



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Stavební fakulta

Katedra zdravotního a ekologického inženýrství

# Návrh řešení srážkového odtoku v jednotné kanalizaci Horních Počernic

Variants of stormwater runoff mitigation in Horní Počernice sewer system

Diplomová práce

*Studijní program: Inženýrství životního prostředí*

*Studijní obor: Stavební inženýrství*

Vedoucí diplomové práce: Ing. David Stránský, Ph.D.

**Bc. Josef Maun**

Praha, prosinec 2014



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne: .....

Podpis: .....



## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval Ing. Davidu Stránskému, Ph.D. za cenné připomínky a rady při tvorbě diplomové práce. Dále paní Ing. Haně Rozsypalové z firmy PVS a.s. za poskytnutí matematického modelu, Ing. Ondřeji Samkovi z firmy Glynwed s.r.o. za rady ohledně HDV objektů a Ing. Lukáši Mejzlíkovi z firmy Wavin Ekoplastik s.r.o. za poskytnutí aktuálních dat pro návrh vsakovacích objektů.



## Anotace

Cílem této diplomové práce je porovnání dvou odlišných přístupů při řešení kapacitně nevyhovující jednotné kanalizace. V prvním případě se jedná o centrální dešťovou nádrž pro konkrétní objem zadržovaných odpadních vod během dešťové události. V druhém případě se dešťový odtok o podobném objemu vsakuje a zadržuje v místě dopadu pomocí většího množství decentralizovaných objektů. Tato dvě řešení se porovnávají v rovině investičních a provozních nákladů pro konkrétní lokalitu. Diskutována je i možnost ekonomických pobídek a financování.

**Klíčová slova:** kanalizace, dešťová nádrž, hospodaření s dešťovou vodou, ekonomické posouzení

## Abstract

The goal of this thesis is to compare two different approaches in dealing with insufficient capacity of combined sewer system: central rainwater tank for a particular volume of wastewater detained during rain events and decentral stormwater management objects with similar volumes. These two solutions are compared in terms of investment and operating costs for specific location. The last part contains discussion about possibility of economic incentives and funding.

**Keywords:** sewer system, rainwater tanks, stormwater management, economic assessment





## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
2.1	HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S VODOU VE MĚSTECH .....	10
2.2	EKOLOGICKY ŠETRNÉ PRVKY V MĚSTSKÉM ODVODNĚNÍ.....	12
2.3	HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU .....	13
2.3.1	Česká legislativa k HDV.....	14
2.3.2	Typy HDV objektů.....	18
2.3.3	Dimenzování HDV objektů .....	25
2.3.4	Ekonomické posouzení .....	30
2.3.5	Budoucí rozvoj HDV z hlediska legislativy a ekonomiky .....	31
<b>3</b>	<b>CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>POPIS LOKALITY</b> .....	<b>35</b>
4.1	POPIS MĚSTSKÉ ČÁSTI HORNÍ POČERNICE.....	35
4.2	SITUACE NA KANALIZAČNÍ SÍTI HORNÍCH POČERNIC .....	37
<b>5</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>40</b>
5.1	KATEGORIZACE ÚZEMÍ.....	40
5.2	NÁVRH JEDNOTLIVÝCH ŘEŠENÍ .....	42
5.2.1	Dimenzování vsakovacích prvků u budov.....	42
5.2.2	Dimenzování vsakovacích prvků podél ulic .....	52
5.3	EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VARIANT.....	53
5.3.1	Zelené střechy .....	53
5.3.2	Vsakovací objekty.....	54
5.3.3	Centrální dešťová nádrž .....	57
5.3.4	Provozní náklady .....	59
5.4	POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VARIANT .....	61
5.4.1	Porovnání modelem .....	62
5.4.2	Ekonomické porovnání .....	62
5.4.3	Vícekritériální hodnocení.....	63
5.5	UVAŽOVANÉ MODELY POBÍDEK .....	64
5.5.1	Dotace a pronájem akumulčních nádrží.....	64
5.5.2	Spoluúčast při financování .....	65
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>66</b>
6.1	KATEGORIZACE ÚZEMÍ.....	66
6.1.1	Vymezení zelených ploch.....	66



6.1.2	Vymezení odpojitelých zpevněných ploch .....	67
6.2	NÁVRH JEDNOTLIVÝCH ŘEŠENÍ .....	68
6.2.1	Dimenzování vsakovacích prvků u budov.....	68
6.2.2	Dimenzování vsakovacích prvků podél ulic .....	72
6.2.3	Individuální akumulční nádrže .....	75
6.2.4	Akumulační schopnost zelených střech .....	75
6.3	EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VARIANT.....	76
6.3.1	Zelené střechy .....	76
6.3.2	Vsakovací objekty.....	76
6.3.3	Centrální dešťová nádrž .....	78
6.3.4	Provozní náklady.....	79
6.4	POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VARIANT .....	82
6.4.1	Porovnání modelem .....	82
6.4.2	Ekonomické porovnání .....	83
6.4.3	Vícekritériální hodnocení.....	85
6.5	UVAŽOVANÉ MODELY POBÍDEK .....	86
6.5.1	Dotace a pronájem akumulčních nádrží.....	86
6.5.2	Spoluúčasť při financování .....	86
7	<b>DISKUZE A ZÁVĚRY .....</b>	<b>88</b>
8	<b>CITACE.....</b>	<b>89</b>
9	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>93</b>
10	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>94</b>
11	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>95</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>



## 1 Úvod

Na Zemi je dostupná pitná voda rozložena značně nerovnoměrně. Nárůst lidské populace a postupující industrializace způsobují v globálním měřítku zhoršení kvality řek i moří a dochází ke snižování zásob podzemních vod. Odhaduje se, že globální vodní stopa z hlediska používání podzemní vody zhruba 3,5 násobně překračuje obnovitelnost tohoto zdroje vody a že cca 1,7 miliardy lidí žije v oblastech, kde jsou ohroženy zdroje podzemních vod a/nebo ekosystémy na podzemní vody vázané [1]. Déšť v hydrologickém cyklu obnovuje zásobu povrchové a podzemní vody, ale jeho výskyt a četnost jsou vždy značně proměnlivé.

Máme to štěstí, že na území České republiky dopadají dešťové srážky v nadbytečném množství a relativně rovnoměrně během celého roku. To umožnilo v průběhu českých dějin využívat různými způsoby potenciál vody kolem nás. Ve středověku vznikaly rybníční soustavy, hamry a vodní mlýny. V průmyslovém věku se s rozvojem vodní dopravy napřimovala koryta větších řek a stavěly se přehrady pro získávání elektrické energie. Hygienické požadavky ve spojení s technologickým pokrokem vedly na územích měst postupně ke stavbě vodovodů, kanalizací a čistíren odpadních vod. V dnešní době už je dostupnost pitné vody na českém území brána jako standard a málokdo si uvědomuje, že za vodovodním kohoutkem se skrývá složitá infrastruktura dotovaná stálým tokem elektrické energie.

U staveb provázaných s vodním tokem se dají pozorovat vlivy těchto staveb na vodní ekosystém. V nedávné minulosti jsme tudíž kvůli zhoršující se kvalitě vody v řekách a rybnících přišli v mnoha lokalitách o populace perlorodek a raků. Vysoké hráze přehrad a jezů znemožnily putovat lososům do míst, ve kterých by se vytřeli. U vodních nádrží se projevuje negativně splach z polí, při kterém se do vod rybníků dostává část použitých hnojiv, a to umožňuje přemnožení sinicím. Před několika lety byl v říční populaci ryb dokonce zaznamenán narušený vývoj pohlaví, který vzniká v důsledku užívání hormonální antikoncepce u žen. V tomto případě jsou mikropolutanty obsažené v moči dopraveny skrze kanalizace a čistírny rovnou do řek.

Zkušenosti nám tedy radí nepodceňovat vliv činnosti člověka na vodní ekosystémy a pokoušet se hledat přírodě blízké řešení staveb, které je ekonomicky přijatelné. Současná doba se dá charakterizovat vzdalováním člověka od přírody a upřednostňování diktátu peněz. Vědecky podložená řešení nepříznivých trendů se těžko prosazují pouhou osvětou a je nutné



legislativně regulovat negativní projevy na ekosystém a současně volit odpovídající ekonomické pobídky, což se dá dohromady označit jako metoda cukru a biče.

Po vstupu do Evropské unie byla do české legislativy implementována mimo jiné i směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky a směrnice Rady č. 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, která si klade za cíl zlepšit kvalitu řek a tudíž se ve velkém začaly stavět čistírny pro sídla nad 2000 EO a začala se používat nejlepší dostupná technologie čištění odpadních vod[2]. V té době navíc rozvíjející se globalizace v důsledku rozdílné regulace a mzdových nákladů postupně motivovala některé průmyslové a výrobní firmy přesunout se do zemí Třetího světa. Tyto i jiné tlaky měly pro změnu pozitivní efekt na stav vody ve vodních tocích na našem území.

Vliv lidské činnosti se ale neomezuje pouze na kvalitu řek, ale i na množství vody, které řekou proudí. Hydromeliorace umožnily odvodnit zamokřená území a využít je k pěstování plodin. Současně s tím se ale snížila akumulární schopnost půd. Větší vodní nádrže umožňují regulovat odtok, a tudíž v níže položených lokalitách mají stálější průtok i teplotu toku. Nejproslulejší vodohospodářský počín - Vltavská kaskáda se budovala nejen jako významný zdroj elektrické energie, ale plánovalo se její využití i jako protipovodňová ochrana. Zkušenosti posledních let upozornily na to, že tato kaskáda umí pouze oddálit kulminaci větších povodní.

