red} \cdot S_m$$

kde je:

V_m – získaný měsíční objem srážkové vody (l/ měsíc)

A_{red} – redukováná plocha (m²)

S_m – měsíční úhrn srážek (mm)

4.3 Výpočet potřebného množství vody

Vzorce, které jsou použity pro výpočet provozní vody jsou převzaty z návrhu normy ČSN 75 6780 Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, které není schválené, nicméně z návrhu jsou použita vstupní data pro výpočet. Norma uvádí, jakým způsobem je možné stanovit roční potřebu provozní vody pro účel, ke kterému bude voda použita. Zohledňuje potřebu vody pro zalévání, pro splachování toalet či praní a úklid.

Pouze pro splachování toalet je způsob stanovení potřeby vody uveden podrobněji (tab. 4). Údaje pro výpočet vychází z podkladů o počtu osob či zaměstnanců, kteří v dané budově bydlí či pracují (tab. 5). Je také důležité znát počet a objemy splachovacích zařízení jednou osobou denně.

Potřeba vody pro splachování záchodových mís se určí takto:

$$Q_{wc} = Q_o \cdot p$$

kde je:

Q_o – splachovací objem

p – počet použití záchodové mísy jednou osobou za den.

Denní potřeba vody provozní pro splachování toalet se určí:

$$Q_{24} = Q_{wc} \cdot n$$

kde je:

Q_{wc} – potřeba vody pro splachování záchodových mís

n – počet měrných jednotek

Tabulka 4 - Splachovací objemy pro záchodové mísy a pisoáry (zdroj: ČSN 75 6780)

Zařizovací předmět	Splachovací objem ¹⁾ q_0 (l)	
	Velké spláchnutí	Malé spláchnutí
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6 ²⁾	3 ²⁾
	8	–
	9 ¹⁾	3 ¹⁾
	10 ¹⁾	3 ¹⁾
Pisoárová mísa bez odsávání	0,75 až 1,5 ³⁾	–
Pisoárová mísa s odsáváním	2 až 4	–

1) Splachovací objem se uvažuje přednostně podle konkrétního typu navrženého splachovače.
2) Nejčastěji používané splachovací objemy.
3) Podle ČSN 75 6760 nejméně 1,5 l.

Tabulka 5 - Počty použití záchodových mís a pisoárů během dne jednou osobou (zdroj: ČSN 756780)

Druh mísy a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy					
	Bytové nebo rodinné domy	Studentské koleje	Školy	Administrativní budovy	Maloobchodní prodejny	
					Zaměstnanci	Návštěvníci
Záchodové mísy pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry	–	–	0,7	1	3	0,17
Záchodové mísy pro muže, pokud nejsou instalovány pisoáry	6	4,42	1,5	4	4	1
Záchodové mísy pro ženy	6	4,42	1,5	4	4	1
Pisoárové mísy pro muže	–	–	1	3	1	0,83

4.4 Posouzení využitelnosti dešťové vody pro provozní účely

V případě, že je denní objem vyprodukované vody menší než denní potřeba provozní vody, je dobré upustit od možných způsobů využití. Například praní prádla, aby byla nerovnost naplněna je možná kombinace s dešťovou vodou. Využití dešťové vody je optimální pokud platí vztah:

$$V_d \geq Q_r$$

kde je:

V_d – roční zisk dešťové vody

Q_r – roční potřeba dešťové vody

Jestliže je roční zisk dešťové vody menší než spotřeba provozní vody, je doporučeno upustit od různých způsobů využití, nebo kombinovat s dešťovou vodou pro splnění nerovnosti. Měsíčním porovnáním přebytků / nedostatků provozní vody lze zjistit přesnější posouzení.

5 Výsledky

5.1 Bytový dům

Celková plocha odvodněného území (tab.6) je 429,81 m², z toho 122 m² činí střecha s nepropustnou horní vrstvou a 275,3 m² tvoří zatravněná část. Rozdělení plochy je zobrazeno na obrázku 10. Zatravněná plocha se skládá ze dvou pozemků, a to pozemkem před bytovým domem a pozemkem za bytovým domem.

