



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU V RÁMCI MODRO-ZELENEJÍ INFRASTRUKTURY MĚST

STORMWATER MANAGEMENT WITHIN THE BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE OF CITIES

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. David Vojvodík**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA**

**BRNO 2023**

## Zadání diplomové práce

|                   |   |
|-------------------|---|
| Ústav:            | Ústav vodního hospodářství obcí                                       |
| Student:          | <b>Bc. David Vojvodík</b>   |
| Vedoucí práce:    | <b>prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA</b>                            |
| Akademický rok:   | 2022/23   |
| Studijní program: | N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby |

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Hospodaření s dešťovou vodou v rámci modro-zelené infrastruktury měst**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

V první části práce bude zpracována rešerše zaměřená na stávající stav problematiky hospodaření s dešťovou vodou v rámci zelené infrastruktury měst. V praktické části diplomové práce bude zpracována případová studie pro návrh hospodaření s dešťovou vodou v rámci zelené infrastruktury vybraného města. V případové studii se student zaměří na technické řešení a ekonomiku navrženého systému.

#### **Cíle a výstupy diplomové práce:**

Získat teoretické a praktické znalosti v oblasti hospodaření s dešťovými vodami. Zpracovat případovou studii demonstrující získané znalosti.

---

**Seznam doporučené literatury a podklady:**

[1] Metcalf + Eddy: Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, McGRAW-HILL, New York 1985

[2] Hlavínek P. a kol. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, ARDEC, ISBN 80-86020-55-X.

[3] Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001.

[4] Krejčí a kol.: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000, Brno 2002.

[5] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.

[6] Časopisy SOVAK, VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

---

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na použití prvků modrozelené infrastruktury v zastavěném území. V teoretické části diplomové práce je zpracována rešerše zaměřená na dosavadní stav hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaných sídlech. Práce se dále zabývá současnou legislativou v daném odvětví a dotačními tituly, které lze použít pro budování prvků modrozelené infrastruktury. Také jsou popsány jednotlivé objekty hospodaření s dešťovou vodou a zásady jejich navrhování. V praktické části práce jsou řešeny dvě různé varianty odvodnění průmyslového areálu, na kterých jsou aplikovány principy hospodaření s dešťovou vodou zmíněné v teoretické části. Výsledkem je objektivní porovnání variant z pohledu ekologie, ekonomiky a funkčnosti.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Modrozelená infrastruktura, hospodaření s dešťovou vodou, dešťová voda, retence dešťových vod, zelená střecha, vsakovací objekty, průmyslový areál

## ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the use of elements of blue-green infrastructure in the built-up area. In the theoretical part of the diploma thesis, research focused on the current state of rainwater management in urbanized settlements is processed. The work also deals with current legislation in the given sector and subsidy titles that can be used for building elements of blue-green infrastructure. Individual objects of rainwater management and the principles of their design are also described. In the practical part of the work, two different variants of the drainage of the industrial area are solved, on which the theoretical principles of rainwater management of the mentioned part are applied. As a result is an objective comparison of variants from the point of view of ecology, economy and functionality.

## KEYWORDS

Blue-green infrastructure, rainwater management, rainwater, rainwater retention, green roof, infiltration facilities, industrial estate

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VOJVODÍK, David. *Hospodaření s dešťovou vodou v rámci modro-zelené infrastruktury měst*. Brno, 2023. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Hospodaření s dešťovou vodou v rámci modro-zelené infrastruktury měst* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2023

---

Bc. David Vojvodík

Autor

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Hospodaření s dešťovou vodou v rámci modro-zelené infrastruktury měst* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2023

---

Bc. David Vojvodík

autor

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. Petrovi Hlavínkovi, CSc., MBA. za vstřícný přístup, praktické rady v průběhu tvorby práce a také za poskytnuté podklady. Dále děkuji své rodině za výraznou podporu po celou dobu mého studia.

# OBSAH

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD</b> .....  | <b>11</b> |
| 1.1      | Cíle .....   | 11        |
| <b>2</b> | <b>PROBLÉMY DOSAVADNÍ KONCEPCE ODVODNĚNÍ MĚST</b> .....                                | <b>12</b> |
| 2.1      | Změna klimatu .....  | 12        |
| 2.1.1    | Mikroklima osídlené oblasti .....  | 12        |
| 2.1.2    | Tepelný ostrov města Brna .....  | 13        |
| 2.1.3    | Snížená hladina podzemních vod.....  | 14        |
| 2.1.4    | Zvýšený povrchový odtok .....  | 15        |
| 2.1.5    | Znečištění srážkových vod.....   | 16        |
| 2.1.6    | Povodně v urbanizovaných územích .....   | 18        |
| <b>3</b> | <b>MODERNÍ KONCEPCE ODVODNĚNÍ MĚST – KONCEPT MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY</b> .....      | <b>19</b> |
| 3.1      | Přehled legislativy související s HDV .....  | 20        |
| 3.1.1    | Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) .....         | 21        |
| 3.1.2    | Zákon č. 183/2006 Sb.Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ..... | 21        |
| 3.1.3    | Zákon 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích .....                                  | 22        |
| 3.2      | Technické předpisy související s HDV .....   | 22        |
| 3.3      | Strategie česka a EU na změnu klimatu.....   | 22        |
| 3.4      | Dotací tituly související s HDV .....  | 23        |
| <b>4</b> | <b>MOŽNOSTI HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU</b> .....                                     | <b>26</b> |
| 4.1      | Znovuvyužití dešť'ových vod .....  | 26        |
| 4.1.1    | Využití na závlahy .....   | 26        |
| 4.1.2    | Využití v domácnostech.....  | 26        |
| 4.1.3    | Předčištění srážkových vod.....  | 27        |
| 4.1.4    | Akumulace dešť'ové vody .....  | 28        |
| 4.2      | Vsakování dešť'ových vod.....  | 29        |
| 4.2.1    | Štěrkové a mlatové plochy .....  | 29        |
| 4.2.2    | Propustné dlažby .....   | 29        |
| 4.2.3    | Lité povrchy .....   | 30        |
| 4.2.4    | Zatrávňovací tvárnice .....  | 30        |
| 4.2.5    | Dešť'ový záhon.....  | 31        |
| 4.2.6    | Vsakovací průleh .....   | 32        |
| 4.2.7    | Vsakovací retenční rýha.....   | 34        |
| 4.2.8    | Vsakovací retenční nádrž.....  | 35        |
| 4.2.9    | Vsakovací šachta .....   | 36        |
| 4.3      | Retence dešť'ových vod .....   | 36        |
| 4.3.1    | Suchá retenční dešť'ová nádrž.....   | 36        |
| 4.3.2    | Retenční dešť'ová nádrž se stálou hladinou vody .....                                  | 37        |
| 4.3.3    | Podzemní retenční dešť'ová nádrž.....  | 38        |
| 4.3.4    | Umělý mokřad .....   | 38        |



|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>4.4</b> | <b>Zelené střechy, stěny a fasády .....</b>                   | <b>39</b> |
| 4.4.1      | Benefity zelených střech, stěn a fasád .....                  | 39        |
| 4.4.2      | Zelené střechy .....  | 40        |
| 4.4.3      | Zelené stěny .....  | 44        |
| 4.4.4      | Zelené fasády .....   | 46        |
| <b>4.5</b> | <b>Postup dimenzování vsakovacích zařízení .....</b>          | <b>47</b> |
| 4.5.1      | Odvodňovaná plocha .....                                      | 47        |
| 4.5.2      | Vsakovací plocha .....  | 48        |
| 4.5.3      | Vsakovaný odtok .....   | 48        |
| 4.5.4      | Retenční objem vsakovacího zařízení .....                     | 49        |
| 4.5.5      | Doba prázdnění vsakovacího zařízení .....                     | 50        |
| <b>5</b>   | <b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>                                   | <b>51</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Analýza území .....</b>                                    | <b>51</b> |
| 5.1.1      | Popis zájmového území .....                                   | 51        |
| 5.1.2      | Klimatické poměry .....                                       | 52        |
| 5.1.3      | Návrhový déšť .....   | 53        |
| 5.1.4      | Geologické a hydrogeologické podmínky .....                   | 54        |
| 5.1.5      | Mapa potenciálního vsaku .....                                | 55        |
| 5.1.6      | Zaústění bezpečnostních přelivů ze vsakovacích zařízení ..... | 56        |
| 5.1.7      | Stávající stav zásobování vodou .....                         | 58        |
| <b>5.2</b> | <b>Podrobný popis řešeného areálu .....</b>                   | <b>59</b> |
| 5.2.1      | Architektonické řešení .....                                  | 59        |
| 5.2.2      | Architektonicko-funkční řešení .....                          | 59        |
| 5.2.3      | Kanalizační Okrsky .....                                      | 61        |
| <b>6</b>   | <b>KONCEPČNÍ NÁVRH VARIANTA 1.....</b>                        | <b>62</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Použité normy při navrhování.....</b>                      | <b>62</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Návrh objektů systému HDV .....</b>                        | <b>62</b> |
| 6.2.1      | Zatrávňovací tvárnice .....                                   | 62        |
| 6.2.2      | Vsakovací průlehy .....                                       | 64        |
| 6.2.3      | Potrubí .....   | 67        |
| 6.2.4      | Vsakovací nádrž.....  | 70        |
| 6.2.5      | Výústní potrubí .....   | 74        |
| <b>6.3</b> | <b>Investiční a provozní náklady - Varianta 1.....</b>        | <b>74</b> |
| <b>7</b>   | <b>KONCEPČNÍ NÁVRH VARIANTA 2.....</b>                        | <b>77</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Použité normy pro návrh .....</b>                          | <b>77</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Návrh objektů systému HDV .....</b>                        | <b>77</b> |
| 7.2.1      | Podrobné řešení akumulace dešťových vod.....                  | 77        |
| 7.2.2      | Vsakovací nádrž.....  | 81        |
| <b>7.3</b> | <b>Investiční a provozní náklady – Varianta 2.....</b>        | <b>83</b> |
| <b>8</b>   | <b>POROVNÁNÍ VARIANT.....</b>                                 | <b>85</b> |
| <b>9</b>   | <b>ZÁVĚR.....</b>   | <b>87</b> |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>10</b> | <b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>                  | <b>88</b> |
|           | <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                     | <b>94</b> |
|           | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                     | <b>96</b> |
|           | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b> | <b>98</b> |
|           | <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                       | <b>99</b> |

# 1 ÚVOD

Koncem minulého století se stala ochrana životního prostředí jedním ze zásadních témat a jistě jím zůstane i nadále. Význam ochrany životního prostředí se stává čím dál naléhavějším tématem kvůli stále rostoucí populaci, proto je také vyšší tlak na hospodárné využívání veškerého přírodního kapitálu. Diplomová práce bude pojednávat především o hospodaření s vodou a s tím související modrozelenou infrastrukturou a její aplikaci. Často při pomýšlení na města nebo urbanizovaná území se nám vybaví četné množství budov, betonu či asfaltu. Je to dáno tím, že v minulosti společnost investovala značné prostředky do dopravní infrastruktury, průmyslu a bydlení, které jsou sice zásadní a nezbytné pro hospodářskou a společenskou stabilitu, avšak opomíjejí jisté benefity, které lidem přináší přírodní životní prostředí. Takto koncipovaná města způsobují značné ekologické i sociální problémy. V současné době se potýkáme s klimatickou změnou, která se projevuje narůstající průměrnou teplotou. Objevují se intenzivnější přivalové srážky, které střídají dlouhá suchá období. V městském prostředí jsou následující změny dokonce umocněny především vlivem zastavěných ploch, které změnily charakter přirozeného prostředí, a tak byly narušeny určité přírodní procesy jako vodní bilance. V období extrémních srážek jsou stávající systémy odvodnění vystaveny situacím, na které nejsou dimenzovány. S rostoucí intenzitou dešťů se počítá i nadále, to znamená, že rizika přehlcení kanalizací a lokálních zaplavení měst budou vyšší. Reakcí na to je snaha aplikace adaptačních opatření na změny klimatu ve smyslu zvýšení stability vodního hospodářství ve městech. To je snaha přiblížení průběhu vodních procesů ve městech jako v krajině. V dnešní době už je vzájemné propojení měst se životním prostředím lépe chápáno a je častým předmětem v mnoha debatách a výzkumech.

## 1.1 CÍLE

Cílem diplomové práce je seznámit čtenáře s problematikou modrozelené infrastruktury měst. Zpracovat krátkou rešerši, která bude pojednávat o negativních vlivech urbanizace a řešeních jak se s těmito důsledky vypořádat. Představit čtenáři stručný a ucelený přehled objektů, které souvisí se správným hospodařením s dešťovou vodou. Práce by měla pojednávat o zásadách navrhování těchto objektů a o faktorech, které nám při navrhování do projektu vstupují. V další fázi práce zpracuji krátkou studii, kde se pokusím aplikovat načerpané znalosti o ekologickém hospodaření s dešťovou vodou na konkrétní lokalitě. Studie by měla zahrnovat dvě řešení, která řeší nakládání s dešťovými vodami v business areálu Víchoř, jehož výstavba se teprve plánuje. V závěru jednotlivé varianty porovnam mezi sebou z hlediska ekologie, ekonomiky a proveditelnosti.

## **2 PROBLÉMY DOSAVADNÍ KONCEPCE ODVODNĚNÍ MĚST**

Tradiční řešení městské technické infrastruktury je tvořeno nepropustnými povrchy (beton, asfalt), takové prvky označujeme jako tzv. šedou infrastrukturu. Obecnou nevýhodou šedé infrastruktury je, že obecně plní jen jednu funkci a má velmi nízkou schopnost vzdorovat či se přizpůsobovat nepříznivým vlivům. V posledních desetiletích pozorujeme, že šedá infrastruktura není schopna se vypořádat s nástrahami způsobenými změnou klimatu, výkyvy počasí a pokračující urbanizací. Pouze jen za cenu obrovských investičních nákladů. V následujících odstavcích si představíme konkrétní problémy a následky, které přímo souvisí s vysokým podílem šedé infrastruktury ve městech. [1]

### **2.1 ZMĚNA KLIMATU**

Změna klimatu představuje jedno ze stěžejních témat současné světové environmentální politiky, které mají nepříznivý účinek na hydrologickou bilanci. Průměrná roční teplota se nadále zvyšuje a očekává se nárůst teploty o 1-1,5 °C. Při takovém scénáři by po roce 2040 mohl nastat vážný nedostatek vody. [7]

V osídlených oblastech se můžeme setkat se specifickým prostředím, které souvisí se změnou klimatických podmínek, protože se tato území vyznačují nízkou ekologickou stabilitou a tím pádem i nízkou přirozenou adaptační schopností na změnu klimatu. Velký podíl zpevněných ploch přímo ovlivňuje mikroklima v daném prostředí a způsobuje přehřívání povrchů, tím pádem i vyšší teploty vzduchu a v neposlední řadě zvyšuje i prašnost. To přispívá i k celkové změně klimatu, což v České republice můžeme pozorovat především na změnách průběhu počasí během roku. Jedná se zejména o střídání dlouhého období vysokých teplot doprovázené nízkým výskytem srážek s vysokým srážkovým úhrnem za krátké období. Za poslední léta jsme zaznamenali zvýšený počet výskytu sucha, ale také výskyt povodní. Mimořádně vysoké úhrny srážek se objevily v letech 1997, 2002 a 2010, naproti tomu přítomnost extrémního sucha byla v letech 2000, 2003, 2012, 2015. Česká republika není zcela připravena na výkyvy srážkové činnosti a projevů sucha. [1] [13]

#### **2.1.1 Mikroklima osídlené oblasti**

V prostředí větších měst jsou důsledky změny klimatu umocněny. V letních obdobích během suchých a horkých měsíců veškeré materiály pohlcují do jisté míry sluneční záření. Stavební materiály jako beton a asfalt absorbují sluneční záření během dne. Tyto materiály přemění sluneční záření na teplo, které v sobě akumulují a fungují v podstatě jako tepelné baterie. Po západu slunce a mírném ochlazení okolí začnou betonové a asfaltové objekty vracet naakumulované teplo do atmosféry. To způsobuje, že teplota v osídlené oblasti je i o více než 2 °C vyšší než v přírodních oblastech. Tenhle jev je známý jako městský tepelný ostrov. Vlivem kterého vzniká i rostoucí trend instalace klimatizací, který paradoxně efektu tepelného ostrova přispívá. [2]

Schopnost materiálu absorbovat či odrážet světlo se dá vyjádřit tzv. albedem. To je měřeno na stupnici od 0 do 1, kdy 1 odpovídá povrchu, který odráží veškeré sluneční záření a 0 odpovídá povrchu, který veškeré sluneční záření pohlcuje. [3]

| Povrch              | Albedo |
|---------------------|--------|
| Čerstvý asfalt      | 0,04   |
| Opotřebovaný asfalt | 0,12   |
| Listnatý les        | 0,18   |
| Travní porost       | 0,25   |
| Nový beton          | 0,55   |

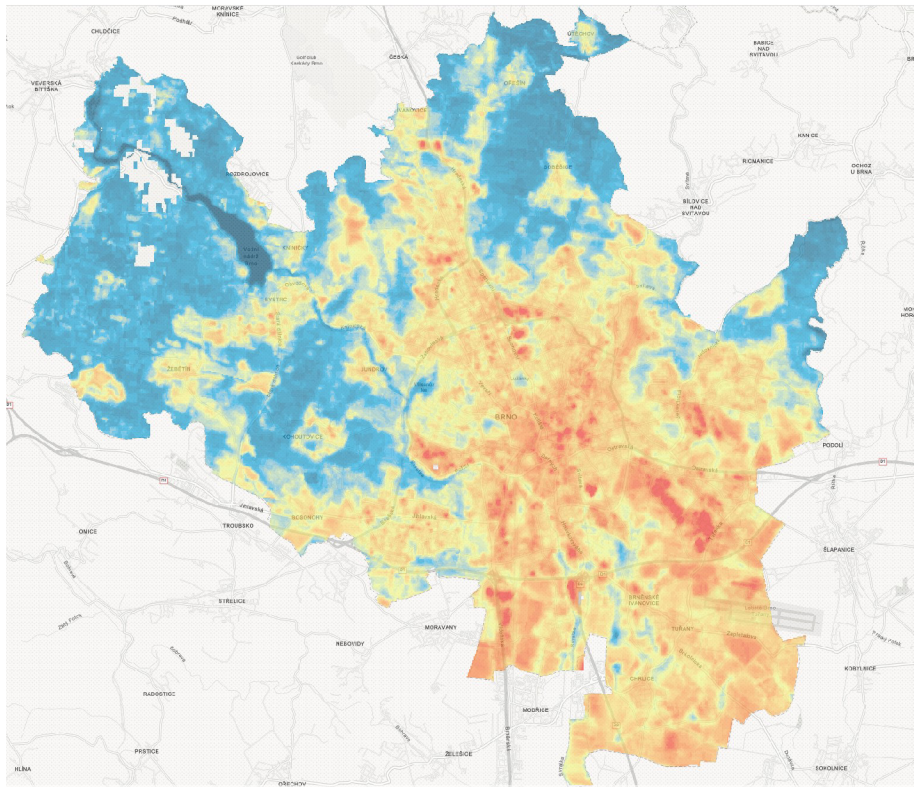
**Tab. 2.1 Ukázkové hodnoty albeda [3]**

Tepelné ostrovy mají dokonce potenciál přímo ovlivňovat lidské zdraví a životní podmínky obyvatel měst. Dle výzkumu bylo zjištěno, že úmrtnost se exponenciálně zvyšuje s maximální teplotou během vlny veder. Dalším negativním účinkem je zvýšená koncentrace znečišťujících látek v ovzduší, která koreluje s výší intenzity tepelného ostrova. Především se jedná o těkavé organické sloučeniny, kysličník uhelnatý, oxidy dusíku a částice. [6]

Naproti tomu přírodní prvky jako tráva či stromy ale i vodní plochy pomáhají zmírňovat účinek tepelného ostrova. Absorbují teplo ze slunce, které využijí jako energii k evapotranspiraci. Při vypařování vody z rostlin, půdy a vodních ploch dochází k ochlazení prostředí. [2]

### **2.1.2 Tepelný ostrov města Brna**

Příklad tepelného ostrova můžeme pozorovat i v Brně. Průměrná roční teplota v Brně vzrostla o 2 °C během posledních 60 let. Oddělení dat a analýz města Brna ve spolupráci s World from Space zpracovali mapy tepelného ostrova města Brna, kde se dá pozorovat jeho vývoj v čase v obdobích 1991, 2001, 2011 a 2022. Data byla sesbírána prostřednictvím družic LANDSAT 5,7 a 8 z letního období (červenec-srpen) vždy z předchozích pěti let před vyhodnocením. Celkově bylo vyhodnoceno 73 termálních snímků při frekvenci snímání 7-16 dní. Měřena byla schopnost povrchu vyzařovat elektromagnetické záření (emisivita povrchu), ze které byla následně vyhodnocena teplota povrchu. [4]



**Obrázek 2.1 Tepelný ostrov města Brna 2021 [4]**

K nejintenzivnějšímu přehřívání dochází na průmyslovém areálu Černovické terasy. Mezi nejvýznamněji přehřívané oblasti patří především prostory průmyslových areálů a obchodních center, kde je výrazné zastoupení velkoplošných rovných střech (Královopolská a.s., Nákupní centrum Královo Pole, Avion Shopping Park). Z toho důvodu jsem si jako předmět řešení praktické diplomové práce vybral průmyslový areál. [4]

Mapa dokazuje, že nejefektivnějším ochlazujícím krajinným prvkem jsou vodní plochy. Brněnská přehrada, ale také Holásecká jezera či biotop Chrlice mají významný vliv na ochlazování prostředí. Nelze opomenout ani lesy, které především díky své rozloze dominují ochlazujícím efektem na území Brna (severní polovina MČ Ořešín nebo CHKO Moravský kras na Území Líšně). Přesuneme-li se blíže k centrální části Brna, zde plní důležitou roli Wilsonův les či Masarykův Háj, ale také městské parky zejména Špilberk a Lužánky. [4]

### **2.1.3 Snížená hladina podzemních vod**

Půda má vlastnost infiltrovat neboli vsakovat srážkovou vodu, která se poté v půdě zadržuje a postupně uvolňuje. Zbývající voda putuje níže přes horninové prostředí a zásobuje podzemní kolektory vod, přičemž část vody se ze zeminy odpaří. [8]

Množství hladiny podzemní vody se mění v závislosti na množství vody vsáknuté pod povrch. Podzemní voda se nachází ve hloubkách větších než 1-2 m, kde vyplňují pukliny, dutiny a póry v horninách. Tato voda tvoří asi 30 % veškeré sladké vody na Zemi, tudíž je významným zdrojem pitné vody pro obyvatelstvo. [9]

Mimo jiné mají klimatické změny společně s nepropustnými povrchy ve městech nežádoucí vliv na hladinu podzemních vod. Hladina se postupně snižuje, jelikož není dostatečně

dotována dešťovými vodami. Tunely, hluboké základy staveb a podzemní inženýrské sítě taktéž uměle snižují hladinu podzemní vody. Problém nastává především v suchém období, kdy může docházet k vysychání toku, jelikož průtok v tocích není dotován podzemní vodou. Dále může dojít k problémům zásobením obyvatelstva podzemní vodou. [1]

V urbanizovaných územích se vyskytuje velké množství potenciálních znečišťujících látek, které mohou mít neblahý vliv na kvalitu podzemní vody ve městě. [9]

## 2.1.4 Zvýšený povrchový odtok

### *Princip*

Příčinou zvýšeného povrchového odtoku je překrytí původních ploch vegetace nepropustnými povrchy. Ten svým objemem převládá nad infiltrací vody do půdy, přičemž v přirozeném povodí je tomu naopak. V centrálních částech měst může tvořit povrchový odtok až 55 % objemu srážkové vody. Voda je tak ihned svedena z místa dopadu do stokového systému odkud rychle pokračuje pryč z území. Tato skutečnost značně narušuje hydrologický režim a napomáhá tak častějšímu výskytu lokálních povodní.

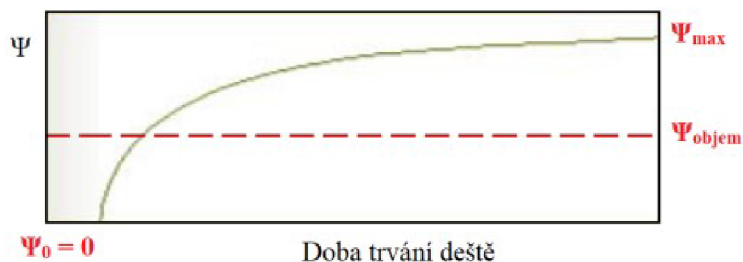
Naproti tomu v přirozených povodích povrchový odtok reprezentuje pouze 10 % celkového objemu srážek dopadajících na dané území, přičemž až 50 % se infiltruje. Rozdíl hydrologické bilance v závislosti na druhu prostředí skvěle ilustruje následující obrázek. [10]



Obrázek 2.2 Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném prostředí [10]

### *Součinitel odtoku*

Podíl srážky, která odeče během deště po povrchu je dána propustností povrchu a průměrném sklonu území. Hodnota, která charakterizuje tenhle podíl se nazývá odtokový součinitel  $\Psi$ . Jedná se o bezrozměrnou veličinu, která se může měnit v průběhu trvání deště zejména u nezpevněných povrchů. Na začátku deště je roven počátečnímu součiniteli odtoku  $\Psi_0$ , průměrná hodnota je označována  $\Psi_{\text{objem}}$  a maximální  $\Psi_{\text{max}}$ . [14]



Obrázek 2.3 Průběh součinitele odtoku [14]

| Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu                                 | Sklon povrchu   |                          |                          |
|--|---|--------------------------|--------------------------|
|  | do 1 %  | 1 % až 5 %               | nad 5 %                  |
|  | Součinitele odtoku srážkových povrchových vod<br>$\psi$ |                          |                          |
| Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)                       | 0,4 až 0,7 <sup>1)</sup>                                | 0,4 až 0,7 <sup>1)</sup> | 0,5 až 0,7 <sup>1)</sup> |
| Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě                              | 0,7 až 0,9 <sup>1)</sup>                                | 0,7 až 0,9 <sup>1)</sup> | 0,8 až 0,9 <sup>1)</sup> |
| Střechy s nepropustnou horní vrstvou   | 1,0   | 1,0                      | 1,0                      |
| Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m <sup>2</sup> | 0,9   | 0,9                      | 0,9                      |
| Asfaltové a betonové plochy, dlažby se záhlvkou 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 tvárnic   | 0,2   | 0,3                      | 0,4                      |
| Komunikace ze vsakovacích tvárnic  | 0,2   | 0,3                      | 0,4                      |
| Sady, hřiště   | 0,1   | 0,15                     | 0,2                      |
| Zatravněné plochy  | 0,05  | 0,1                      | 0,15                     |

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

Tab. 2.2 Součinitele odtoku pro návrh vsakovacích zařízení dle ČSN 75 9010 [14]

## 2.1.5 Znečištění srážkových vod

Můžeme jej rozdělit dle původu vzniku znečištění, kdy k prvotnímu znečištění dochází již v atmosféře. Srážka vymývá rozpuštěné i nerozpuštěné látky, které jsou obsaženy ve vzduchu. Jedná se zejména o jemné částice, těžké kovy a persistentní organické sloučeniny. Jsou produktem dopravy a průmyslu. Dále vzniká znečištění vody povrchovým smyvem látek znečištění, které se hromadí na povrchu povodí v bezdeštném období. Často se jedná o organické látky, ropné látky, těžké kovy, uhlovodíky. K poslednímu typu znečištění může docházet při reakci vody a omývaného povrchu. U betonu to je hlavně vápník, hliník a křemík, zatímco u střech a jiných kovových povrchů se nejčastěji setkáme s těžkými kovy. [11]

V osídleném území hodnotíme znečištění srážkových vod dle typu plochy, ze které dešťová voda odtéká. Málo znečištěné vody jsou zejména z materiálové inertních střech, chodníků nebo cyklostezek. S významným znečištěním (těžké kovy, uhlovodíky, chloridy) se pak setkáváme u kovových střech a frekventovaných dopravních ploch. V případě vsakování či přímého odvádění do vod povrchových je při významnějším znečištění potřeba různého



typu předčištění. U extrémních případů jako odtok z autovrakovišť je vsakování zcela vyloučeno. [12]

| Typ plochy                          |   | Hrubé nečistoty, splaveniny  | Jemné částice | Těžké kovy | Uhlíkovdiki | Organické znečištění, BS, K <sub>5</sub> | Živiny N, P | Patogenní mikroorganismy | Chloridy |
|-------------------------------------|---|--|---------------|------------|-------------|--|-------------|--------------------------|----------|
| Střešky                             | vegetační extenzivní  | ○  | ○             | ○          | ○           | ○  | ○           | ○                        | ○        |
|                                     | vegetační intenzivní  | ○  | ○             | ○          | ○           | ●  | ●           | ○                        | ○        |
|                                     | inertní   | ●  | ●             | ○/●        | ○/●         | ○/●                                      | ○/●         | ○/●                      | ○        |
|                                     | s plochou neošetřených kovových částí do 50 m <sup>2</sup>                    | ●  | ●             | ●          | ○/●         | ○/●                                      | ○/●         | ○/●                      | ○        |
|                                     | s plochou neošetřených kovových částí 50 m <sup>2</sup> až 500 m <sup>2</sup> | ●  | ●             | ●●         | ○/●         | ○/●                                      | ○/●         | ○/●                      | ○        |
|                                     | s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m <sup>2</sup>                  | ●  | ●             | ●●●        | ○/●         | ○/●                                      | ○/●         | ○/●                      | ○        |
| Zatrávněné plochy                   |   | ●/●●●  | ●/●●●         | ○          | ○           | ●  | ●           | ○/●                      | ○        |
| Komunikace pro chodce a cyklisty    |   | ●●   | ●             | ○/●        | ○/●         | ●  | ●           | ●                        | ○/●      |
| Parkoviště                          | málo frekventovaná (osobní auta)  | ●●   | ●             | ●          | ●           | ●  | ●           | ●                        | ●        |
|                                     | (vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)                                      | ●●   | ●●            | ●●         | ●●          | ●  | ●           | ●                        | ●●       |
|                                     | nákladní auta <sup>d</sup>  | ●●●  | ●●●           | ●●●        | ●●●         | ●  | ●           | ●                        | ●●       |
| Pozemní komunikace                  | málo frekventované <sup>a</sup> (přijezdy k domům)                            | ●●   | ●             | ●          | ●           | ●  | ●           | ●                        | ●        |
|                                     | středně frekventované <sup>b</sup>  | ●●   | ●●            | ●●         | ●●          | ●  | ●           | ●                        | ●●       |
|                                     | vysoce frekventované <sup>c</sup>   | ●●   | ●●●           | ●●●        | ●●●         | ●  | ●           | ●                        | ●●●      |
| Plochy u skladů, 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                                 |               |            |             |  |             |                          |          |

Tab. 2.3 Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkového odtoku (TNV 75 9011)

Rychlý odvod dešťových vod z osídlené oblasti do recipientu, který v případě jednotné probíhá přes odlehčovací komory způsobuje hydraulický stres v toku a přináší do něj znečišťující látky. Hydraulický stres je příčinou zvýšené eroze dna a břehů toků a také odplavuje organismy žijící ve vodním prostředí. Znečišťující látky mají taktéž negativní vliv na život organismů a rostlin ve vodě. Tok pomalu ztrácí svou estetickou a ekologickou funkci. [15]

### 2.1.6 Povodně v urbanizovaných územích

Povodně ohrožují prostředí, ve kterém žijeme a dokonce i lidské životy. Poškozené domy, budovy, občanská vybavenost a infrastruktura jsou velmi finančně náročné na obnovu. Je v zájmu společnosti, aby se zajistila ochrana obyvatelstva proti těmto rizikům. Povodňové stavy v urbanizovaných územích nejsou záležitostí pouze překročení kapacity koryt vodních recipientů, ale mohou být způsobeny také vlastními vodami v kanalizačních systémech.