Nárůst výskytu povodní způsobil, že se pozornost zaměřila na stav vodních koryt a budování protipovodňových opatření. Častěji se také hovoří o provázanosti prvků v krajině a změnách, ke kterým v nedávné minulosti došlo u jednotlivých povodí. Je těžké odhadnout jak moc velký vliv na vznik povodní má špatné hospodaření s vodou v krajině, či projev antropologicky vyvolané klimatické změny, nebo zda se jedná jen o součást historického povodňového cyklu. Je možné, že se jedná o kombinaci všech těchto prvků.

Vývoj od roku 1948 byl ve znamení důsledné centralizace. Kromě jednotných zemědělských družstev se prosazovala i centralizovaná výroba a výstavba. Veřejnost si postupně zvykla na direktivní řízení shora. Režim se sice změnil už před 25 lety, ale v některých lidech stále přetrvává pocit, že starat se o prostředí, ve kterém žijeme, mají ti nahoře či nejdříve ti ostatní. Vymizel vztah k půdě i ke krajině a preferují se jednoduchá řešení, v horším případě ovlivněná korupcí. V takovém prostředí dochází k absurdním



situacím. Nejviditelnější projev nastal v podobě polí osázených fotovoltaickými panely. V tomto případě byly dotace drze zneužity a příležitost k osobním úsporám a rozvoji solární energetiky byla zabrzděna minimálně o deset let. Existují však i pozitivní příklady vhodně volené dotace např. v podobě programu Zelená úsporám, který se vyplatil hned několikrát. Nejen, že podpořil zaměstnanost, ale šetří množství energie na vytápění a tím pádem umožňuje úspory majitelům nemovitostí a podporuje čistější ovzduší.

U městského odvodnění ale neexistuje jednoduché řešení. Buď se můžou dál utrácet velké částky na udržování a rozšiřování stávajícího systému, nebo postupně zavádět decentralizovaná řešení (např. prvky hospodaření s dešťovou vodou – HDV), náročná na místní specifika a vyžadující spolupráci místních obyvatel. V dlouhodobém měřítku není první postup udržitelný kvůli zvyšujícím se nákladům na údržbu a lze očekávat buď častějšími výpadky infrastruktury, nebo ekonomické potíže správce. V dnešní době máme unikátní možnost zvyšovat resilienci systému decentralizovanými prvky, ale přetrvává obava, že taková řešení budou drahá a neúčinná. O to víc je důležité čerpat inspiraci v zahraničí, kde už podobné systémy s úspěchem fungují a umožňují získat optimistický výhled do budoucna.



## 2 Rešerše

### 2.1 Historie nakládání s vodou ve městech

Počátky městského odvodnění sahají až k antickému Římu, který poskytoval skrze akvadukty svým obyvatelům na svou dobu obdivuhodné množství čisté vody, která se nejčastěji uplatňovala v četných městských lázních a kašnách. Pro snadný odtok použité vody sloužila Cloaca Maxima, která byla primárně budována pro odvodnění bažinaté oblasti, ale později se využívala jako kanalizační potrubí zaústěné do řeky Tibery[4].

Římský vodovodní a kanalizační systém si dodnes zaslouží obdiv. Akvadukty však přes svoji krásu představovaly i slabé místo. V období úpadku Říma byly tyto technické unikáty pobořeny nájezdy cizích válečníků a Řím se bez dodávek čisté vody během několika desetiletí doslova vylidnil.

Mnoho tehdejších znalostí bylo na další staletí zapomenuto a rozvoj v městském odvodnění přineslo až v osvícenství poznání, jak se šíří morové epidemie ve městech. Zjistilo se, že původcem morových ran jsou viry a bakterie v znečištěné vodě. Náhle bylo zřejmé, že tehdejší situace, kdy se pila voda infikována splašky, není udržitelná. V městech se začaly budovat vodovody, podzemní kanalizace a s postupujícím znečištěním i vodárny a splaškové čistírny. Se zavedením moderního městského odvodnění se lidem ušetřil čas spojený s obstaráváním čisté vody a zmenšila se pravděpodobnost smrtících epidemií.

Rozvoj silniční dopravy ve 20. století postavil města před další výzvu. Vznikl tlak na vybudování velkého množství zpevněných cest, které by byly sjízdné i během vydatnějších dešťů. V centrech měst bylo nejsnadnější přebytečnou vodu odvádět společně se splašky kanalizací. Toto řešení se sice na první pohled jevilo elegantně, ale přineslo některé negativní jevy, se kterými se městské odvodnění musí potýkat dodnes.

Při extrémních dešťových stavech se kanalizace má tendenci přeplňovat a hrozí vyplavení biologické části čistírny. Nejsnadnějším řešením je v tomto případě zbudování dešťového oddělovače neboli odlehčovací komory, jenž zaškrcuje odtok na čistírnu (není potřeba stavět tak velké průměry potrubí) a snaží se odklonit do vodního toku převážně dešťový odtok. I když je toto zařízení správně navrženo a funguje jak má, způsobuje vyplavení nařaděných splašků a odpadků spláchnutých z ulic rovnou do vodního toku, což způsobuje jak erozi břehů vyšším průtokem a vznik naplavenin z odpadků, ale mění se i



chemismus, což způsobuje úhyn vodních organismů. Často se tudíž vedle odlehčovací komory používá i dešťová nádrž, která akumuluje nadměrné průtoky v kanalizaci a jejíž prázdnění probíhá regulovaným odtokem zpět na čistírnu.

Kromě vizuálního znečištění a zaplavení staveb či pozemků způsobuje tlakové proudění v gravitační kanalizaci narušení těsnosti, což může vést jak ke kontaminaci podzemních vod, tak může naopak docházet k pozdějšímu nechtěnému nárůstu balastních vod odváděných na čistírnu odpadních vod. To může mít za následek nižší účinnost čistírenského provozu v důsledku nedostatku živin, kterými se na čistírně živí bakterie.

Při zvážení všech nevýhod plynoucích z jednotné kanalizace se v posledních desetiletích přistoupilo k dražší, ale udržitelnější výstavbě oddílné kanalizace, která znamená vedení splaškové a dešťové kanalizace odděleně od sebe. Dešťová kanalizace sice způsobuje nižší zatížení vodních toků než odlehčovací komora, ale i zde může docházet ke splachu olejů, těžkých látek a odpadků z komunikací. Rychlé odvedení dešťových srážek do toku navíc i v tomto případě způsobuje níže položeným obcím větší riziko povodní.

Inženýrský přístup při návrhu dešťové či jednotné stokové sítě bere v úvahu ekonomické optimum zohledňující efektivní využití stavebních nákladů. Málo nadimenzovaná stoka by se často přeplňovala, naproti tomu u předimenzované stoky by zřídka došlo k využití většiny jejího objemu. Proto se stoky odvádějící dešťové srážky navrhují na dvouletý déšť, který by měly být schopné odvést do recipientu. Hodnota dvouletého deště vychází z místního meteorologického měření a zastupuje hodnotu, kterou déšť dosahuje v naměřené mnohaleté dešťové řadě v průměru jednou za dva roky. Slabé místo této metody je v tom, že pracuje pouze se statistickými hodnotami. Intenzita i četnost srážek se nahodile mění a je možné, že v důsledku klimatických změn bude častější výskyt extrémních dešťových událostí (stejně tak jako období sucha). To může vést k častějšímu přetékání kanalizace a zvýšení škod na majetku i v korytě drobných toků.

Na první pohled méně zřetelný, ale o to významnější z regionálního hlediska, je důsledek nárůstu aglomerace. V okolí Prahy i v samotném městě dramaticky roste množství zastavěných ploch, což vede k nižší míře infiltrace dešťových vod a v důsledku ke snižování hladiny podzemních vod a nebezpečí sucha. Vyšší míra urbanizace současně snižuje míru výparu a pohlcuje více slunečního záření. U velkoměst se tudíž během horkých dní častěji vyskytuje vyšší prašnost a efekt tzv. tepelných ostrovů. Vnímaný diskomfort lze individuálně



vyřešit krátkodobým útekem z města, ale pokud chceme živá městská centra po celý rok, je potřeba umět řešit současná negativa. V současné době si čím dál více uvědomujeme, že nelze brát život čistě mechanicky a zpětně nalézáme inspiraci v přírodě. Ukazuje se, že by měla existovat společenská diskuze o tom, zda a jak zastavovat zelené plochy ve městě, či které lokality je vhodné zklidnit a osázet zelení. Spoustu nákladných opatření je možné navíc řešit novými postupy respektujícími snahu o dlouhodobě udržitelnější společnost.

## 2.2 Ekologicky šetrné prvky v městském odvodnění

V posledních desetiletích se postupně mění paradigma městského odvodnění. Dosavadní klasický přístup v likvidaci tekutého odpadu probíhá centralizovaně přes čistírny odpadních vod. S nárůstem chemikálií obsažených v odpadních vodách vzrůstá i komplexita systému, jelikož je přirozeně kladen důraz na nejlepší dostupnou technologii čištění. Postupně bylo nutné uvažovat i původce specificky znečištěných vod určité kvality. Vedle splaškových vod tudíž v dnešní době rozlišujeme infekční odpadní vody ze zdravotnických provozů, průmyslové odpadní vody, zemědělské odpadní vody a srážkové vody [5]. Původci nechtěného odpadu pak musí být vybaveni příslušným předčištěním (např. odlučovači tuků u kuchyňských provozů). Lidé v domácnosti bohužel často nemají ponětí o tom, co se děje s odpadem po vylití do záchodové mísy, a tak bez zaváhání vylévají do WC jak kuchyňský olej, tak drobný nerozložitelný odpad a různé chemikálie. Zde je nutné, aby se provozovatel kanalizace soustředil na osvětu v domácnostech.