Tabulka 6 - Plochy odvodněného území (zdroj: autor)

střecha s nepropustnou horní vrstvou	154,51 m ²
zatravněné plochy	275,3 m ²
celková plocha	429,81 m²



Obrázek 14 - Rozdělení zastavěného území (zdroj: mapy.cz, upraveno autor)

5.2 Množství dešťové vody

Provedený výpočet redukované plochy je uveden v tabulce 7. Střecha je ve sklonu 10 % a sklon zatravněných ploch před domem a za domem je v rozmezí 1-5 %.

Tabulka 7 - Výpočet redukované plochy (zdroj: autor)

typ plochy	A [m ²]	C	A _{red} [m ²]
střecha s nepropustnou horní vrstvou	154,51	1	154,51
zatravněná plocha	275,3	0,1	27,53
Celková redukovaná plocha			182,04

Vynásobením celkové redukované plochy s úhrnem srážek v jednotlivých měsících (Sm) je stanoveno množství srážkové vody (tab.8) naakumulováním z odvodněných ploch.

Tabulka 8 - Množství srážkové vody pro jednotlivé měsíce (zdroj: autor)

měsíc	A _{red} (m ²)	Sm (mm)	Vm (m ³)
leden	154,51	42	6,48
únor	154,51	36	5,56
březen	154,51	38	5,88
duben	154,51	44	6,80
květen	154,51	61	9,42
červen	154,51	68	10,50
červenec	154,51	68	10,50
srpen	154,51	70	10,82
září	154,51	50	7,73
říjen	154,51	39	6,02
listopad	154,51	47	7,26
prosinec	154,51	49	7,58
Celkem			85,55

5.3 Potřeba vody

Toto zjištění je předpokladem pro možné využití dešťové vody pro splachování toalet. Není potřeba využívat pitnou vodu pro splachování. V případě, že by zůstávala

srážková voda přebytečná, byla by zadržována v nádrži a následně vsakována přímo do půdy.

V obytném domě je pět bytových jednotek a počet nájemníků je pevně stanoven. V koupelnách jsou použity pouze splachovací toalety. V následujících tabulkách č. 9 a 10 jsou vypočteny denní spotřeby splachovacích toalet, které využívají jednotliví nájemníci. Stanovení počtu použití splachovacího zařízení/počtu spláchnutí vychází z předpokladu, že daný objekt obývají lidé v produktivním věku, tj. ekonomicky aktivní obyvatelé. Část dne obyvatelé domu tráví v zaměstnání.

Tabulka 9 - Denní potřeba vody bytového domu pro splachování toalet (zdroj: autor)

Byt	n (počet osob)	Splachovací objem q_0 (l)	p počet použití /den a os.	$Q_{24}=q_{wc}\cdot n$
č.1	2	6	4	48
č.2	3	6	4	72
č.3	3	6	4	72
č.4	4	6	4	96
č.5	2	6	4	48
Celkem				336

Tabulka 10 - Měsíční potřeba vody bytového domu pro splachování toalet (zdroj: autor)

měsíc	počet dní	Q_{24} (l/den)	Q_m (m ³)
leden	31	336	10,4
únor	29	336	9,7
březen	31	336	10,4
duben	30	336	10,08
květen	31	336	10,4
červen	30	336	10,08
červenec	31	336	10,4
srpen	31	336	10,4
září	30	336	10,08
říjen	31	336	10,4
listopad	30	336	10,08
prosinec	31	336	10,4
Celkem			122,82

5.4 Posouzení využitelnosti dešťové vody

Po dosažení výsledků výpočtů nashromážděné dešťové vody ze zastavěné plochy je jasné, že po převážnou část roku nedostačuje k potřebám pro splachování toalet v bytovém domě. Toto srovnání je uvedené v tabulce 11 pro zjištění potřeby vody vůči nashromážděné dešťové vodě. Pokud by ale bylo potřeba zjistit přesné stavy, muselo by se počítat s bilancí přesnější než jeden měsíc.