Problém povodní ve městech přímo souvisí s vyšší hodnotou povrchového odtoku. Rostoucí intenzity dešťů důsledkem klimatických změn hrají důležitou roli v přetěžování stávajících systémů odvodnění. Mluvíme o překročení hydraulické kapacity stokové sítě v určitých úsecích vlivem přívalových srážek. Vzniká tlakové proudění ve stoce až dojde k výtoku vody nad povrch terénu, což vede ke vzniku lokální povodně. V podstatě hydraulická spolehlivost stokové sítě se v čase snižuje. Jedná se tak o podstatnou informaci pro plánování odvodňovacích systémů, jejichž životnost se pohybuje v řádech desítek let. [1]



Obrázek 2.4 Povodně Praha- Karlín [16]

Průběžné zvyšování kapacity stokových systémů je ekonomicky neúnosné. Již v dnešní době podíl ceny stokové sítě vůči ceně ostatní veřejné infrastruktury může činit u některých obcí i 33 %. Tomu odpovídají i náklady na provoz a údržbu. [15]

### **3 MODERNÍ KONCEPCE ODVODNĚNÍ MĚST – KONCEPT MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY**

Modrozelená infrastruktura (MZI) je složena z dvou hlavních částí, kterými jsou modrá a zelená složka. Přičemž za tzv. „modrou“ složku jsou považovány takové objekty, které souvisí s hospodařením s vodou. Naopak za „zelenou“ složku jsou považovány prvky vegetace. Pro maximální přínos je důležité tyto dvě složky mezi sebou kombinovat a vzájemně funkčně propojovat. Taktéž spolu úzce souvisí. Vzájemnou propojenost a závislost vysvětluje fakt, že vegetace nedokáže bez vody existovat a plnit tak svou důležitou funkci. [1]

MZI zahrnuje více funkcí a přínosů než šedá infrastruktura. Samozřejmě šedá infrastruktura je stále potřebná pro pohodlný život ve městech, ale lze posílit pomocí řešení, které vycházejí z přírodních principů. Kombinace funkcí MZI a šedé infrastruktury bychom měli docílit správné funkce a zároveň zvýšení adaptace urbanizovaných prostředí na výše uvedené environmentální hrozby. [1]

Aplikace MZI je možná v případech výstavby nové veřejné infrastruktury, každopádně lze je použít i při rekonstrukci a opravách již urbanizovaných územích. Při návrhu a prosazování MZI je třeba se řídit platnou legislativou, která však v případě HDV ještě není zcela jednotná. [1][17]

#### ***Zelená složka – vegetace***

Často se můžeme setkat také s pojmem zelená infrastruktura, která je dle Evropské unie definována jako strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních oblastí s rozdílnými environmentálními prvky, jež byla navržena a pečuje se o ni s cílem poskytovat širokou škálu ekosystémových služeb. První koncept, že ekosystémy by měli být nezbytnou součástí městské infrastruktury vzniká již od osmdesátých let minulého století. [1][18]

Zeleň spolu s půdním profilem tvoří základ koncepce zelené infrastruktury. Jak jsem již psal výše, modrá i zelená infrastruktura spolu úzce souvisí, a proto je nelze od sebe jednoduše rozlišit. Mezi důležité služby, které plní zeleň a půdní profil ve vztahu k modré infrastruktuře můžeme zařadit infiltraci, akumulaci, filtraci a odpar. [1]

Správná distribuce vody přímo ovlivňuje kvalitu zeleně a zvyšuje tak benefity spojené se zelenou infrastrukturou ve městě. Funkce zeleně ve městě:

- zvyšuje vlhkost vzduchu,
- snižuje a tlumí teplotní výkyvy,
- zachycuje prašné částice,
- snižuje hlučnost,
- zpomaluje odtok vody při přívalových deštích,
- estetická funkce,
- zlepšení duševního zdraví. [1][18]

## ***Modrá složka – hospodaření s dešťovou vodou***

V důsledku výše uvedených problémů způsobených stávající koncepcí odvodnění měst se postupně přechází na hospodaření s dešťovou vodou (HDV), jejichž cílem je napodobit odtokové charakteristiky v krajině. V dnešní době prosazovaný decentralizovaný způsob odvodnění usiluje o vypořádání se se srážkovou vodou v místě jejího dopadu nebo co nejbližší této ploše a navrátit ji do přirozeného koloběhu vody. Za přírodně blízka zařízení HDV označujeme taková, která podporují výpar, vsakování a pomalý odtok z povodí. Ovšem ne vždy je vsakování umožněno. V takovém případě se dešťová voda akumuluje v retenčních objektech, odkud se regulovaným odtokem vpuští do stokového systému. [15]

V přirozeném prostředí se můžeme setkat s místy, které jsou schopny vodu nasávat, filtrovat a čistit. Takovou funkci plní mokřady, listnaté lesy, louky, rákosové pole a další. Podobné funkce můžeme dosáhnout také v urbanizovaném území při návrhu objektů HDV. Jednotlivé prvky a způsoby HDV jsou podrobně rozebrány v kapitole možnosti hospodaření s dešťovou vodou. [1]

Při správné implementaci principů HDV docílíme řady ekonomických i ekologických benefitů:

- Urbanizovaná území budou lépe reagovat na změnu klimatu a zároveň k ní budou méně přispívat;
- Zadržením vody v terénu a ve vegetaci se zvýší výpar alepší mikroklima dané oblasti;
- Snížením dešťového odtoku do kanalizace se zmenší kapacitní požadavky na stokovou síť. To může také snížit finanční náklady na její výstavbu a provoz;
- Možnosti využívat akumulované dešťové vody jako vody užitkové, což snižuje potřebu pitné vody;
- Snížení množství povrchového odtoku a kulminačních průtoků lokální retencí nebo zvýšením propustnosti povrchů
- Příznivý vliv vegetace na zkvalitnění života v městských sídlech. To přispívá i ke zlepšení místního ekosystému a biologické rozmanitosti;
- Zvýšení výparu v urbanizovaných oblastech;
- Podpora zásoby podzemních vod vsakováním;
- Podpora přirozeného režimu vodních toků;
- Snížení znečištění zdrojů vody [17]

Při HDV je nutno oddělovat mírně znečištěné vody a silně znečištěné srážkové vody z důvodu ochrany vod podzemních a povrchových, přičemž vody silně znečištěné je potřeba čistit. [15]

### **3.1 PŘEHLED LEGISLATIVY SOUVISEJÍCÍ S HDV**

Aplikace HDV je možná v případech výstavby nové veřejné infrastruktury, každopádně lze je použít i při rekonstrukci a opravách již urbanizovaných územích. Při návrhu a prosazování HDV je třeba se řídit platnou legislativou, která však doposud není

zcela jednotná. A tak se setkáváme s mírně různými pohledy na problematiku optikou několika legislativních předpisů. Například stavební zákon udává povinnost aplikovat HDV pouze u novostaveb, ovšem vodní zákon je přísnější a ukládá stavebníkovi povinnost řešit HDV i u změny stavby nebo změny v jejím užívání. To dává možnost stavebníkům vodní zákon obcházet. Základní právní rámec pro implementaci HDV tvoří dokumenty *Plán hlavních povodí ČR 2007-2027* a *Politika územního rozvoje ČR*. [1][17]

### **3.1.1 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)**

Vodní zákon uvádí povinnost hospodařit se srážkovými vodami přímo na pozemku stavby.

#### **§ 5 odstavec (3)**

*Dále je stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážková voda“) akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. 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. [20]*

### **3.1.2 Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)**

Stavební zákon je nadřazeným předpisem pro vyhlášky související s HDV uvedené níže.

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

Je prováděcí vyhláškou k § 43 stavebního zákona zpracována ministerstvem pro místní rozvoj a je tedy součástí územního plánování.

#### **§ 20 odstavec (5)**

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

##### ***c) hospodaření se srážkovými vodami jejich***

- 1. akumulací s následným využitím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky,***
- 2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich akumulace s následným využitím, vsakováním nebo výparem není možná, nebo***
- 3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových. [21]***

Vyhláška v podstatě vymezuje priority při odvádění srážkových vod z pozemku, kdy je upřednostňován však, výpar nebo využití srážkové vody na pozemku.

#### ***Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby***

Je vydána ministerstvem pro místní rozvoj a je jednou z prováděcích vyhlášek ke stavebnímu zákonu, která upravuje technické požadavky na stavby a jejich části.

## **§ 6 odstavec (4)**

*Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací. [22]*

Zde jasně vyplývá, že každá stavba musí mít zajištěný odtok dešťových vod a nemůže tak vznikat bezodtoková území. Rozdíl mezi vyhláškou 268/2009 Sb. a 501/2006 Sb. je v tom, komu je určena. Vyhláška č.268/2009 Sb. ukládá tuto povinnost stavebníkovi, zatímco Vyhláška č.501/2006 je určena pro obce a tvorbu jejich územních plánů. Nové stavební pozemky z územních plánů by pak měly být koncipovány tak, aby stavebník mohl pohodlně splnit povinnosti, jenž mu nařizuje vyhláška č.268/2009 Sb. [17]

### **3.1.3 Zákon 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích**

Tento zákon souvisí s odvodem srážkových vod z pozemku následovně:

#### **§ 8 odstavec (4)**

*Vlastníci vodovodů nebo kanalizací, jakož i vlastníci vodovodních řadů, vodárenských objektů, kanalizačních stok a kanalizačních objektů provozně souvisejících, jsou povinni umožnit napojení vodovodu nebo kanalizace jiného vlastníka, pokud to umožňují kapacitní a technické možnosti. Náklady na realizaci napojení vodovodu nebo kanalizace hradí vlastník, jemuž je umožněno napojení vodovodu nebo kanalizace. [23]*

Ze zákona o vodovodech a kanalizacích jasně vyplývá, že vlastník jednotné kanalizace musí umožnit napojení dešťových vod stavebníkovi. Ovšem jen v případě, že je kanalizace dostatečně kapacitní. Proto je potřeba se informovat o této skutečnosti ještě před koupí pozemku pro výstavbu.

## **3.2 TECHNICKÉ PŘEDPISY SOUVISEJÍCÍ S HDV**

Při navrhování, projektování, výstavbě a provozu HDV se v praxi setkáme hlavně se dvěma technickými předpisy. Jsou určeny především pro vodohospodáře. Mluvíme o ČSN 75 9010 – *Vsakovací zařízení srážkových vod* a TNV 75 9011 - *Hospodaření se srážkovými vodami. P*

## **3.3 STRATEGIE ČESKA A EU NA ZMĚNU KLIMATU**

V posledních letech vzniká řada koncepčních dokumentů na úrovni EU a České republiky. Dokumenty podporují a potvrzují důležitost adaptace na změnu klimatických podmínek, se kterými úzce souvisí i potřeba budování modrozelené infrastruktury. [1]

### ***Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu 2021***

Na začátku roku 2021 přijala komise Evropské unie strategii EU pro přizpůsobení se změně klimatu. Dokument navazuje na minulou strategii z roku 2013. Jejím cílem je rozšířit znalost o dopadech změny klimatu, ale hlavně realizace a vypracování konkrétních řešení. Dlouhodobou vizí je, že v roce 2050 bude EU unie odolná vůči změnám klimatu a přizpůsobena jejich dopadům. [24]

## ***Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR 2021-2030***

Reakcí České republiky na Adaptační strategii EU bylo vypracování národní strategie na změnu klimatu. Aktuální verze byla vydána dne 13. září 2021, která navazuje na předchozí verzi z října roku 2015. jejím cílem je prostřednictvím navrhovaných opatření a úkolů zvýšit připravenost České republiky na změnu klimatu. [25]

### ***Národní akční plán na změnu klimatu 2021-2025***

Je implementačním dokumentem Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR a taktéž je aktualizací již předešlé verze z roku 2015. Akční plán jasně udává strategii ve formě konkrétních úkolů, ke kterým přiřazuje gesci, termín plnění, relevanci opatření a zdroje financování. Obsahuje 108 adaptačních opatření a 322 konkrétních úkolů. V oblasti HDV stojí za zmínku zejména adaptační opatření a úkoly:

- Zavádění decentralizovaného systému HDV
- Na vhodných místech podporovat realizaci decentrálních retenčních objektů
- Zohlednění adaptačních opatření v plánech rozvoje vodovodů a kanalizací
- Minimalizace solení komunikací a použití herbicidů a pesticidů
- Plánování v oblasti prevence rizik a managementu městského tepelného ostrova
- Plánování a rozvoj systémů sídelní zeleně a vodních ploch v rámci urbanistického rozvoje ve vazbě na hustotu a počet obyvatel [26][27]

## **3.4 DOTAČNÍ TITULY SOUVISEJÍCÍ S HDV**

### ***Nová zelená úsporám***

Program podporuje energetické náročnosti obytných budov, novostavby v pasivním standardu, šetrné způsoby vytápění, obnovitelné zdroje energie a mitigační opatření v reakci na změnu klimatu. Cílem je snížit produkci emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů, především emisí CO<sub>2</sub>. Program podporuje následující stavební činnosti:

- Renovace rodinných a bytových domů (zateplení fasády, střechy, stropů, podlah, výměny oken a dveří)
- Stavbu rodinných a bytových domů v tzv. pasivním standardu
- Nákup rodinných domů a bytů s velmi nízkou energetickou náročností
- Solární termické a fotovoltaické systémy
- Výměny neekologických zdrojů tepla za tepelná čerpadla či lokální zdroje na biomasu
- Akumulační nádrže na zachytávání dešťové vody, využívání odpadní vody
- Zelené střechy, venkovní stínící techniku
- Využívání tepla z odpadní vody, ohřev vody
- Systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla
- Pořízení a instalaci dobíjecích stanic pro osobní vozidla

- Výsadbu stromů na veřejnosti přístupných pozemcích u bytových domů [50]

Dotace je určena pouze pro rodinné a bytové domy. [50]

### **Dešťovka**

Jedná se o dotační program Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR na podporu udržitelného hospodaření s dešťovými vodami v domácnostech. Původně byl vyhlášen v rámci Národního programu Životní prostředí, ale do září roku 2021 je zařazen pod dotační program Nová zelená úsporám. [50]

#### Pro rodinné domy:

- Dešťová voda pro zálivku zahrady až 55 000 Kč. Podpora je určena pouze pro stávající rodinné domy. Pro novostavby nikoliv.
- Pořízení systému, kdy je dešťová voda využívána jako užitková i pro zálivku zahrnuje výši dotace až 65 000 Kč.
- V případě šedé vody využívané pro splachování a zálivku činí dotace až 60 000 Kč.
- Nejvyšší dotace je určena pro systémy využívající šedou vodu i dešťovou vodu. V tomto případě lze získat dotaci až 105 000 Kč.

Na dotaci mají nárok vlastníci a stavebníci rodinných domů, vlastníci řadově uspořádaných bytových jednotek (řadové domy) a příspěvkové organizace zřízené samosprávnými celky.

#### Pro bytové domy:

Výsledná výše dotace závisí na typu systému, velikosti nádrže a počtu napojených bytových jednotek. Dotace může dosáhnout až miliony korun.

Žádat mohou vlastníci a stavebníci bytových domů, společenství vlastníků bytových jednotek nebo příspěvkové organizace zřízené samosprávnými celky. [50]

### **Zelené střechy**

Nová zelená úsporám taktéž podporuje výstavbu zelených střech (extenzivních, polointenzivních a intenzivních) na rodinných domech, případně dalších nadzemních stavbách ve vlastnictví žadatele.

#### Pro rodinné domy:

Na dotaci mají nárok vlastníci a stavebníci rodinných domů, vlastníci řadově uspořádaných bytových jednotek (řadové domy) a příspěvkové organizace zřízené samosprávnými celky.

Na realizaci zelené střechy lze získat dotaci ve výši 700-1000 Kč/m<sup>2</sup> plochy vegetačního pokryvu. Maximální výše podpory je však 100 000 Kč.

#### Pro bytové domy:

Podpora na stavbu zelené střechy je stejná jako v případě rodinných domů tedy 700-1000 Kč/m<sup>2</sup>. Celkově lze však dosáhnout dotace až ve výši 300 000 Kč na jednu stavbu.

Pro získání dotace jsou oprávněni vlastníci a stavebníci bytových domů, společenství vlastníků bytových jednotek nebo příspěvkové organizace zřízené samosprávnými celky. [50]



## OPŽP 2021-2027

Operační program životního prostředí bude stejně jako v minulých letech základním zdrojem podpory pro financování projektů v oblasti životního prostředí. Řídicím orgánem programu je ministerstvo životního prostředí. Za příjem a hodnocení žádostí odpovídá státní fond životního prostředí. Zdrojem prostředků je Evropský fond pro regionální rozvoj a Fond soudržnosti. Zdroje jsou alokovány celkem do sedmi oblastí podpor. [48]



Obrázek 3.1 Oblasti podpor OPŽP 2021-2027 [48]

V současnosti je v rámci programu vypsáno již několik prvních výzev podporující hospodaření s dešťovými vodami.

### 19. Výzva – Srážkové vody a opatření proti povodním

Výzva se zaměřuje na projekty realizace přírodně blízkých protipovodňových opatření a také na podporu budování vsakovacích a retenčních zařízení včetně podpory dalším opatřením, které přispívají k efektivnímu nakládání se srážkovými vodami.

Podání žádosti: 14.9.2022-31.10.2023

Alokace: 2 500 000 000 Kč [24]

## ***IROP 2021-2027 (INTEGROVANÝ REGIONÁLNÍ OPERAČNÍ PROGRAM)***

IROP je operační program, přes který se rozdělují dotace v České republice z evropského fondu pro regionální rozvoj. IROP spravuje ministerstvo pro místní rozvoj. To vyhlašuje výzvy k předkládání projektů, stanovuje podmínky získání dotace a poskytuje dotace. IROP podporuje celkem 10 oblastí, pro které uvolňuje dotace. Jednou z oblastí je i zelená infrastruktura měst, pro kterou je vyčleněno celkem 13,8 mld. Kč. Při hodnocení projektů se bude dbát důraz na environmentální aspekt projektu a jeho přínos v boji s klimatickou změnou a také na hospodaření s dešťovou vodou v řešeném území. [49]

Konkrétní výzvy budou vyhlášeny 7.2.2023

## 4 MOŽNOSTI HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

Hospodaření s dešťovou vodou zahrnuje široké množství různých technologií. Dochází i ke kombinaci jednotlivých technologií či prvků HDV, aby bylo dosaženo požadovaného efektu. Výsledkem je pak individuální řešení přizpůsobené místním podmínkám. Často jsou součástí správného hospodaření s dešťovou vodou zelené plochy, které mimo jiné přispívají ke kvalitě života ve městě. [15]

### 4.1 ZNOVUVYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Dešťová voda může v řadě případů nahradit vodu pitnou. Často je srážková voda schopna nahradit až 50 % pitné vody. Jedná se tedy o výhodný způsob pro majitele budovy k úspoře peněz. V principu je dešťová voda zachycena, předčištěna a shromažďována v akumulární nádrži odkud je následně použita pro různé účely. To mohou být například zavlažování, splachování, praní prádla a mytí aut. V zemích s nedostatkem pitné vody se dokonce používá i na osobní hygienu. Využití se liší podle druhu budovy či potřeb investora. Někde může být voda využita převážně na závlahy a jinde zase na splachování. Systémy akumulace a využívání srážkové vody mimo jiné slouží i také ke zpomalení odtoku kulminačních průtoků. Za akumulární nádrži bývá zpravidla umístěn další prvek HDV jako vsakovací zařízení, retenční nádrž nebo jiné. [30] [32] [31]

Způsob využívání dešťové vody ovlivňuje systém akumulace a úpravy vody. Dle TNV 75 9011 se dělí na:

- Systémy pro využívání srážkové vody na závlahy se sníženými nároky na jakost srážkové vody.
- Systémy pro využívání srážkové vody pro další činnosti (splachování, praní) se zvýšenými nároky na jakost srážkové vody. [30]

#### 4.1.1 Využití na závlahy

Dešťová voda na závlahy se využívá často v kombinaci s jiným zdrojem vody (studna, vodovod). Důvodem nemusí být pouze kvalita, ale také hrozící nedostatek srážkové vody v letních měsících. Potřebný objem vody pro závlahy by tudíž v akumulární nádrži nemusel být naplněn. Na závlahu rostlin má dešťová voda výhodu oproti jiným zdrojům vody, že její teplota je vyšší. Součástí systému bývá i předčištění vody. Pro minimalizaci vnosu znečištění je výhodné používat srážkové vody odtékající ze střech. [30] [28]

#### 4.1.2 Využití v domácnostech

Využití dešťové vody v domě je poměrně složité, jelikož je potřeba vybudovat nové rozvody a oddělit tak rozvody dešťové vody od rozvodů pitné vody. Zároveň musí být možnost nahradit vodu dešťovou vodou pitnou. Proto se k instalaci systémů využívání dešťových vod v objektech přistupuje většinou při rozsáhlých rekonstrukcích nebo výstavbě nového objektu. V jiných případech by se nemuselo jednat o návratnou investici. [37]

## ***Praní prádla***

Dešťová voda je k praní prádla velmi vhodná. Je to dáno tím, že je měkká a vyžaduje tedy méně pracího prášku, který se v ní snadněji rozpustí a následně lépe uvolňuje nečistoty z prádla. U měkké vody také nebývá problém s vodním kamenem. Výzkumy odhalily skutečnost, že dešťová voda nijak neohrožuje kvalitu praní, co se týče výskytu možných bakterií. Ve srovnání s pitnou vodou vykazuje téměř totožné výsledky, jelikož počet bakterií, které se do vody dostanou prostřednictvím špinavého prádla je několikanásobně vyšší než se vyskytuje v dešťové či pitné vodě. [35] [34]

## ***Splachování WC***

Pro splachování vody se denně spotřebuje 30-40 % celkové denní spotřeby pitné vody. Požadavky na kvalitu dešťové vody pro splachování jsou minimální a při využívání nehrozí žádné riziko infekce. Jediným potencionálním zdrojem možných zárodků nemocí je ptačí trus. Tyto zárodky ovšem potřebují ke svému rozvoji teplo a dostatek živin. Protože tyto životní podmínky se v nádržích na dešťovou vodu nenachází, bakterie pak sami odumírají. [35] [36]

### **4.1.3 Předčištění srážkových vod**

Způsob předčištění vody se stanovuje individuálně v závislosti na zdroji vody a charakteru znečištění. Dále se od této skutečnosti odvíjí celkový systém závlah. Podrobně se návrhu systému budu věnovat v praktické části diplomové práce. Při čištění srážkových vod se převážně používají dva způsoby, a to filtrace a sedimentace. V případě použití dešťové vody k závlaze či mytí aut bude potřeba spíše jednodušších opatření. U použití vody k praní již bude potřeba kvalitnější filtrace. Požadavky na kvalitu čištění a způsoby čištění jsou také různé v případě zasakování či vypouštění do vod povrchových. [17] [30]

Čištění sedimentací probíhá přímo v akumulární nádrži nebo v předsazené usazovací nádrži. Co se týče filtrace můžeme se setkat s externími filtry, což jsou filtry osazené zpravidla mezi okapem a jímkou. Příkladem může být okapový filtr, filtrační podokapový hrnec nebo filtrační šachta. Dalším způsobem je interní filtrace, která je součástí akumulární nádrže. [33]



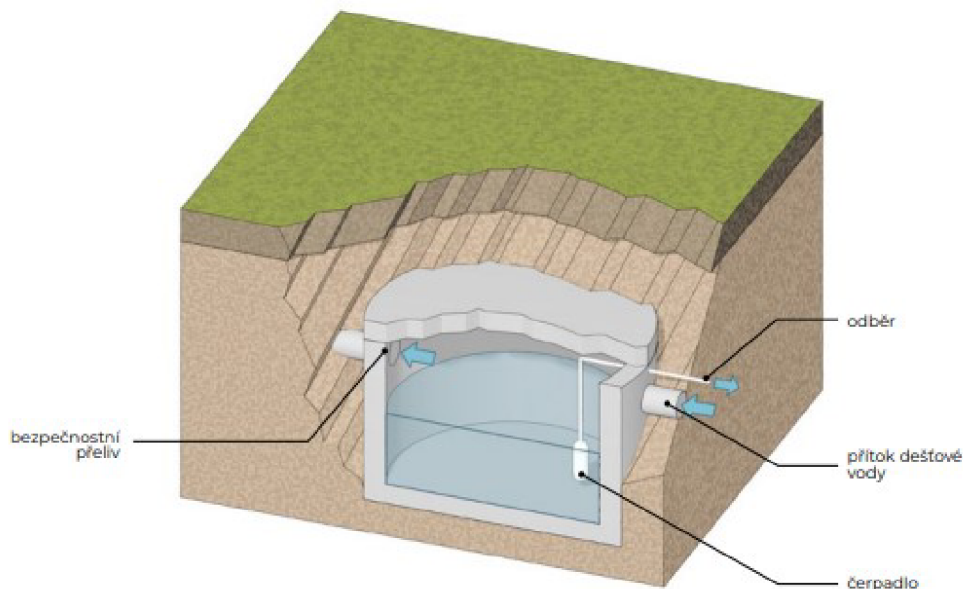
**Obrázek 4.1 Podokapový filtr [51]**



Obrázek 4.2 Filtrační šachta [52]

#### 4.1.4 Akumulace dešťové vody

Dešťovou vodu, kterou chceme následně využít je potřeba shromažďovat (akumulovat) v akumulční nádrži. Další možností je vodu odebírat akumulovat v retenční nádrži, kde je vytvořen pro akumulaci bezodtoký prostor. Velikost nádrže se volí dle velikosti odvodňované plochy a předpokládané spotřeby dešťové vody. Od velikosti a umístění se odvíjí materiál nádrže. Na trhu jsou k dostání nádrže betonové, plastové, sklolaminátové i ocelové. Akumulační nádrž je vybavena přítokem, bezpečnostním přelivem, čerpadlem a odběrným potrubím. Mimořádně lze zařadit i jemný filtr nebo UV filtr. [17][38]



Obrázek 4.3 Akumulační nádrž [38]

## 4.2 VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD

### 4.2.1 Štěrkové a mlatové plochy

Jedná se o plochy, které vsakují srážkovou vodu přímo v místě dopadu. Jsou nestmelené a tak tvoří propustný povrch a snižují povrchový odtok. Využití najdou jako plochy pro pěší komunikace např. v městských parcích, historických zahradách a v příměstské krajině. Dále mohou být použity jako povrch komunikace u nízko frekventovaných a málo zatěžovaných cest. Mohou být také použity pro parkoviště. [38]

Svrchní vrstvu štěrkového povrchu tvoří různé frakce drceného kameniva. Zpravidla se používají menší frakce pro chodce a větší pro auta. Jednotlivé vrstvy je nutno projektovat s ohledem na mechanické zatížení a vlastnosti zemní pláně. Při návrhu je třeba se vyvarovat nejmenších a prachových frakcí z důvodu zachování propustnosti povrchu.

Mlat je ukládán na podkladní vrstvy z kameniva. Finální vrstvu mlatu tvoří 40 mm hlinitopísčité lomové prosívky frakce 0/4. Materiál se hutní průběžně během užívání.

Mechanicky zpevněné kamenivo se v praxi také běžně označuje jako mlat. Rozdíl je, že v případě mechanicky zpevněného kameniva se jedná o pečlivě promíchanou směs několika frakcí kameniva a při pokládce se hutní do jedné vrstvy o mocnosti 100-150 mm. Směs frakcí tvoří kompaktní a odolný povrch.

Nezpevněné plochy jsou ohroženy vodní erozí, proto se doporučuje jejich použití pro roviny a svahy do 5 %. Zároveň není vhodné k nim navádět vodu z jiných ploch. [38]



Obrázek 4.4 Mlatová plocha (vlevo) [53] Štěrková plocha (vpravo) [54]

### 4.2.2 Propustné dlažby

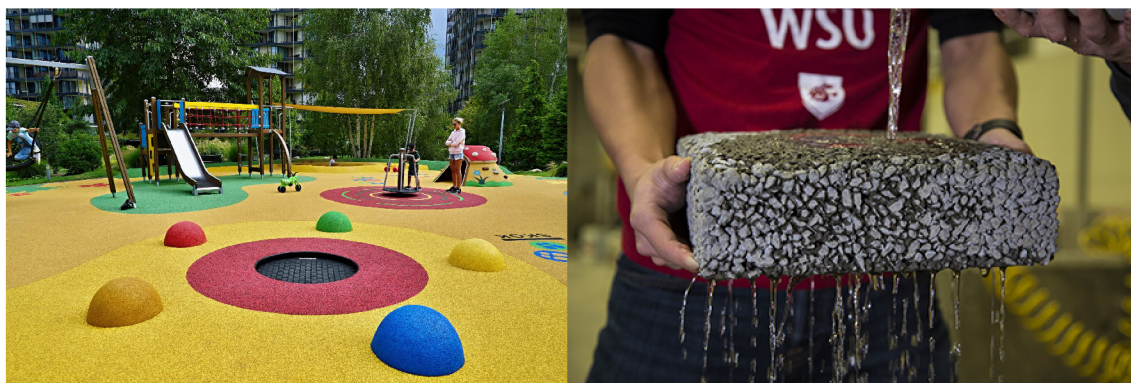
V některých případech mohou zpevněné plochy přispět ke snížení povrchového odtoku a tím pádem i zatížení stokového systému. Dlážděné povrchy mají sami o sobě schopnost vsakovat část dešťové vody jsou-li uloženy na propustných vrstvách. Vsakovací schopnosti dlažby se dají zvýšit ponecháním širších spár mezi dlaždicemi. Výplň spár může být tvořena štěrkem nebo zatravněna. Ideální využití propustných dlaždic se nabízí na parkovacích stáních. [38]



Obrázek 4.5 Propustná dlažba

### 4.2.3 Lité povrchy

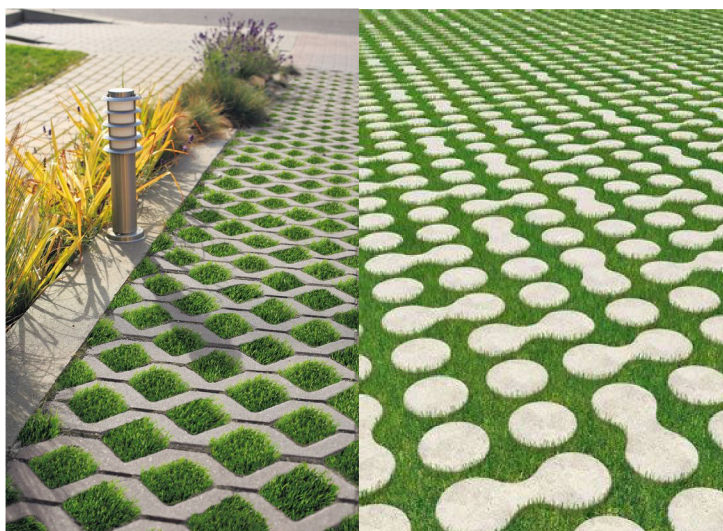
Existují také lité povrchy propouštějící vodu, které se v poslední době neustále vyvíjí. Nabízí se zde prostor pro využití recyklovaných materiálů např. sklo, štěrk, guma. Z recyklované gumy se vytváří povrch EPDM, se kterým se často setkáme na hřištích. Nově se můžeme setkat i s vodopropustným betonem, který dokáže infiltrovat až 95 % z celkového objemu srážky. V ČR je jeho výroba v prvopočátcích. [38] [39]



Obrázek 4.6 Povrch EPDM (vlevo) [55] Vodopropustná beton (vpravo) [56]

### 4.2.4 Zatravnňovací tvárnice

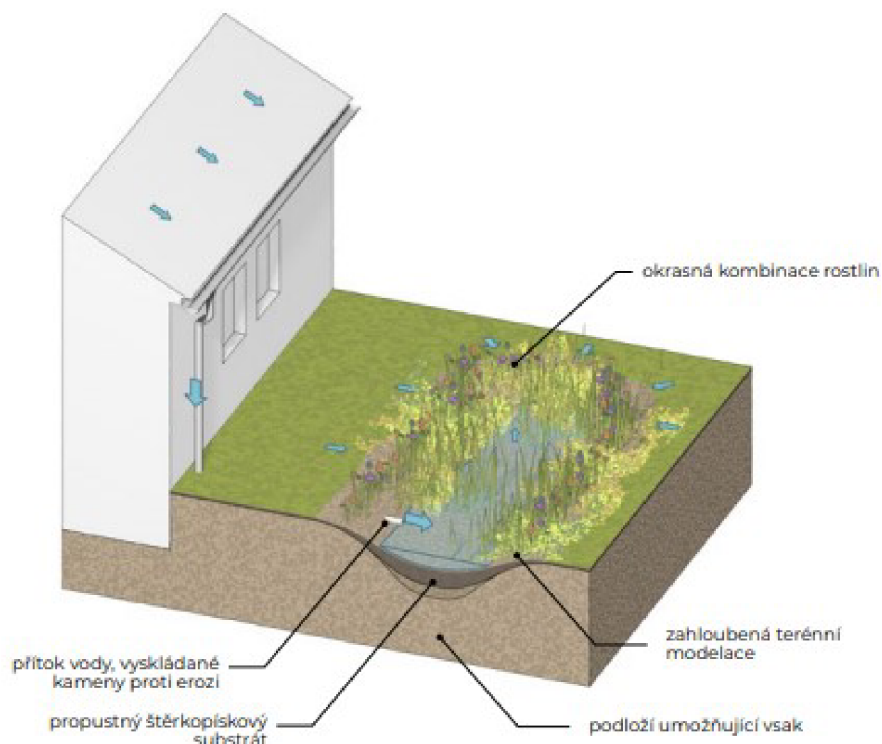
Plní funkci propustnosti díky zatravnění a zároveň zpevnění povrchu. Mimo to slouží jako opatření pro zlepšení mikroklimatu, vegetace také zvyšuje míru předčištění vsakované vody. Tvárnice jsou vyrobeny z plastu nebo betonu a existuje široké spektrum různých tvarů a barevných provedení. Využití najdou u méně využívaných parkovacích ploch nebo příjezdové cesty ke garáži. [17] [38]



**Obrázek 4.7 Zatravněovací tvárnice**

#### **4.2.5 Dešťový záhon**

Většinou je to jednoduchý malý objekt, který je tvořen kvetoucím záhonem, ke kterému je svedena dešťová voda z okolních zpevněných ploch nebo střech. Záhon by měl vodu zadržovat, filtrovat a vsakovat. Přináší městům nezanedbatelný estetický a ekologický benefit. V TNV 75 9011 o dešťovém záhonu není zmínka, ovšem lze jej přirovnat k vsakovacímu průlehu nebo vsakovací rýze. Dešťový záhon může být zhotoven do různých pravidelných i nepravidelných tvarů a je osázen kvetoucím trvalkovým záhonem a případně keři. Dešťová voda se v záhonu vsakuje a zároveň slouží jako zálivka pro květiny. Provedení záhonu závisí i na schopnosti podloží vsakovat vodu. Zlepšení vsakovacích schopností lze provést pomocí vsakovací rýhy. Lze provést i řešení s regulovaným odtokem, které se provádí v přítomnosti nepropustného podloží. [38]



Obrázek 4.8 Dešťový záhon [38]

#### 4.2.6 Vsakovací průleh

Vsakovací průleh umožňuje krátkodobé zadržení vody pomocí mělkého zahloubení terénu do tvaru misky. Povrch je tvořen zatravněnou humusovitou vrstvou. Používá se v případech, kdy není dostatečně velká plocha k provedení plošného vsakování. Ideální sklon svahů průlehu se navrhuje v poměru 1:3. Vzhledem ke stabilitě lze v krajním případě použít maximální sklon 1:2. Existuje i varianta s kolmými betonovými stěnami pro úsporu prostoru. Průleh je liniový prvek, který své uplatnění najde především v ulicích a při odvodnění zpevněných ploch parkovišť. Přívod vody se doporučuje navrhovat jako rovnoměrný po délce průlehu. Při realizaci ve sklonu je průleh rozdělen pomocí zemních hrázek. Povrch průlehu může tvořit trávník nebo trvalkový záhon.[30] [38]

Varianty řešení průlehu se mimo jiných okolností odvíjí hlavně od vsakovací schopnosti podloží.