Změnu v přístupu k odpadním vodám představují domácí čistírny odpadních vod a kořenové čistírny, které mohou být ekonomicky (kvůli minimální infrastruktuře a provozním nákladům) v delším období výhodnější než klasické čistírny. Taková zařízení jsou blíže k lidem a ti se musí učit, že odpadní voda snese jen pevně daný typ znečištění. Místo klasického přístupu, kdy se platící člověk už nestará, kde skončí jeho odpad, se objevuje přímý vztah mezi producentem odpadu a spotřebitelem (v podobě bakterií), který je nutné, podobně jako u centrální ČOV, udržovat v rovnováze. Nevýhodou těchto lokálních čistíren je, že vzhledem k množství přitekuté vody je systém náchylnější na přítomnost nevhodného znečištění. Výhodou však může být možnost napojit výtok z těchto čistíren na nádrž a vodu znova využít jako užitkovou.





Současná situace v rozvinutém světě je z pohledu zbytku světa zavrženíhodná, jelikož se využívá velké množství pitné vody pouze k tomu, aby přeneslo využitelný produkt lidského metabolismu na čistírnu, kde se z naředěného stavu musí zpětně složitě extrahovat a teprve potom se nechá s ostatním odpadem vyhnívat. Přitom už nyní existují záchody, které využívají geniální myšlenku separace pevného a tekutého odpadu, přičemž tekutý lze využívat přímo v domácnosti jako hnojivo a pevný lze nechat vyhnívat přímo v nádobě (v případě kompostovací toalety), či ho zapracovat do kompostu. Tento druh toalet však představuje řešení pouze pro omezené množství lidí, jelikož se při používání vyžaduje manipulace s výměškou. V zahraničí se zkouší např. systém Kombivak, odvádějící vakuovým systémem fekálie a splašky k reaktorům ve kterých se anaerobně zpracují a energeticky využijí. Uvažuje se i o akumulaci moči a nárazovém vyprázdnění zásobníku během noci při minimálním průtoku v kanalizaci. Taková moč by se daleko snadněji zachytávala ve větším množství na čistírně a následně využívala v zemědělství [3].

Při vědomí akcelerujícího zastavování české krajiny a riziku, které může přinést změna klimatu, se jako nejúčinnější opatření v městském odvodnění ukazuje přírodě blízké hospodaření s dešťovou vodou.

### **2.3 Hospodaření s dešťovou vodou**

S dešťovou vodou se lidé učili zacházet už ve starověku, a to hlavně v suchých lokalitách a na ostrovech. Místní podmínky našťestí nejsou natolik extrémní, naopak častěji řešíme „Nerudovský problém“ kam s ní. Moderní hospodaření s dešťovou vodou se proto ve střední Evropě týká převážně snahy co nejvíce vody vypařit a infiltrovat do podzemí. Většina HDV prvků navíc obohacuje klima a přispívá k pohodě obyvatel města. Změna přístupu souvisí s uvědoměním si, že za následky situací vzniklých ve stokové síti a na níže položených místech často nestojí provozovatel, ale každý majitel pozemku, který zvyšuje povrchový odtok [6].

Primární snaha při návrhu HDV objektů je umožnit dešťové srážce zasakovat v místě dopadu. Pokud není v daném místě možné vodu infiltrovat, tak lze alespoň umožnit její akumulaci a postupné vypouštění do vodoteče nebo dešťové kanalizace. Do jednotné kanalizace by v ideální situaci měla zaúšťovat pouze hygienicky znečištěná voda.



Aplikováním prvků HDV u nové zástavby lze nahradit některé dražší a složitější úpravy stokových sítí (stavba odlehčovací komory, případně dešťové nádrže či v krajním případě zvětšení průměru kanalizačního potrubí). Jelikož jsou objekty HDV často umístěné na povrchu a mohou zabírat větší plochu, je vhodné pro jejich širší využití ve městech s nimi počítat při tvorbě urbanistických či městských plánů a příliš neustupovat od navržených parametrů.

*Pro Prahu by mohl být užitečný příklad amerického Chicaga, které se i přes odlišné klimatické podmínky a charakter podobá české metropoli mírou urbanizace. Tamní radnice přistoupila k řadě opatření, která snižují náklady na čištění přívalové vody, zadržují ji a zajišťují její vsakování. Probíhají veřejně prospěšné projekty, které pomáhají zlepšit hospodaření s vodou. Úřady například zahájily kampaň pro odpojení okapů od kanalizace a zřizují zahrady pro zachycování dešťové vody (tzv. raingardens). Za povšimnutí stojí program pro podporu zelených střech i rozlehlá zahrada na střeše samotné chicagské radnice. Od roku 2001 město rekonstruuje některé asfaltem pokryté ulice pomocí propustných materiálů, které zabraňují opakujícím se místním záplavám a umožňují vsakování vody do půdy. Podobné systémy by bylo možné využívat také v Praze [7].*

### **2.3.1 Česká legislativa k HDV**

Státní instituce spravují rozsáhlou agendu, kterou je v průběhu dějin nutné směřovat žádoucím cílem. V dnešní době jsou tyto cíle definovány strategickými plány rozvoje. Problematika městského odvodnění a srážkových vod je akcentována převážně Plány povodí a navazujícími plány pro jednotlivé oblasti. Významný vliv na koncepci má také Politika územního rozvoje České republiky [10].

#### **2.3.1.1 Plány povodí**

Plány povodí spadají pod agendu Ministerstva zemědělství ČR a Ministerstva životního prostředí ČR. Umožňují definovat jednotný přístup k vodní politice v rámci celého



Evropského společenství, jelikož byly do české legislativy zahrnuty v důsledku vstupu země do Evropské unie. Respektují tudíž směrnici Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES [10].

### 2.3.1.2 Politika územního rozvoje ČR

Politika územního rozvoje ČR, spadající pod Ministerstvo pro místní rozvoj, je součástí územního plánování a umožňuje specifikovat požadavky obecně uváděné ve stavebním zákoně. Rozvíjí tedy myšlenku územního plánování o konkrétní požadavky nutné pro naplnění vize udržitelného rozvoje území.

*V kapitole 2 Politiky územního rozvoje ČR, nazvané Republikové priority územního plánování pro zajištění udržitelného rozvoje území, je uvedeno:*

**PUR ČR, kap. 2.2, odst. (25):**

*..... Vytvářet podmínky pro zvýšení přirozené retence srážkových vod v území s ohledem na strukturu osídlení a kulturní krajinu jako alternativy k umělé akumulaci vod. V zastavěných územích a zastavitelných plochách vytvářet podmínky pro zadržování, vsakování i využívání dešťových vod jako zdroje vody a s cílem zmírňování účinků povodní.*

Politika územního rozvoje ČR tudíž doplňuje požadavky Plánů povodí [10].

### 2.3.1.3 Vodní zákon

Hospodaření se srážkovými vodami zmiňuje i novelizovaný zákon č. 254/2001 Sb. (tzv. vodní zákon), který vstoupil v platnost 1. 8. 2010. Mimo jiné je v něm obsažena definice srážkových vod a částečně i podmínky obecného nakládání se srážkovými vodami:

**254/2001 Sb., §5, odst. (3)**

*Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se*



*stavebním zákonem. Stavební úřad nesmí bez splnění těchto podmínek vydat stavební povolení nebo rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o povolení změn stavby před jejím dokončením, popřípadě kolaudační souhlas ani rozhodnutí o změně užívání stavby [10].*

Ve vodním zákoně je tedy přímo uveden požadavek vsakování anebo alespoň zadržetí srážkové vody před jejím odvedením do recipientu či kanalizace, dle stavebního zákona. Toto opatření je vyžadováno nejen u novostaveb, ale i u rekonstrukcí, což umožňuje postupné rozšíření HDV prvků i do starší zástavby [10].

#### **2.3.1.4 Stavební zákon**

Problematiky HDV se týká především Vyhláška MMR č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, jenž byla v roce 2009 novelizována Vyhláškou č. 269/2009 Sb., kterou byly stanoveny priority v nakládání se srážkovou vodou:

##### ***501/2006 Sb., §20, odst. (5), písm. c)***

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

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

*1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,*

*2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo*

*3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace[10].*

HDV specifikuje taktéž Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby:



**268/2009 Sb., § 6, odst. (4)**

*Připojení staveb na síť technického vybavení:*

*(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 [10].*

### **2.3.1.5 Zákon o vodovodech a kanalizacích**

Dalším důležitým zákonem, který je zde nutné zmínit je zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích:

**274/2001 Sb., § 12, odst. 1**

*Kanalizace musí být navrženy tak, aby negativně neovlivnily životní prostředí, ... Současně musí být zajištěno, aby bylo omezováno znečišťování recipientů způsobované dešťovými přívaly [10].*

Tento zákon se však nevztahuje na oddílné kanalizace sloužící k odvádění povrchových vod vzniklých odtokem srážkových vod. Dále v zákoně je specifikováno zpoplatnění za odvádění srážkových vod. Zákon tedy rozlišuje odpadní a srážkovou vodu, nicméně poplatky se vážou pouze na vypouštění srážkových vod do jednotné kanalizace.

Platit poplatek za odvádění srážkových vod přitom nemusí majitelé níže uvedených ploch:

**274/2001 Sb., § 20, odst. 6**

*...plochy silnic, dálnic, místních komunikací a účelových komunikací veřejně přístupných, plochy drah celostátních a regionálních..., zoologické zahrady a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a domácnosti[10].*



To v důsledku znamená, že majitelé uvedených typů pozemků nejsou motivováni k zavádění HDV prvků. Výpočet výše platby pro majitele ploch nespádajících do výjimky je určen vyhláškou 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích [33].