Tabulka 11 - Porovnání objemů získané dešťové vody a potřeby vody (zdroj: autor)

měsíc	Q_m (m ³)	v_m (m ³)	přebytek v_m (m ³)	nedostatek v_m (m ³)
leden	10,4	6,48		-3,92
únor	9,7	5,56		-4,14
březen	10,4	5,88		-4,52
duben	10,08	6,80		-3,28
květen	10,4	9,42		-0,98
červen	10,08	10,50	0,42	
červenec	10,4	10,50	0,1	
srpen	10,4	10,82	0,42	
září	10,08	7,73		-2,35
říjen	10,4	6,02		-4,38
listopad	10,08	7,26		-2,82
prosinec	10,4	7,58		-2,82
Celkem	122,82	94,55	0,94	-29,21

6 Diskuse

Vlivem srážek a jejich nerovnoměrném rozložení, se plánování využití dešťové vody jako vody provozní pro splachování toalet ve sledovaném bytovém domě jeví jako ztrátové a proto nevýhodné. V tomto případě, by musela být dodatečně použita i pitná voda, neboť dešťové vody by bylo možno využít jen v letních měsících. Při nadbytku dešťové vody, by nějakým způsobem muselo být vyřešeno zasakování do půdního profilu. Ale i to se v urbanizovaném období jeví jako problém, neboť je zde velká náročnost na plochu. Tento problém platí i pro navrhovaný bytový dům.

Tento systém hospodaření s dešťovou vodou pro tuto budovu nemá smysl, neboť je velice nákladný a tím pádem i nenávratný. Předběžná studie poukazuje na možné ušetření na vodném, ale ekonomická návratnost je na dlouhou dobu. Tímto mechanismem sice dojde k ulehčení stokové sítě, nicméně je zapotřebí brát v potaz efektivnost realizace, její celkové náklady a další aspekty, které jsou častým způsobem v rozporu s hospodařením s dešťovou vodou.

Tyto systémy hospodaření s dešťovou vodou jsou snáze realizovatelné u novostaveb. Je však důležité udělat před každým takovýmto projektem pro danou lokalitu hydrogeologický průzkum pro zjištění proveditelnosti projektu.

Každopádně je na každém (fyzická osoba, právnický subjekt), aby zhodnotil výhodu buď ekonomického, nebo ekologického projektu. Bohužel se ale zatím tyto dva aspekty moc neslučují.

Řešení plošného vsakování je ale ve městech dosti náročné (Novotná a kol. 2015). Co by se ale jevílo jako reálné, je jednoduchá úprava dešťových vod pomocí zatravněné humusové vrstvy, ve smyslu čistícího opatření. Pro tento návrh je dobré i to, že by se snížil objem srážkových vod zatěžující stokovou síť.

Pokud by zmiňovaný bytový dům chtěl do budoucna opravdu šetřit spotřebu pitné vody, lze mimo srážkové vody využívat i šedou vodu z domácností – konkrétně vodu z van, sprch, umyvadel. Tato voda není natolik znečištěna a v kombinaci s dešťovou vodou by mohla být využívána na splachování, zavlažování a úklid. Před samotnou realizací je ovšem potřeba zjistit potřebnou legislativu, možnosti, zmapovat

klady, zápory, návratnost investic, Toto téma se jeví jako vhodný námět na diplomovou práci.

7 Závěr

V bakalářské práci bylo cílem podrobně popsat a charakterizovat problematiku hospodaření s dešťovou vodou. V práci jsou popsány možnosti využití vod nejen ve vyspělých zahraničních státech, ale i u nás. Ze světa bylo zmíněno hospodaření s dešťovou vodou v Izraeli, kde je důkladně propracovaný systém recyklace a hospodaření s vodou. Jejich systém by mohl být příkladem pro další státy, kde tuto problematiku řeší. Jsou zde popsány a vysvětleny základní pojmy z meteorologie, vysvětlující vznik a dělení srážek.

Jednou z dalších kapitol práce je popsání české legislativy zabývající se hospodařením a nakládáním s dešťovou vodou. V České republice se postupuje podle evropské směrnice a dokumentů z evropských zemí, kde je legislativa na vysoké úrovni. Zde jsou jednotlivé pojmy pevně stanoveny. Bohužel v České republice legislativa nedosahuje takových kvalit, ale začíná se upravovat a o daném tématu se dost hovoří. Vstupují v platnost nové normy a řeší se i novely zákonů. I přes toto všechno se může česká republika od ostatních vyspělých zemí v evropské unii hodně učit.

Dalším tématem, kterým se zabývá tato práce je látkové znečištění. Toto téma je velice potřebné pro nakládání s dešťovou vodou. Odpovídající způsob čištění vody je stanoven na základě její kvality. To se postupně odvíjí i na dalším využití dešťové vody.

V této literární rešerši je poukázáno i na způsoby a úkony spojené s hospodařením s vodou jako jsou akumulace vody, retence a infiltrace. Každý z těchto systémů má své specifické prvky, kterým se dosáhne správným hospodařením s dešťovou vodou. Jsou zde uvedeny její prvky, znaky a specifikace.