##### *Vsakovací průleh*

Ideální, nejjednodušší a nejlevnější varianta, která spočívá pouze ve vytvarování průlehu a uložení humusové vrstvy. Orientačně lze použít pouze v případě, kdy koeficient vsaku rostlé zeminy  $k_v \geq 5 \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-6}$ . [38]

##### *Vsakovací průleh s retenční rýhou*

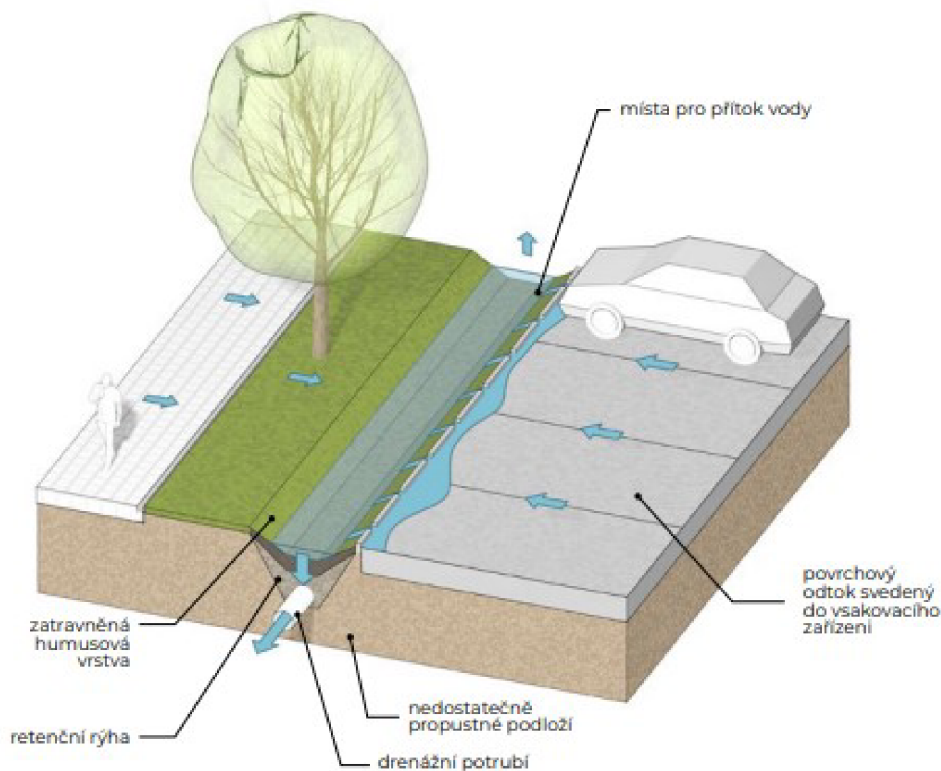
Řešení přichází v úvahu v případě, kdy má půda v místě uložení průlehu horší nebo komplikované vsakovací schopnosti. Obecně se o použití uvažuje při koeficientu vsaku  $k_v < 5 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Pomocí rýhy vyplněné štěrkem nebo prefabrikovaným plastovým retenčním boxem je zvýšena propustnost podloží. Propustná rýha může v některých případech také vodu převádět přes nepropustné podloží do propustného podloží. V rýze je uloženo retenční



potrubí, které je zakončeno v revizní šachtě s bezpečnostním přelivem. Drenážním potrubím odtéká voda pouze při úplném naplnění rýhy vodou. [38]

### ***Vsakovací průleh s retenční rýhou a regulovaným odtokem***

V případě horninového nebo půdního nepropustného podloží kde ( $k_v < 1 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) je průleh řešen s regulovaným odtokem. Pomocí rýhy je vytvořen retenční prostor, ve kterém se nepředpokládá, že se voda bude zasakovat, ale regulovaným odtokem odtéká do vod povrchových či kanalizace. V rýze je opět osazeno drenážní potrubí, které odvádí vodu do revizní šachty, kde je osazen regulátor odtoku, jenž řídí odtékání vody na základě předem zvoleného průtoku. Proveden může být buď jako clona nebo vírový ventil. [38]



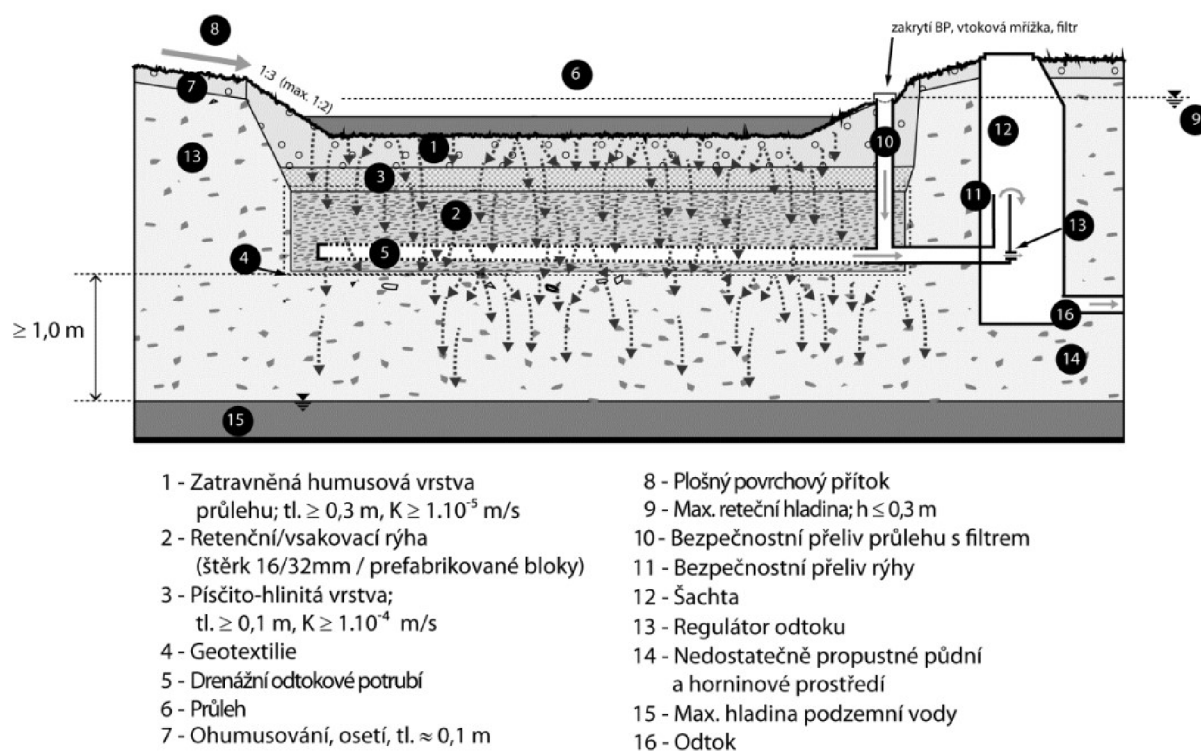
**Obrázek 4.9 Vsakovací průleh [38]**

## 4.2.7 Vsakovací retenční rýha

Stejně jako u průlehu se jedná o liniový prvek, do kterého je sváděna voda ze zpevněných ploch. Rýha může být vyplněna plastovými bloky nebo štěrkem, který plní retenční funkci a následně zasakuje vodu do propustného podloží. Používá se materiál frakce 16/32 mm, na kterém je uložena geotextilie plnící funkci přechodového filtru, aby nedocházelo k zanášení štěrku menšími částicemi nebo materiálem nižší frakce. Při kombinaci se zatravněným průlehem zajistíme předčištění srážkové vody. [17][38]

Dle druhu přítoku je můžeme rozdělit na vsakovací retenční rýhu s povrchovým přítokem a vsakovací retenční rýhu s podpovrchovým přítokem. V případě podpovrchového přívodu je voda rozvedena po délce rýhy drenážním potrubím. Přivedenou vodu je třeba předčistit, proto se navrhuje kalová jímka či obdobné zařízení. [38]

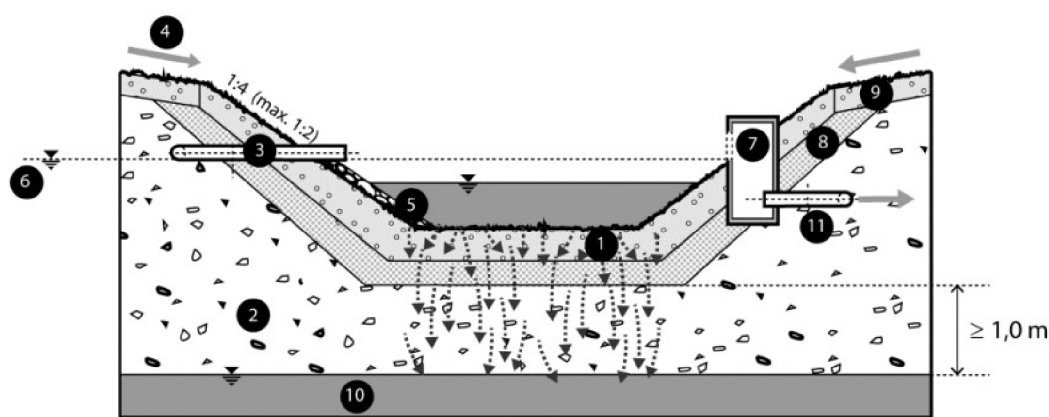
V závislosti na schopnosti infiltrace podloží řešení vsakovací rýhy může různě modifikovat např. přidáním revizní šachty s regulovaným odtokem a bezpečnostním přelivem. Také je potřeba zajistit odzdušnění rýhy z hlediska správného plnění. [17][38]



Obrázek 4.10 Vsakovací rýha s regulovaným odtokem [30]

## 4.2.8 Vsakovací retenční nádrž

Jde o zařízení, které najde své uplatnění u odvodnění rozlehlých zpevněných ploch, jelikož zajišťuje velký retenční objem. Dno a svahy nádrže bývají zatravněné, a tak poskytují předčištění srážkové vody před samotným vsakem. Nádrž vytváří vodní hladinu pouze dočasně, a to zejména po dešti. Je samozřejmé, že v místě nádrže musí být vhodné podmínky pro vsakování ( $k_v \geq 5 \times 10^{-6}$ ). Hloubka nádrže se pohybuje v rozmezí 0,3-2 m. Sklony svahů jsou v ideálním případě 1:4, ale v krajním případě mohou být i 1:2. V případě soustředěného trubního přítoku je vhodné v jeho místě nádrž opevnit. V důsledku přítoku vod z rozsáhlých ploch s různým typem znečištění může časem dojít ke kolmataci a tím pádem dojde ke snížení vsakovacích schopností povrchu. Proto se v případě bodového zaústění umísťuje na přívod kalová jámka nebo je zajištěno předčištění přímo u zdroje zatravněným průlehem. Pochopitelně musí být součástí objektu i bezpečnostní přeliv. Objekt bezpečnostního přelivu může být také vylepšen o sružený objekt regulující odtok. [30]

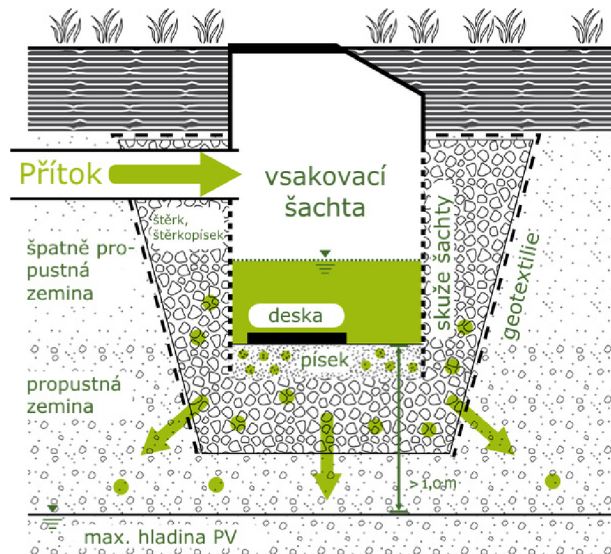


- |   |  |
|---|--|
| 1 - Zatravněná humusová vrstva vsakovací nádrže; tl. $\geq 0,3$ m, $K \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s | 6 - Max. retenční hladina; h = 0,3 - 2,0 m                 |
| 2 - Propustné půdní a horninové prostředí   | 7 - Bezpečnostní přeliv (příp. v kombinaci s reg. odtokem) |
| 3 - Soustředěný podpovrchový přítok, event. od předřazeného předčištění                         | 8 - Písčito-hlinitá zemina, $K \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s   |
| 4 - Plošný povrchový přítok   | 9 - Ohumusování, osetí, tl. $\approx 0,1$ m                |
| 5 - Kamenný zához, ev. dlažba   | 10 - Max. hladina podzemní vody                            |
|   | 11 - Odtok   |

Obrázek 4.11 Vsakovací nádrž [30]

## 4.2.9 Vsakovací šachta

Vsakovací šachtu je ideální využít v případě, kdy místní prostorové podmínky neumožňují použití plošných objektů vsakování. Vsakovací šachta má nízké prostorové nároky a slouží k bodovému zasakování. Uplatnění tedy najde v husté zástavbě. Plní pouze funkci zasakování a retence. Šachta je zhotovena z prefabrikovaných betonových nebo plastových skruží. Spodní část konstrukce, která je uložena v propustném podloží je perforovaná a nemá dno. Vsakování tedy probíhá skrz dno i přes otvory ve stěnách skruží. Na dně je nasypána vrstva štěrkopísku 300 mm plnící filtrační funkci, na kterou je uložena geotextilie a další vrstva štěrkopísku. U přítoku je nutno řešit předčištění. Nemusí se řešit pouze u vod odtékajících ze střech. [38]

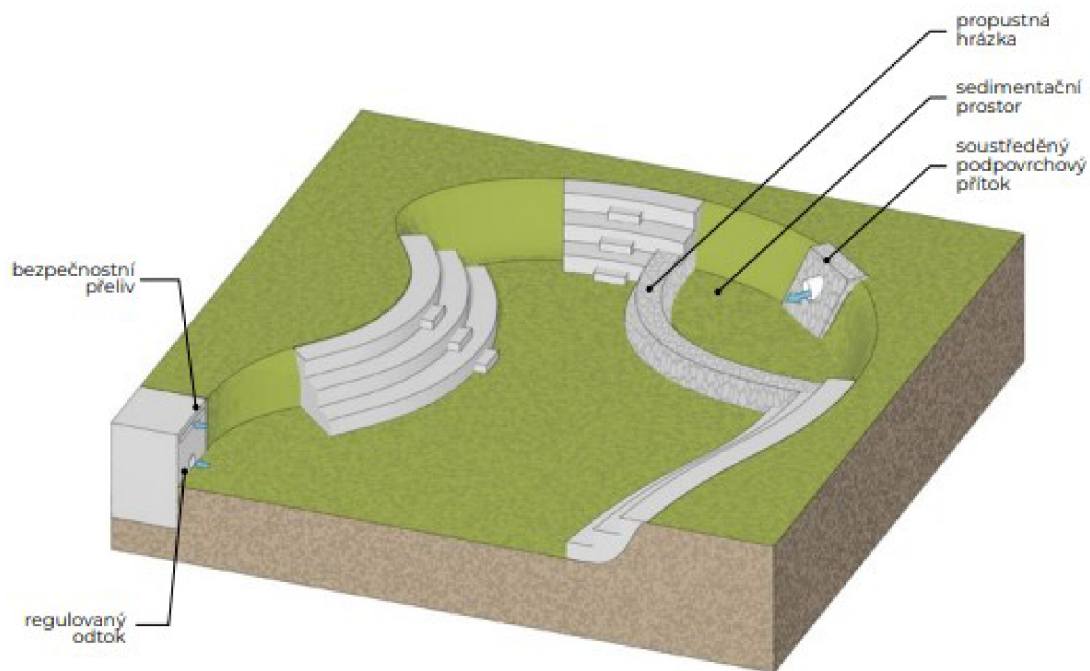


Obrázek 4.12 Vsakovací šachta [84]

## 4.3 RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD

### 4.3.1 Suchá retenční dešťová nádrž

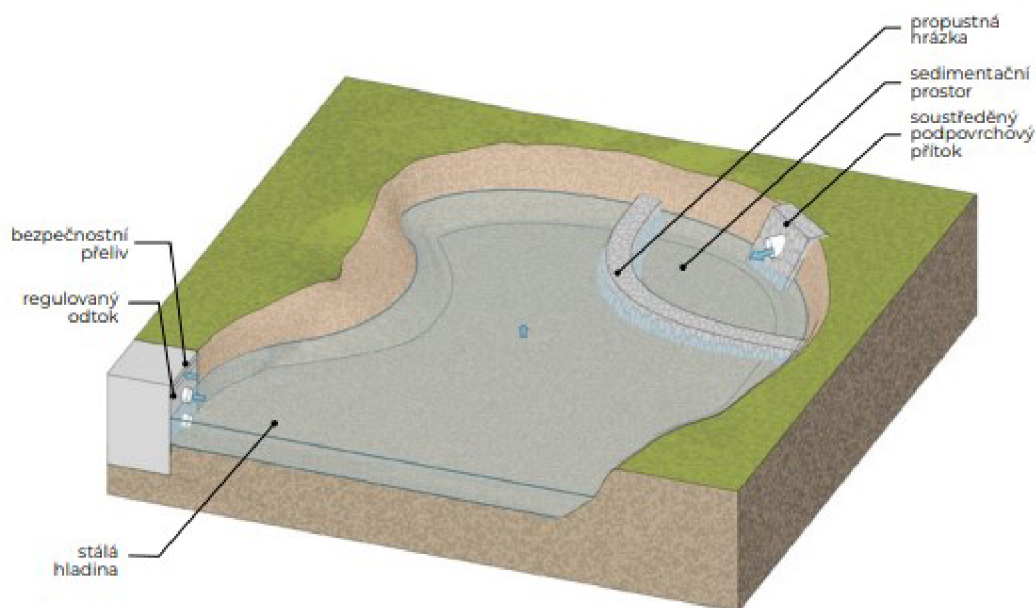
Slouží k zadržení objemu srážky a ke snížení maximálních povodňových průtoků. Po průchodu povodňové vlny se nádrž regulovaným odtokem vypouští. Plní funkci retenční, ale také estetickou a ekologickou. V případě zatravněného povrchu se voda z části i zasakuje, ale oproti vsakovací nádrži je množství vody výrazně nižší. Velká zatravněná či vodní plocha nádrže přispívá ke zlepšení mikroklimatu ve městech. Taktéž podporuje evapotranspiraci. Nádrž lze vnímat i jako architektonický prvek, který mimo svůj účel technické infrastruktury může být využíván jako veřejné prostranství. V bezdeštném období lze používat například jako amfiteátr nebo rekreační plochu. [17][38]



Obrázek 4.13 Suchá retenční dešťová nádrž [38]

### 4.3.2 Retenční dešťová nádrž se stálou hladinou vody

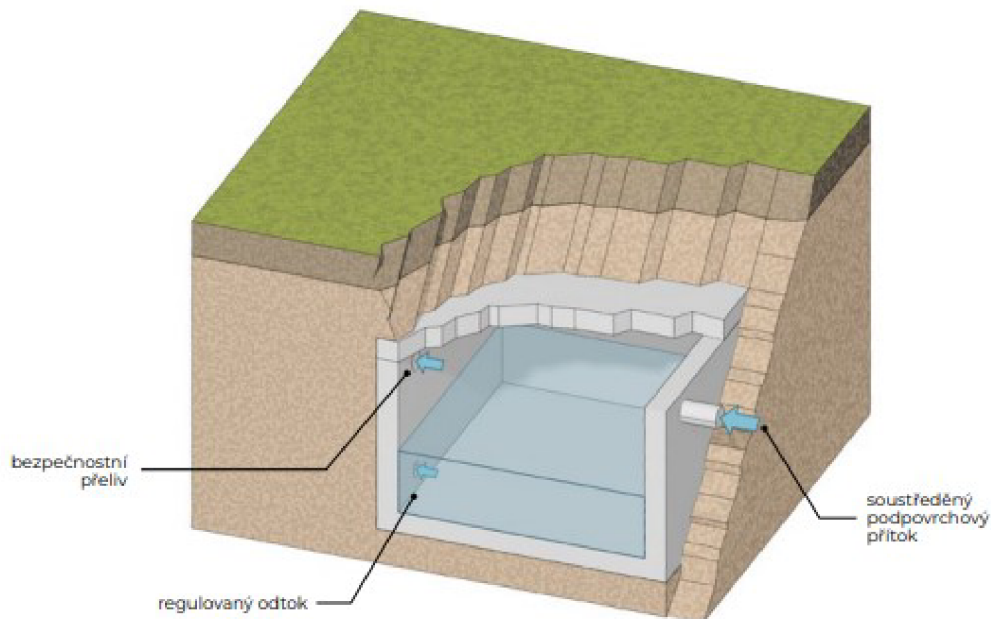
Plní stejný účel jako suchá nádrž. Zachycuje povrchový odtok z okolí a regulovaným odtokem vypouští vodu do recipientu. U tohoto typu nádrže je vytvořen zatopený prostor se stálou hladinou, který plní funkci estetiky, ale také podporuje biodiverzitu v okolí. Kromě pestré vegetace může být osídlen i různými živočichy (ryby, ptáci). Funkční prostor nádrže se skládá z retenčního prostoru a prostoru stálého nadržení. Voda přitékající do nádrže musí být předčištěna. [38]



Obrázek 4.14 Retenční dešťová nádrž se stálou hladinou vody [38]

### 4.3.3 Podzemní retenční dešťová nádrž

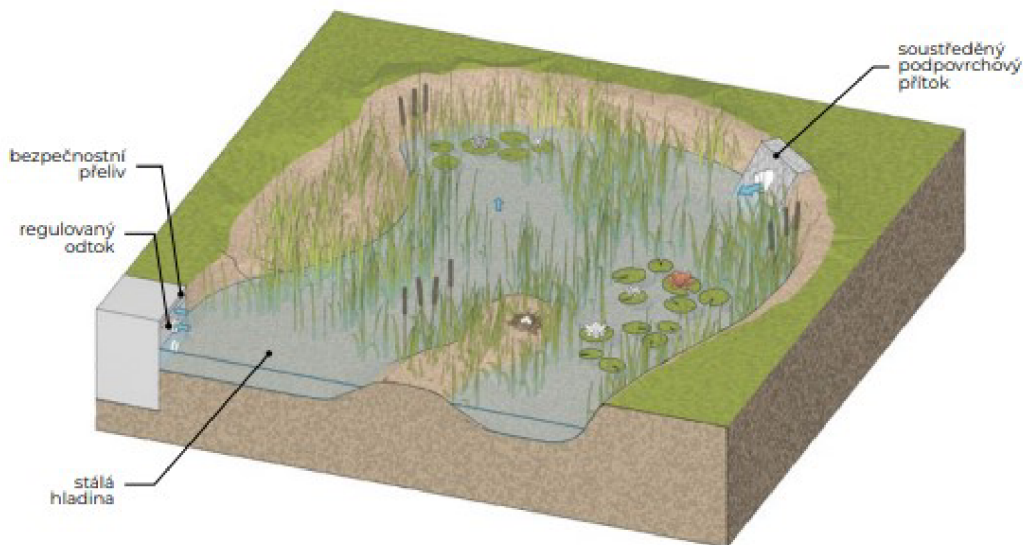
Primárním účelem budování retenčních nádrží je snížení kulminačního průtoku, který by jinak z napojených zpevněných ploch neregulovaně odtékal. Řešení není náročné na prostor a kvůli jeho umístění podzemí nijak neovlivňuje estetiku prostředí, ve kterém je nádrž umístěna. Nádrž je nejčastěji realizována v plastovém či betonovém provedení. Tvarově může být řešena jako kvádr, válec nebo vysokokapacitní potrubí. Při odtoku z čistějších povrchů (střechy) se mohou dešťové vody z nádrže vypouštět do recipientu. V případě napojení znečištěných ploch např. vysoce frekventovaná komunikace je potřeba srážkovou vodu nejdříve předčistit. Nádrž je vhodné konstrukčně oddělit, tak aby docházelo k usazení znečištění pouze u přítoku. Nutností je zajištění přístupu pro údržbu. Součástí nádrže je regulátor odtoku a bezpečnostní přeliv a odvzdušnění. [38]



Obrázek 4.15 Podzemní retenční dešťová nádrž [38]

### 4.3.4 Umělý mokřad

Oproti suché nádrži a nádrži se stálou hladinou není primárním úkolem retence vody a tím pádem transformace povodňové vlny. Ikdýž tuhle funkci z části plní také. Opatření vytváří zajímavý přírodní biotop, který umožňuje výskyt pestré škály živočichů. Díky mokřadním rostlinám vznikají vhodné podmínky pro biologické čištění vody. Vhodné umístění mokřadu je spíše v rozsáhlých krajinných parcích, ale nevylučuje se jeho použití i v prostorách měst. Dno u mokřadu je poměrně členité a je modelováno tak, aby vytvářelo hluboká a mělká místa. Vznikají zóny vhodné jak pro plovoucí nebo ponořenou vegetaci, tak pro vegetaci bahenní. [38]



Obrázek 4.16 Umělý mokřad [38]

## 4.4 ZELENÉ STŘECHY, STĚNY A FASÁDY

Rychlý růst lidské populace a rozvoj měst, přeměnil přírodní prostředí na oblasti s velkým množstvím technické infrastruktury. Produkce tepla z automobilů a průmyslu spojeným s akumulací tepla na střechách budov a jiných zpevněných plochách je důsledkem mnoha problémů. Společně tyto problémy vytváří environmentální, hospodářské a sociální výzvy a vyžadují nové způsoby myšlení, aby naše města byla nyní i v budoucnu lepší pro život. Zelené střechy, stěny a fasády jsou atraktivním způsobem, jak zahrnout modrozelenou infrastrukturu do měst, protože mohou být přidány jak na nové budovy, tak i na stávající budovy a objekty. [40]

### 4.4.1 Benefity zelených střech, stěn a fasád

#### *Snížení odtoku dešťových vod*

Zelené střechy absorbují a zadržují dešťovou vodu a lze ji využít k řízení a redukcí odtokové vody do kanalizace. Odtok je snížen a zpomalen, jelikož voda se ukládá v substrátu a zároveň je z části spotřebována rostlinami, podporuje evapotranspiraci. Substrát filtruje znečišťující látky a částice ve vodě obsažené. Retence vody lze navýšit přidáním drenážní vrstvy do skladby střechy. Maximální množství vody, které může střecha pojmout je závislé na složení a tloušťce vrstvy substrátu, typu vegetace, skladbě střechy a ročním období. [17] [40]

#### *Tepelná a akustická izolace*

Významným benefitem zelených prvků je snížení nákladů budovy na vytápění a chlazení. Zelené stěny a fasády mohou snížit v letních obdobích tepelné zisky přímým zastíněním povrchu budovy. Zelené střechy díky své robustní skladbě snižují prostup tepla

střechou. Budova se tak snadněji vytopí a přes léto vychladí. To způsobuje nižší nároky na výkon klimatizačních a topných zařízení. Zelená střecha dokáže spolehlivě redukovat zvuk, je to dáno velkým množstvím překážek a vrstev, kterými musí zvuk projít skrz a každou překážkou se snižuje jeho vlnění. Velkou roli hraje izolační schopnost substrátu, jehož 12 cm vrstva dokáže pohltit při kolmém dopadu zvuku až 40 dB. V případě 20 cm vrstvy je to 46 dB. [40][41]

### ***Ochlazování prostředí***

Prokazatelný problém tepelného ostrova ve městech je stále diskutovanější téma. Teploty lze snížit zakrytím stavebních materiálů, absorbujících teplo. To lze pochopitelně provést u budov pomocí zelenou střechy a fasády. Evapotranspirace poskytuje chladivé účinky, voda se vypařuje z půdy a také transpiruje z listů rostlin. [40][41]

### ***Lokální zvýšení biodiverzity***

Zelené střechy a stěny vytváří náhradní plochy a životní prostor pro floru a faunu ve městském prostředí. Přitahuje množství menších živočichů a přispívá k vyšší biodiverzitě. Projektování biologické rozmanitosti vyžaduje zohlednit již v rané fázi projektu s ohledem na rostlinné druhy, zdroje potravy, přístupové body a výšku budovy. [40] [41]

### ***Čištění vzduchu***

Zelená řešení mohou přispět k odstranění plyných a škodlivin ze vzduchu, i když jejich účinnost se liší v závislosti na rostlinném druhu. 1 m<sup>2</sup> plochy zelené střechy dokáže ročně zachytit až 0,2 kg prachových částic a 5 kg CO<sub>2</sub>. Kvalitu vzduchu také zvyšuje ochlazování prostředí v letních měsících. [40] [41]

### ***Prodloužení životnosti střechy***

Zelená střecha poskytuje ochranu střešní hydroizolace, která je v běžných podmínkách neustále vystavena přírodním vlivům (déšť, extrémní teploty, UV záření). Prodlužuje životnost hydroizolace až dvojnásobně. Hydroizolace u zelené střechy však musí být odolná vůči prorůstání kořenů. [17][41]

## **4.4.2 Zelené střechy**

Zelené střechy jsou vytvořeny z řady vrstev. Vegetace na zelených střechách se vysazuje do pěstebního substrátu, což je speciálně navržené medium pro náhradu půdy, které se může pohybovat v rozmezí tloušťek od 50 mm až po více než metr. V závislosti na typu střechy a jejím účelu. Skladba souvrství je zvolena dle typu vegetace na ní vysázené, proto by měl být u návrhu a realizace zkušený zahradník. Jsou konstruovány z více důvodů jako využití střechy pro lidské užívání, z architektonických důvodů, k přidání hodnoty nemovitosti nebo k dosažení konkrétních přínosů pro životní prostředí. Zelené střechy jsou oproti ostatním typům střech náročnější na údržbu. Obvykle rozlišujeme zelené střechy na extenzivní a intenzivní. [40][41]