### 2.3.2 Typy HDV objektů

Hospodaření s dešťovou vodou představuje způsob jak v městském prostředí napodobit v maximální míře přirozené přírodní procesy spojené se srážkovými událostmi. Jedná se tudíž o decentralizovaný systém prvků, které umožňují zadržet vodu v místě dopadu a usnadnit její výpar, vsak a pomalý odtok do lokálního koloběhu vody. Do této skupiny lze zahrnout i další prvky umožňující zpomalený odtok dešťové vody do kanalizace, nebo její využití jako užitkové vody.

Vyhláška č.501/2006 Sb. určuje, že při návrhu HDV objektů je nutné postupovat dle prioritní posloupnosti (detailně viz kapitola 2.3.1.4). Posuzuje se tedy proveditelnost a přípustnost, včetně možného požadavku na předčištění srážkových vod u povrchů vystavených předpokládanému vyššímu znečištění.

Technická proveditelnost vychází z předpokládaného odtoku a zohledňuje, zda jsou v místě vhodné geologické a prostorové podmínky, využitelný povrchový tok, či v krajním případě kapacitní stokový systém. Přípustnost zohledňuje kvalitu sváděné dešťové vody vzhledem k místní ochraně povrchových a podzemních vod. Podle stupně znečištění se volí způsob nakládání s danými srážkovými vodami, přičemž je vhodné předcházet mísení různě znečištěných srážkových vod. Předpokládaná míra znečištění je přehledně znázorněna v následující tabulce (Tab. 2.1).

Tab. 2. 1: Druhy znečištění ve srážkové vodě dle typu ploch[8]

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK <sub>5</sub>	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	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 frekventovaná <sup>a</sup> (příjezdy k domům)	●●	●	●	●	●	●	●	
	středně frekventovaná <sup>b</sup>	●●	●●	●●	●●	●	●	●	
	vysoce frekventovaná <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 <sup>a</sup> < 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě <sup>b</sup> 300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h <sup>c</sup> nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice <sup>d</sup> parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací									

Při volbě způsobu odvodnění musí být též rozhodnuto o příjemci vod z bezpečnostních přelivů, a to u vsakovacích zařízení dle ČSN 75 9010, u ostatních se doporučuje, aby příjemce byl stejný jako příjemce vod z regulovaného odtoku. Přepady z bezpečnostních přelivů mohou být též zaústěny do následných opatření HDV (řetězení opatření) [8].

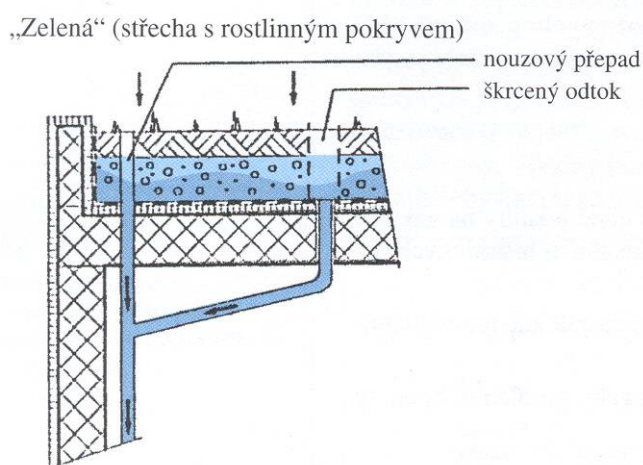
### 2.3.2.1 Výpar a vsakování

Nejlépe myšlenku HDV objektů naplňují zařízení, která umožňují co nejvíce zpomalit srážkový odtok, a to buď výparem, nebo zasakováním v místě dopadu srážky. Následující dělení je pouze orientační, jelikož se většina opatření dá kombinovat a konečná podoba vzniká průnikem možných variant dle Stavebního zákona (kapitola 2.3.1.4) a přání investora.

## Zelené střechy

Na střechách s nízkým sklonem a s únosnou konstrukcí lze vybudovat opatření, které je unikátní v tom, že umožňuje zadržet a zpomalit dešťovou srážku přímo při dopadu. Jedná se o tzv. zelené střechy (Obr. 2.1). Takové řešení využívá jak princip evapotranspirace, tak akumulační schopnost kořenové vrstvy a pórů zeminy. Potencionálně zachytitelný objem je limitovaný množstvím substrátu a velikostí pórů. Voda nad tento objem odtéká buď do jiného HDV prvku, nebo do kanalizace.

Podle skladby zelené střechy dělíme na extenzivní a intenzivní. Extenzivní střecha je vhodná pro střechy s nízkou únosností, kdy tloušťka substrátu nepřekračuje 20 cm. Na takových střechách převažují suchomilné rostliny a mechy. Intenzivní střechy s až metr hlubokým substrátem už mají charakter klasické zahrady a mohou na nich růst jak rostliny, tak i keře a nízké stromy. Tento druh zahrady vyžaduje obvyklé zahradnické práce, ale umožňuje i uprostřed velkoměsta vznik odpočinkové plochy.



Obr. 2. 1: Princip retence dešťové vody na střechách [3]

Z pozitivních efektů je nutné zmínit zlepšení lokálního mikroklimatu v důsledku vypařování dešťové vody a izolační schopnost zelené střechy, a to jak z hlediska prostupu tepla tak i hluku. Zelené střechy mohou také svým listovým přispět ke snížení prašnosti. Na druhou stranu vyžadují alespoň v prvních letech intenzivní péči [3].





### **(Polo)propustné povrchy**

Vedle nákladnějších zelených střech, které umožňují snížit dešťový odtok z budov, se vyplatí uvažovat i o redukcii odtoku z místních komunikací a dalších zpevněných ploch, kterého je možné dosáhnout změnou použitého materiálu. Tyto materiály se označují jako propustné či polopropustné a patří mezi ně např. kamenná či betonová dlažba s pískovými spárami, zatravnovací dlažba a rošty, porézní asfalt, zatravněné šterkové vrstvy apod. Stejně jako zelené střechy se tato opatření týkají pouze vody dopadlé přímo na tento povrch. Mají však tu výhodu, že se hodí pro většinu ploch s lehkým automobilovým provozem a umožňují efektivně snížit poplatek hrazený firmami za odvod srážkové vody ze zpevněných povrchů.

### **Vsakování do horninového podloží**

Proveditelnost a přípustnost vsakování stanoví ČSN 75 9010, a to především způsob, rozsah a výstupy geologického průzkumu pro vsakování a dále klasifikaci srážkových vod z hlediska jejich znečištění (vody přípustné, podmíněčně přípustné a vody z potenciálně výrazněji znečištěných ploch) a přípustnosti různých způsobů vsakování. Dešťové srážky mohou obsahovat znečištění jak atmosférické (sírany, amonium, dusičnany, chloridy apod.), tak povrchové ze střech (měď, zinek) a silnic (těžké kovy, organické látky, sůl během zimy). Časté může být i znečištění z úprav vegetace, ze zvířecích výkalů či v důsledku eroze nezpevněných ploch [3].

Při návrhu vsakovacích zařízení je nutné zohlednit proveditelnost z hlediska místní geologie (vsakovací schopnost půdního a horninového prostředí pod objektem, mocnost vrchní humusové vrstvy a vzdálenost hladiny podzemní vody), prostorových a sklonitostních poměrů území (dle situace povrchové nebo podzemní řešení, maximální sklon terénu do 5 %) a přípustnosti vsakování z hlediska znečištění srážkových vod. Kvalitativní ukazatel vsakovacích vod se dělí do tří kategorií:

- Vody přípustné lze zasakovat jak povrchově tak i v podzemním vsakovacím zařízení
- Vody podmíněčně přípustné je nutné vsakovat přes zatravněnou humusovou vrstvu; u podzemních zasakovacích objektů je nutné vodu předčistit



- Potencionálně vysoce znečištěné vody mohou představovat riziko z hlediska kontaminace podzemních vod. Takové vody je nutné v celém objemu zadržet, vyčistit a teprve po kontrole kvality a souhlasu vodoprávního úřadu je možné je nechat zasakovat

Z technických řešení je preferováno povrchové zasakování přes zatravněnou humusovou vrstvu, které je vhodné jak pro přípustné, tak i pro podmíněně přípustné srážkové vody.

V následující tabulce (Tab. 2.2) je přehled doporučeného způsobu zasakování srážkových vod, podle toho k jakému znečištění na jednotlivých typech ploch dochází[8].

Do podzemních vsakovacích zařízení je možné nechat svádět pouze lehce znečištěné srážkové vody. Přesto je nutné tyto prvky doplnit předčisticím zařízením, umožňujícím zachytit nerozpuštěné látky. Z technických řešení se preferují plošná (šterková tělesa, vsakovací objekty z prefabrikátů) a liniová (vsakovací rýha) před bodovými (vsakovací šachta). Pokud je dle geologického průzkumu vsakovací kapacita podloží nedostatečná, je třeba objekt doplnit o regulovaný odtok do místní vodoteče či kanalizační sítě [8].