Důležitým cílem bylo zhodnocení možnosti využití dešťové vody v bytovém domě v Litvínově. Vzhledem k množství vody, která byla naakumulována a množstvím potřebné vody bylo zjištěno, že je možné využití pouze v letních měsících, kdy byl zaznamenán přebytek dešťové vody. K zavedení tohoto systému využití, by musela proběhnout širší úvaha ekonomické návratnosti, technické a stavební provedení. V tomto případě je ale více méně jasné, že možné využití naakumulované vody není

ekonomicky výhodné. Naakumulovaná voda je použitelná pouze pro provádění zálivky na zatravněných plochách.

Byl bych rád, kdyby každý, kdo si přečte tuto bakalářskou práci změnil náhled na dešťovou vodu. Většina lidí nahlíží na dešťovou vodu jako na odpad, nehospodaří s ní a drží se staré koncepce, kdy se řešilo, jak se jí co nejrychleji zbavit. V současné době se mění klimatické podmínky a je potřeba vnímat dešťovou vodu jako surovinu, sbírat jí, využívat a pokud pro ni nemá někdo využití, je vhodné tuto vodu vracet zpět do krajiny a napomoci obnovit ubývající podzemní zdroje.

Tato bakalářská práce může být podkladem pro základní informace hospodařením s dešťovou vodou. Také poslouží pro jednotlivce, kteří zamýšlí o zavedení využití vod.

Použitá literatura

Knihy a články:

Bareš V., Stránský D., 2007: Odvodnění urbanizovaných území, kanalizace a povodně. In: Slavíková L. (ed.): Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. IREAS, Institut pro strukturální politiku, Praha: 51 – 62.

Böse K. H., 1999: Dešťová voda pro dům a zahradu. HEL, Ostrava – Plesná.

Brázdil R, Zahradníček P, Dobrovolný P, Štěpánek P, Trnka M., 2021: Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961–2019. *Int J Climatol*, 1–22. Eagleson P. S., 2003: Dynamic Hydrology. European Geosciences Union, reprintseries 2.

Golver A., 1988: Erfahrungen mit der Versickerung von Regenwasser von befestigten Flächen. *Berichte der ATV* 38, 381 – 394.

Helmreich B., Horn H., 2009: Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination* 248. 118 – 124.

Hlavínek P., Prax P., Sklenářová T., Dvořáková D., Polášková K., Kubík J., Hlušík P., Beránek J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno.

Hoekstra A. Y., 2003: Virtual water: An introduction. In: Hoekstra A. Y. (ed.): Virtual water trade. International expert meeting on virtual water trade, Netherlands: 13 – 24.

Hrkal Z., 2014: O lidech a vodě. Česká geologická služba, Praha.

Huston R., Chan Y. C., Gardner T., Shaw G., Chapman H., 2009: Charakterisation of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks. *Water Research* 43. 1630 – 1640.

Jones M. P., Hunt W. F., 2010: Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States. *Resources, conservation and recycling* 54. 623 – 629.

- Kobzová E, 1998: Počasí: knížka pro každého. Rubico, Olomouc.
- Krejčí V., Hlavínek P., Zeman E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup. NOEL 2000 s. r. o., Brno.
- Morrow A. C., Dunstan R. H., Coombes P. J., 2010: Elemental composition at different points of rainwater harvesting system. *Science of Total Environment* 408. 4542 –4548.
- Mottier V., Boller M., 1996: Quantitative und qualitative Aspekte des Dachwassers, Zürich.
- Ngigi S. N., 2003: What is the limit of up – scaling rainwater harvesting in a river basin? *Physics and chemistry of the Earth* 28. 973 – 956.
- Nypl V., Synáčková M., 1998: Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování. České vysoké učení technické, Praha.
- Novotná J., Lubas M., Kabelková I., 2015: Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- Paul M. J., Meyer J. L., 2001: Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32. 333 – 365.
- Pitter P., 1990: Hydrochemie. Nakladatelství technické literatury. Praha.
- Simmons G., Hope V., Lewis G., Whitmore J., Gao W., 2001: Contamination of potable roof collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Research* 35. 1518– 1524.
- Soukupová J, 2009: Atmosférické procesy (Základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Stránský D., Kabelková I., Vitek J., Suchánek M. 2007: Podklad pro nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném území, Praha.
- Stránský D., Kabelková I., 2011. Hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování. *Člověk, stavba a územní plánování* V. 249 – 261.