## Extenzivní zelené střechy

Extenzivní střechy jsou typické pro vysokou míru autoregulace, to znamená, že jsou navrženy tak, aby nároky na údržbu byly minimální. Obvykle 1-2 ročně. Tloušťka vrstvy substrátu se pohybuje od minimální tloušťky 6-8 cm do maximální tloušťky přibližně 20 cm. Ideální je výsadba suchomilných rostlin a sukulentů, které dokáží zvládat chvilkové intenzivní zamokření. Konkrétně to mohou být netřesky, rozchodníky nebo některé druhy travin. Z důvodu nižší tloušťky substrátu se extenzivní střechy vyznačují menšími nároky na nosnost střešní konstrukce. Váha střechy se pohybuje v rozmezí 60-300 kg/m<sup>2</sup>. Oproti intenzivnímu provedení jsou i nižší pořizovací náklady. Nevýhodou jsou náletové rostliny, které v důsledku zanedbané údržby mohou vysazenou vegetaci vytlačit. Údržba střechy je nejdůležitější v jejím počátku, kdy vysazená vegetace ještě není zcela rozrostená a potřebuje pravidelnou závlahu. To platí i pro střechy intenzivní. [41][42][43]

## Intenzivní zelené střechy

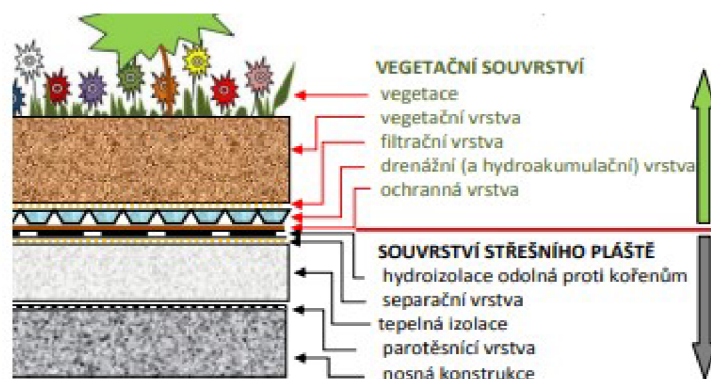
Intenzivní střechy vytvářejí prostor a vhodné podmínky pro růst širšího spektra náročnější vegetace. Na intenzivních střeších je možné vysadit travník, trvalkové záhony, zeleninové záhony, keře a dokonce i stromy. Není vhodná výsadba stromů a rostlin s hluboko kořenícím systémem. Vykazují velmi nízkou míru autoregulace, proto jsou intenzivní střechy náročné na údržbu. V některých případech je vhodné navržení automatického systému závlah. Substrát je tvořen vrstvou hlubší než 20 cm. Nosnost střešní konstrukce proto musí být přizpůsobena váze vyšší než 300 kg/m<sup>2</sup>. Často se můžeme setkat s pojmem *polointenzivní střecha*, která tvoří kombinaci prvků obou střech a hloubka substrátu se pohybuje v rozmezí 15-30 cm. [41][42]

## Skladba zelené střechy

Obecně se skladby zelených střech skládají z vegetačního souvrství a střešního pláště. Podrobněji se pak skládá z jednotlivých funkčních vrstev, přičemž každá z nich plní konkrétní nezbytnou funkci pro bezproblémovou a trvalou existenci zelené střechy. [44]

| Funkční vrstva          | Funkce   |
|-------------------------|--|
| Vegetace                | je souborem rostlin, které tvoří pokryv zelené střechy   |
| Vegetační vrstva        | je základním prostředím pro kořenění a růst rostlin a svým fyzikálním, chemickým a biologickým složením a vlastnostmi je k tomu uzpůsobena |
| Filtrační vrstva        | zabraňuje vyplavování drobných částic z vegetační vrstvy do vrstvy drenážní a trvale chrání drenážní vrstvu před zanesením                 |
| Hydroakumulační vrstva* | akumuluje srážkovou nebo závlahovou vodu pro potřeby rostlin   |
| Drenážní vrstva         | umožňuje dostatečně rychlý a efektivní odtok přebytečné vody k odvodňovacím zařízením  |
| Ochranná vrstva         | trvale chrání hydroizolaci střechy před mechanickým poškozením   |
| Separáčnická vrstva*    | navzájem od sebe odděluje sousední materiály nebo prvky, které by se mohly vzájemně negativně ovlivňovat                                   |
| Kořenovzdorná vrstva**  | ochranná vrstva proti prorůstání kořenů, chrání hydroizolaci střechy před poškozením kořeny rostlin  |

Tab. 4.1 Funkční vrstvy vegetačního souvrství [44]



**Obrázek 4.17 Schéma rozhraní vegetačního souvrství a souvrství střešního pláště [44]**

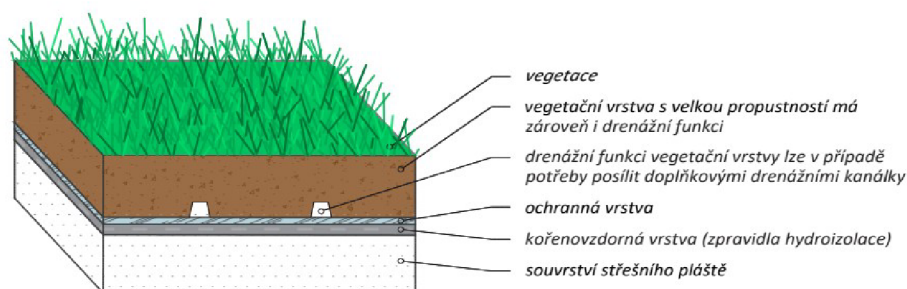
Variant skladeb zelených střech je mnoho a do návrhu vhodného řešení vstupuje hned několik faktorů, na základě kterých se projektant rozhoduje, jakou variaci funkčních vrstev zvolí.

- Způsob využití (trvalý pohyb osob, provoz vozidel)
- Stavebně technické podmínky (nosnost stavební konstrukce, sklon, způsob odvádění srážkových vod)
- Konkrétní podmínky stanoviště (orientace ke světovým stranám, stín)
- Výška objektu a jeho umístění v krajině (viditelnost střechy, namáháním sáním větru) [44]

### *Rozdělení zelených střech dle skladby vegetačního souvrství*

#### **Jednovrstvá skladba**

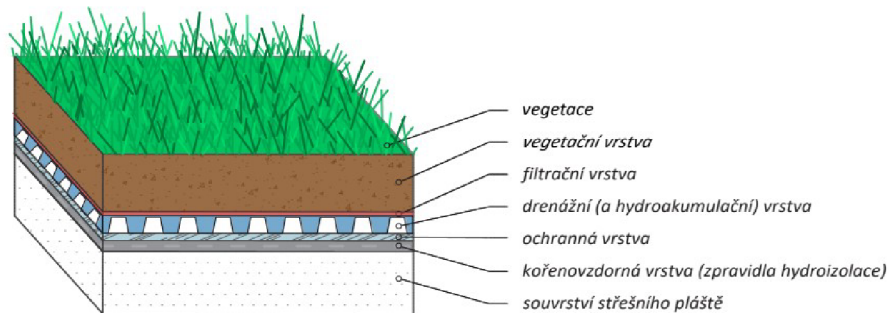
Je vhodná pro šikmé zelené střechy a extenzivní jednoduché střechy s vrstvou substrátu do 100 mm.



**Obrázek 4.18 Jednovrstvá skladba [44]**

### Vícevrstvá skladba s drenážní nopovou folií

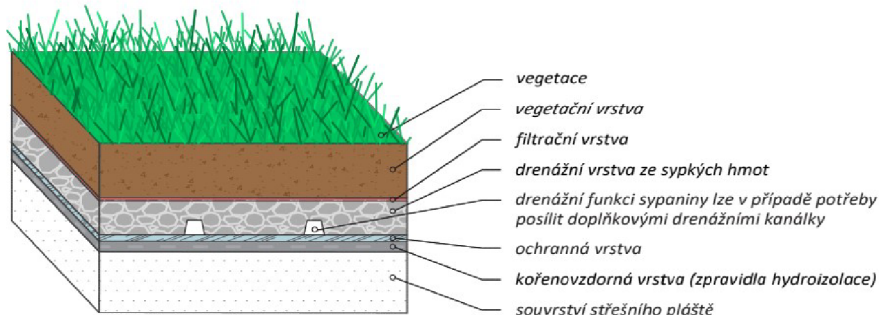
Je vhodná pro extenzivní, polointenzivní a intenzivní střechy



Obrázek 4.19 Vícevrstvá skladba s drenážní nopovou folií [44]

### Vícevrstvá skladba s drenážní sypaninou

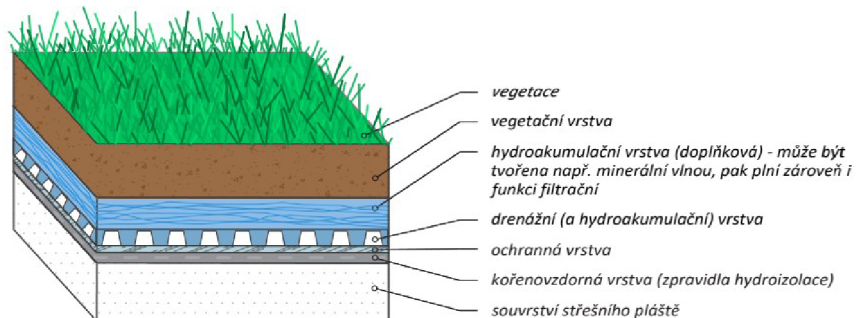
Je vhodná pro extenzivní, polointenzivní a intenzivní střechy



Obrázek 4.20 Vícevrstvá skladba s drenážní sypaninou [44]

### Vícevrstvá skladba se zvýšenou hydroakumulací

Je vhodná pro intenzivní střechy s náročnější vegetací a se zvýšenou potřebou vláhy nebo v oblastech s nízkým úhrnem srážek.



Obrázek 4.21 Vícevrstvá skladba se zvýšenou hydroakumulací [44]

## ***Další rozdělení zelených střech***

Dle funkce:

- Retenční
- Biodiverzní
- Fotovoltaické
- Pěstební

Dle sklonu:

- ploché (do 5°)
- šikmé s mírným sklonem (> 5° - 20°)
- šikmé s velkým sklonem (> 20° - 45°)
- strmé (> 45°)

Dle skladby vegetačního souvrství:

- jednovrstvé
- vícevrstvé

### **4.4.3 Zelené stěny**

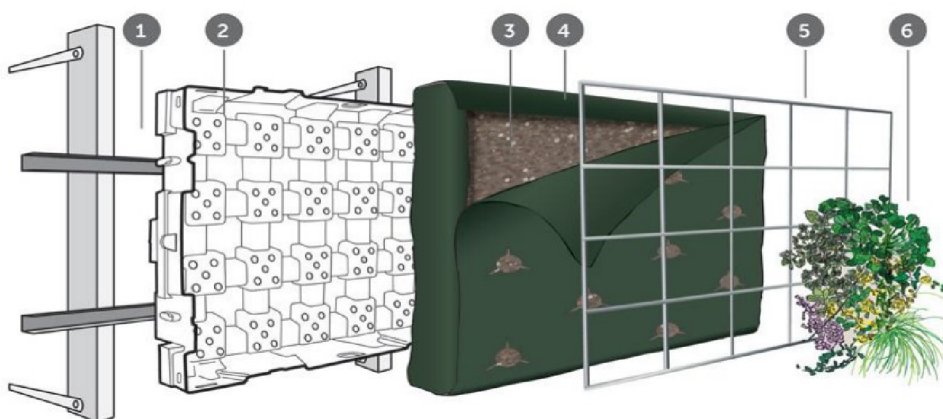
Nabízejí velký potenciál pro jinak nevyužité stěny a fasády ve městech. Jedná se o esteticky a architektonicky výrazný prvek, se kterým jsou spojeny značné benefity viz kap. 4.4.1. Zelená stěna se skládá z rostlin pěstovaných v podpěrném vertikálním systému, který je ukotven k vnější stěně budovy. V některých případech může být i samostatně stojící. Provedení zelené stěny zahrnuje vegetaci, pěstební substrát, zavlažování a odvodnění v jednom systému. Oproti zeleným fasádám mohou zelené stěny využívat jakékoliv druhy rostlin. Jejich výhoda spočívá ve větší účinnosti, větší hustotě a pravidelnosti ozelenění stěny. Systémy lze instalovat na stěny bez ohledu na výšku budovy. Umožňují okamžité pokrytí fasády domu plně vyvinutou vegetací. Pro zelené stěny se také využívá termín živé stěny nebo vertikální zahrady. [45]

#### ***Souvislé živé stěny***

Tento systém spočívá ve vytvoření souvislé plochy po celé stěně. To lze vytvořit pomocí souvislé sítě geotextilní membrány, která nahrazuje substrát. Na dvě vrstvy geotextilií jsou vysázeny rostliny, pro které jsou vytvořeny v geotextilii kapsy. Jedná se o rostliny s nízkou hmotností a malou hloubkou zakořenění. [45]

#### ***Modulové živé stěny***

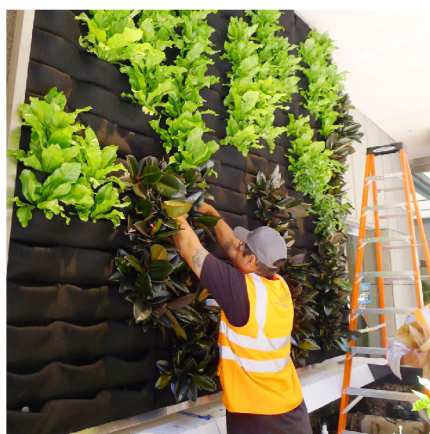
Skládá se z jednotlivých modulů, přičemž každý modul je navržen tak, aby držel substrát pro rostliny a zároveň šel upevnit na nosnou konstrukci. Využívá se různých nádob, květináčů nebo geotextilních prvků. Je běžné, že u těchto systémů se do substrátu vysazují již plně rozvinuté rostliny. Důležitým parametrem, který se zohledňuje při návrhu je váha rostlin a substrátu. Existuje celá řada modulových systémů, které se od sebe odlišují, materiálem, nosnou konstrukcí, výsledným vzhledem vegetace apod. [45]



**Obrázek 4.22 Princip systému boxů LIKO-S, 1 - hliníkový rám, 2 - box, 3 - substrát, 4 - fólie, 5 - nerezová mřížka, 6 - vegetace - [60]**



**Obrázek 4.23 Systém květináčů a truhlíků [47]**



**Obrázek 4.24 Systém flexibilních vaků [61]**

#### 4.4.4 Zelené fasády

Je to označení pro systémy, které využívají pnoucích rostlin. Přirozeně rostoucí zeleň, která je zasazena v substrátu umístěném na povrchu blízko budovy, se pne po obálce budovy nebo po konstrukci k budově připevněné. Výhoda systému je, že jsou méně náročnější na provoz než zelené stěny. Nespotřebovávají žádnou energii. Nespornou nevýhodou je, že po instalaci není pokryta žádná plocha fasády a vegetace pomalu postupně dorůstá. Druhou nevýhodou je, že rostliny dokážou dorůst pouze do určité výšky, proto využití pro vysoké budovy je omezené. Tento problém však lze vyřešit tzv. modulovým systémem zelené fasády. [45]

##### *Zelená fasáda se samopnucími rostlinami*

Princip spočívá v tom, že rostliny jsou v přímém kontaktu s obálkou budovy, kterou využívají jako podpůrnou konstrukci. Některé rostliny jsou schopny se pnout pomocí přičepivých kořínků nebo přichytných destiček po drsném povrchu stěny, který může být z hrubé omítky, kamene nebo cihly. Pnutí rostlin do výšky je jejich přirozená funkce, kterou si zajišťují lepší přístup ke slunečnímu světlu. Příkladem samopnoucích rostlin může být břečťan, přísavník, pnoucí hortenzie nebo trubač. [45][46]



Obrázek 4.25 Tradiční zelená fasáda [59]

##### *Zelená fasáda s nesamopnucími rostlinami s podporou pnutí*

Jedná se o rostliny, které pro svůj růst do výšky potřebují podporu pnutí. Jako opěrnou konstrukci můžeme použít lana, mříže, dráty, moduly nebo jednotlivé konstrukce můžeme kombinovat. Používají se rostliny úponkaté, ovíjivé a vzpěrné. [46]

Rozdělení systémů dle opěrné konstrukce:

- Lanový podpůrný systém
- Mřížový podpůrný systém
- Drátový podpůrný systém
- Modulové systémy



Obrázek 4.26 Mřížový podpůrný systém (vlevo) [62] Modulový systém (vpravo) [63]

## 4.5 POSTUP DIMENZOVÁNÍ VSAKOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Pro návrh vsakovacích zařízení je u nás zavedena norma ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod. Samotný návrh nám ovlivňuje několik faktorů. Je nutné znát velikost plochy, ze které je voda vsakována a druh povrchu plochy, který nám ovlivňuje objem povrchového odtoku. Dále záleží na délce trvání srážky a její vydatnosti v řešené lokalitě. V neposlední řadě závisí na vsakovací schopnosti půdy a mocnosti nepropustných vrstev. [68]

### 4.5.1 Odvodňovaná plocha

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy se stanoví dle vztahu:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \psi_i \quad [m^2]$$

(4.1)

kde

- A      půdorysný průmět odvodňované plochy [m<sup>2</sup>]
- $\psi$     součinitel odtoku srážkových vod dle Tab.
- n      počet odvodňovaných ploch různého druhu

| Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu                                 | Sklon povrchu   |                          |                          |
|--|---|--------------------------|--------------------------|
|  | do 1 %  | 1 % až 5 %               | nad 5 %                  |
|  | Součinitele odtoku srážkových povrchových vod<br>$\psi$ |                          |                          |
| Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)                       | 0,4 až 0,7 <sup>1)</sup>                                | 0,4 až 0,7 <sup>1)</sup> | 0,5 až 0,7 <sup>1)</sup> |
| Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě                              | 0,7 až 0,9 <sup>1)</sup>                                | 0,7 až 0,9 <sup>1)</sup> | 0,8 až 0,9 <sup>1)</sup> |
| Střechy s nepropustnou horní vrstvou   | 1,0   | 1,0                      | 1,0                      |
| Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m <sup>2</sup> | 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 šterkové plochy   | 0,3   | 0,4                      | 0,5                      |
| Neupravené a nezastavěné plochy  | 0,2   | 0,25                     | 0,3                      |
| Komunikace ze zatravnovacích tvárnic   | 0,2   | 0,3                      | 0,4                      |
| Komunikace ze vsakovacích tvárnic  | 0,2   | 0,3                      | 0,4                      |
| Sady, hřiště   | 0,1   | 0,15                     | 0,2                      |
| Zatravněné plochy  | 0,05  | 0,1                      | 0,15                     |

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

Tab. 4.2 Součinitele odtoku srážkových povrchových vod pro vsakovací zařízení [68]

## 4.5.2 Vsakovací plocha

Vsakovací plocha se stanoví pro podzemní prostor s propustnými stěnami:

$$A_{vsak} = L \times b' = L \times \left( \frac{h_{vz}}{2} + b \right) [m] \quad (4.2)$$

kde:

L délka podzemního prostoru [m]

b šířka podzemního prostoru [m]

$h_{vz}$  výška propustných stěn [m]

V případě vsakovacího objektu s nepropustnými stěnami se vsakovací plocha rovná ploše dna objektu. Vztah se může lišit v závislosti na tvaru objektu a u komplikovanějších tvarů se stanoví individuálně. [68]

## 4.5.3 Vsakovaný odtok

Vsakovaný odtok nám definuje jaký průtok je vsakovací zařízení schopno vsáknout po celé své ploše. [68]

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \times k_v \times A_{vsak} [m^3 \times s^{-1}] \quad (4.3)$$



kde

- $A_{vsak}$  vsakovací plocha vsakovacího zařízení [ $m^2$ ]  
 $f$  součinitel bezpečnosti vsaku ( $f \geq 2$ ) [-]  
 $k_v$  koeficient vsaku [m/s]

#### 4.5.4 Retenční objem vsakovacího zařízení

Do vsakovacího zařízení při dešti zpravidla přitéká větší množství vody, než je schopno vsakovat. Z toho důvodu je nutné, aby vsakovací zařízení mělo určitý retenční objem, ve kterém se může voda dočasně nashromáždit. Stanoví se dle vztahu:

$$V_{vz} = \frac{hd}{1000} \times (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \times k_v \times A_{vsak} \times t_c \times 60 [m^3] \quad (4.3)$$

kde

- $h_d$  návrhový úhrn srážky [mm]  
 $A_{red}$  redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [ $m^2$ ]  
 $A_{vsak}$  vsakovací plocha vsakovacího zařízení [ $m^2$ ]  
 $A_{vz}$  plocha hladiny vsakovacího zařízení  
(jen u povrchových vsakovacích zařízení) [ $m^2$ ]  
 $f$  součinitel bezpečnosti vsaku ( $f \geq 2$ ) [-]  
 $k_v$  koeficient vsaku [m/s]  
 $t_c$  doba trvání srážky [mm]

Veškeré objemy vsakovacího zařízení v této práci budou stanoveny jednoduchou metodou, vzhledem k jejich umístění a velikosti odvodňované plochy. Výpočet objemu se provede pro všechny návrhové úhrny srážek s dobou trvání od 5 minut až po 72 hodin. V případech, kdy je odvodňovaná plocha větší než 3 ha a systém odvodňovacích prvků se skládá ze sériově řazených retenčních nebo vsakovacích zařízení, je vhodné použít pro výpočet jejich objemů dlouhodobé nestacionární simulace srážkoodtokového děje s využitím místně platných hydrologických podkladů. [68]

U vsakovacích zařízení vyplněných štěrkem je retenční objem vsakovacího zařízení objemem pórů. Celkový objem vsakovacího zařízení  $W$  se potom stanoví podle vztahu [68]:

$$W = \frac{V_z}{m} [m^3] \quad (4.4)$$

kde

$V_{vz}$  retenční objem vsakovacího zařízení [m<sup>3</sup>]

$m$  pórovitost nebo retenční schopnost vsakovacího zařízení

Pórovitost hrubého písku či štěrku je podle  $m = 0,3$ . U prefabrikovaných bloků určuje retenční schopnost zařízení jejich výrobce.

#### 4.5.5 Doba prázdnění vsakovacího zařízení

Doba prázdnění vsakovacího zařízení by neměla překročit 72 h. [68]

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} \times 3600 [s] \quad (4.5)$$

kde

$T_{pr}$  Doba prázdnění [hod]

$V_{vz}$  retenční objem vsakovacího zařízení [m<sup>3</sup>]

$Q_{vsak}$  vsakovaný odtok [m<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup>]

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části diplomové práce se budu věnovat návrhu řešení nakládání s dešťovými vodami v průmyslovém areálu, nacházející se v místní části Víchov, jehož návrh vytvořil Ing. Arch. Jakub Hubený v rámci jeho diplomové práce. Výhodou je, že celý projekt je teprve v samotném začátku projekční činnosti, a proto se může dosavadní stavební řešení areálu mírně přizpůsobit požadavkům, které hájí zájmy správného nakládání s dešťovou vodou. Ačkoliv musím uznat, že návrh architekta je v tomhle ohledu prozíravý, vyskytuje se zde značný poměr zatravněných ploch a také je na několika objektech navržena zelená střecha. Proto bude můj zásah do návrhu architekta minimální.

Architekt správně uvažuje s akumulací dešťových vod a jejich následného využití pro splachování všech WC v budovách. Proto jsem jeden z návrhů hospodaření s dešťovou vodou přizpůsobil této skutečnosti, kdy část objemu srážkového úhrnu se zadrží v akumulčních nádržích a zbylá část dešťové vody bude odtékat do míst, kde se bude cíleně vsakovat do podloží. Pro porovnání představím i řešení bez využití dešťových vod. Půjde pouze o jednoduché řešení odvodnění areálu s následnou infiltrací dešťových vod ve vsakovacím zařízení. Návrh bude v souladu se současnou legislativou a pravděpodobně bude ekonomicky výhodnější, což může investor ocenit. V závěru uvedu porovnání variant a pokusím se objektivně zhodnotit veškeré výhody a nevýhody obou řešení.

Varianta 1 – Odvodnění areálu bez akumulace dešťových vod

Varianta 2 – Odvodnění areálu s akumulací dešťových vod a jejich využití

Cílem je navrhnout řešení zahrnující ekologické nakládání s dešťovými vodami na daném území. Hlavním úkolem bude odvodnění hal, parkoviště a místní komunikace takovým způsobem, aby docházelo k zasakování vody u zdroje. U varianty 2 dešťová voda ze zpevněných ploch bude v co největší míře využita na splachování záchodů. Návrh musí korespondovat se současnou legislativou, přinášet ekologické benefity a být ekonomicky únosný.

### 5.1 ANALÝZA ÚZEMÍ

#### 5.1.1 Popis zájmového území

Řešená lokalita se nachází v malé vesnici Víchov, která je místní částí města Černošín v Plzeňském kraji. Nachází se přibližně 6 km severozápadně od města Stříbra v nadmořské výšce 500 m.n.m. [65]

Katastrální území: Víchov

Katastrální výměra: 5,8 km<sup>2</sup>

Počet obyvatel: 86 (1.1. 2022)

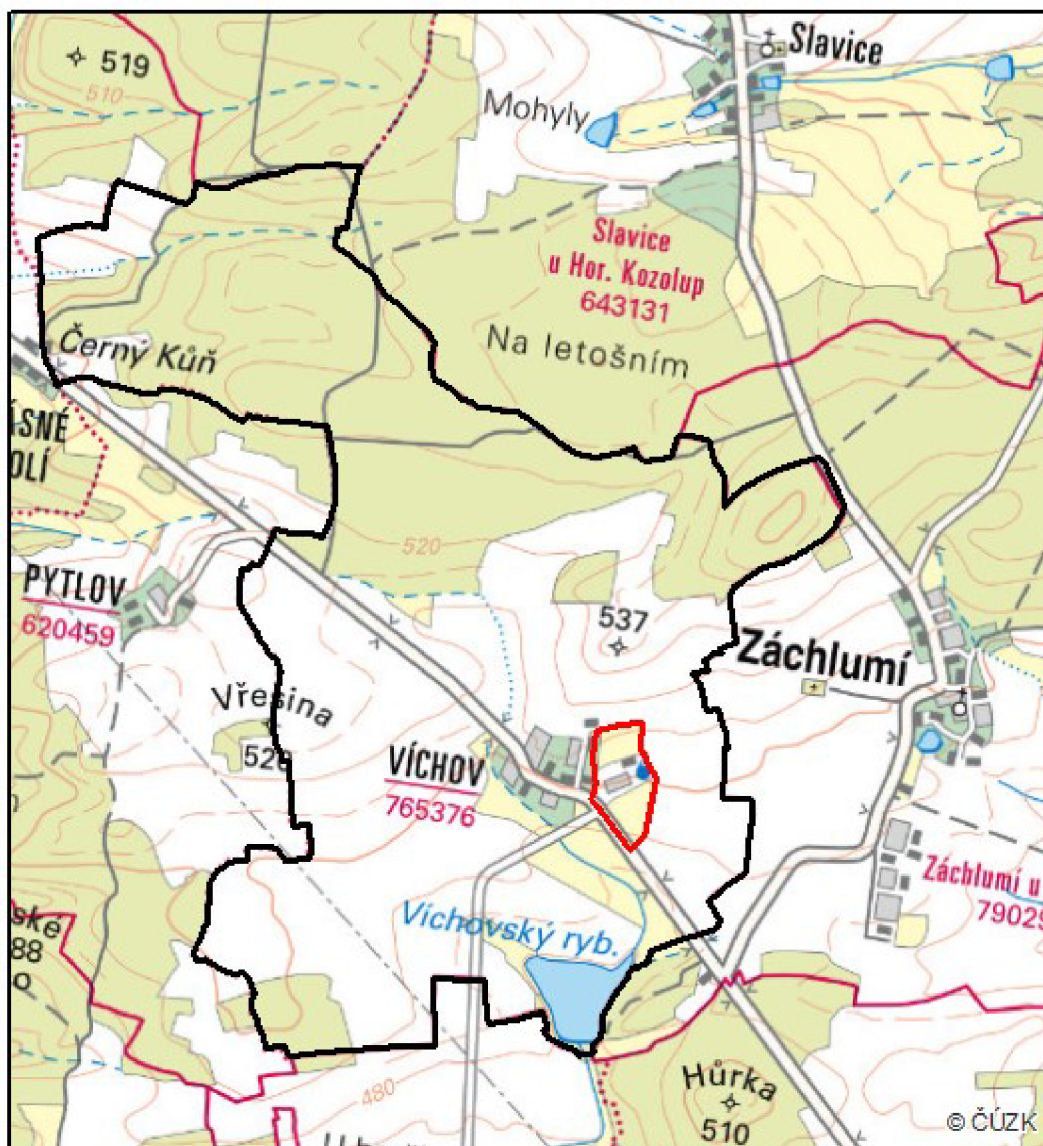
Nadmořská výška: 500 m n.m.

Počet domů: 27

Zeměpisné souřadnice: 49°47'34" s. š., 12°56'46" v. d.