Tab. 2. 2: Způsob vsakování dle typu ploch [8]

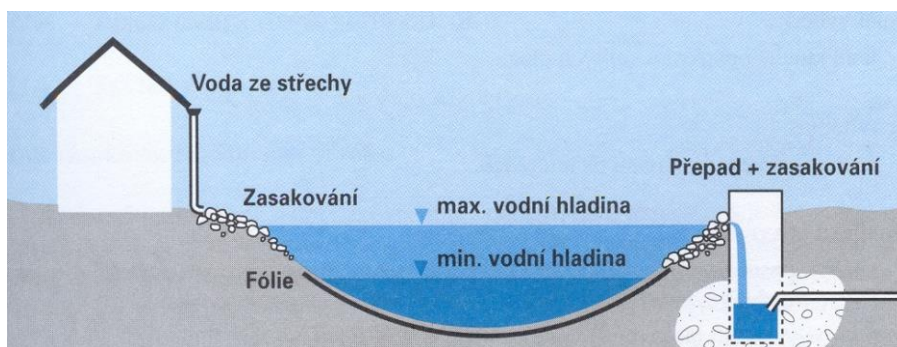
Typ plochy	Způsob vsakování						
	Povrchové vsakování					Podzemní vsakování	
	Přes zatravněnou humusovou vrstvu			Přes nesouvisle zatravněnou humus. vrstvu		Bez zatravněné humusové vrstvy	
	Plošné $A_{\text{vof}}/A_{\text{vost}} \leq 5$	Decentrální $5 < A_{\text{vof}}/A_{\text{vost}} \leq 15$	Centrální $A_{\text{vof}}/A_{\text{vost}} > 15$	Plošné		Plošné	Liniové a plošné
	Široké plochy a zatrav. příkopy	Průlehy a průlehy- rýhy	Systém průlehlů, vsakovací nádrže	Zatravnovací tvárnice	Propustné zpevněné povrchy	Štěrky, příkopy, potrubí, rýhy, prostory vyplněné štěrkem/ bloky	Vsakovací šachty
Vegetační střechy extenzivní	++	++	++	o	o	++	++
Vegetační střechy intenzivní	++	++	++	o	o	.	.
Střechy a terasy z inertních materiálů	++	++	++	o	o	++	+
Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 50 m <sup>2</sup>	++	++	+	o	o	+	+
Komunikace pro chodce a cyklisty	++	++	+	+	+	+	-
Málo frekventovaná parkoviště os. aut	++	++	+	+	+	.	.
Málo frekventované pozemní komunikace <sup>a</sup> (příjezdy k domům)	++	++	+	+	+	.	.
Střechy s plochou neošetřených kovových částí 50 m <sup>2</sup> až 500 m <sup>2</sup>	++	++	+	o	o	.	--
Středně frekventované pozemní komunikace <sup>b</sup>	++	++	+	--	--	--	--
(Vysoce) frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy)	++	+	+	-/-	-/-	--	--
Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m <sup>2</sup>	++	+	+	o	o	--	--
Vysoce frekventované pozemní komunikace <sup>c</sup>	++	+	+	--	--	--	--
Plochy u skladišť, manipulační plochy	+/-/-	-/-	--	--	--	--	--
Komunikace zemědělských areálů	+/-/-	-/-	-	--	--	--	--
Parkoviště nákladních aut <sup>d</sup>	--	--	--	--	--	--	--

++ přípustné  
 + zpravidla přípustné, popřípadě vhodné předčištění  
 - problematické, nutné předčištění  
 -- nepřípustné, nevhodné způsoby uvedenými v této tabulce; vody z těchto ploch mohou být ve výjimečných případech vsakovány po splnění požadavků článku 5.1.2.4.  
 o nepoužívá se  
 / až  
 a, b, c, d viz Tab. 2.1

### 2.3.2.2 Odvádění do povrchových vod

Pro zaústění srážkových vod do místních povrchových vod se opět hodnotí jak proveditelnost, tak přípustnost. Z hlediska proveditelnosti se musí posoudit dostupnost povrchových vod (včetně možného využití existujících svodnic či dešťové kanalizace), sklonitostní poměry území a majetkoprávní vztahy. Faktor přípustnosti se posuzuje dle místní ochrany povrchových vod v kombinaci s očekávaným znečištěním odvodňované plochy. Pokud se jedná o větší plochu a tím i silnější srážkový odtok, měla by se řešit i protierozní opatření u zaústění do vodoteče.

Retenční nádrže umožňují akumulovat dešťovou srážku pod vyústěním zpevněné plochy a následně mohou sloužit jak pro výpar, tak i pro částečnou infiltraci, zbylý přítok je odváděn regulovaným odtokem (intenzita specifického odtoku je daná normou a činí 3 l/(s.ha)). Náklady na zbudování těchto objektů zahrnují pouze zemní práce s navýšením zahrnujícím stavbu bezpečnostního přelivu. Pokud se tato nádrž nachází v esteticky hodnotné lokalitě, je nutné se o ni starat. Retenční nádrže je vhodné budovat i pro odvodnění málo frekventovaných silnic, jelikož vrchní vrstva humusu v těchto objektech slouží zároveň jako filtr, který nepropustí těžké kovy a jiné povrchové znečištění.



Obr. 2. 2: Příklad kombinace retence, zasakování a výparu z vodní hladiny[3]

Jako retenční objekt může sloužit jak suchá retenční nádrž, tak i rybníček s nezpevněným břehem, u kterého se předpokládá možnost výraznějšího vzduť (Obr. 2.2). Břeh je v tomto případě vhodné příliš nezpevňovat, aby se usnadnila infiltrace. Pro omezení eutrofizace vody v rybníčku je vhodné přítok opatřit buď sedimentačním zařízením, nebo filtrem. Je-li to potřeba, může být srážková voda přiváděna i skrze mokřad, který umožňuje biologické čištění. Součástí každého retenčního objektu musí být regulátor odtoku a bezpečnostní přepad [3].



### 2.3.2.3 Odvádění do jednotné kanalizace

U odvádění srážkové vody do kanalizace se řeší podobné aspekty jako u odvádění do vod povrchových, tedy vhodné morfologické podmínky, dostupnost zaústění (u menších ploch do 100 m, u větších až do cca 500 m) a majetkoprávní vztahy pro místa vedení odtoku. Kvalita odváděných vod by neměla svými parametry překračovat hodnoty ukazatelů povolených kanalizačním řádem pro odpadní vody. Specifický odtok by stejně jako u odvádění do povrchových vod neměl přesahovat 3 l/(s.ha), což odpovídá odtoku z území využívaného převážně zemědělsky a lesnický [8].

### 2.3.2.4 Akumulační nádrže

Některé HDV objekty umožňují použití dešťové vody. Mezi nejznámější patří akumulční nádrže, které slouží k hospodárnému využívání srážkové vody na zahradě i v domácnosti (splachování WC, mytí, praní). Při použití v domácnosti sice dochází k odvádění srážkové vody do kanalizace, ale na druhou stranu se ušetří část vody v místní vodovodní síti a zpomalí se rychlost odtoku.

Nevýhodou tohoto opatření je proměnlivý retenční prostor nádrže, ovlivněný kombinací rovnoměrnější spotřeby vody a nahodilejšími srážkovými událostmi. Vzhledem k obvyklým klimatickým podmínkám se v létě může vyskytnout více intenzivních dešťů, pro které není v nádrži místo, naopak v zimě, kdy se vyskytují méně intenzivní sněhové srážky, které často tají až během oblevy, se nádrž snadno celá vyprázdní. Vždy je tedy nutné při návrhu podobného zásobníku počítat s rezervním přítokem napojeným na vodovodní řad, který ovšem nesmí být spojen přímo s vodou v zásobníku, aby nedošlo ke zpětné kontaminaci vodovodní sítě. Stejně tak je nutné akumulční nádrž doplnit o kapacitní bezpečnostní přeliv.

### 2.3.3 Dimenzování HDV objektů

Metodu návrhu HDV prvků volíme podle velikosti odvodňované plochy a složitosti systému odvodnění. U jednoduchých systémů odvodnění je možné použít výpočet srážkového odtoku a jeho transformaci pomocí jednoduchých statistických a empirických metod. Tyto metody lze použít v těchto případech:



- Vsakovací zařízení s retenčním prostorem či retenční objekty nejsou řazeny sériově
- Odvodňovaná plocha, která je zaústěna do jednotlivého vsakovacího zařízení s retenčním prostorem, je menší než 3 ha
- U samostatného retenčního objektu pro odvodňovací systémy s plochou povodí do 200 ha a dobou dotoku v povodí a stokové síti do 15 minut

Pokud objekt nesplňuje tyto podmínky, musí se využít návrh pomocí dlouhodobé simulace srážko-odtokového procesu s využitím hydrologických a hydraulických modelů.

Návrhovými parametry pro dimenzování objektů HDV jsou redukováná odvodňovaná plocha povodí  $A_{red}$ , četnost přetížení retenčního objemu objektu vyjádřená periodicitou  $p$ , popřípadě dobou opakování  $T$ , přípustný odtok  $Q_c$  do povrchových vod nebo do jednotné kanalizace a doba prázdnění retenčního objemu  $T_{pr}$ . V případě vsakovacích zařízení je dalším parametrem vsakovaný odtok  $Q_{vsak}$  [8].