Šálek J., Tlapák V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT, Praha.

Vítek J., 2008: Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. Urbanismus a územní rozvoj 4. 1 – 12.

Vítek J., 2012: Nepodceňujme omyly, kterých se dopouštíme při zavádění HDV. Vodní hospodářství 9. 280 – 284.

Vrána J., Ošlejšková M., 2011: Britská norma BS 8525 – 1 a zásady navrhování zdravotně technických instalací při recyklaci vody v budovách. Sborník semináře Energie z odpadních vod, Brno. 5 – 10.

.

Zákony a vyhlášky:

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

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.

Technické normy:

ČSN 75 6780, v návrhu: Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN 75 9010, 2012: Vsakovací zařízení srážkových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

TNV 75 9011, 2013: Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt, Praha.

Internetové zdroje:

Česká geologická služba, 1998: Databáze významných geologických lokalit: 247 (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z <http://lokality.geology.cz/247>.

Český úřad zeměměřický a katastrální, 2004 – 2019: Nahlížení do katastru nemovitostí (online)[cit. 2019. 03. 11], dostupné z <https://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>.

Česky hydrometeorologický ústav, online: <http://portal.chmi.cz/historickadata/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>, cit. 23. 02. 2017.

Česky hydrometeorologický ústav, online: <http://portal.chmi.cz/historickadata/pocasi/uzemni-srazky#>, cit. 26. 02. 2017.

voda.tzb-info 2020 [Změkčování vody - TZB-info \(tzb-info.cz\)](#)

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Znečišťující látky na jednotlivých plochách (zdroj: TNV 75 9011).....	17
Tabulka 2 - Chemické složení srážek v ČR (zdroj: ČHMÚ)	19
Tabulka 3 - Součinitele odtoku srážkových vod (zdroj: ČSN 759010)	27
Tabulka 4 - Splachovací objemy pro záchodové mísy a pisoáry (zdroj: ČSN 75 6780)	29
Tabulka 5 - Počty použití záchodových mís a pisoárů během dne jednou osobou (zdroj: ČSN 756780)	29
Tabulka 6 - Plochy odvodněného území (zdroj: autor).....	31
Tabulka 7 - Výpočet redukované plochy (zdroj: autor)	32
Tabulka 8 - Množství srážkové vody pro jednotlivé měsíce (zdroj: autor)	32
Tabulka 9 - Denní potřeba vody bytového domu pro splachování toalet (zdroj: autor)	33
Tabulka 10 - Měsíční potřeba vody bytového domu pro splachování toalet (zdroj: autor) ...	33
Tabulka 11 - Porovnání objemů získané dešťové vody a potřeby vody (zdroj: autor)	34

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Pohled z hotelu ve Vídni na zelené střechy (www.wieninfo.com)	4
Obrázek 2 - Hydrologický cyklus (zdroj: Eagleson, 2003).....	5
Obrázek 3 - Geografické rozmístění meteorologických stanic	7
Obrázek 4 - Srážkové poměry v ČR (zdroj: ČHMÚ)	8
Obrázek 5 - Koloběh vody na zemi (zdroj: tzbinfo 2020)	9
Obrázek 6 - Podzemní nádrž s čerpadlem (zdroj: Hlavínek a kol.,2007)	10
Obrázek 7 - Umělý mokřad (zdroj: přírodní rezervace Choryňský mokřad).....	13
Obrázek 8 - Vsakovací nádrž vyplněná štěrkem (zdroj: Šálek a Tlapák, 2006)	14
Obrázek 9 - Vsakovací bloky (zdroj: ASIO.cz).....	15
Obrázek 10 - Vsakovací rýha vyplněná štěrkem (zdroj: Šálek a Tlapák, 2006).....	15
Obrázek 11 - Filtrace dešťové vody (zdroj: belis.cz).....	20
Obrázek 12 - Zkoumaná nemovitost Litvínov (zdroj autor)	25
Obrázek 13 - Zkoumaná nemovitost letecký pohled (zdroj Mapy.cz).....	26
Obrázek 14 - Rozdělení zastavěného území (zdroj: mapy.cz, upraveno autor)	31