Procházející komunikace: silnice II/230

Kód k. ú.: 765376 [64]



### Legenda

- Hranice řešeného území
- Hranice katastrálního území Víchov

Obrázek 5.1 Mapa zájmového území zdroj: ArcMap

### 5.1.2 Klimatické poměry

Dle klimatické rajonizace (Quitt, 1971) leží zájmové území v oblasti MT7. Ta se vyznačuje krátkým a mírným jarem. Léto je mírné, mírně suché a trvá normální dobu. Podzim je krátký a mírně teplý. Zima je mírně chladná, suchá a normálně dlouhá. [66]

| Klimatická charakteristika oblasti MT7  |          |
|---|----------|
| Počet letních dnů                       | 30-40    |
| Počet dnů s průměrnou teplotou nad 10°C | 140-160  |
| Počet mrazových dnů                     | 110-130  |
| Průměrný počet dnů se srážkami nad 1 mm | 40-50    |
| Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm] | -2 až -3 |
| Počet dnů se sněhovou pokrývkou         | 16-17    |
| Počet dnů zamračených                   | 6-7      |
| Počet dnů jasných                       | 7-8      |

Tab. 5.1 Klimatická rajonizace (Quitt 1971)

### 5.1.3 Návrhový déšť

Hodnoty návrhových úhrnů jsou převzaty z ČSN 75 9010, kde jsou zobrazeny hodnoty úhrnů pro 21 srážkoměrných stanic v ČR. Návrhové úhrny srážek budou stanoveny metodou inverzní vzdálenosti. Vybral jsem 2 nejbližší srážkoměrné stanice, a to Plzeň Doudlevice vzdálenou 31,15 km od řešené lokality a Mariánské lázně, která je ve vzdálenosti 25,25 km. Vzhledem ke splnění podmínek daným normou budou jednotlivé objekty navrženy pro periodicitu  $p=0,2$  rok<sup>-1</sup>.

$$M_{Vichov} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{r_i^k}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i^k}} [mm]$$

(5.1)

kde  $M_i$  značí hodnotu srážkového úhrnu ve známých okolních místech [mm],  $r_i$  je vzdálenost okolních míst od obce Vichov [km] a  $k$  je mocnina vzdálenosti [-] (standartně se uvažuje  $k=2$ ).

| Doba trvání srážky [min] | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Plzeň, Doudlevice        | 10.2  | 15    | 17.6  | 19.2  | 21.4  | 22.8  | 24.9  | 28.6  |
| Mariánské Lázně          | 10.9  | 15.5  | 18.2  | 20.2  | 22.7  | 24.7  | 27.5  | 32    |
| Vichov                   | 10.62 | 15.30 | 17.96 | 19.80 | 22.18 | 23.95 | 26.47 | 30.65 |

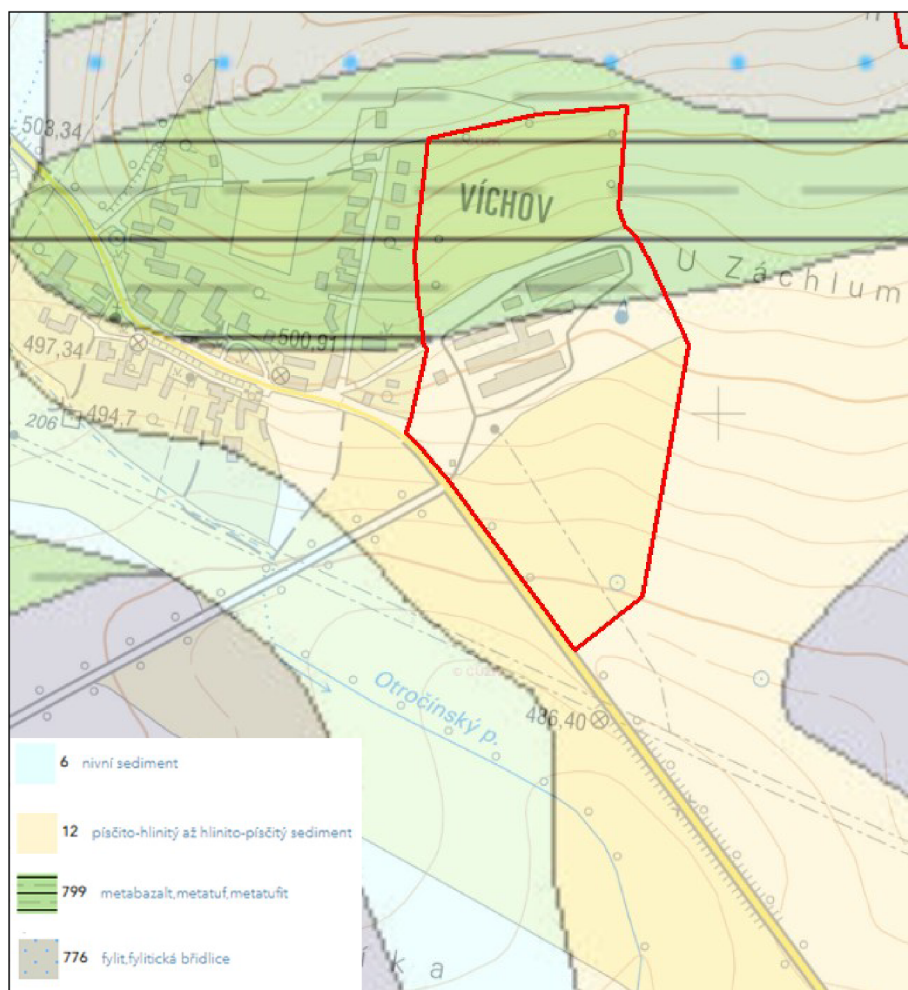
Tab. 5.2 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5-120 minut a periodicitou  $p = 0,2$  rok<sup>-1</sup>

| Doba trvání srážky [min] | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    | 18    | 24    | 48    | 72    |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pízeň, Doudlevice        | 33    | 35.3  | 36.9  | 38.2  | 39    | 41.2  | 42.6  | 53.6  | 60.1  |
| Mariánské Lázně          | 34.9  | 36    | 37.1  | 38.2  | 39.3  | 42.6  | 44.6  | 61.5  | 70.9  |
| Víchov                   | 34.15 | 35.72 | 37.02 | 38.20 | 39.18 | 42.04 | 43.81 | 58.37 | 66.62 |

Tab. 5.3 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4-72 hodin a periodicitou  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$

### 5.1.4 Geologické a hydrogeologické podmínky

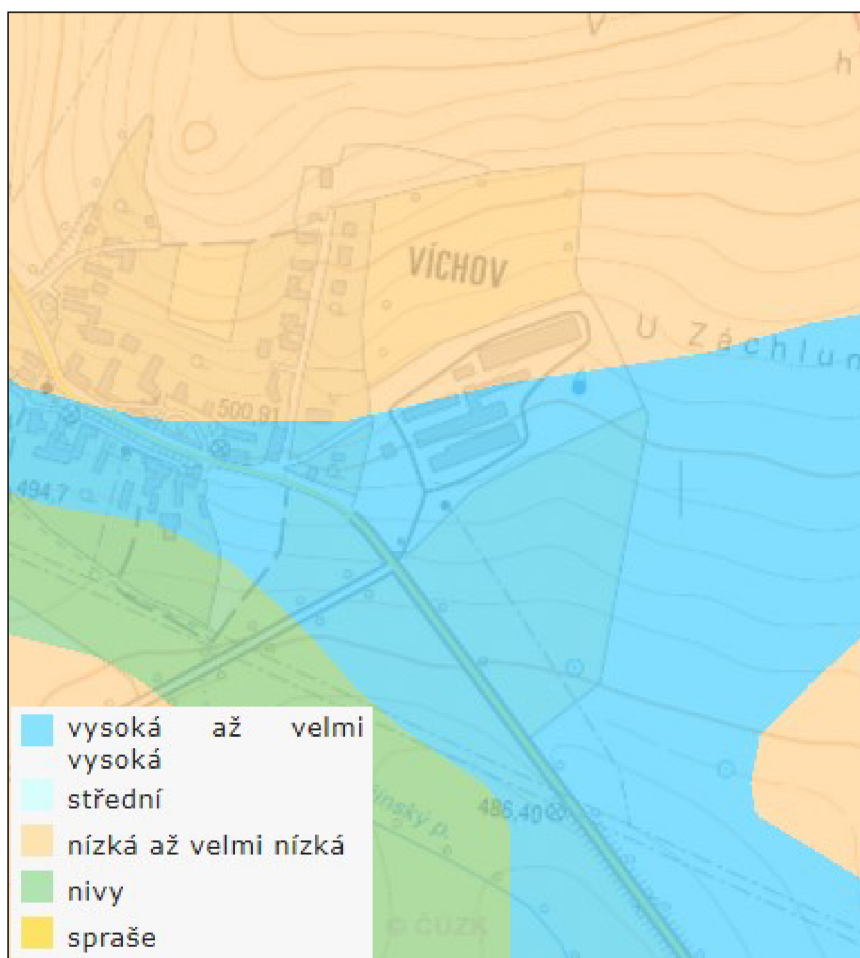
Pro lokalitu je typická vysoká hladina podzemní vody dle informací z nedalekého Pytlova. Kvartérní pokryv je složen z písčito-hlinitého až hlinito-písčitého sedimentu a je charakterizována jako hnědozem. Podloží Víchova vykazuje nízký radonový index. [64]



Obr. 5.1 Mapa geologických poměrů [70]

### 5.1.5 Mapa potenciálního vsaku

Mapa potenciálního vsaku nemůže nahradit provedení hydrogeologického průzkumu pro vsakování dešťových vod. Poskytuje pouze základní informaci pro volbu vhodného opatření pro vsakování srážkových vod. Pro potřeby diplomové práce je mapa dostačující avšak pro podrobnější stupně dokumentace bude potřeba provedení odborného hydrogeologického průzkumu na daném území. [72]



Obr. 5.2 Mapa potenciálního vsaku [71]

| Barevné vyjádření | Kód vsaku                | Plošné přes půdní profil | Plošné přes technické prvky | Vsakovací průleh, nádrž | Retenční nádrže     |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
|                   | 0 bez informací          | není možné posoudit      | není možné posoudit         | není možné posoudit     | není možné posoudit |
|                   | 1 vysoká až velmi vysoká | vhodné                   | vhodné                      | vhodné                  | vhodné              |
|                   | 2 střední                | vhodné                   | vhodné                      | vhodné                  | vhodné              |
|                   | 3 nízká až velmi nízká   | vhodné                   | vhodné                      | vhodné                  | vhodné              |
|                   | 4 sedimenty nivy         | vhodné                   | vhodné                      | vhodné                  | vhodné              |
|                   | 5 spraše                 | vhodné                   | vhodné                      | vhodné                  | vhodné              |

Tab. 5.4 Vhodnost opatření ve vztahu ke kategoriím mapy [72]

| Barvé vyjádření | Kód vsaku                | Vsakovací rýha vyplněná štěrkem | Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky | Vsakovací šachty    | Vsakovací průleh - rýha (rýha tvořená štěrkem nebo zasakovacími bloky) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------------|---|---------------------|--|
|                 | 0 bez informací          | není možné posoudit             | není možné posoudit                       | není možné posoudit | není možné posoudit  |
|                 | 1 vysoká až velmi vysoká | vhodné                          | vhodné                                    | vhodné              | vhodné   |
|                 | 2 střední                | vhodné                          | vhodné                                    | vhodné              | vhodné   |
|                 | 3 nízká až velmi nízká   | podmíněně vhodné                | podmíněně vhodné                          | podmíněně vhodné    | podmíněně vhodné   |
|                 | 4 sedimenty nivy         | nevhodné                        | nevhodné                                  | nevhodné            | nevhodné   |
|                 | 5 spraše                 | nevhodné                        | nevhodné                                  | nevhodné            | nevhodné   |

**Tab. 5.5** Vhodnost opatření ve vztahu ke kategoriím mapy [72]

V případě mého řešení navrhuji vsakovací průlehy a vsakovací nádrž, které jsou dle mapy potenciálního vsaku pro dané území vhodné. Úroveň základové spáry vsakovacího zařízení by obecně měla být alespoň 1,0 m nad maximální hladinou podzemní vody. Výšku hladiny podzemní vody uvažuji 3 m. Koeficient vsaku na daném území je  $5 \cdot 10^{-6}$ . Hodnoty jsou odhadnuty pouze pro potřeby diplomové práce. Pro získání přesných hodnot je potřeba provést hydrogeologický průzkum. Záměrně jsem volil poměrně nízkou hodnotu koeficientu vsaku, je to krajní hodnota, pro kterou je vhodné navrhovat vsakovací zařízení. Na základě mapy potenciálního vsaku předpokládám, že ve skutečnosti bude hodnota  $k_v$  spíše vyšší, pro kterou navržené objekty jistě vyhoví.

### 5.1.6 Zaústění bezpečnostních přelivů ze vsakovacích zařízení

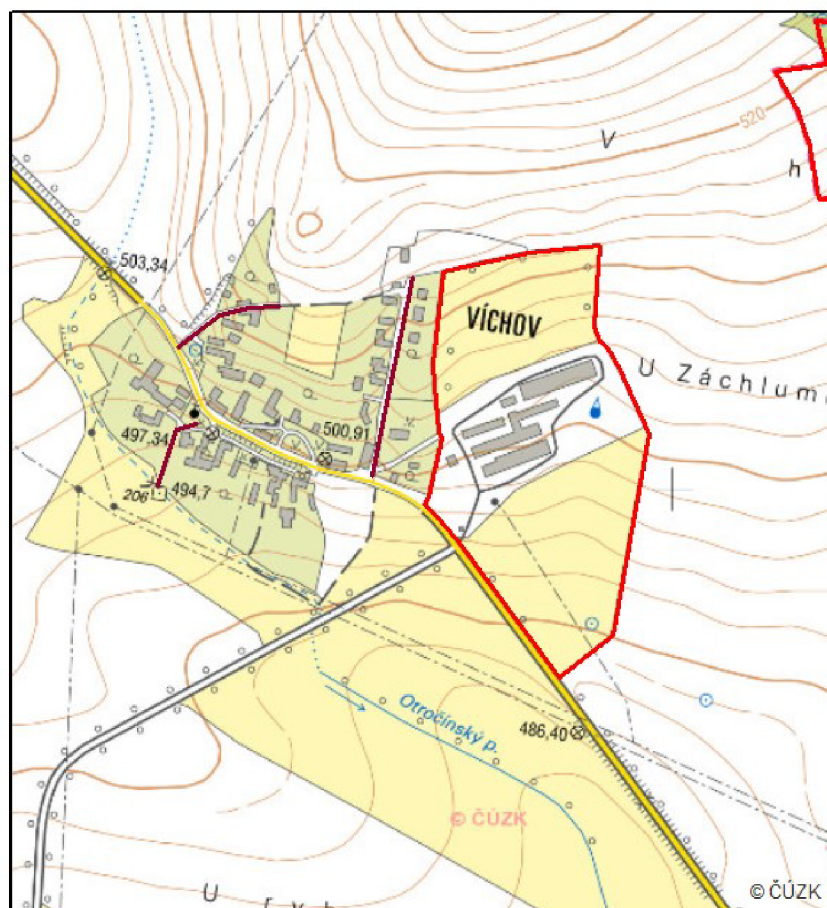
Bezpečnostní přeliv je součástí vsakovacího zařízení nebo retenčního objektu, která umožňuje bezpečně převést vodu při vyšší než návrhové srážce nebo při poruše objektu. Zaústění bezpečnostního přelivu může být řešeno následujícími možnostmi:

- Přepadem na povrch terénu (nejlépe do terénní prohlubně)
- Přepadovým potrubím do vodního toku (souhlas správce vodního toku)
- Přepadovým potrubím do kanalizace (souhlas provozovatele nebo vlastníka kanalizace) [68]

#### *Zaústění bezpečnostního přelivu do kanalizace*

Místní část Víchov má dešťovou kanalizaci. Celková délka kanalizace je 0,300 km a je tvořena z betonových trub DN 300 a je zaústěna do Otročínského potoka. Odpadní vody od 100% obyvatel jsou akumulovány v odpadních jímkách, které jsou svázeny zčásti na ČOV Černošín, částečně na pole. Dešťová kanalizace je zastaralá, neodpovídá ČSN. Odtok dešťové vody z řešené lokality není vhodné napojit na stávající dešťovou kanalizaci z důvodu, že se nenachází v dostatečné blízkosti řešeného pozemku a vzhledem k morfologii terénu by se dešťová voda musela do kanalizace čerpat. [67]





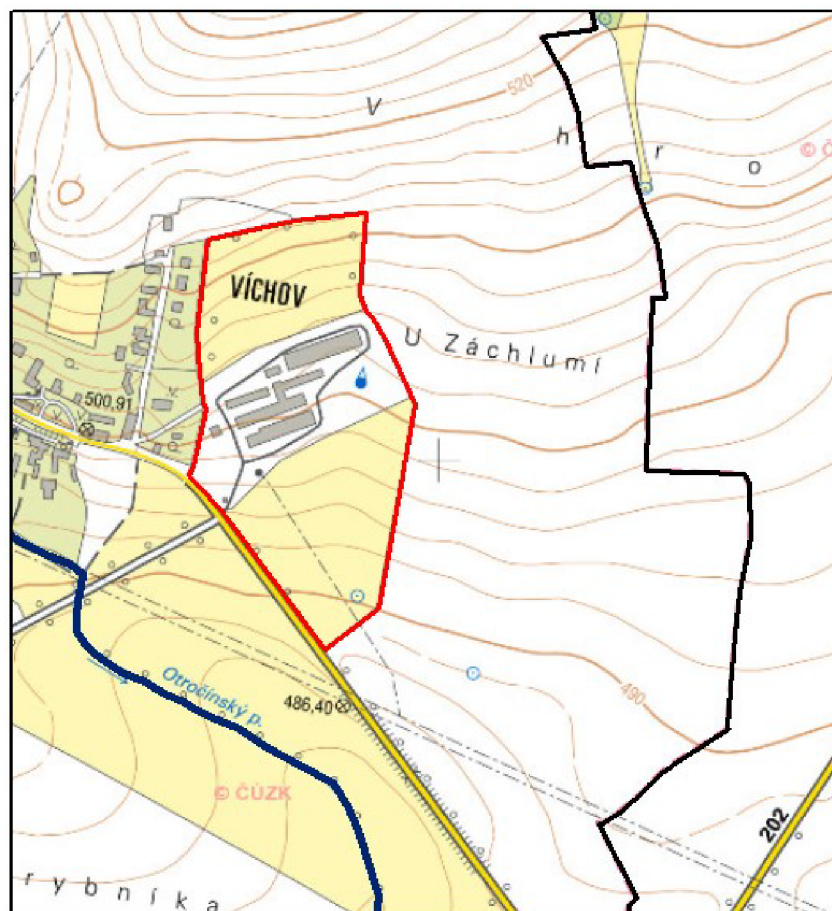
### Legenda

- Stávající dešťová kanalizace dle PRVKPK
- Hranice řešeného území

Obr. 5.3 Přehledné schéma stávajícího stavu odkanalizování zdroj: Arcmap

### *Zaústění bezpečnostního přelivu do vodního toku*

Nejvhodnějším tokem, do kterého by bylo možné odvádět dešťové vody z areálu je Otročinský potok (IDVT 1299600). Pramení přibližně 600 m severně od hranice intravilánu Vichova. Celková délka toku je 7,316 km a je levostranným přítokem řeky Mže. Správcem toku je Povodí Vltavy, s.p. Zaústění dešťových vod při přetečení bezpečnostního přelivu do vodního toku v našem případě považuji za nejvhodnější řešení. Důvodem je relativně blízká vzdálenost areálu od vodního toku a sklonitost terénu umožňuje odvedení vody gravitačně. Oblast se nenachází v CHKO ani není zařazena do soustavy Natura 2000. Území se nenachází v blízkosti ochranného pásma vodního zdroje. [69]



### Legenda

- Otročinský potok
- Hranice řešeného území

Obr. 5.4 Vodní toky zdroj: Arcmap

## 5.1.7 Stávající stav zásobování vodou

Víchov nemá vodovod pro veřejnou potřebu, obyvatelé jsou zásobeni vodou z domovních studní. Množství vody ve studních je dostatečné. Dle PRVKPK byl záměr vybudovat vodovodní síť s využitím stávajících vrtů mezi lety 2010-2014. Z důvodu nedostatku finančních prostředků vodovodní síť není zrealizována dodnes. [67]

Tato informace znamená pro náš návrh, že budoucí objekt bude pravděpodobně zásobován podzemní vodou z vlastní studny. Z důvodu, že v lokalitě není vybudována vodohospodářská infrastruktura, majitel se pravděpodobně vyhne platbě za vodné i stočné, avšak musí počítat s většími investičními náklady na vybudování studny a vlastní ČOV. To znamená, že investice do návrhu využívání dešťových vod na splachování nejspíše nebude návratná, jelikož za vodné neušetří. I přes to jsem pro porovnání vytvořil variantu odvodnění s využitím srážkových vod na splachování a variantu, kdy se budou veškeré vody zasakovat a odvádět bez systému využití srážkových vod.

## 5.2 PODROBNÝ POPIS ŘEŠENÉHO AREÁLU

### 5.2.1 Architektonické řešení

Cílem architektonické studie bylo důmyslně přetransformovat bývalý areál zemědělské výroby v soudobý business areál, který bude sloužit investorovi a vytvoří nová pracovní místa v okolí Víchova. Záměrem investora je území využívat pro pěstování jahod, skladiště internetového obchodu a pronajímání hal. Haly by proto měly sloužit jako polyfunkční objekty pro přizpůsobení se k danému podnikatelskému záměru.

Řešený pozemek bývalého brownfieldu ve vlastnictví investora je dle způsobu využívání rozdělen na 3 části. Průmyslový areál, zemědělské plochy a plochy pro bydlení. S tím, že předmětem diplomové práce bude řešení průmyslového areálu. Navržené haly sloužící pro výrobu a skladování (průmyslový areál) se zázemím pro zaměstnance jsou umístěny ve střední části brownfieldu. Haly zahrnují i stravovací část, reprezentativní část se showroomy, recepci, administrativní oddělení a ubytování. Do areálu je vjezd ze silnice druhé třídy. Místní komunikace v oblasti areálu je navržena pro pohyb nákladních a přepravních automobilů, ale také pro osobní automobily. Součástí návrhu jsou také parkovací stání pro zaměstnance. Jižní část brownfieldu je vymezena jako zemědělské plochy pro pěstování jahod. Prostory v severní části budou prozatím nevyužity, do budoucna se předpokládá výstavba domů pro bydlení, to již ovšem není součástí návrhu.

|                    |      |    |
|--------------------|------|----|
| Průmyslový areál   | 2.93 | ha |
| Zemědělské plochy  | 3.5  | ha |
| Plochy pro bydlení | 2.07 | ha |
| Celkem             | 8.5  | ha |

Tab. 5.6 Rozdělení pozemku

### 5.2.2 Architektonicko-funkční řešení

Při pohledu na situaci je patrné, že hlavními prvky business areálu jsou 2 komplexní halové objekty, které jsem pro pořádek pojmenoval Objekt A a Objekt B.

#### ***Objekt A - Reprezentativní část s výrobou, skladováním europalet a skladem internetového obchodu***

Objekt A je desetilodní hala, která je kvůli různým účelům využití rozdělena na 4 samostatné haly, které jsou vzájemně propojené. Povrch střech je tvořen třemi různými materiály. U nejjížněji umístěné haly tzv. vstupní stoa tvoří střešní krytinu sklo s protisluneční fólií. U ostatních hal se střídají zbylé dva materiály. Konkrétně u 5 lodí je plechová krytina doplněná a fotovoltaické panely a u 4 lodí je extenzivní zelená střecha a dokonce i zelená fasáda. Ve všech případech se jedná o sedlovou střechu, kde mírnější sklon je 26,8 % a prudší 65,2 %.



**Obr. 5.5 Pohled na Objekt A ze západní strany**

### **Vstupní část**

Dominantním prvkem návrhu je vstupní stoa. Vstupní stoa slouží pro úkryt před nepřízní počasí. Na vstupní reprezentativní kolonádu navazují showroomy a hlavní vstupní hala s jídelnou, která slouží pro zaměstnance i návštěvníky. Druhé podlaží objektu slouží pro ubytování hostů a pro administrativu - kancelář manažera, účetní, ředitele.

### **Hala 01**

Hlavním účelem této haly je výroba moštů. Avšak platí pro ni, že je polyfunkční a je možné ji využít i na výrobu jiných produktů. V levé části haly je vytvořeno zázemí pro zaměstnance o dvou podlažích. V prvním podlaží jsou dámské šatny, toalety a denní místnost. Nachází se zde také strojovna, rozvodna a úklidová místnost. O patro výše jsou umístěny pánské šatny a toalety, kancelář a strojovna vzduchotechniky.

### **Hala 02**

Je určena převážně pro výrobu a recyklaci europalet. V levé části se opět nachází dvoupodlažní zázemí pro zaměstnance o stejné dispozici jako u haly 01.

### **Hala 03**

Jedná se o sklad internetového obchodu. Dvoupodlažní zázemí pro zaměstnance je situováno v pravé části haly.

## ***Objekt B-Pronajímatelné haly (HALA 04, HALA 05a, HALA 05b)***

Jedná se o samostatný objekt ve východní části území, který se skládá ze tří hal (04, 05a, 05b) o 6 lodích, kde poslední dvě zmíněné jsou prostorově propojitelné. Haly slouží investorovi k budoucímu pronájmu pro jiné podnikatele. Podobně jako u objektu A se střídá extenzivní zelená střecha s plechovou krytinou s fotovoltaikou. Každá hala je vybavena na západní straně dvoupodlažním zázemím pro zaměstnance.

ZÁPADNÍ POHLED - ZADNÍ HALY



**Obr. 5.6 Pohled na Objekt B ze západní strany**

## ***Komunikace***

V areálu je navržena obslužná asfaltová komunikace, která slouží pro pohyb nákladních i osobních automobilů. Jedná se o okružní komunikaci, která zajišťuje pohodlný přístup do hal ze všech stran. Celkový počet parkovacích stání je 49, přičemž dvě místa jsou určeny pro invalidy. Povrch parkovacích stání je navržen taktéž z asfaltu, avšak z mého pohledu bych spíše doporučil zatravnovací tvárnice, což podrobněji rozeberu níže.

## ***Ostatní***

V Jižní části areálu na pravo od vjezdu do areálu se nacházejí speciální plochy určené pro rekreaci a zábavu. Najdeme zde minigolf, dětské průlezky, brouzdaliště s fontánami a 2 holografické promítací plochy s reklamním sdělením v souvislosti s pěstováním jahod.

## ***Zatravněné plochy***

Zbylé plochy areálu jsou tvořeny travním porostem.

### **5.2.3 Kanalizační Okrsky**

Posuzované území jsem rozdělil do 18 kanalizačních okrsků, které jsou zobrazeny v hydrotechnické situaci. Jedná se o plochu povodí daného úseku stoky, ze které se odvádí dešťové vody. Mimo dimenzování trubní kanalizace jsem okrsky využil i pro dimenzování jednotlivých vsakovacích zařízení, protože představují i plochu, která je do daného vsakovacího zařízení odvodněna. Okrsek je vždy charakterizován jeho plochou a odtokovým součinitelem.

| Okrsky | Plocha A [m <sup>2</sup> ] | Součinitel odtoku $\psi$ | Redukovaná plocha Ared [m <sup>2</sup> ] |
|--------|----------------------------|--------------------------|--|
| 1      | 1043                       | 0.303                    | 316.47                                   |
| 2      | 1400.6                     | 0.579                    | 810.27                                   |
| 3      | 256.7                      | 0.231                    | 59.43                                    |
| 4      | 2357.7                     | 0.770                    | 1816.14                                  |
| 5      | 1755.8                     | 0.804                    | 1411.68                                  |
| 6      | 467.82                     | 0.515                    | 240.97                                   |
| 7      | 2044.7                     | 0.347                    | 710.16                                   |
| 8      | 189.44                     | 0.596                    | 112.83                                   |
| 9      | 2983.1                     | 0.150                    | 447.65                                   |
| 10     | 680.14                     | 0.100                    | 68.01                                    |
| 11     | 3562.5                     | 0.306                    | 1091.64                                  |
| 12     | 975.12                     | 0.261                    | 254.43                                   |
| 13     | 135.91                     | 0.270                    | 36.63                                    |
| 14     | 1821.5                     | 0.601                    | 1095.32                                  |
| 15     | 2370.2                     | 0.449                    | 1064.82                                  |
| 16     | 3264                       | 0.630                    | 2055.36                                  |
| 17     | 1356.8                     | 0.434                    | 588.62                                   |
| 18     | 987.07                     | 0.203                    | 200.05                                   |
| 19     | 791.28                     | 0.100                    | 79.13                                    |
| 20     | 2571.6                     | 0.129                    | 332.88                                   |

**Obr. 5.7 Souhrn kanalizačních okrsků (viz hydrotechnická situace)**

## 6 KONCEPČNÍ NÁVRH VARIANTA 1

Princip varianty 1 spočívá v odvodnění budoucího průmyslového areálu s využitím prvků modrozelené infrastruktury. Veškeré vody z území budou gravitačně odvedeny ze všech zpevněných i nezpevněných ploch v areálu pomocí souboru povrchových průlehů a trubní dešťové kanalizace. Dešťové vody jsou zaústěny do povrchové vsakovací nádrže, odkud je v případě přepadu odváděna kanalizačním potrubím do vodního toku (Otročínský potok). Jedná se o jednoduché řešení odvodnění, které koresponduje s požadavky dnešní legislativy a je navrženo s ohledem na zdravé životní prostředí ve Víchově. Důraz je kladen, aby na daném území nebyl narušen přirozený srážkoodtokový proces na pozemku. Dešťové vody dopadající na zpevněné plochy budou zasakovány v blízkosti místa jejich dopadu. Řešení také bere v potaz zamezení vzniku tepelného ostrova v lokalitě, který by mohl stavbou takto rozsáhlých halových prostor vzniknout. Schéma varianty viz příloha 3.

### 6.1 POUŽITÉ NORMY PŘI NAVRHOVÁNÍ

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod  
ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky  
TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

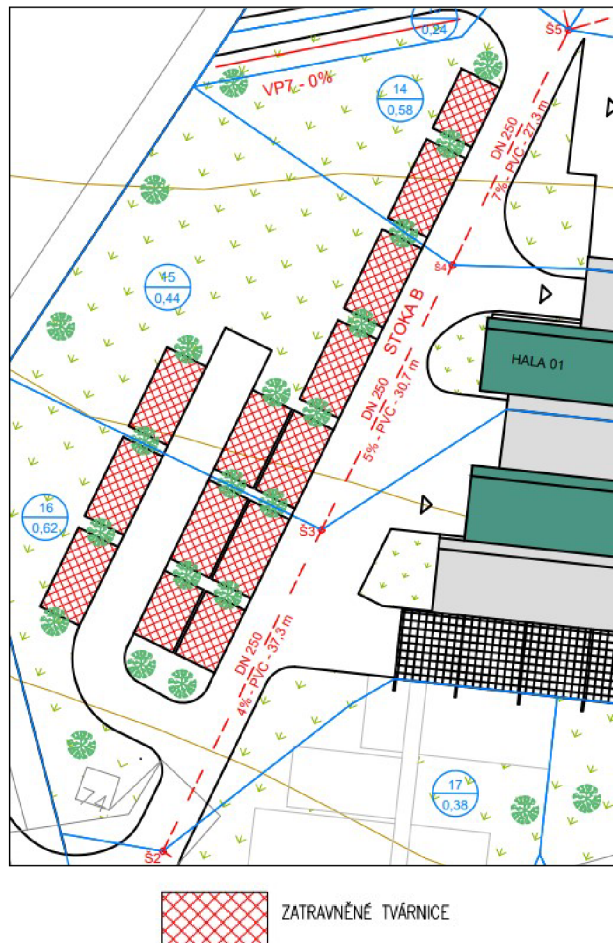
### 6.2 NÁVRH OBJEKTŮ SYSTÉMU HDV

#### 6.2.1 Zatravněovací tvárnice

Součástí návrhu je minimalizovat zpevněné asfaltové plochy a nahradit je zatravněovacími tvárnici na vhodných místech. Zvolil jsem tvárnice betonové. Jde o vysoce ekologickou dlažbu umožňující řešit současně zpevnění i zatravnění plochy s velkým podílem zeleně (cca 39 %). Jako ideální plochy pro použití zatravněovacích tvárníc jsem identifikoval parkovací místa, kde architekt navrhl asfaltový povrch. Použití tvárníc sníží povrchový odtok z parkovišť oproti asfaltovému povrchu asi o 57 %. Při vydatnosti deště  $120 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$  bude odtékat z plochy parkoviště o  $1,16 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  méně. To může snížit nároky na dimenzi trubní kanalizace, a také snížit požadavky na retenční objem vsakovací nádrže, do které kanalizace ústí. Areálová komunikace se ponechá s asfaltovým povrchem. Zatravněovací tvárnice by zde nebylo vhodné použít, vzhledem k vytiženosti komunikace by se travní porost nemusel uchytit. Dále se v případě areálové silnice setkáváme s rozsáhlými plochami a vzdálenostmi. Při zohlednění, že se betonové tvárnice pokládají ručně, by se výstavba značně prodražila.

| Typ povrchu              | A parkoviště [ $\text{m}^2$ ] | $\psi$ | Ared [ $\text{m}^2$ ] | intenzita deště [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] | $Q_{\text{dešť}}$ [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ] |
|--------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------|---|--|
| zatrav. tvárnice         | 240.8                         | 0.3    | 72.24                 | 120   | 0.87   |
| asfalt                   | 240.8                         | 0.7    | 168.56                | 120   | 2.02   |
| Rozdíl $Q_{\text{dešť}}$ |                               |        |                       |   | 1.16   |

Tab. 6.1 Snížení odtoku při použití zatravněovacích tvárníc

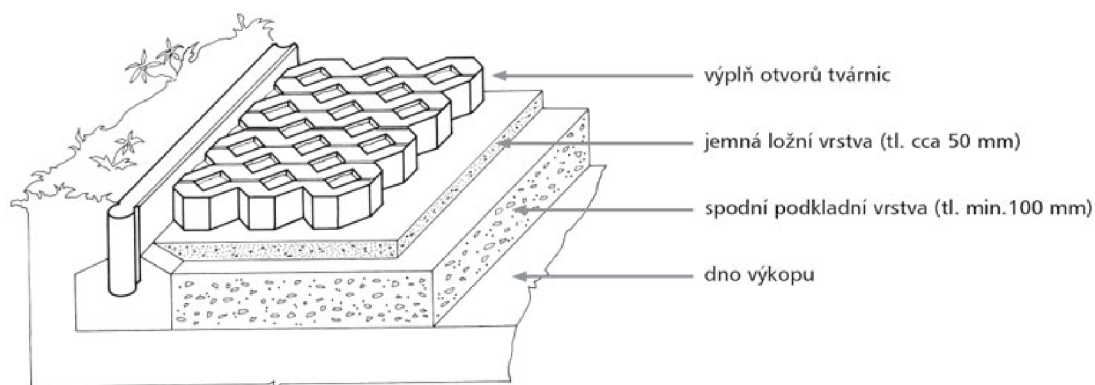


Obr. 6.1 Situace parkoviště

### *Technické řešení*

Mocnosti skladby a typ tvárnice je zvolen s ohledem na účel využití. Skladba musí odolat mechanickému zatížení parkujících osobních automobilů a také předčistit vody znečištěné ropnými látkami, které se infiltrují do půdního prostředí. [76]

V prostoru parkoviště provedeme výkop současně při výstavbě asfaltové komunikace. Dno výkopu se zhutní. Navezeme do výkopu spodní podkladovou vrstvu, která je tvořena z kamenné drtě o frakci 0-32 mm doplněná o hlinitou zeminu, která tvoří asi 25-30 % hmotnosti podkladové vrstvy. Podkladová vrstva se opět zhutní. Výsledná mocnost by měla být minimálně 100 mm. Následuje osazení obrubníku, který vymezuje hranici mezi parkovacím stáním a zatravněnou plochou. Obrubník se ukládá do betonového lože s třídou betonu C 12/15. Finálním bodem přípravy podloží je navezení jemné ložní vrstvy tvořené kamenou směsí (frakce 0-8 mm) a hlinitou zemníou, která tvoří 25-30 % hmotnosti této vrstvy. Opět zhutníme vybrační deskou. Hloubka vrstvy je 50 mm. Nakonec se ručně pokládají zatravněvací tvárnice. Pro parkoviště se používají tvárnice tloušťky 100 mm. Otvory v tvárnících vyplníme směsí humusovité zeminy a travních semen, tak aby horní hladina výplně byla 20-30 mm pod úrovní horní hrany tvárnice. V našem případě je vhodné humusovitou zeminu také obohatit o absorbent ropných produktů v poměru 1:6 k zemině. Parkoviště se uvede do provozu až po vytvoření hustého travního porostu. [76]



Obr. 6.2 Skladba zatravněvacích tvárnic [76]

## 6.2.2 Vsakovací průlehy

V prostorách kolem areálové komunikace, kde by se pravděpodobně nevyplatilo budovat trubní kanalizaci, jsem navrhl vsakovací průlehy. Jedná se o liniové prvky kopírující trasu komunikace. Při dešti srážková voda rovnoměrně stéká z nakloněné silnice do průlehu. Počet průlehu v průmyslovém areálu je 7 a v případě sklonu jsou po délce rozděleny zemními hrázkami. Účelem použití průlehu je zajištění vsaku dešťové vody v co největší míře.