Redukovaná odvodňovaná plocha  $A_{red}$  [ $m^2$ ] se stanoví pomocí vzorce:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i \quad (2.1)$$

$A_i$ ...půdorysný průmět odvodňované plochy [ $m^2$ ]

$\psi_i$ ...součinitel odtoku pro odvodňovanou plochu určitého druhu viz Tab. 2.3, Tab. 2.4

$n$ ...počet odvodňovaných ploch určitého druhu [9]

**Tab. 2. 3: Součinitel odtoku srážkových povrchových vod  $\Psi$  dle ČSN 75 9010 [9]**

Způsob zástavby a druhu pozemku	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku $\Psi$		
Střechy s propustnou horní vrstvou (veget. střechy)	0,4 až 0,7*	0,4 až 0,7*	0,5 až 0,7*
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9*	0,7 až 0,9*	0,8 až 0,9*
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 zatravněvacích 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

\* 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. 4: Součinitel odtoku srážkových povrchových vod  $\Psi$  dle ČSN 75 6101[5]**

Způsob zástavby a druhu pozemku		Součinitel odtoku $\Psi$ při konfiguraci území		
		rovinné (do 1 %)	svažité (1 až 5 %)	prudce sv. (nad 5 %)
Budovy	V uzavřených blocích (zpevněné dvory)	0,70	0,80	0,90
	V uzavřených blocích (uvnitř zahrady)	0,60	0,70	0,80
	V otevřených blocích	0,50	0,60	0,70
	Při volné zástavbě	0,40	0,50	0,60
Rodinné domy	Sdružené v zahradách	0,20	0,40	0,50
	Izolované v zahradách	0,20	0,30	0,40
Tovární objekty	Starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,60	-
	Nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,50	-
Zpevněné pozemní komunikace		0,70	0,80	0,90
Nezpevněné pozemní komunikace		0,50	0,60	0,70
Železniční pozemky		0,25	-	-
Hřbitovy, sady, hřiště		0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,10	0,15
Lesy		0,00	0,05	0,10

Periodicita přetížení retenčního objemu se u objektů s redukováným odtokem volí  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ . U vsakovacích zařízení lze za specifických podmínek volit periodicitu  $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$ .



Pokud je retenční objekt uvnitř budovy, může být hodnota snížena až na  $p = 0,01 \text{ rok}^{-1}$ . Bezpečnost HDV objektů je vzhledem k periodicitě přetížení bezpečnější než u stokových sítí, které se často navrhují na periodicitu  $p = 0,5 \text{ rok}^{-1}$  nebo  $p = 1 \text{ rok}^{-1}$ . V současnosti se budují HDV opatření u všech nových staveb. Snadno se tudíž může stát, že v nové čtvrti jsou HDV prvky navržené na desetiletý déšť a kanalizace je dimenzovaná na dvouletý podle starší normy. To by znamenalo, že zvýšený průtok v kanalizaci nastane až při desetiletém dešti a tudíž, že stoka je zbytečně předdimenzovaná.

Přípustný odtok  $Q_c$  se stanoví pomocí specifického odtoku (viz kapitoly 2.3.2.2, 2.3.2.3) vztaheného k celkové ploše  $A_{\text{celk}}$ , na které se nachází odvodňovaná zpevněná plocha ( $A_{\text{red}}$ ). Takové nastavení podporuje stavby zabírající menší část území. Pokud bychom např. porovnali stavbu zabírající celé území a jinou, která se rozkládá pouze na jeho polovině, musíme u první zadržet daleko více vody, aby byl regulovaný odtok stejný jako v druhém případě. Vzhledem k nepříznivě malým hodnotám regulovaného odtoku, které by dle výpočtu vznikaly u menších pozemků, se zavedla minimální hodnota regulovaného odtoku, která činí  $0,5 \text{ l/s}$  (což se týká pozemků do plochy  $A_{\text{celk}} = q_{\text{reg}}/q_{\text{spec}} = 0,5/3 = 0,166 \text{ ha} \dots \text{cca } 1700 \text{ m}^2$ ).

Doba prázdnění  $T_{\text{pr}}$  vychází ze zkušeností s provozováním objektů zadržujících srážkové vody a měla by respektovat místní hydrologické podmínky. Hledá se přitom optimum mezi velikostí objektu a rizikem, že bude častěji vyplaven v důsledku pomalého vyprazdňování. Dle platných norem se pro návrhový déšť u vsakovacích objektů uvažuje s dobou prázdnění 72 hodin, naproti tomu objekty s regulovaným odtokem se musí vyprázdnit do 24 hodin.

Vsakovaný odtok závisí na koeficientu vsaku, který se určuje geologickým průzkumem a vsakovacími zkouškami. Velikost odtoku  $Q_{\text{vsak}} [\text{m}^3]$  se počítá ze vzorce:

$$Q_{\text{vsak}} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \quad (2.2)$$

$f$ ...součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se  $f \geq 2$ )

$k_v$ ...koeficient vsaku [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$A_{\text{vsak}}$ ...vsakovací plocha vsakovacího zařízení [ $\text{m}^2$ ]





Součinitel bezpečnosti vsaku se volí podle předpokládané změny vsakovacích parametrů v průběhu provozu objektu. Propustnost filtrační vrstvy by měla být vždy vyšší než horninového prostředí. Koeficient vsaku určuje rychlost infiltrace srážkové vody do horninového prostředí ve vsakovacím zařízení a určuje se pomocí vsakovací zkoušky popsané normou ČSN 75 9010 [8], [9].

Dimenzování akumulčních nádrží vychází z místní spotřeby vody a hydrologických podmínek, konkrétně se porovnává roční srážkový úhrn  $Q_{srážky}$  [ $m^3$ ] ze zaústěné plochy:

$$Q_{srážky} = \psi \cdot A \cdot H_n \cdot 0,001 \quad (2.3)$$

$\psi$ ...součinitel odtoku

$A$ ...půdorysný průmět odvodňované plochy [ $m^2$ ]

$H_n$ ...průměrný srážkový úhrn (v ČR cca 600 mm/rok) [mm/rok]

a roční spotřeba užitkové vody  $Q_{užit.}$  [ $m^3$ ]:

$$Q_{užit.} = q \cdot n \cdot 365 \cdot 0,001 \quad (2.4)$$

$q$ ...specifická potřeba užitkové vody na jednoho obyvatele [l/(os.den)]

$n$ ...počet obyvatel [ks]

Dle normy DIN 1989 se pak volí zásobník o objemu 6 % z menšího z uvedených dvou objemů [12], což přibližně odpovídá třítýdenní spotřebě vody:

$$V_n = \text{Min} (Q_{srážky}; Q_{užit.}) \cdot 0,06 \quad [m^3] \quad (2.5)$$



### 2.3.4 Ekonomické posouzení

Pro posouzení investičních a provozních nákladů je nejsnadnější použít údaje o jednotkových nákladech na investice a provoz ucelených prvků městského odvodnění, které se získávají ze statisticky vyhodnocených nákladů už existujících objektů a mají podobu např. investičního nákladu na ekvivalentního obyvatele nebo provozní náklady na m<sup>3</sup> dešťové nádrže. Tato metoda má slabinu v tom, že není dostatečně přesná, jelikož se jednotlivá opatření kvůli specifickým podmínkám mohou značně lišit a tím ovlivnit předpokládanou cenu.

Přesnější odhad nákladů poskytuje funkce dílčích nákladů na jednotlivé elementy ucelených prvků městského odvodnění. V této metodě se odhadují náklady na jednotlivé elementy těchto prvků a je odhadována i struktura těchto nákladů (např. zemní práce, stavební konstrukce, strojní zařízení) [3]. Nejčastěji vyčíslované položky bývají uvedené ve standardizovaném ceníku Ústavu územního rozvoje [39].

*Cílem ekonomického posouzení stavebních i nestavebních opatření je především spolehlivé stanovení relativních nákladů navržených variant. Na základě zjištěných hodnot je stanovováno pořadí jednotlivých variant a jsou vyjadřovány relativní rozdíly celkových investičních a provozních nákladů. Rozdíly vypočtených nákladů o velikosti do 5-10 % nejsou považovány za skutečné rozdíly [3].*

Důležité je uvážit i rozdíl mezi ekonomickým posuzováním nákladů jednotlivých variant a mezi financováním realizace a provozu těchto opatření. I přes významnost financování jednotlivých opatření může vést její zahrnutí k nesprávným závěrům, když se např. u některé varianty počítá s dotací [3].

K zhodnocení finanční efektivity projektu v průběhu předpokládané doby životnosti se často používá metoda čisté současné hodnoty (NPV). Tato metoda umí zhodnotit peněžní toky v rámci daného projektu, nutné je ovšem umět je předem odhadnout. Metoda NPV zahrnuje i inflaci, proto se budoucí peněžní toky diskontují. Diskontovaná míra je stanovena jako roční (p.a.) a volí se nejčastěji o hodnotě 5 %. Diskont by přitom měl být vyšší než úroková sazba na spořicímu účtu, jelikož ten se na rozdíl od zamýšleného projektu považuje víceméně za bezrizikovou investici.



Samotná hodnota čisté současné hodnoty se spočítá podle vzorce:

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2.6)$$

CF...generovaný peněžní tok v daném roce [Kč]

r...diskontovaná míra (r = 5 %)

t...doba životnosti [r]

Vzorec lze rozepsat:

$$NPV = \frac{CF_0}{(1+r)^0} + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2.7)$$

Pokud je výsledná hodnota NPV kladná, lze usoudit, že investor na projektu vydělá.

Při porovnání více variant s různou dobou životností se používá nejmenší společný násobek těchto životností a propočítá se k tomu příslušející počet cyklů pro jednotlivé varianty.

### 2.3.5 Budoucí rozvoj HDV z hlediska legislativy a ekonomiky

Novelizace vodního zákona umožnila regulovat nárůst dešťového odtoku alespoň u novostaveb a rekonstruovaných objektů. Do budoucna je žádoucí odpojovat co nejvíce srážkových vod od jednotné kanalizace. Otevřenou otázkou však zůstává aplikace HDV ve stávající zástavbě, kde v současnosti chybí motivační prvek. Tím může být rozdělení poplatků za odvádění splaškových a dešťových vod s tím, že kdo bude s vodou hospodařit na svém pozemku, bude od poplatku za vypouštění dešťových vod osvobozen, či mu bude přiměřeně krácen[11].

Prvním krokem vůči laické veřejnosti je povinnost provozovatele rozepsat paušální cenu stočného na položky. Tím zákazník příslušných VaK rozpozná, o kolik by mohl ušetřit



zbudováním HDV opatření. Po zprovoznění takového opatření by mu byla cena stočného jednoduše snížena o příslušnou položku.

Tlak na odpojování dešťových vod z jednotné kanalizace lze předpokládat i v souvislosti s plněním evropské směrnice o vodní politice 2000/60. Ta požaduje dosažení dobrého ekologického stavu povrchových vod. Česká legislativa na to zatím reaguje pouze předepsáním emisně-imisních limitů pro čistírny odpadních vod (resp. pro bodové kontinuální zdroje). Dešťová situace je zcela opomíjena. Vody zaústěné do povrchových vod ze starších dešťových oddělovačů nejsou považovány za vody odpadní. Přitom chemický stav toku (akutní toxicita) a ekologický stav (eroze dna a břehů, odnos organismů, narušení společenstva) toku jsou výrazně dešťovou situací ovlivňovány[11].

V současné době probíhá polemika nad zavedením poplatku z přepadlé odpadní vody z odlehčovací komory. Základní překážkou tohoto kroku je pravděpodobně odpor vlastníků, protože v první fázi by nová povolení vyžadovala nákladné úpravy na síti a budování nových dešťových nádrží, navíc by to mohlo způsobit vyšší nárůst cen služeb, což by rozzlobilo samotné spotřebitele. Na druhé straně však lze (při aplikaci prvků HDV) tímto krokem snížit zatížení hydraulicky přetížených kanalizací a např. využít možnosti rekonstrukce bezvýkopovou technologií vložením menšího průměru potrubí.

*Technickým problémem odpojování dešťových vod je možná snížená schopnost proplachování kanalizačních sedimentů během dešťové události. Dalším omezujícím faktorem je, že řada městských toků je ve špatném ekomorfologickém stavu, který má zásadní vliv na kvalitu společenstva organismů (jako jednoho z hodnotících kritérií ekologického stavu toku dle ES 2000/60). Bez zlepšení ekomorfologie toku se úpravy na OK mohou do celkového stavu společenstva promítnout pouze omezeně[11].*

Další možností rozšíření HDV objektů představuje využití evropských dotací, které by usnadnilo obcím financování komplexnějšího řešení, které má svoje pozitivní důsledky, jež ale nejsou primárně vyjádřitelné penězi, jako nižší prašnost, vyšší vlhkost, nárůst počtu druhů rostlinných a živočišných společenstev v ekosystému místního toku a vznik nových rekreačních ploch. Primárně jsou tyto objekty schopné snížit zatížení kanalizace během dešťových událostí a tím prodloužit životnost kanalizace, případně umožnit napojení dalších objektů. Současná situace, kdy se využívá evropských dotací primárně pro rozšiřování neefektivní a nákladné infrastruktury, představuje v lepším případě promarněnou příležitost.



Pokud má místní vodohospodářská firma dostatek financí, lze uvažovat i program pronájmu akumulčních nádrží. Majitel by např. platil pouze zbudování, ale ne samotnou nádrž. Tím by se zkrátila návratnost investice do podzemní akumulční nádrže, která se u rodinných domů pohybuje kolem 15 let[12]. Město by z toho mělo užitek v důsledku bezpečnějších dešťových průtoků. Uvažovat lze i obdobu metody EPC, která se používá u energeticky úsporných opatření. Stručně se dá charakterizovat jako financování opatření z budoucích úspor. Při využívání akumulční nádrže by se financování vracelo v úsporách za nižší odběr vody. Spotřeba by přitom mohla být kalkulována dle stávajícího dlouhodobého průměru a cena by se snížila až po vypršení doby financování.



### 3 Cíle diplomové práce

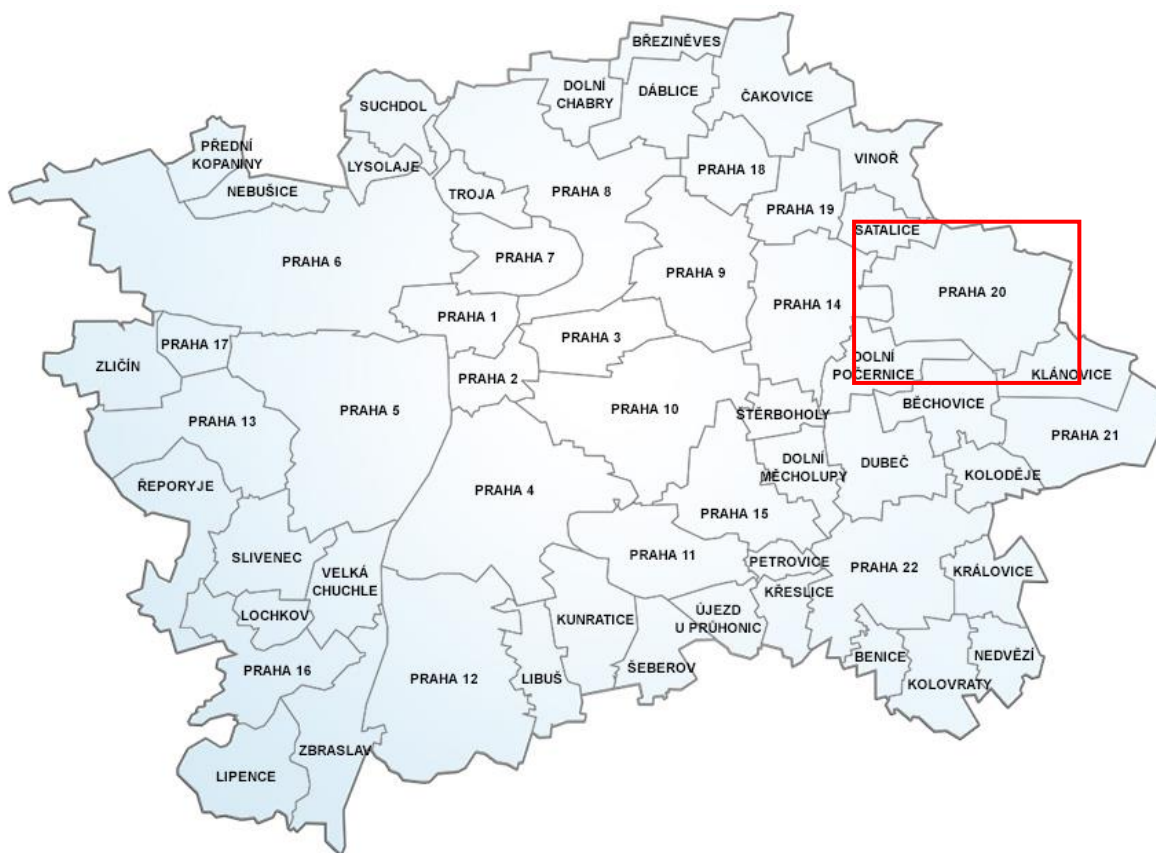
Tato práce si klade za cíl ekonomicky porovnat klasický a přírodě blízký přístup aplikovaný za účelem snížení četnosti hydraulického přetížení kanalizace dešťovým odtokem na příkladu konkrétního městského povodí. Řešená lokalita MČ Horní Počernice nabízí možnost navrhnout několik různých typů opatření, která by usnadnila výpar, vsak a zpomalený odtok stokovou sítí. Strukturu praktické části diplomové práce lze rozdělit do dílčích cílů:

- 1) Kategorizace území – vytipovat si vhodné stavby pro odpojení dešťového odtoku a zelené plochy, na kterých by se dalo zbudovat HDV opatření
- 2) Návrh jednotlivých řešení – pro vytipované zpevněné plochy nadimenzovat vhodná opatření a porovnat vypočtené rozměry navržených objektů s reálnými možnostmi, případně upravit dle situace
- 3) Ekonomické posouzení variant - vyčíslit ekonomické náklady na HDV prvky a na uvažované centrální řešení v podobě retenční nádrže
- 4) Porovnání navržených variant z hlediska nákladů a efektivity
- 5) Teoretické možnosti pobídek – návrh ekonomických stimulů pro obyvatele a firmy usnadňujících zavádění HDV objektů

## 4 Popis lokality

### 4.1 Popis městské části Horní Počernice

Jelikož bylo cílem práce řešit území stávající zástavby s jednotnou kanalizační sítí, na které dochází k častějšímu přetěžování a teoreticky vytvořený model by neposkytl úplnou představu o reálných nástrahách a příležitostech při volbě decentralizovaných prvků, byla po diskuzi se zástupcem PVK a.s. za modelovou lokalitu zvolena městská část Horní Počernice.