### Znečištění

Do průlehu jsou zasakovány především vody z okolní středně frekventované komunikace, po které se budou pohybovat nákladní i osobní automobily. Zatravněný průlehl splňuje požadavky na čištění vody z takových povrchů a voda může být vsakována do vod podzemních. Při vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu dochází k filtraci nerozpuštěných látek, iontové výměně, adsorpci těžkých kovů, uhlovodíků a k biologickému rozkladu rozložitelného znečištění. Není potřeba navrhovat předčištění. [30]

| Typ plochy                               | Hrubé nečistoty, splaveniny | Jemné částice | Těžké kovy | Uhlovodíky | Organické znečištění, BSK5 | Živiny N, P | Patogenní mikroorganismy | Chloridy |
|--|-----------------------------|---------------|------------|------------|----------------------------|-------------|--------------------------|----------|
| Pozemní komunikace středně frekventovaná | ••                          | ••            | ••         | ••         | •                          | •           | •                        | ••       |

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| ○   | neznečištěná srážková voda       |
| ●   | mírně znečištěná srážková voda   |
| ••  | středně znečištěná srážková voda |
| ••• | vysoce znečištěná srážková voda  |
| /   | až                               |

Tab. 6.2 Typické znečišťující látky na středně frekventované komunikaci [30]

### Výpočet vsakovacích průlehu

Pro výpočet byly použity vztahy a postupy uvedené v kapitole 4.5. Rozměry průlehu jsou dimenzovány na základě plochy kanalizačních okrsků, ze kterých voda odtéká do průlehu. Dalším vstupním parametrem je návrhový déšť o periodicitě 0,2 rok<sup>-1</sup>. Veškeré průlehy jsou v případě přetečení zaústěny bezpečnostním přelivem do trubní kanalizace. Průlehl VP7 je navržen pro 10letý déšť, jelikož není vybaven bezpečnostním přelivem.



V případě výskytu vydatnějšího deště bude voda rozlita na zatravněnou plochu mimo budovy. Podrobné výpočty průlehů jsou uvedeny viz příloha 4.

| Vyhovuje doba prázdnění i rozměr příkopu? |  |              |                            |                            |                          |                            |   |         |           |              |         |         |         |         |         |                             |                       |     |     |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|---|---------|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------------------|-----------------------|-----|-----|--|--|--|--|--|--|
|   |  | $T_{pr}$ [h] | $V_{sk}$ [m <sup>3</sup> ] | $V_{vz}$ [m <sup>3</sup> ] | $p$ [rok <sup>-1</sup> ] | $A_{vz}$ [m <sup>2</sup> ] | $Q_{vsak}$ [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ] | $f$ [-] | $k_v$ [-] | $h_{vz}$ [m] | $b$ [m] | $m$ [-] | $H$ [m] | $B$ [m] | $L$ [m] | $A_{red}$ [m <sup>2</sup> ] | $A$ [m <sup>2</sup> ] | $o$ | $n$ |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 37.92        | 11.02                      | 10.75                      | 0.20                     | 31.49                      | 0.000079                                      | 2       | 5E-06     | 0.2          | 0.3     | 2       | 0.3     | 1.1     | 78.7    | 316.5                       | 1043.0                | 1   | VP1 |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 26.06        | 3.00                       | 2.01                       | 0.20                     | 52.79                      | 0.000021                                      | 2       | 5E-06     | 0.2          | 0.3     | 2       | 0.3     | 1.1     | 21.5    | 59.4                        | 256.7                 | 3   | VP2 |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 51.44        | 31.68                      | 24.44                      | 0.20                     | 52.79                      | 0.000132                                      | 2       | 5E-06     | 0.3          | 0.3     | 2       | 0.4     | 1.5     | 117.3   | 710.2                       | 2044.7                | 7   | VP3 |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 22.29        | 26.42                      | 15.15                      | 0.20                     | 75.48                      | 0.000189                                      | 2       | 5E-06     | 0.2          | 0.3     | 2       | 0.3     | 1.1     | 188.7   | 447.7                       | 2983.1                | 9   | VP4 |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 43.85        | 56.66                      | 37.27                      | 0.20                     | 94.44                      | 0.000236                                      | 2       | 5E-06     | 0.3          | 0.3     | 2       | 0.4     | 1.5     | 209.9   | 1091.6                      | 3562.5                | 11  | VP5 |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 31.88        | 10.53                      | 8.63                       | 0.20                     | 30.09                      | 0.000075                                      | 2       | 5E-06     | 0.2          | 0.3     | 2       | 0.3     | 1.1     | 75.2    | 254.4                       | 975.1                 | 12  | VP6 |  |  |  |  |  |  |
| Vyhovuje                                  |  | 16.45        | 3.63                       | 1.54                       | 0.10                     | 10.38                      | 0.000026                                      | 2       | 5E-06     | 0.2          | 0.3     | 2       | 0.3     | 1.1     | 26.0    | 36.6                        | 135.9                 | 13  | VP7 |  |  |  |  |  |  |

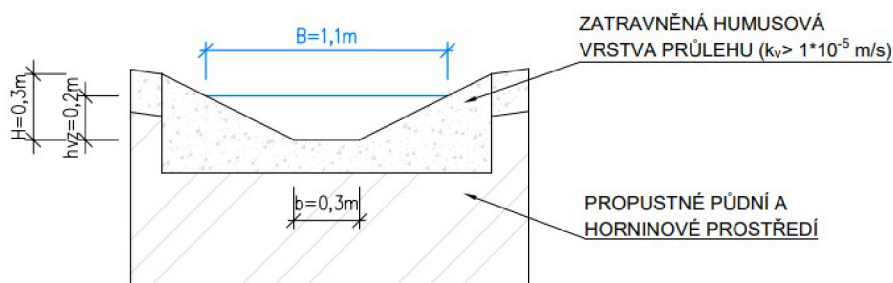
**Tab. 6.3 Dimenzování vsakovacích průlehů**

Doba prázdnění vsakovacího zařízení by neměla překročit 72 h. Podmínku splňují všechny průlehy.

## Technické řešení průlehu

### Vsakovací průleh 1 – VP1

VP1 se nachází v severozápadní části průmyslového areálu. Jsou do něj svedeny dešťové vody z okrsku 1, tedy z přilehlé komunikace a okolních zatravněných ploch. Jedná se o liniový prvek o délce 78,7 m, který je umístěn podél vozovky. Je dimenzován pro srážkové úhrny, které jsou typické pro 5letý déšť. V případě výskytu vydatnějšího deště, než na který je průleh dimenzován je průleh napojen přes bezpečnostní přeliv do areálové trubní kanalizace. Průměrný sklon průlehu je 1,3 %, tak aby směr proudění směřoval k bezpečnostnímu přelivu. Vzhledem ke sklonu a délce průlehu je vhodné jej rozdělit zemními hrázkami. Orientačně se vytvoří 5 hrázek s rozestupy po 16 metrech a o výšce 0,2 m. Povrch objektu je zatravněný, a maximální výška hladiny vody je 0,2 m. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2 pro zajištění jejich stability.



Obrázek 6.1 Vzorový příčný řez vsakovacího průlehu

### Vsakovací průleh 2 – VP2

Jsou do něj odváděny dešťové vody z kanalizačního okrsku č.3. Jedná se o liniový prvek o délce 21,5 m, který svým umístěním kopíruje trasu vozovky. Je dimenzován pro srážkové úhrny, které jsou typické pro 5letý déšť. Pro případ výskytu vydatnějšího deště je průleh napojen přes bezpečnostní přeliv v místě šachty Š6 do areálové trubní kanalizace stoky A. Průměrný sklon průlehu je 3,7 %, tak aby směr proudění směřoval k bezpečnostnímu přelivu. S přihlédnutím ke sklonu a délce průlehu je vhodné jej rozdělit zemními hrázkami. Orientačně se vytvoří 4 hrázky s rozestupy po 6 metrech a o výšce 0,2 m. Povrch objektu je tvořen travním porostem zasetým na humusové vrstvě zeminy o mocnosti 20 cm. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2 a maximální výška hladiny vody se předpokládá 0,2 m.

### Vsakovací průleh 3 – VP3

Průleh VP3 zasakuje vodu odtékající z kanalizačního okrsku 7. Jde o liniový prvek s délkou 256,7 m, který je umístěn podél vozovky. Ve 2 místech se kříží se zpevněnou plochou vozovky a proto zde budou vytvořeny betonové propustky DN 300. Rozměry průlehu jsou přizpůsobeny pro srážkové úhrny, které jsou typické pro 5letý déšť. V případě výskytu vydatnějšího deště, než na který je průleh dimenzován je průleh napojen přes bezpečnostní přeliv do areálové trubní kanalizace (stoka A) v místě šachty Š3. Průměrný sklon průlehu je 1,7 %. Vzhledem ke sklonu a délce průlehu se nabízí jej rozdělit zemními hrázkami. Orientačně se vytvoří 10 hrázek s rozestupy po 12 metrech a o výšce 0,3 m. Povrch objektu je zatravněný, proto se uvažuje maximální výška hladiny vody 0,3 m, aby nedocházelo k úhynu vegetace. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2, aby byla zajištěna jejich stabilita.

#### **Vsakovací průleh 4 – VP4**

Do VP4 stékají veškeré dešťové vody z okrsku 9, ve kterém nalezneme zastoupení zatravněných ploch a asfaltové komunikace. Jedná se o liniový prvek o délce 188,7 m, který je umístěn podél vozovky. Je navržen pro srážkové úhrny o periodicitě  $0,2 \text{ rok}^{-1}$  a pro případ poruchy zařízení je doplněn o bezpečnostní přeliv bez regulovaného odtoku do kanalizace. Průměrný sklon průlehu je 1,2 a je rozdělen zemními hrázkami po délce. Vybuduje se 11 hrázek s rozestupy po 18 metrech a o výšce 0,2 m. Povrch objektu je typicky zatravněný, z důvodu zvýšení stability svahů a dna a zlepšení schopnosti předčištění vody. Při zaplnění kapacity průlehu bude hloubka vody 0,2 m. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2.

#### **Vsakovací průleh 5 – VP5**

Jedná se o liniový prvek o délce 209,9 m, který je umístěn podél vozovky a připadá pro něj kanalizační okrasek č 11. Je dimenzován pro srážkové úhrny, které jsou typické pro 5letý déšť. Průměrný sklon průlehu je 0,1 %, tak aby směr proudění směřoval k bezpečnostnímu přelivu. Vzhledem ke sklonu a délce průlehu je vhodné jej rozdělit zemními hrázkami. Orientačně se vytvoří 2 hrázky, které jsou od sebe vzdáleny 70 metrů a jsou vysoké 0,3 m. Povrch objektu je zatravněný, svahy průlehu jsou ve sklonu 1:2 a maximální výška hladiny vody je 0,3 m.

#### **Vsakovací průleh 6 – VP6**

Jsou do něj odvedeny dešťové vody z okrsku 12. Typicky je situován podél asfaltové komunikace a jeho délka je 75,2 m. V případě výskytu vydatnějšího deště, než na který je průleh dimenzován je průleh napojen přes bezpečnostní přeliv do areálové trubní kanalizace v místě šachty Š5 na stoce B. Průměrný sklon průlehu je 0,3 % směrem k bezpečnostnímu přelivu. Vzhledem ke sklonu a délce průlehu je vhodné jej rozdělit jedno zemní hrázkou v polovině. Svrchní vrstva objektu je zatravněná a svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2, aby byla zajištěna jejich stabilita.

#### **Vsakovací průleh 7 – VP7**

Vsakovací zařízení zasakuje dešťové vody do podzemních vod z okrsku 13. Jedná se o liniový prvek o délce 36,6 m, který je umístěn podél vozovky. Je dimenzován pro srážkové úhrny, které jsou typické pro 10letý déšť, a to z důvodu, že není zaústěn do kanalizace a musí tedy veškerou vodu vsakovat. V případě výskytu vydatnějšího deště, než na který je průleh dimenzován dojde k přetečení na povrch terénu mimo budovy. Sklon průlehu je nulový. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2, aby byla zajištěna jejich stabilita. Povrch objektu je zatravněný, proto se uvažuje maximální výška hladiny vody 0,2 m.

### **6.2.3 Potrubí**

V areálu jsou navrženy 2 hlavní stoky, které se setkávají v blízkosti před vsakovací nádrží ve spojovací šachtě Š0. Jejich úkolem je odvádět dešťovou vodu do vsakovací nádrže situované v jižní části pozemku v nejnižším bodě. Sklonitost terénu umožňuje srážkovou vodu bez problému odvádět gravitačně. Do kanalizace jsou svedeny dešťové vody ze zpevněných ploch průmyslového areálu. Ze silnic a parkovišť pomocí systémů žlabů, obrubníků a uličních vpustí. Dále ze střešních ploch halových konstrukcí skrz okapy. Do kanalizace jsou také napojeny drenážní systémy umístěné u základů budov a vsakovací průlehy prostřednictvím odtokového potrubí z šachty bezpečnostního přelivu.

## Výpočet

V následující tabulce jsem posoudil kapacitu navržených potrubí vzhledem k dešťovým průtokům. Intenzitu deště jsem stanovil jako intenzitu průměrného 15minutového deště, který se opakuje jednou za rok. Data byla převzata ze srážkoměrné stanice v Mariánských lázních z tabulky vydatnosti blokového deště dle Ing. J. Trupla. Pro výpočet jsem použil vztah:

$$Q_{\text{dešť}} = A * \Psi * i \tag{6.1}$$

kde

- $Q_{\text{dešť}}$  maximální odtok dešťových vod do kanalizace [ $l * s^{-1}$ ]
- $A$  Plocha povodí stoky [ha]
- $\Psi$  součinitel povrchového odtoku [-]
- $i$  intenzita směrodatného deště uvažované periodicity [ $l * s^{-1} * ha^{-1}$ ]

| Stoka A    |       |                             |        |           |   |                                    |                                    |       |        |        |         |        |        |               |                      |
|------------|-------|-----------------------------|--------|-----------|---|------------------------------------|------------------------------------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|---------------|----------------------|
| ČÍSLO UZLU | STOKA | OKRSKY                      | Plocha | $\Psi[-]$ | intenzita deště<br>[ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ] | $Q_{dešt}$<br>[ $l \cdot s^{-1}$ ] | $Q_{dešt}$<br>[ $l \cdot s^{-1}$ ] | Délka | Hmax   | Hmin   | sklon i | DN [m] | n [mm] | Plnění<br>%   | Unášecí<br>síla (Pa) |
| 7-6        | A     | 1;2                         | 2443.6 | 0.46      | 120   | 13.52                              | 13.52                              | 11.34 | 499.56 | 499.16 | 0.04    | 0.25   | 0.008  | 15            | 9.3                  |
| 6-5        | A     | 3;4                         | 2614.4 | 0.72      | 120   | 22.51                              | 36.03                              | 16.63 | 499.16 | 498.36 | 0.05    | 0.25   | 0.008  | 25            | 14.8                 |
| 5-4        | A     | 5                           | 1755.8 | 0.80      | 120   | 16.94                              | 52.97                              | 22.03 | 498.36 | 498.24 | 0.01    | 0.25   | 0.008  | 47            | 5.8                  |
| 4-3        | A     | 6                           | 467.8  | 0.52      | 120   | 2.89                               | 55.86                              | 22.81 | 498.24 | 497.26 | 0.04    | 0.25   | 0.008  | 33            | 17.1                 |
| 3-2        | A     | 7;8                         | 2052.7 | 0.37      | 120   | 9.07                               | 64.93                              | 24.17 | 497.26 | 496.32 | 0.04    | 0.25   | 0.008  | 35            | 19                   |
| 2-1        | A     | 9;10                        | 3663.3 | 0.14      | 120   | 6.19                               | 71.12                              | 19.72 | 496.32 | 495.87 | 0.02    | 0.25   | 0.008  | 45            | 11.5                 |
| 1-0        | A     | 19                          | 791.28 | 0.1       | 120   | 0.95                               | 72.07                              | 22.21 | 495.87 | 494.01 | 0.08    | 0.25   | 0.008  | 32            | 27.2                 |
| 0-VÝUŠŤ    | A+B   | Napojení stoky B na stoku A |        |           |   | 72.34                              | 144.41                             | 3.62  | 494.01 | 493.56 | 0.12    | 0.25   | 0.008  | 41            | 63                   |
| Stoka B    |       |                             |        |           |   |                                    |                                    |       |        |        |         |        |        |               |                      |
| ČÍSLO UZLU | STOKA | OKRSKY                      | Plocha | $\Psi[-]$ | intenzita deště<br>[ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ] | $Q_{dešt}$<br>[ $l \cdot s^{-1}$ ] | $Q_{dešt}$<br>[ $l \cdot s^{-1}$ ] | délka | Hmax   | Hmin   | sklon i | DN [m] | n [mm] | Plnění<br>[%] | Unášecí<br>síla (Pa) |
| 5-4        | B     | 11;12;14                    | 5519.9 | 0.38      | 120   | 25.43                              | 25.43                              | 27.34 | 499.63 | 497.58 | 0.07    | 0.25   | 0.008  | 19            | 19.1                 |
| 4-3        | B     | 15                          | 2370.2 | 0.45      | 120   | 12.78                              | 38.21                              | 30.73 | 497.58 | 496.01 | 0.05    | 0.25   | 0.008  | 25            | 18                   |
| 3-2        | B     | 16                          | 3264   | 0.63      | 120   | 24.66                              | 62.87                              | 37.33 | 496.01 | 494.43 | 0.04    | 0.25   | 0.008  | 35            | 18.8                 |
| 2-1        | B     | 17                          | 1356.8 | 0.43      | 120   | 7.06                               | 69.94                              | 36.7  | 494.43 | 494.21 | 0.01    | 0.25   | 0.008  | 55            | 6.5                  |
| 1-0        | B     | 18                          | 987.07 | 0.203     | 120   | 2.40                               | 72.34                              | 24.9  | 494.21 | 494.01 | 0.01    | 0.25   | 0.008  | 56            | 6.5                  |

Tab. 6.4 Posouzení kapacity stok dešťové kanalizace

Plastové potrubí DN 250 je pro dané průtoky dostatečně kapacitní. Také je splněna unášecí síla jejíž minimální hodnota je u stoky zhotovené z plastu  $Tu = 3 \text{ Pa}$ .

## Technické řešení

Pro výstavbu úseků areálové dešťové kanalizace jsem se rozhodl pro systém KG PVC SN4. Dimenze nového potrubí je DN 250 mm u obou stok. Stoka A je dlouhá 123,9 m a stoka B 139,46 m. Výhodou plastového potrubí je bezesporu jeho pořizovací cena, která je poněkud nižší než u jiných materiálů. Další výhodou je odolnost vůči agresivnímu prostředí a dlouhá životnost. Obecně se uvádí kolem 80 let. Potrubí je poměrně lehké, a tak se s ním snadno manipuluje při výstavbě. Trubka je uložena na pískové lože na dně výkopu a kolem potrubí se z písku vytvoří tzv. klíny pro stabilizaci potrubí a zvětšení roznášecího úhlu při působení zatížení od hutnění. Dále se potrubí obsype štěrkopískem o velikosti zrna 0-20 mm. Tato vrstva se nanese až do výšky 300 mm nad potrubí. Následuje dosypání původní zeminou a zhutnění. Povrch se ohumusuje a zatravní. V případě vedení pod komunikací je místo původní zeminy pro zhutnění použit štěrkopísek, na který se pak vybuduje konstrukce vozovky. Na kanalizaci bude vybudováno celkem 13 šachet. Budou řešeny jako prefabrikované betonové skružové s vnitřním průměrem 1000 mm. Na šachty bude osazen litinový poklop s třídou zatížení D 400, který vyhoví pro všechny druhy pojízdných vozidel. [77][78]

### 6.2.4 Vsakovací nádrž

#### Znečištění

Do vsakovací nádrže se koncentrují všechny dešťové vody z areálu, u kterých můžeme předpokládat různé znečišťující látky podle typu povrchu, ze kterého stékají.

Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch [30]

| Typ plochy   | Hrubé nečistoty, splaveniny | Jemné částice | Těžké kovy | Uhlovodíky | Organické znečištění, BSK5 | Živiny N, P | Patogenní mikroorganismy | Chloridy |
|--|-----------------------------|---------------|------------|------------|----------------------------|-------------|--------------------------|----------|
| Střecha vegetační extenzivní   | ○                           | ○             | ○          | ○          | ○                          | ○           | ○                        | ○        |
| Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m <sup>2</sup> | ●                           | ●             | ●●●        | ○/●        | ○/●                        | ○/●         | ○/●                      | ○/●      |
| Parkoviště pro osobní auta   | ●●                          | ●             | ●          | ●          | ●                          | ●           | ●                        | ●        |
| Pozemní komunikace středně frekventovaná                             | ●●                          | ●●            | ●●         | ●●         | ●                          | ●           | ●                        | ●●       |
| Zatravněné plochy  | ●/●●●                       | ●/●●●         | ○          | ○          | ●                          | ●           | ○/●                      | ○        |

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| ○   | neznečištěná srážková voda       |
| ●   | mírně znečištěná srážková voda   |
| ●●  | středně znečištěná srážková voda |
| ●●● | vysoce znečištěná srážková voda  |
| /   | až                               |

Tab. 6.5 Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch [30]

Na přítoku do vsakovací nádrže se setkáme pravděpodobně s celým spektrem znečišťujících látek. Ve větším množství odhaduji výskyt splavenin, hrubých a jemných nečistot. Dále pak těžké kovy, které mají původ na rozsáhlých střechách s plechovou krytinou. Již v menším množství předpokládám výskyt organického znečištění, dusíku, fosforu, ropných látek a chloridů. S ohledem na charakter znečištění je potřeba navrhnout vhodný způsob čištění, aby kvalita vody splňovala kritéria pro odvádění do vod podzemních.

Pro předčištění dešťové vody s ohledem na kvalitu přitékající dešťové vody do vsakovací nádrže navrhuji dešťovou usazovací nádrž v podobě usazovacího prostoru umístěného před vsakovací nádrží. Takové řešení je vhodné pro odstranění splavenin, hrubých nečistot, jemných částic a těžkých kovů. Sedimentace před vsakovací nádrží je důležitá, jinak by usazování probíhalo na dně nádrže a časem by mohlo dojít ke kolmataci, tudíž by se zhoršila vsakovací schopnost půdního horizontu. V takovém případě by se nádrž musela opravit. Ve vsakovací nádrži se zásobním objemem dochází k biologickému rozkladu organických látek a přijímání rozpuštěných látek (např. živin) vegetací. Nádrž bude po celém povrchu zatravněna. [30]

### ***Výpočet retenčního objemu vsakovací nádrže***

Při výpočtu retenčního objemu nádrže jsem postupoval podobně jako u průlehu. Využil jsem stejné vztahy, ovšem princip se mírně liší. Do nádrže přitékají dešťové vody prostřednictvím kanalizačního potrubí z více okrsků. Okrsky, které jsem neuvažoval jsou odvodněny vsakováním pomocí průlehu. Nádrž je dimenzována na srážkové úhrny o periodicitě  $0,2 \cdot \text{rok}^{-1}$ . Neboli k přepadu vody přes bezpečnostní přeliv v nádrži dojde průměrně jednou za pět let. Součinitel bezpečnosti vsaku se u vsakovací nádrže kvůli možnosti kolmatace může zvednout až na 5. Uvažuji standardně hodnotu 2, jelikož riziko vzniku kolmatace jsem snížil mechanickým předčištěním.

|                                 |                   |   |                                    |
|---------------------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| Označení vsakovací nádrže       | VN                | 1   | [-]                                |
| Odvodněné okrsky                | o                 | 2;4;5;6;8;10;<br>;14;15;16;17;<br>;18;19;20 | [-]                                |
| Plocha okrsku                   | A                 | 20014.03                                    | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Odvodňovaná plocha              | A <sub>red</sub>  | 9876.1                                      | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Plocha dna                      | A <sub>dno</sub>  | 570   | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Obvod dna                       | O <sub>dno</sub>  | 98  | [m]                                |
| Sklon svahu 1:3                 | m                 | 3   | [-]                                |
| Výška propust. Stěn - výška hl. | h <sub>vz</sub>   | 0.6   | [m]                                |
| Skutečný objem vsak. zařízení   | V <sub>sk</sub>   | 394.92                                      | [m <sup>3</sup> ]                  |
| Součinitel vsaku                | k <sub>v</sub>    | 0.000005                                    | [m*s <sup>-1</sup> ]               |
| Součinitel bezpečnosti vsaku    | f                 | 2   | [-]                                |
| Vsakovaný odtok                 | Q <sub>vsak</sub> | 0.00146198                                  | [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ] |
| Regulovaný odtok                | Q <sub>reg</sub>  | 0   | [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ] |
| Objem vody v akum. nádrži       | V <sub>AK</sub>   | 0   | [m <sup>3</sup> ]                  |
| Vsakovací plocha                | A <sub>vsak</sub> | 584.79                                      | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Plocha hladiny                  | A <sub>vz</sub>   | 584.79                                      | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Periodicita deště               | p                 | 0.20  | [-]                                |

**Tab. 6.6 Vstupní parametry vsakovací nádrže**

Při návrhu retenčního objemu nádrže se vychází z vyvážené hydrologické bilance mezi přítokem i odtokem.

|                               |   |                   |   |                 |   |                  |   |                          |
|-------------------------------|---|-------------------|---|-----------------|---|------------------|---|--------------------------|
| Přítok                        | = | Odtok             |   |                 |   |                  |   |                          |
| Objem přivedené srážkové vody | = | Vsakování         | + | Retenční objem  | + | Regulovaný odtok | + | Objem vody zachycen v AN |
| $V_{\text{přítok}}$           | = | $Q_{\text{vsak}}$ | + | $V_{\text{vz}}$ | + | $Q_{\text{reg}}$ | + | $V_{\text{AN}}$          |

Tab. 6.7 Tabulka hydrologické bilance mezi přítokem a odtokem [30]

Z toho plyne:

$$V_{\text{vz}} = V_{\text{přítok}} - Q_{\text{vsak}} - Q_{\text{reg}} - V_{\text{AN}} \quad (6.2)$$

V nádrži se voda čistě vsakuje. Až v případě přeplnění nádrže a přepadu vody přes bezpečnostní přeliv je voda odváděna neregulovaným odtokem do vodního toku potrubím DN 250. Proto použijeme vztah:

$$V_{\text{vz}} = V_{\text{přítok}} - Q_{\text{vsak}} \quad (6.3)$$

| p = 0.2 |            |  | $h_d$                     | $i$                       | $h_d$                 | $i$                   |
|---------|------------|--|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| t [min] | $h_d$ [mm] | $i$ [ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ] | $V_{\text{přítok}} [m^3]$ | $V_{\text{přítok}} [m^3]$ | $V_{\text{vz}} [m^3]$ | $V_{\text{vz}} [m^3]$ |
| 5       | 10.62      | 363.00                                 | 111.12                    | 113.92                    | 110.68                | 113.48                |
| 10      | 15.30      | 258.00                                 | 160.07                    | 161.93                    | 159.19                | 161.06                |
| 15      | 17.96      | 202.00                                 | 187.90                    | 190.18                    | 186.58                | 188.86                |
| 20      | 19.80      | 168.00                                 | 207.16                    | 210.89                    | 205.41                | 209.14                |
| 30      | 22.18      | 126.00                                 | 232.07                    | 237.25                    | 229.44                | 234.62                |
| 40      | 23.95      | 103.00                                 | 250.50                    | 258.59                    | 246.99                | 255.08                |
| 60      | 26.47      | 76.30                                  | 276.89                    | 287.34                    | 271.63                | 282.08                |
| 120     | 30.65      | 44.50                                  | 320.64                    | 335.17                    | 310.12                | 324.64                |
| 240     | 34.15      | 23.71                                  | 357.20                    | 357.21                    | 336.15                | 336.16                |
| 360     | 35.72      | 16.54                                  | 373.69                    | 373.70                    | 342.11                | 342.12                |
| 480     | 37.02      | 12.85                                  | 387.27                    | 387.28                    | 345.16                | 345.17                |
| 600     | 38.20      | 10.61                                  | 399.61                    | 399.61                    | 346.97                | 346.98                |
| 720     | 39.18      | 9.07                                   | 409.87                    | 409.88                    | 346.71                | 346.72                |
| 1080    | 42.04      | 6.49                                   | 439.83                    | 439.83                    | 345.09                | 345.10                |
| 1440    | 43.81      | 5.07                                   | 458.26                    | 458.27                    | 331.94                | 331.95                |
| 2880    | 58.37      | 3.38                                   | 610.57                    | 610.59                    | 357.95                | 357.96                |
| 4320    | 66.62      | 2.57                                   | 696.88                    | 696.89                    | 317.93                | 317.95                |

Tab. 6.8 Výpočet retenčního objemu nádrže

Největší potřebný retenční objem pro vsakovací nádrž je 357,96 m<sup>3</sup>. Nádrž je nejplnější v 48 hodině deště. Od tohoto momentu se nádrž již prázdní. Porovnávají se vždy hodnoty objemu retence získané pomocí celkového úhrnu deště (mm) a vydatnosti deště ( $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ) o stejné periodicitě. Bohužel pro vydatnost deště jsem dokázal získat hodnoty pouze



pro prvních 120 minut trvání. Pro ostatní doby trvání jsem intenzitu nahradil odvozením ze vzorce [85]:

$$i = 166,67 \times \frac{h_d}{t_c} \quad (6.2)$$

kde:

- $i$  intenzita směrodatného deště [ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ]
- $h_d$  srážkový úhrn uvažované periodicity [mm]
- $t_c$  doba trvání srážky uvažované periodicity [min]

|                               |          |        |           |   |        |           |          |
|-------------------------------|----------|--------|-----------|---|--------|-----------|----------|
| Retenční objem vsak. zařízení | $V_{vz}$ | 357.96 | [ $m^3$ ] | < | 394.92 | [ $m^3$ ] | Vyhovuje |
| Doba prázdnění $T_{pr}$       | $T_{pr}$ | 68.01  | [hod]     | < | 72     | hod       | Vyhovuje |

**Tab. 6.9 Posouzení retenčního objemu a doby prázdnění**

Z geometrie navrženého průlehu jsem vypočítal skutečný retenční objem nádrže, který je mírně vyšší než potřebný retenční objem. Doba prázdnění vsakovacího zařízení je taktěž splněna.

### **Technické řešení**

V principu je vsakovací nádrž rozdělena na 2 funkční části. První část je tvořena sedimentačním prostorem o objemu  $39,5 m^3$ . Objem je navržen pro zachycení znečištění v počáteční fázi deště, kdy voda obsahuje nejvíce znečištění. Je uvažováno, že objem sedimentačního prostoru se časem bude snižovat. Jakmile bude objem prostoru zmenšen o 25 %, musí dojít k odstranění nánosů usazených látek. Sedimentační prostor je oddělen od vsakovací nádrže hrázkou zpevněnou kamenným obkladem o výšce 0,4 m a sklonem svahu 1:1. Povrch prostoru je zatravněný a disponuje i schopností vsaku na ploše  $A_{vsak} = 98 m^2$ . S touto plochou však nepočítám při návrhu plochy vsakovací nádrže, jelikož schopnost vsaku v těchto místech se bude postupně snižovat. Do nádrže natéká bodový soustředěný přítok vody z potrubí dešťové kanalizace, proto je v místě vybudován výustní objekt, kolem kterého jsou plochy opevněny kamenným záhozem, aby nedocházelo k vodní erozi.

Druhá část je tvořena povrchovou vsakovací nádrží. Povrch nádrže je po celé ploše zatravněn. Ve vsakovacích nádržích se maximální hloubka vody pohybuje v rozmezí 0,3-2,0 m. Zvolil jsem max. hloubku 0,6 m z důvodu, že při větších hloubkách nevyhovoval čas prázdnění, zatímco při nižších hloubkách by nádrž musela zabírat podstatně větší plochu. Sklony svahů jsou v poměru 1:3, aby byly dostatečně stabilní. V oblasti se nachází propustné půdní a horninové prostředí s  $k_v = 0,5 \cdot 10^{-6}$ . Skladba nádrže je tvořena z písčito-hlinité zeminy ( $k_v \geq 1 \cdot 10^{-4}$ ), na kterou je uložena 20 cm humusová vrstva, která se zatravní. V případě naplnění retenčního objemu voda začne přepadat přes bezpečnostní přeliv do revizní šachty. Odtud je neregulovaným odtokem odváděna potrubím PVC DN 250 do Otročínského potoka.

## 6.2.5 Výustní potrubí

Prioritou řešení nakládání s dešťovými vodami na řešeném území je vsakování. Veškeré vsakovací objekty jsou dimenzovány na dešť s periodicitou  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ . Pro případ výskytu vydatnějšího deště bude voda z území odvedena kanalizačním potrubím PVC DN 250 (STOKA C) do blízkého Otročínského potoka.

### Výpočet dimenze potrubí

Při výpočtu dimenze potrubí jsem postupoval stejně jako v případě stoky A a stoky B. Potrubím budou odtékat vody z celého území, tedy ze všech kanalizačních okrsků.

| ČÍSLO UZLU | STOKA | OKRSKY  | Ared [m <sup>2</sup> ] | intenzita deště [ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ] | Q <sub>dešť</sub> [ $l \cdot s^{-1}$ ] | Délka [m] | sklon i | DN [m] | Plnění [%] | Unášecí síla (Pa) |
|------------|-------|---------|------------------------|--|--|-----------|---------|--------|------------|-------------------|
| 7-6        | C     | všechny | 12792.49               | 120  | 153.5098                               | 22.2      | 0.04    | 0.25   | 59         | 26                |
| 7-6        | C     | všechny | 12792.49               | 120  | 153.5098                               | 21.7      | 0.04    | 0.25   | 59         | 26                |
| 7-6        | C     | všechny | 12792.49               | 120  | 153.5098                               | 50        | 0.04    | 0.25   | 59         | 26                |
| 7-6        | C     | všechny | 12792.49               | 120  | 153.5098                               | 58.4      | 0.04    | 0.25   | 59         | 26                |
| 7-6        | C     | všechny | 12792.49               | 120  | 153.5098                               | 58.4      | 0.04    | 0.25   | 59         | 26                |

Tab. 6.10 Posouzení kapacity stok dešťové kanalizace

### Technické řešení

STOKA C začíná v šachtě bezpečnostního přelivu vsakovací nádrže. Odtud pokračuje v terénu k silnici II/230. V těchto místech bude proveden protlak ocelové chráničky DN 400 pod komunikací o vzdálenosti 9 m, tak aby nedošlo k poškození komunikace. Do chráničky bude potrubí následně vloženo. Stoka pokračuje přes soukromé pozemky č.p. 123/19 a 526. Dešťová kanalizace je zaústěna do Otročínského potoka. Na konci potrubí bude vybudován výustní objekt. Potrubí je dlouhé 220,9 m a je uloženo v hloubce 1,6 m. Po celé délce je kanalizace tvořena potrubím PVC DN 250 SN4.

## 6.3 INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY - VARIANTA 1

Pro stanovení předpokládané výše investičních a provozních nákladů jednotlivých objektů HDV bude použit dokument *Voda ve městě - Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. Ceny v publikaci jsou uvedeny s DPH, proto jsem ho pro potřeby výpočtu vždy odečetl.

Pro kanalizační systémy i jiné prvky je pro stanovení ceny použita metodika *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí (Aktualizace 2021) zpracovaný Ministerstvem pro místní rozvoj*. Ceny jsou uvedeny bez DPH.

Dokumenty slouží pro zajištění jednotného postupu při výpočtu pořizovací ceny stokových sítí a prvků modrozelené infrastruktury. V investičních nákladech jsou vždy zahrnuty i ceny stavebních prací.

| Typ nákladu                    | m.j.           | množství | cena/m.j. | Celkem bez DPH [kč] |
|--------------------------------|----------------|----------|-----------|---------------------|
| Zatrávňovací tvárnice          | m <sup>2</sup> | 240.8    | 1100      | 264900              |
| Vsakovací průleh               | m <sup>2</sup> | 347.47   | 1700      | 590700              |
| Propustek DN 300 beton         | bm             | 2        | 14830     | 29700               |
| Potrubí PVC DN 250 (STOKA A+B) | bm             | 299.53   | 7200      | 2156600             |
| Dešťová přípojka plast. DN 150 | bm             | 159.16   | 5200      | 827600              |
| Vsakovací nádrž                | m <sup>2</sup> | 584.79   | 1500      | 877200              |
| Sedimentační prostor           | m <sup>2</sup> | 98.07573 | 1500      | 147100              |
| Potrubí PVC DN250 (STOKA C)    | bm             | 210.70   | 7200      | 1517000             |
| Protlak ocel chráničky DN 400  | ks             | 1        | 42600     | 42600               |
| Výustní objekt                 | m <sup>3</sup> | 5.8      | 15300     | 88700               |
| Projektová dokumentace         | %              | 10.47    | 6542100   | 684958              |
| Celkem                         |                |          |           | 7227100             |

**Tab. 6.11 Investiční náklady - Varianta 1**

Cena za projektovou dokumentaci je stanovena dle honorářových zón vyjádřená jako 10,47 % z celkových započitatelných nákladů. Za dešťovou přípojku je kromě přípojek halových objektů považováno i odtokové potrubí z šachet bezpečnostních přelivů u všech průlehů. Celkové náklady na vybudování systému odvodnění dle varianty 1 jsou 7 227 100 Kč bez DPH.

| Typ nákladu                    | Provozní náklady [Kč/rok] | Doba životnosti [let] | Odpisy majetku [Kč/rok] | Roční náklady [Kč/rok] |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Zatrávňovací tvárnice          | 500                       | 80                    | 3300                    | 3800                   |
| Vsakovací průleh               | 1200                      | 80                    | 7400                    | 8600                   |
| Propustek DN 300 beton         | 100                       | 80                    | 400                     | 500                    |
| Potrubí PVC DN 250 (STOKA A+B) | 4300                      | 80                    | 27000                   | 31300                  |
| Dešťová přípojka plast. DN 150 | 1700                      | 80                    | 10300                   | 12000                  |
| Vsakovací nádrž                | 1800                      | 80                    | 11000                   | 12800                  |
| Sedimentační prostor           | 700                       | 80                    | 1800                    | 2500                   |
| Potrubí PVC DN250 (STOKA C)    | 3000                      | 80                    | 19000                   | 22000                  |
| Protlak ocel chráničky DN 400  | 100                       | 80                    | 500                     | 600                    |
| Výustní objekt                 | 200                       | 80                    | 1100                    | 1300                   |
| Celkem                         |                           |                       |                         | 95400                  |

**Tab. 6.12 Celkové roční provozní náklady - Varianta 1**

Provozní náklady jsou orientačně stanoveny na základě náročnosti údržby konkrétního objektu. Například vsakovací zařízení a průlehy jsou poměrně nenáročné na údržbu. I přesto je potřeba alespoň 4x ročně posekat trávník ve vsakovacím zařízení. Dále pak na podzim shrabat listí a současně odstranit i jiné přebytečné předměty, které mohou omezovat správnou funkci průlehu. Po delší době, kdy bude objem vsakovací nádrže zredukován o 20 %

usazeným sedimentem, bude zapotřebí vynaložit finanční prostředky na odtěžení přebytečného sedimentu. Zanesení nádrže se zpravidla objevuje po více než 25 letech provozu. To samé platí i pro sedimentační prostor, kde se očekává zanesení v mnohem kratším časovém intervalu. U zatravnovacích tvárnic se uvažuje s vytrháním plevele v průběhu roku. [38][30]

Během roku se může na areálové kanalizaci objevit několik poruch, které je třeba neprodleně opravit. Občas je vhodné preventivně provést vizuální kontrolu kanalizace, která je prováděna kamerovým vozíkem. Kontrola by se měla provádět 1x za 5 let. Opravy, proplach a kontrola budou zajištěny vždy externím dodavatelem. [77]

Dobu životnosti uvažují u všech položek 80 let. Opět se jedná o orientační hodnoty. Veškeré objekty jsou zhotoveny z odolných materiálů, převážně plastu a betonu. V principu se jedná o jednoduché technologie bez potřeby elektrické energie.

Odpisy majetku jsou důležitou položkou při hodnocení ekonomické efektivnosti projektu v čase. Každá věc se časem opotřebovává až se nenávratně poškodí. Smyslem odpisů je odvádět určitou peněžní částku po dobu životnosti objektu stranou ve formě nákladů. Na konci doby životnosti stavebního objektu by investor měl mít naspořenou částku, za kterou dokáže stejný objekt vybudovat znovu.

Celkové roční náklady na provoz jsou tvořeny součtem provozních nákladů a odpisů. U Varianty 1 jsou stanoveny na hodnotu 95 400 Kč bez DPH.

## 7 KONCEPČNÍ NÁVRH VARIANTA 2

Návrh odvodnění průmyslového areálu je řešeno v souladu s platnou legislativou a podporuje správné hospodaření s dešťovými vodami dle současných norem. Na daném území se nachází vhodné podmínky pro vsakování a z toho vychází i následující koncept. Stavební zákon nám v takovém případě udává povinnost dešťové vody na pozemku vsakovat. Návrh počítá se zasakováním na pozemku v co největší míře. Návrh je téměř totožný s předchozí variantou. Opět je odvodnění areálu tvořeno systémem vsakovacích průlehů a dešťové kanalizace, která ústí do vsakovací nádrže umístěné v jižní části pozemku. Změnou oproti první variantě je, že část dešťové vody se shromažďuje v akumulacích nádržích a následně je využívána na splachování toalet. Pro každou halu připadá vlastní akumulací nádrž. Celkově řeším 7 samostatných hal, jejichž stručný popis jsem uvedl v kapitole 5.2.2. Umístění akumulací nádrže bude vždy v těsné blízkosti haly, do které dodává vodu pro splachování. Voda do nádrže stéká čistě ze střešních ploch. Dále počítám s mírným snížením nároků na objem vsakovací nádrže, jelikož část objemu odtoku při dešťové události se zachytí v akumulacích nádržích. Varianta má hned několik ekologických benefitů. Schéma řešení viz příloha 4.

### 7.1 POUŽITÉ NORMY PRO NÁVRH

ČSN 75 6781 - Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Zařízení pro využití srážkových vod

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

### 7.2 NÁVRH OBJEKTŮ SYSTÉMU HDV

V případě zatravnovacích tvárnic, průlehů, areálové kanalizace a výustního potrubí je varianta totožná s předchozí variantou. Změní se pouze rozměr vsakovací nádrže a přibude zařízení na akumulaci dešťových vod.

#### 7.2.1 Podrobné řešení akumulace dešťových vod

##### *Objem nádrže dle potřeby vody*

Srážkové vody v objektech hal budou využívány pouze na splachování toalet. Jak již bylo zmíněno každá hala má své zázemí pro zaměstnance, kde jsou mimo jiné situovány i místnosti WC s celkovým počtem 4 toalet. Celkově objekt využívá 163 osob, přičemž v prostorách každé výrobní haly se počítá s 21 zaměstnanci. Vstupní halu včetně všech jejích prostor užívá pravidelně 37 osob. U záchodů ve výrobních prostorech jsem počítal se spotřebou na splachování  $19 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$  dle tabulky níže. Vzhledem ke skutečnosti, že se ve vstupní hale nachází i prostory pro ubytování, tak jsem spotřebu na splachování toalet přirovnal spíše k budově pro ubytování. Zůstal jsem ale u nižší hranice a to  $25 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ .

|   | Hodnoty<br>[l*osoba <sup>-1</sup> *den <sup>-1</sup> ] | Poznámka  |
|---|--|---|
| Záchody v bytech a budovách pro ubytování | 25 až 30   |   |
| Záchody v administrativní budově          | 12 až 19   | Vyšší z hodnot se uvažuje při využití budovy delším než 8.5 h během dne |
| Záchody ve škole                          | 6  |   |

**Tab. 7.1 Hodnoty spotřeby vody na splachování**

Objem akumulční nádrže dle potřeby vody lze vypočítat dle vztahu [81]:

$$V_{ANP} = n \times D_p \times d_d [m^3] \quad (7.1)$$

kde

$V_{ANP}$  objem nádrže dle potřeby [ $m^3$ ]

$n$  počet osob v připojené budově

$d_d$  zvolené suché období (počet dnů akumulace vody do možných srážek) vyjádřené ve dnech

Pro Českou republiku se uvažuje doba trvání suchého období 20 dní. [79]

| AN | Objekt             | n  | $D_p$ [l/os/d] | $d_d$ | $V_{ANP} [m^3]$ |
|----|--------------------|----|----------------|-------|-----------------|
| 1  | Vstupní Hala - AN1 | 37 | 25             | 20    | 18.5            |
| 2  | Hala 01 - AN2      | 21 | 19             | 20    | 8.0             |
| 3  | Hala 02 - AN3      | 21 | 19             | 20    | 8.0             |
| 4  | Hala 03 - AN4      | 21 | 19             | 20    | 8.0             |
| 5  | Hala 04 - AN5      | 21 | 19             | 20    | 8.0             |
| 6  | Hala 05a - AN6     | 21 | 19             | 20    | 8.0             |
| 7  | Hala 05b - AN7     | 21 | 19             | 20    | 8.0             |

**Tab. 7.2 Objem nádrže dle potřeby vody**

### ***Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody***

Pro množství zachycené srážkové vody použijeme vztah [79]:

$$Q = \frac{j \times P \times f_s \times f_f}{1000} [m^3 \times rok^{-1}] \quad (7.2)$$

kde

$Q$  množství zachycené srážkové vody [ $m^3 \cdot rok^{-1}$ ]

$j$  srážkový normál [ $mm \cdot rok^{-1}$ ]

$P$  využitelná plocha střechy [ $m^2$ ]

$f_s$  koeficient odtoku střechy [-]

$f_f$  koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot [-]

Srážkový normál je hodnota charakterizující průměrný roční srážkový úhrn za 30leté období na určitém území. Tato hodnota se vždy používá 30 let, poté se aktualizuje. Do nedávna se používal srážkový normál pro období 1961-1990. Z portálu ČHMÚ jsou již dostupné hodnoty pro jednotlivé kraje pro období 1991-2020. Pro Plzeňský kraj je to 686 mm\*rok-1. V ČSN 75 6780 doposud najdeme srážkový normál z předchozího období.

Koeficient odtoku ze střechy jsem uvažoval stejnou hodnotu jako v případě odtokového součinitele u kanalizačních okrsků. Do akumulací nádrže jsou svedeny vody z extenzivní zelené sedlové střechy, plechové střechy a prosklené střechy. Výpis plochy střech jednotlivých povrchů a výpočet průměrného koeficientu střechy je uveden viz Příloha 4.

Objem nádrže vypočtu dle vztahu [79]:

$$V_{ANO} = \frac{z \times Q}{365} [m^3] \quad (7.3)$$

kde

$V_{ANO}$  objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody [ $m^3$ ]

$z$  koeficient optimální velikosti – obvykle 20

$Q$  množství zachycené srážkové vody [ $m^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ ]

| AN | Ozn.               | P<br>(A) [ $m^2$ ] | $f_s$<br>( $\psi$ ) [-] | $j$<br>[ $mm \cdot \text{rok}^{-1}$ ] | $f_r$<br>[-] | $Q$<br>[ $m^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ ] | $z$<br>[-] | $V_{ANO}$<br>[ $m^3$ ] |
|----|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------|--|------------|------------------------|
| 1  | Vstupní Hala - AN1 | 1749.93            | 0.933                   | 686                                   | 0.9          | 1007.49                                | 20         | 55.2                   |
| 2  | Hala 01 - AN2      | 953.52             | 0.875                   | 686                                   | 0.9          | 515.10                                 | 20         | 28.2                   |
| 3  | Hala 02 - AN3      | 915.57             | 0.873                   | 686                                   | 0.9          | 493.52                                 | 20         | 27.0                   |
| 4  | Hala 03 - AN4      | 816.48             | 0.884                   | 686                                   | 0.9          | 445.79                                 | 20         | 24.4                   |
| 5  | Hala 04 - AN5      | 1048.51            | 0.886                   | 686                                   | 0.9          | 573.34                                 | 20         | 31.4                   |
| 6  | Hala 05a - AN6     | 864.16             | 0.846                   | 686                                   | 0.9          | 451.39                                 | 20         | 24.7                   |
| 7  | Hala 05b - AN7     | 907.7              | 0.849                   | 686                                   | 0.9          | 475.66                                 | 20         | 26.1                   |

Tab. 7.3 Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody

### ***Potřebný objem nádrže***

Pro návrh velikosti akumulací nádrže se vybere minimální objem  $V_{AN}$  z vypočtených objemů  $V_{ANP}$  a  $V_{ANO}$ .

$$V_{AN} = \min(V_{ANP}; V_{ANO}) \quad (7.4)$$

kde

$V_{AN}$  potřebná objem nádrže

$V_{ANP}$  objem nádrže dle potřeby [ $m^3$ ]

$V_{ANO}$  objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody [ $m^3$ ]

| AN | Ozn.               | V <sub>AN</sub> [m <sup>3</sup> ] |
|----|--------------------|-----------------------------------|
| 1  | Vstupní Hala - AN1 | 18.5                              |
| 2  | Hala 01 - AN2      | 8.0                               |
| 3  | Hala 02 - AN3      | 8.0                               |
| 4  | Hala 03 - AN4      | 8.0                               |
| 5  | Hala 04 - AN5      | 8.0                               |
| 6  | Hala 05a - AN6     | 8.0                               |
| 7  | Hala 05b - AN7     | 8.0                               |

**Tab. 7.4 Potřebný objem nádrže**

Potřebný objem akumulární nádrže je v případě výrobních hal pro všechny stejný a to 8 m<sup>3</sup>. Vstupní hala má větší spotřebu vody na splachování než ve výrobě a proto objem akumulární nádrže musí být větší než 18,5 m<sup>3</sup>.

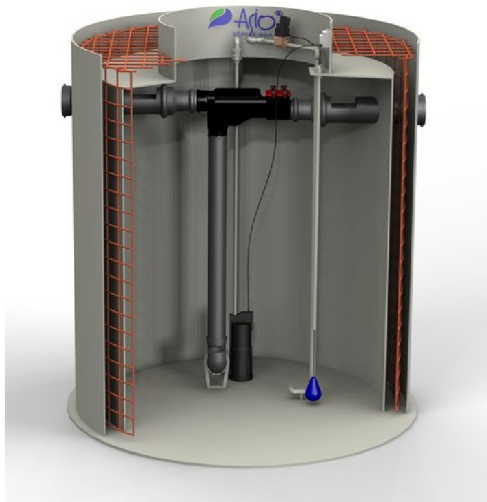
### **Znečištění**

Znečištění vody shromažďované v akumulární nádrži je ovlivněno typem povrchu sběrné plochy. Jak už bylo zmíněno, tak veškeré srážkové vody jsou sbírány ze střech. U zelených střech může kvalitu vody zhoršit zbarvení. Pro pozinkované plechové střechy je zase typický vyšší výskyt těžkých kovů. Objevit se mohou i hrubé nečistoty, například listí v podzimním období. Z tohoto důvodu je vhodné navrhnout mechanické předčištění například filtrem na dešťovou vodu umístěným v akumulární nádrži. V akumulární nádrži probíhá čištění sedimentací. Žádný jiný stupeň čištění není potřeba. Požadavky na kvalitu dešťové vody pro splachování jsou minimální a při využívání nehrozí žádné riziko infekce. [81]

### **Technické řešení**

V případě návrhu akumulární nádrže pro výrobní haly vycházím z podmínky, že optimální objem nádrže je 8 m<sup>3</sup>. Vhodnou volbou pro následující situaci je například válcová nádrž AS – REWA kombi 8 EO s objemem 8 m<sup>3</sup>, která je tvořena z plastové konstrukce. Vyrábí se svařováním polypropylenových desek. Systém nádrže je přizpůsoben k zachycení, vyčištění od mechanických nečistot, akumulaci a přivedení vody do objektu. Voda je přiváděna do nádrže potrubím PVC DN 150, na kterém je vevnitř nádrže osazen samočisticí filtr srážkové vody. Filtr čistí vodu, která putuje do nádrže, veškeré hrubé nečistoty jsou odděleny a pokračují dále do kanalizačního systému. Dopad vody do nádrže je zmírněn potrubím na zklidnění proudu nátokové vody. Součástí systému je i ponorné tlakové čerpadlo a přepadové potrubí. Přístup do nádrže je umožněn kruhovým komínkem DN 800, na kterém je osazeno pochozí víko. Dále nádrž obsahuje systém dopouštění pitnou vodou. Nádrž bude uložena na podkladním betonu tl. 150 mm. Stěny a strop se vyztuží kari sítí a obetonují. [82]





**Tab. 7.5 Akumulační nádrž – AS-REWA kombi 8EO [82]**

Akumulační nádrž pro vstupní halu musí mít zásobní objem alespoň  $18,5 \text{ m}^3$ . Nádrž použitá výše se v tak velkých objemech nevyrábí. Zde jsem zvolil pravouhloú prefabrikovanou betonovou nádrž o rozměrech  $2,1 \times 4,3 \times 2,38$  (š x d x v) od výrobce PREFEA Brno. Celkový prostor nádrže činí  $21,49 \text{ m}^3$ . Ten bude ovšem mírně snížen uspořádáním přítokového a odtokového potrubí PVC DN 150. Veškeré technologie budou vytvořeny dodatečně. Vstupní otvor pro revizi bude tvořen betonovými skružemi. Hloubka uložení pod terénem bude 1 m. Konstrukci je vhodné opatřit asfaltovým penetračním nátěrem z vnější strany. Technologie bude tvořena přítokovým a přepadovým potrubím, samočisticím filtrem, tlakovým ponorným čerpadlem a systémem na dopouštění pitné vody. Konstrukce bude uložena na základovou desku tl. 200 mm z podkladního betonu C 20/25 vyztuženého kari sítí. [83]

### **7.2.2 Vsakovací nádrž**

Ve variantě 2 jsou do vsakovací nádrže zaústěny vody z plochy  $A = 18\,251 \text{ m}^2$ . Jak již bylo zmíněno, část objemu srážkového úhrnu bude zadržena v akumulacích nádržích. To jsem zahrnul do výpočtu retenčního objemu.

## Výpočet

|                                 |                   |   |                                    |
|---------------------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| Označení Vsakovací nádrže       | VN                | 1   | [-]                                |
| Odvodněné okrsky                | o                 | 2;4;5;6;8;10<br>;14;15;16;17<br>;18;19;20 | [-]                                |
| Plocha okrsku                   | A                 | 20014.03                                  | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Odvodňovaná plocha              | A <sub>red</sub>  | 9876.1                                    | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Plocha dna                      | A <sub>dno</sub>  | 495                                       | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Obvod dna                       | O <sub>dno</sub>  | 93  | [m]                                |
| sklon svahu 1:3                 | m                 | 3   | [-]                                |
| Výška propust. Stěn - výška hl. | h <sub>vz</sub>   | 0.6                                       | [m]                                |
| Skutečný objem vsak. zařízení   | V <sub>sk</sub>   | 347.22                                    | [m <sup>3</sup> ]                  |
| Součinitel vsaku                | k <sub>v</sub>    | 0.000005                                  | [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ] |
| Součinitel bezpečnosti vsaku    | f                 | 2   | [-]                                |
| Vsakovaný odtok                 | Q <sub>vsak</sub> | 0.0012726                                 | [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ] |
| Regulovaný odtok                | Q <sub>reg</sub>  | 0   | [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ] |
| Objem vody v akumul. nádrži     | V <sub>AK</sub>   | 66.38                                     | [m <sup>3</sup> ]                  |
| Vsakovací plocha                | A <sub>vsak</sub> | 509.04                                    | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Plocha hladiny                  | A <sub>vz</sub>   | 509.04                                    | [m <sup>2</sup> ]                  |
| Periodicita deště               | p                 | 0.20                                      | [-]                                |

**Tab. 7.6 Vstupní parametry výpočtu**

Potřebná plocha pro vsakování se nám snížila o 60 m<sup>2</sup> oproti variantě 1. To se mírně odrazí i v nákladech na vybudování nádrže. Výpočet retenčního objemu vychází z následující bilance:

$$V_{vz} = V_{přítok} - Q_{vsak} \cdot V_{AN}$$

(7.5)

| p = 0.2 |                     |                                      | h <sub>d</sub>                        |                                       | i                                 |                                   |
|---------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| t [min] | h <sub>d</sub> [mm] | i [ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ] | V <sub>přítok</sub> [m <sup>3</sup> ] | V <sub>přítok</sub> [m <sup>3</sup> ] | V <sub>vz</sub> [m <sup>3</sup> ] | V <sub>vz</sub> [m <sup>3</sup> ] |
| 5       | 10.62               | 363.00                               | 110.32                                | 113.09                                | 43.55                             | 46.33                             |
| 10      | 15.30               | 258.00                               | 160.07                                | 160.76                                | 91.77                             | 93.62                             |
| 15      | 17.96               | 202.00                               | 187.90                                | 188.80                                | 119.01                            | 121.28                            |
| 20      | 19.80               | 168.00                               | 207.16                                | 209.36                                | 137.75                            | 141.46                            |
| 30      | 22.18               | 126.00                               | 232.07                                | 235.53                                | 161.72                            | 166.86                            |
| 40      | 23.95               | 103.00                               | 250.50                                | 256.72                                | 179.25                            | 187.29                            |
| 60      | 26.47               | 76.30                                | 276.89                                | 285.26                                | 203.92                            | 214.30                            |
| 120     | 30.65               | 44.50                                | 320.64                                | 332.74                                | 242.78                            | 257.20                            |
| 240     | 34.15               | 23.71                                | 357.20                                | 354.62                                | 269.91                            | 269.92                            |
| 360     | 35.72               | 16.54                                | 373.69                                | 370.99                                | 277.11                            | 277.12                            |
| 480     | 37.02               | 12.85                                | 387.27                                | 384.47                                | 281.43                            | 281.44                            |
| 600     | 38.20               | 10.61                                | 399.61                                | 396.72                                | 284.52                            | 284.53                            |
| 720     | 39.18               | 9.07                                 | 409.87                                | 406.91                                | 285.54                            | 285.55                            |
| 1080    | 42.04               | 6.49                                 | 439.83                                | 436.65                                | 287.80                            | 287.81                            |
| 1440    | 43.81               | 5.07                                 | 458.26                                | 454.95                                | 278.61                            | 278.62                            |
| 2880    | 58.37               | 3.38                                 | 610.57                                | 606.17                                | 319.87                            | 319.88                            |
| 4320    | 66.62               | 2.57                                 | 696.88                                | 691.85                                | 295.59                            | 295.61                            |

Tab. 7.7 Výpočet retenčního objemu vsakovací nádrže

|                                |                 |        |                   |   |        |                   |          |
|--------------------------------|-----------------|--------|-------------------|---|--------|-------------------|----------|
| Retenční objem vsak. zařízení  | V <sub>vz</sub> | 319.88 | [m <sup>3</sup> ] | < | 347.22 | [m <sup>3</sup> ] | Vyhovuje |
| Doba prázdnění T <sub>pr</sub> | T <sub>pr</sub> | 69.82  | [hod]             | < | 72     | hod               | Vyhovuje |

Tab. 7.8 Posouzení retenčního objemu a doby prázdnění

Retenční objem navržené nádrže odpovídá potřebnému objemu pro zadržení deště o periodicitě  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ . Doba prázdnění vyhovuje doporučení normy.

### Technické řešení

Technické řešení je totožné jako v případě Varianty 1. Nádrž se skládá ze sedimentačního prostoru o objemu  $39,5 \text{ m}^3$  a samotné vsakovací nádrže, jejíž objem činí  $337,68 \text{ m}^3$ .

## 7.3 INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY – VARIANTA 2

Tab. Investiční náklady – Varianta 2

Změna oproti přechozí variantě je přidání položky akumulární nádrže. Celkově se vybuduje 7 kusů nádrží, které dohromady tvoří objem  $66,5 \text{ m}^3$ . Cena položky v sobě zahrnuje nejen samotnou nádrž, ale také ceny za zemní práce, přemístění materiálu, dokopávky, podsyp, obsyp a technologii na čerpání vody. [38]

| Typ nákladu                    | m.j.           | množství | cena/m.j. | Celkem bez DPH [kč] |
|--------------------------------|----------------|----------|-----------|---------------------|
| Zatrávňovací tvárnice          | m <sup>2</sup> | 240.8    | 1100      | 264900              |
| Vsakovací průleh               | m <sup>2</sup> | 347.47   | 1700      | 590700              |
| Propustek DN 300 beton (6m)    | bm             | 2        | 14830     | 29700               |
| Potrubí PVC DN 250 (STOKA A+B) | bm             | 299.53   | 7200      | 2156600             |
| Dešťová přípojka plast. DN 150 | bm             | 159.16   | 5200      | 827600              |
| Vsakovací nádrž                | m <sup>2</sup> | 509.04   | 1500      | 763600              |
| Sedimentační prostor           | m <sup>2</sup> | 98.08    | 1500      | 147100              |
| Potrubí PVC DN250 (STOKA C)    | bm             | 210.70   | 7200      | 1517000             |
| Protlak ocel chráničky DN 400  | ks             | 1.0      | 42600     | 42600               |
| Výustní objekt                 | m <sup>3</sup> | 5.80     | 15300     | 88700               |
| Akumulační nádrže              | m <sup>3</sup> | 66.38    | 28350     | 1881900             |
| Projektová dokumentace         | %              | 10.47    | 8310400   | 870099              |
| Celkem                         |                |          |           | 9180500             |

**Tab. 7.9 Investiční náklady – Varianta 2**

Přestože náklady na vybudování vsakovací nádrže jsou nižší než v případě varianty 1 a dochází tak k mírné úspoře. Pořízení 7 kusů akumulacních nádrží je finančně náročnější. Proto Varianta 2 je dražší než varianta 1. Celkové odhadované náklady na výstavbu činí 9 180 500 Kč bez DPH.

| Typ nákladu                    | Provozní náklady [Kč/rok] | Doba životnosti [let] | Odpisy majetku [Kč/rok] | Roční náklady [Kč/rok] |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Zatrávňovací tvárnice          | 500                       | 80                    | 3300                    | 3800                   |
| Vsakovací průleh               | 1200                      | 80                    | 7400                    | 8600                   |
| Propustek DN 300 beton (6m)    | 100                       | 80                    | 400                     | 500                    |
| Potrubí PVC DN 250 (STOKA A+B) | 4300                      | 80                    | 27000                   | 31300                  |
| Dešťová přípojka plast. DN 150 | 1700                      | 80                    | 10300                   | 12000                  |
| Vsakovací nádrž                | 1500                      | 80                    | 9500                    | 11000                  |
| Sedimentační prostor           | 700                       | 80                    | 1800                    | 2500                   |
| Potrubí PVC DN250 (STOKA C)    | 3000                      | 80                    | 19000                   | 22000                  |
| Protlak ocel chráničky DN 400  | 100                       | 80                    | 500                     | 600                    |
| Výustní objekt                 | 200                       | 80                    | 1100                    | 1300                   |
| Akumulační nádrže              | 16595                     | 50                    | 37600                   | 54195                  |
| Celkem                         |                           |                       |                         | 147800                 |

**Tab. 7.10 Celkové roční provozní náklady - Varianta 2**

Akumulační nádrž jako taková je poměrně jednoduché a bezproblémové zařízení s dlouhou dobou životnosti. Je v ní ale osazeno čerpadlo, které je podstatně náchylnější na poruchy, spotřebovává energii a má nižší životnost než konstrukce nádrže. Z toho důvodu jsem uvažoval průměrnou dobu životnosti celého zařízení 50 let. Čerpadlo také značně zvyšuje náklady na provoz, z důvodu spotřeby elektrické energie. Průměrné náklady na provoz u akumulacních nádrží s technologií činí 150-350 Kč\*m<sup>3</sup>. [38]

Celkové roční náklady na provoz systému odvodnění jsem stanovil na 147 800 Kč bez DPH.

## 8 POROVNÁNÍ VARIANT

Momentálně není aktuální žádná výzva k dotaci, o kterou by mohl investor potenciálně uvažovat. Dešťovka poskytuje dotace pouze pro bytové a rodinné domy. Se získáním dotace nelze uvažovat ani v případě 19.výzvy *Ministerstva životního prostředí*. Investor podnikající jako právnická osoba nemá možnost dotaci získat. Ta je určena pro města, obce, kraje, organizační složky státu apod. a hradí až 85 % celkových způsobilých výdajů.

Pro podnikatele bylo do nedávna možné získat dotaci až 40 % na úsporu pitné vody v průmyslu. Teoreticky by ji bylo možné využít pouze v případě varianty 2, která by tak získala nespornou výhodu oproti variantě 1. Jednalo se o dotaci *Úspory vody v průmyslu – 1. výzva*, která byla vyhlášena v rámci *Národního plánu obnovy*. Příjem žádostí byl ukončen 30.9.2022. Není vyloučeno vyhlášení podobné výzvy v budoucnu.

Na první pohled je zřejmé, že v případě Varianty 1 se jedná o výhodnější řešení, co se týče ceny za investiční náklady, ale i za náklady na provoz. Avšak varianta 2, kde se využívá dešťová voda na splachování, by potenciálně mohlo dojít k výnosům z hlediska úspory na vodném. To neplatí v tomto případě, kdy bude voda do objektu čerpána z vlastních podzemních zdrojů. Investor se platby za vodné vyhne v obou případech. Ani jedno z řešení negeneruje výnosy.

| Porovnání dle NPV                |     | Varianta1 | Varianta2 | -                       |
|----------------------------------|-----|-----------|-----------|-------------------------|
| Cena Celkem bez DPH              | C   | 7227100   | 9180500   | [Kč]                    |
| Celkové roční náklady na provoz  | N   | 95400     | 147800    | [Kč*rok <sup>-1</sup> ] |
| Celkové roční výnosy             | V   | 0         | 0         | [Kč*rok <sup>-1</sup> ] |
| Úroková míra                     | r   | 3         | 3         | %                       |
| Doba životnosti projektu         | n   | 40        | 40        | [let]                   |
| Celková výše investice za 40 let | NPV | -11043100 | -15092500 | [Kč]                    |

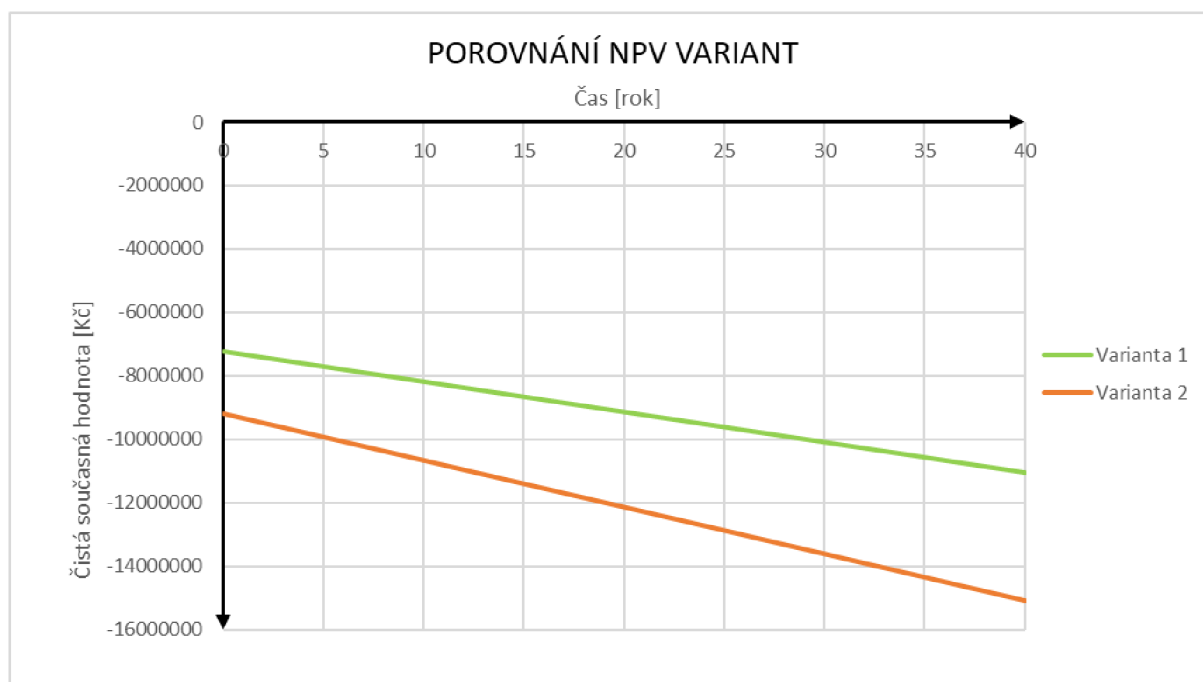
Tab. 8.1 Ekonomické porovnání

Pro zohlednění času ve sledování ekonomické efektivity obou projektů jsem použil čistou současnou hodnotu (NPV) pro časový interval 40 let.

$$NPV = \frac{CF_n}{(1+r)^n} [Kč] \quad (8.1)$$

kde

- CF Finanční tok za každý rok
- n doba životnosti projektu
- r úroková míra (diskont)



**Tab. 8.2 Graf NPV**

Není překvapením, že investice je v obou případech nenávratná. Výhodou obou řešení jsou především ekologické benefity. Rozdíl mezi variantami z pohledu celkových investovaných peněz do výstavby a provozu se v čase neustále prohlubuje. Z hlediska finanční náročnosti řešení bezesporu vítězí varianta 1.

Obě varianty se vyznačují minimálním negativním vlivem na životní prostředí. Jsou navrženy tak, aby co nejvíce korespondovaly s hydrologickou bilancí, která probíhá v přirozeném přírodním prostředí. V obou případech je kladen důraz na maximální vsakování dešťové vody do půdy a tím pádem i k dotaci hladiny podzemních vod. Dešťová voda je vždy dostatečně předčištěna před samotným vsakem a tudíž nedochází ke kontaminaci podzemních vod. Zároveň ani jedna z variant nenapomáhá tvorbě tepelného ostrova, ikdyž se lokalita nachází na venkově, kde zmíněný problém příliš nehrozí. Voda na území zadržuje značný objem srážkového úhrnu, to má kladný efekt na snížení pravděpodobnosti vzniků povodní.

V případě ekologického přínosu má dle mého názoru mírně navrch varianta 2 z jediného důvodu, kterým je využití srážkových vod na splachování toalet v jednotlivých halách. Vlastník bude odebírat vodu z podzemních prostor. To, že za ni neplatí stočné neznamená, že s ní nemusí šetřit. Je na zvážení investora, zda-li je mu idea efektivního nakládání s vodou blízka a je ochoten do ní investovat. Další výhodou varianty 2 je získání více bodů při hodnocení budovy pro certifikaci BREEAM a LEED v kategorii Water nebo Water efficiency. Autoři konceptu tvrdí, že budovu s certifikací BREEAM můžete pronajmout či prodat až o 30 % draž. Je třeba zmínit, že certifikaci je možné získat i v případě varianty 1. Hodnotí se celá škála faktorů a kategorií od energetické úspory budovy až po použití materiálů na výstavbu s nízkým dopadem na životní prostředí. To znamená, že získání více bodů v kategorii Water nebo Water efficiency je podstatná záležitost při získání certifikace, ale nemusí být zcela rozhodující. [73][74]

## 9 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vhodným způsobem vyřešit nakládání s dešťovými vodami v business areálu Víchov, tak aby řešení bylo v souladu se zásadami modrozelené infrastruktury. Započal jsem literární rešerši, v rámci které jsem důkladně popsal základní principy modrozelené infrastruktury měst. Shrnul jsem současné klimatické problémy urbanizovaných sídel a kriticky pohlížel na jejich dosavadní koncepci.

Praktickou část diplomové práce jsem pojal jako aplikaci načerpaných znalostí z rešerše. Převzal jsem materiály architektonické studie business areálu Víchov, kterou vytvořil Ing. Arch. Jakub Hubený v rámci jeho diplomové práce. Úkolem bylo řešit nakládání s dešťovými vodami na daném území a zároveň respektovat návrh architekta, požadavky investora a také vnést do projektu pohled vodohospodáře. Návrh pochopitelně musel být v souladu s legislativou.

V reakci na to jsem vytvořil případovou studii dvou variant řešení, které jsem v závěru navzájem porovnal. První varianta odvodnění spočívala v jednoduchosti. Dešťové vody z lokality byly svedeny do jedné velké zatravněné vsakovací nádrže. Tato varianta mírně oponovala návrhu architekta, který zamýšlel dešťové vody využívat na splachování toalet. Této skutečnosti byla přizpůsobena varianta 2, která mimo to, že řeší správné vsakování dešťových vod na pozemku, tak část vod akumuluje pro následné využití v objektech. U návrhu architekta jsem kritizoval použití asfaltu u parkovacích míst. Architektovi bych v těchto místech doporučil navrhnout zatravněvací tvárnice, vzhledem k jejich ekologickému přínosu. Výrobci dnes nabízí široký sortiment různých tvarů a vzorů zatravněvacích tvarovek a lze s nimi realizovat esteticky zajímavá řešení.

V závěru práce jsem se pokusil objektivně zhodnotit výhody a nevýhody obou variant mezi sebou a doporučit jedno z řešení investorovi i architektovi. Došel jsem k výsledku, že v návaznosti stavby na místní podmínky se investice na využívání dešťových vod v objektu spíše nevyplatí. Jako vhodnější řešení bych tedy doporučil variantu 1.

## 10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] JV PROJEKT VH s.r.o. Hospodaření se srážkovými vodami – *cesta k modrozelené infrastruktuře* [online]. BRNO, srpen 2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2019/05/hdv\\_cesta\\_k\\_mzi.pdf](http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2019/05/hdv_cesta_k_mzi.pdf)
- [2] QUATTROCHI, Dale, Elizabeth STASIAK a Maurice ESTES, JR. *The Urban Heat Island Phenomenon* [online]. duben 2003 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/4709408>
- [3] *Albedo* [online]. 2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://wikijii.com/wiki/Albedo#Trees>
- [4] Oddělení dat a analýz města Brna. *Tepelný ostrov města Brna* [online]. 2022 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://storymaps.arcgis.com/stories/a>
- [5] ŞAHIN, Şukran. Urban heat island profile [online]. 2015 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Figure1-Urban-heat-island-profile-EPA-2013a\\_fig1\\_340592806](https://www.researchgate.net/figure/Figure1-Urban-heat-island-profile-EPA-2013a_fig1_340592806)
- [6] ENCIKLOPEDIA. Městský tepelný ostrov - Urban heat island [online]. 2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://wikijii.com/wiki/Urban\\_heat\\_island#Health\\_effects](https://wikijii.com/wiki/Urban_heat_island#Health_effects)
- [7] PUNČOCHÁŘ, Pavel. O náplni a významu „Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky“ k zajištění vodních zdrojů. SOVAK [online]. 2017, 2017(10), 11-19 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/casopis/cislo-102017-casopisu-sovak>
- [8] Vsakování srážkových vod: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019 [cit. 2023-01-10].
- [9] Podzemní voda ve městě [online]. Praha: Vydal Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i, 2020 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty>
- [10] VÍTEK, Jiří, STRÁNSKÝ David, KABELKOVÁ Ivana, BAREŠ Vojtěch a VÍTEK Radim. Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- [11] KUDERA, MATĚJ. NÁVRH PRVKŮ MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY VE VYBRANÝCH ULICÍCH [online]. Praha, 2021 [cit. 2023-01-10]. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ. Vedoucí práce Ing. Karel Kříž, Ph.D.
- [12] Znečištění srážkových vod [online]. 25. leden, 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://blog.wavin.com/cs-cz/znečisteni-srazkovych-vod>
- [13] ODBOR STAVEBNÍHO ŘÁDU. VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD - Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj [online]. Praha, 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/getattachment>
- [14] RUNCZIKOVÁ, Daniela. Varianty odvodnění místních komunikací [online]. Praha, 2019 [cit. 2023-01-10]. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. České vysoké učení technické fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Karel Kříž, Ph.D.



- [15] STRÁNSKÝ, PH.D., Ing. David. Aktuální trendy v nakládání se srážkovými vodami v urbanizovaných územích [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2013-09-Stransky.pdf>
- [16] HRABICA, Pavel. Povodně 2002 [online]. In: . 13 srpna 2002 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://www.metro.cz/povodne-2002-tisicileta-voda-muze-prahu-splachnout-znova-pia-/praha.aspx?c=A180812\\_203901\\_metro-praha\\_jsk](https://www.metro.cz/povodne-2002-tisicileta-voda-muze-prahu-splachnout-znova-pia-/praha.aspx?c=A180812_203901_metro-praha_jsk)
- [17] NOVOTNÝ, Bc. Michal. Hospodaření s dešťovou vodou v rámci zelené infrastruktury měst [online]. Brno, 2021 [cit. 2023-01-10]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně fakulta stavební. Vedoucí práce Prof. Ing. PETR HLAVÍNEK, CSc., MBA.
- [18] : John, H., Marrs, C., Neubert, M. (vyd., 2019). Handbuch Grüne Infrastruktur – Konzeptioneller und theoretischer Hintergrund, Begriffe und Definitionen, deutsche Kurzfassung. Projekt Interreg Central Europe MaGICLandscapes. Výstup projektu O.T1.1, Drážďany. S příspěvky od: M. Erlebach, H. John, P. Pokorná, I. Lasala, T. Slach, H. Skokanová. K dispozici online: <https://www.interregcentral.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html#Outputs>
- [19] Plán hlavních povodí ČR 2007-2027 [online]. Ministerstvo zemědělství, 2007 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.databaze-strategie.cz/cz/mze/strategie/plan-hlavnich-povodi-ceske-republiky>
- [20] ČESKO. Zákon č. 254/2001 Sb. In: [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [21] ČESKO. Vyhláška č. 501/2006 Sb. In: [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>
- [22] ČESKO. Vyhláška č. 501/2006 Sb. In: [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- [23] ČESKO. Zákon č. 274/2001 Sb. In: [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>
- [24] Platforma Climate-ADAPT a nová strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu [online]. 11. května 2021 [cit. 2023-01-10]. ISSN ISSN: 1803-6686. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/119119>
- [25] Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu\\_adaptacni\\_strategie](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie)
- [26] Národní akční plán adaptace na změnu klimatu [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu\\_adaptacni\\_strategie](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie)
- [27] Národní akční plán adaptace na změnu klimatu: Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR [online]. 2021. Ministerstvo životního prostředí v meziresortní spolupráci s využitím klimatologických podkladů Českého hydrometeorologického ústavu [cit. 2023-01-10].
- [28] Požadavky na vodní zdroj [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://zavlahy.irimon.cz/clanek\\_Pozadavky\\_na\\_vodni\\_zdroj](https://zavlahy.irimon.cz/clanek_Pozadavky_na_vodni_zdroj)

- [29] Požadavky na vodní zdroj [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://zavlahy.irimon.cz/clanek\\_pozadavky\\_na\\_vodni\\_zdroj\\_parky](https://zavlahy.irimon.cz/clanek_pozadavky_na_vodni_zdroj_parky)
- [30] TNV 75 9011. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [31] PLOTĚNÝ, Ing. Karel. DEŠŤOVÁ VODA A JEJÍ VYUŽITÍ [online]. 22.1.2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/1165.destova-voda-a-jeji-vyuziti>
- [32] JEŘÁBEK, Bc. Michal. Studie využití dešťových vod pro objekty města Litoměřic [online]. Praha, 2016 [cit. 2023-01-10]. Diplomová práce. České vysoké učení technické fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. David Stránský, Ph.D.
- [33] DUFKA, Jaroslav a Zdeňka DŘEVOJÁNKOVÁ. Srážkové vody – 2. část. Topenářství instalace [online]. 2017(7), 66–69 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/casopis/7-detail-2660>
- [34] ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU DEŠŤOVÉ VODY AS-RAINMAN [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/zarizeni-pro-upravu-destove-vody-as-rainman>
- [35] Hygienické aspekty využití dešťové vody [online]. 17.3.2020 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/>
- [36] KRAUS, Mgr. Michal. Splachování toalety dešťovou vodou [online]. 1.9.2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/>
- [37] Využití dešťové vody na zahradě a v domě [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.vodavdome.cz/vyuziti-destove-vody-na-zahrade-a-v-dome/>
- [38] ČVUT UCEEB a UJEP IEEP. Voda ve městě: Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu [online]. 2021 [cit. 2023-01-10]. ISBN 978-80-01-06817-5. Dostupné z: [www.vodavemeste.cz](http://www.vodavemeste.cz)
- [39] ŠIROKÁ, Bc. Helena. Vodopropustný beton [online]. 8.6.2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vodopropustny-beton-pervious-concrete>
- [40] Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia [online]. National Library of Australia Cataloguing-in-Publication data, 2014 [cit. 2023-01-10]. ISBN 978-1-74326-715-8.
- [41] DOSTÁL, Pavel a kol. Ekonomika a přínosy zelených střech: Příručka pro investory, architekty a projektanty, představující efektivitu zelených střech [online]. 2020 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.czgbc.org>
- [42] ČERMÁKOVÁ, B., MUŽÍKOVÁ, R. Ozeleněné střechy. 1. vyd. Praha: GRADA, 2009.
- [43] BURIAN S., ONDŘEJ J. Oživená architektura. 1. vyd. Praha: Fajma, 1992.
- [44] BURIAN, Samuel a kol. VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ ZELENÝCH STŘECH: STANDARDY PRO NAVRHOVÁNÍ, PROVÁDĚNÍ A ÚDRŽBU [online]. Brno: Odborná sekce Zelené střechy, 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://ekodotace.brno.cz>

- [45] BATOVEC, Bc. Václav;. Zelené fasády [online]. 2018 [cit. 2023-01-10]. Diplomová práce. České vysoké učení technické fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.
- [46] MENCLOVÁ, ALENA. POPÍNAVÉ A PNOUCÍ ROSTLINY DO ZAHRAD [ONLINE]. 2019 [CIT. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz>
- [47] Tuinseizoen [online]. 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://tuinseizoen.com/trendtuin-2019-rust-duurzaamheid/?fbclid=IwAR04ljKN-OhWB9ANZQaMZgmgY91q5F\\_I10C-2fD-SwAiByJ\\_UynzcAf7I18](https://tuinseizoen.com/trendtuin-2019-rust-duurzaamheid/?fbclid=IwAR04ljKN-OhWB9ANZQaMZgmgY91q5F_I10C-2fD-SwAiByJ_UynzcAf7I18)
- [48] Operační program životního prostředí [online]. 2022 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://opzp.cz/o-programu/>
- [49] Infostránka IROP 2021-2027 [online]. 2022 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://irop.mmr.cz/cs/irop-2021-2027>
- [50] Státní fond životního prostředí české republiky: Nová zelená úsporám [online]. 2022 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>
- [51] BELIS. Filtrace dešťové vody [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.belis.cz/44-detail-filtrace-destove-vody-filtrace-destovevody>
- [52] Myshoptet [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://cdn.myshoptet.com/usr/eshop.destovka.eu/user/shop/big/181-1\\_sachta-velka.png?5d854269](https://cdn.myshoptet.com/usr/eshop.destovka.eu/user/shop/big/181-1_sachta-velka.png?5d854269)
- [53] Mlatové povrchy [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/>
- [54] Nové vegetační dlažby pro efektivní hospodaření s dešťovou vodou [online]. 23.9.2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/>
- [55] Onyx-wood: Dopadové plochy [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.onyx-wood.cz/dopadove-plochy/>
- [56] WSU INSIDER: Researchers use recycled carbon fiber to improve permeable pavement [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://news.wsu.edu/press-release/2018/03/01/carbon-fiber-improves-permeable-pavement/>
- [57] Płyta Azurowa Meba [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://polbruk.pl/produkty/p2383~plyta-azurowa-meba>
- [58] KREJČÍ, Vladimír. Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. Brno: Noel 2000, 2003. ISBN 80-860-2039-8. [cit. 2023-01-10]
- [59] BARTLOVÁ, Ing. Jana. Vliv popínavých rostlin na povrchovou vlhkost stavebních konstrukcí [online]. 19.12.2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/23242-vliv-popinavych-rostlin-na-povrchovou-vlhkost-stavebnich-konstrukci>
- [60] ZELENÁ FASÁDA BY LIKO-S [online]. 2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <http://www.zelenafasada.cz/zelene-fasady>
- [61] PLANTS ON WALLS [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.plantsonwalls.com/florafelt-living-wall-guide/>

- [62] Ex Ducati / Mario Cucinella architects [online]. In: . [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/16863/ex-ducati-mario-cucinella-architects/500dbf2f28ba0d66250011b0-ex-ducati-mario-cucinella-architects-image>
- [63] Facciata verde prevegetata Mobicare [online]. In: . 2012 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.poliflor.net/it/progetti/facciata-verde-prevegetata-mobicare/>
- [64] Bc. Jakub Hubený BUSINESS CENTRUM VÍCHOV. Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav architektury. Vedoucí práce doc. Ing. arch. Petr Dýr, Ph.D
- [65] Město Černošín: VíchoV [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.cernosin.cz/turistika/predstavujeme-nase-vesnice/vichov/>
- [66] HRUBAN, Robert. Klimatické oblasti dle Evžena Quitta (1971) [online]. 7.8.2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/>
- [67] Plzeňský kraj: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <http://prvak.plzensky-kraj.cz/>
- [68] ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: UNMZ, 2012. [cit. 2023-01-10].
- [69] HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/>
- [70] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: Geovědní mapy 1:50 000 [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/#>
- [71] Povodňový informační systém: Mapa potenciálního vsaku [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://webmap.dppcr.cz/dpp\\_cr/povis](https://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/povis)
- [72] HARTLOVÁ, Ing. Ludmila a RNDr. Jitka NOVOTNÁ. Mapa potenciálního vsaku (potenciální infiltrace) území [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://www.vodakh.cz/wp-content/uploads/2014/10/OOV\\_Mapa\\_potencialniho\\_vsaku\\_20151022.pdf](https://www.vodakh.cz/wp-content/uploads/2014/10/OOV_Mapa_potencialniho_vsaku_20151022.pdf)
- [73] CBRE. Co je to certifikace BREEAM a jak ji získat? [online]. 31. března 2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [bre.cz/cs-cz/o-cbre/blog/articles/co-je-to-certifikace-breeam-a-jak-ji-ziskat](https://bre.cz/cs-cz/o-cbre/blog/articles/co-je-to-certifikace-breeam-a-jak-ji-ziskat)
- [74] U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. LEED: Rainwater Management [online]. 31. března 2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.usgbc.org/credits/>
- [75] HAMMERBAUER, Jan. Certifikace BREEAM a LEED [online]. 2020 [cit. 2023-01-10]. Bakalářská práce. České vysoké učení technické fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Michal Procházka, Ph.D.
- [76] Družstvo cementářů: Zatravnovací tvárnice, dlažba [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://dcpraha.cz/zatravnovaci-tvarnice-dlazba>
- [77] David Vojvodík Studie řešení nakládání s odpadními vodami pro obec Lhotka. Brno, 2021. 91 s., 5 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Křiška, Ph.D.
- [78] PRŮMĚRNÉ CENY DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY OBCÍ Aktualizace 2019. Brno: Ministerstvo pro místní rozvoj. ISBN 978 -80 -7538 -229 -0.

- [79] VRÁNA, PH.D., Ing. Jakub. Nová evropská norma pro využití srážkových vod [online]. 9.7.2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/17616-nova-evropska-norma-pro-vyuziti-srazkovych-vod>
- [80] SIMANDLOVÁ, Bc. Hedvika. Možnosti hospodaření s dešťovou vodou v areálu Fakulty stavební ČVUT v Praze [online]. Praha, 2019 [cit. 2023-01-10]. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. David Stránský, Ph.D.
- [81] ČSN 75 6781. Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Zařízení pro využití srážkových vod, Praha: UNMZ, 2018. [cit. 2023-01-10].
- [82] Program využití srážkových vod AS-REWA: Projekční a instalační podklady [online]. Brno: ASIO NEW, 2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/materialy-as-rewa>
- [83] Ceník: Nádrže pravoúhlé [online]. Brno: PREFA, 2018 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/nadrze-a-prostorove-prefabrikaty/pravouhlej-nadrze/pravouhlej-nadrze-nizke-a-vysoke/>
- [84] Profesionální informační systém ČKAIT: Srážkové vody a urbanizace krajiny [online]. In: . [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/tp-1-20-1/>
- [85] ČSN 75 6101. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: UNMZ, 2012. [cit. 2023-01-10].

## SEZNAM TABULEK

|  |    |
|--|----|
| Tab. 2.1 Ukázkové hodnoty albeda [3] .....   | 13 |
| Tab. 2.2 Součinitele odtoku pro návrh vsakovacích zařízení dle ČSN 75 9010 [14] .....  | 16 |
| Tab. 2.3 Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkového odtoku (TNV 75 9011)..... | 17 |
| Tab. 4.1 Funkční vrstvy vegetačního souvrství [44].....  | 41 |
| Tab. 4.2 Součinitele odtoku srážkových povrchových vod pro vsakovací zařízení [68].....                                      | 48 |
| Tab. 5.1 Klimatická rajonizace (Quitt 1971).....   | 53 |
| Tab. 5.2 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5-120 minut a periodicitou $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ .....                    | 53 |
| Tab. 5.3 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4-72 hodin a periodicitou $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ .....                     | 54 |
| Tab. 5.4 Vhodnost opatření ve vztahu ke kategoriím mapy [72].....  | 55 |
| Tab. 5.5 Vhodnost opatření ve vztahu ke kategoriím mapy [72].....  | 56 |
| Tab. 5.6 Rozdělení pozemku.....  | 59 |
| Tab. 6.1 Snížení odtoku při použití zatravnovacích tvárníc.....  | 62 |
| Tab. 6.2 Typické znečišťující látky na středně frekventované komunikaci [30].....  | 64 |
| Tab. 6.3 Dimenzování vsakovacích průleहů .....   | 65 |
| Tab. 6.4 Posouzení kapacity stok dešťové kanalizace .....  | 69 |
| Tab. 6.5 Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch [30].....   | 70 |
| Tab. 6.6 Vstupní parametry vsakovací nádrže .....  | 71 |
| Tab. 6.7 Tabulka hydrologické bilance mezi přítokem a odtokem [30] .....   | 72 |
| Tab. 6.8 Výpočet retenčního objemu nádrže.....   | 72 |
| Tab. 6.9 Posouzení retenčního objemu a doby prázdnění .....  | 73 |
| Tab. 6.10 Posouzení kapacity stok dešťové kanalizace .....   | 74 |
| Tab. 6.11 Investiční náklady - Varianta 1 .....  | 75 |
| Tab. 6.12 Celkové roční provozní náklady - Varianta 1 .....  | 75 |
| Tab. 7.1 Hodnoty spotřeby vody na splachování .....  | 78 |
| Tab. 7.2 Objem nádrže dle potřeby vody .....   | 78 |
| Tab. 7.3 Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody.....   | 79 |
| Tab. 7.4 Potřebný objem nádrže.....  | 80 |
| Tab. 7.5 Akumulační nádrž – AS-REWA kombi 8EO [82].....  | 81 |
| Tab. 7.6 Vstupní parametry výpočtu .....   | 82 |
| Tab. 7.7 Výpočet retenčního objemu vsakovací nádrže.....   | 83 |
| Tab. 7.8 Posouzení retenčního objemu a doby prázdnění .....  | 83 |
| Tab. 7.9 Investiční náklady – Varianta 2 .....   | 84 |

|   |    |
|---|----|
| Tab. 7.10 Celkové roční provozní náklady - Varianta 2 ..... | 84 |
| Tab. 8.1 Ekonomické porovnání .....                         | 85 |
| Tab. 8.2 Graf NPV .....                                     | 86 |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 2.1 Tepelný ostrov města Brna 2021 [4]  | 14 |
| Obrázek 2.2 Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném prostředí [10]   | 15 |
| Obrázek 2.3 Průběh součinitele odtoku [14]  | 16 |
| Obrázek 2.4 Povodně Praha- Karlín [16]  | 18 |
| Obrázek 3.1 Oblasti podpor OPŽP 2021-2027 [48]  | 25 |
| Obrázek 4.1 Podokapový filtr [51]   | 27 |
| Obrázek 4.2 Filtrační šachta [52]   | 28 |
| Obrázek 4.3 Akumulační nádrž [38]   | 28 |
| Obrázek 4.4 Mlatová plocha (vlevo) [53] Štěrková plocha (vpravo) [54]   | 29 |
| Obrázek 4.5 Propustní dlažba  | 30 |
| Obrázek 4.6 Povrch EPDM (vlevo) [55] Vodopropustná beton (vpravo) [56]  | 30 |
| Obrázek 4.7 Zatravnovací tvárnice   | 31 |
| Obrázek 4.8 Dešťový záhon [38]  | 32 |
| Obrázek 4.9 Vsakovací průleh [38]   | 33 |
| Obrázek 4.10 Vsakovací rýha s regulovaným odtokem [30]  | 34 |
| Obrázek 4.11 Vsakovací nádrž [30]   | 35 |
| Obrázek 4.12 Vsakovací šachta [84]  | 36 |
| Obrázek 4.13 Suchá retenční dešťová nádrž [38]  | 37 |
| Obrázek 4.14 Retenční dešťová nádrž se stálou hladinou vody [38]  | 37 |
| Obrázek 4.15 Podzemní retenční dešťová nádrž [38]   | 38 |
| Obrázek 4.16 Umělý mokřad [38]  | 39 |
| Obrázek 4.17 Schéma rozhraní vegetačního souvrství a souvrství střešního pláště [44]  | 42 |
| Obrázek 4.18 Jednovrstvá skladba [44]   | 42 |
| Obrázek 4.19 Vícevrstvá skladba s drenážní nopovou folií [44]   | 43 |
| Obrázek 4.20 Vícevrstvá skladba s drenážní sypaninou [44]   | 43 |
| Obrázek 4.21 Vícevrstvá skladba se zvýšenou hydroakumulací [44]   | 43 |
| Obrázek 4.22 Princip systému boxů LIKO-S, 1 - hliníkový rám, 2 - box, 3 - substrát, 4 - fólie, 5 - nerezová mřížka, 6 - vegetace - [60] | 45 |
| Obrázek 4.23 Systém květináčů a truhlíků [47]   | 45 |
| Obrázek 4.24 Systém flexibilních vaků [61]  | 45 |
| Obrázek 4.25 Tradiční zelená fasáda [59]  | 46 |
| Obrázek 4.26 Mřížový podpůrný systém (vlevo) [62] Modulový systém (vpravo) [63]   | 47 |
| Obrázek 5.1 Mapa zájmového území zdroj: ArcMap  | 52 |





## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

ČSN Česká technická norma

DN jmenovitý průměr

DPH Daň z přidané hodnoty

HDV hospodaření s dešťovými vodami

CHKO Chráněná krajinná oblast

ID identifikace

IDVT Identifikace vodního toku

$k_v$  koeficient vsaku

NV Nařízení vlády

MZe Ministerstvo zemědělství

MZI Modrozelená infrastruktura

MŽP Ministerstvo životního prostředí

PVC polyvinylchlorid

SN Kruhová tuhost

TNV technická norma vodního hospodářství

VUT Vysoké učení technické

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 - Výpočet redukovaných ploch kanalizačních okrsků

Příloha 2 - Podrobné hydrotechnické výpočty vsakovacích průlehů

Příloha 3 - Hydrotechnická situace – Varianta 1 1:500

Příloha 4 - Hydrotechnická situace – Varianta 2 1:500

Příloha 5 - Přehledná situace napojení areálu na vodní tok 1:1000