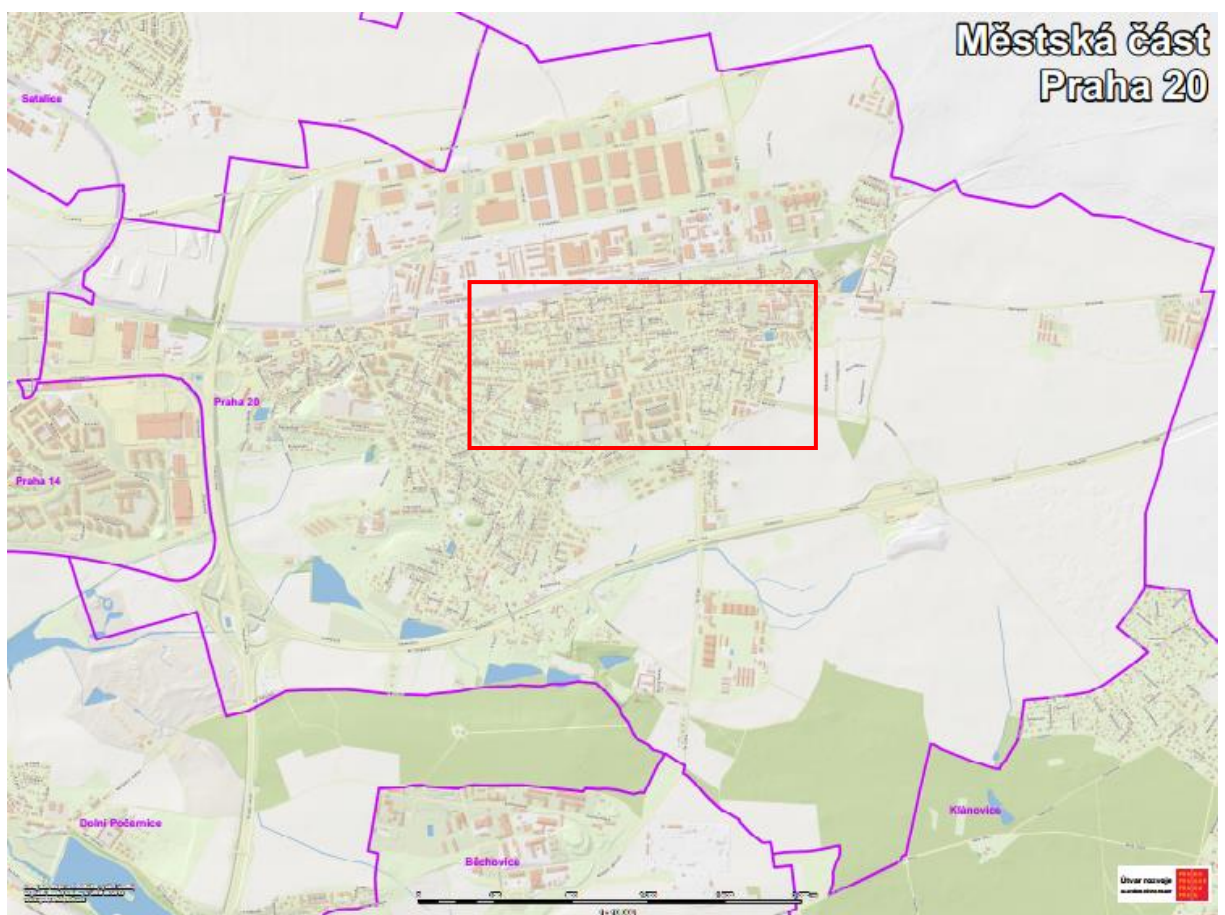


Obr. 4. 1: Správní členění Prahy[13]

Městská část Praha 20 – Horní Počernice se nachází na východním okraji hlavního města Prahy. Celková výměra území činí 16,96 km<sup>2</sup>, přičemž východní a severní hranice katastru tvoří i hranici hl. m. Prahy. Z geologického hlediska převažují křídové sedimenty s převládajícími prvky druhohorních vrstev opuky a pískovce. V minulosti zde převažovalo zemědělské hospodářství a do dnešní doby se na okrajích městské části nachází rozlehlá zemědělská pole. Na jihu se kromě lesů zachovala i část dřívější rybníční soustavy. Území je

tvořeno mírně zvlněnou rovinou o průměrné výšce 267 m n. m., přičemž maximální výška je 288 m n. m. a minimální 228 m n. m. [15].

V Horních Počernicích žilo podle posledních statistických údajů k 31. 12. 2013 celkem 15 140 obyvatel [16]. V posledních letech dochází k trvalému nárůstu počtu obyvatel. V zastavěné části obce je celkem 2 279 domů s celkem 4 943 byty, z toho více než polovina se nachází v panelových domech. Centrální část městské části je ze tří stran ohrazena rychlostními komunikacemi, což společně s železničním koridorem zlepšuje dopravní dostupnost a může být důvodem, proč zde má sídlo i mnoho firem. Velká část území byla zastavěna teprve před několika lety, kdy byl na severu obce vybudován velký logistický komplex skladových hal.



Obr. 4. 2: Mapa technického využití území MČ Praha 20 (zvýrazněno řešené území)[14]





V obci se nachází mnoho různých objektů občanské vybavenosti:

- Školy (3 mateřské, 4 základní, 2 střední a jedna speciální)
- Dvě sportovní jednoty s třemi areály
- Dům dětí
- Veřejná knihovna
- Kulturní centrum
- Městské divadlo
- Kulturní památka Chvalský zámek
- Dům s pečovatelskou službou městské části
- Diakonie a dům bydlení pro seniory zřízený církvemi
- Léčebné rehabilitační zařízení církve bratrské

K rekreaci slouží kromě parků a veřejné zeleně i mnoho dětských hřišť, sportovních ploch a dvě chráněné přírodní památky Xaverovský háj a Chvalský lom [15].

## 4.2 Situace na kanalizační síti Horních Počernic

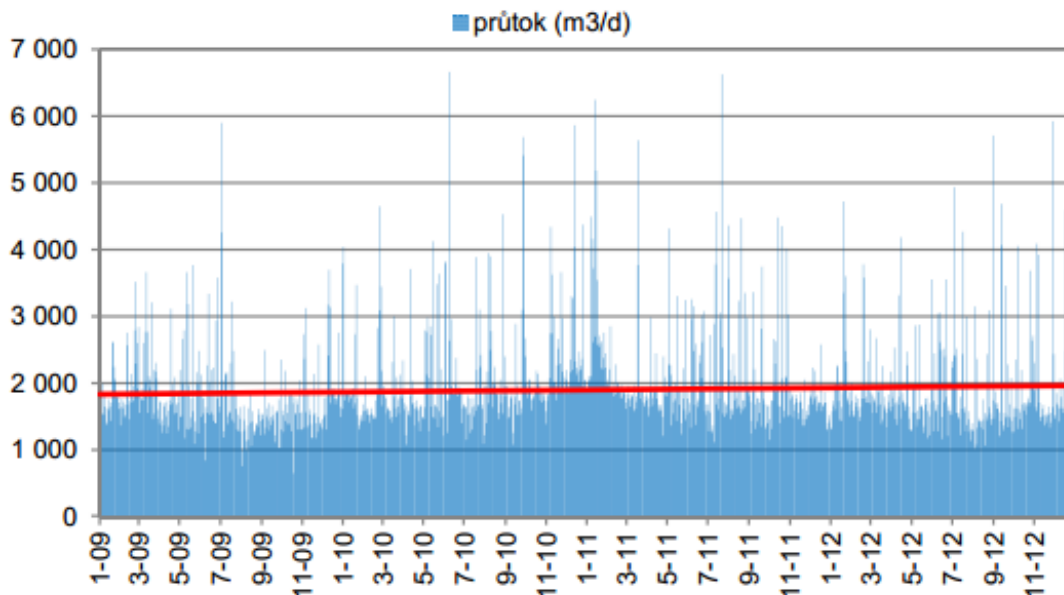
Územím MČ Horní Počernice probíhá rozvodí mezi Labem a Vltavou, tudíž se zde nacházejí i dvě vzájemně oddělené kanalizační sítě. Tyto sítě nekopírují přímo hranici rozvodí, a proto je na některých místech pro překonání převýšení využíváno čerpadel. Na území povodí Vltavy se nachází PČOV Svěpravice a k labskému povodí přísluší PČOV Čertousy. Zástavba městské části je různorodá. Převažují rodinné domy, ze kterých několik není do dnešní doby napojeno na kanalizaci.

Pobočná čistírna Čertousy je i přes proběhlé rekonstrukce na hranici svých kapacitních možností. Bylo proto nutné zastavit napojování nových přípojek. Jelikož územní plán zahrnuje na východě městské části rozlehlé rozvojové plochy, kde se předpokládá intenzivní výstavba, je navýšení kapacity PČOV Čertousy podmínkou pro další plánovaný rozvoj obce.

Průměrný denní přítok odpadních vod na čistírnu ve sledovaném období činní přibližně 2000 m<sup>3</sup>/d (viz Obr. 4.3). V roce 2012 činila specifická produkce odpadních vod cca 222 l/(os·d) pro 8 436 obyvatel a roční průměrný průtok. Když to porovnáme s obvyklou

specifickou produkcí splaškových vod, která se pohybuje okolo 100 l/(os·d), ukazuje se, že v kanalizační síti se vyskytuje značný podíl balastních vod [17].

### **Denní průtoky čistírnou v období r.2009 - 2012**



**Obr. 4. 3: Grafické vyhodnocení čtyřleté řady (r.2009 – 2012) denních průtoků[17]**

Výstup z matematického modelu ukazuje, že celkový objem dešťových vod přepadlých při desetileté události v uvažované odlehčovací komoře v ulici Třebešovská při škrcení na 600 l/s je 2461 m<sup>3</sup>. Tyto vody je možné dle PVS zadržet v nádrži o přibližných rozměrech 45 x 15 x 3,7 m a po konci srážkové události je pak možno tyto vody čerpat zpět do systému jednotné kanalizace v ulici Třebešovská. Náčrt takové varianty je znázorněn na Obr. 4.4. Nevýhodou takového návrhu jsou vysoké náklady na provoz a čištění nádrže a výstavba na soukromém pozemku 39/1. Je to ale ekologicky šetrnější řešení než výstavba odlehčovací stoky se zaústěním přepadlých vod do Podsyrovského rybníka.



Obr. 4. 4: Umístění RN Třebešovská [17]



## 5 Metodika

### 5.1 Kategorizace území

Pro komplexní návrh decentralizovaných prvků HDV bylo nejprve nutné určit hranice řešeného území a následně z něj vyčlenit segmenty, pro které by se navrhla lokální opatření. Hranice území vychází z modelu kanalizační sítě, vlastněném společností PVS a.s.[17]. Výstup z modelu přitom posloužil k návrhu dešťové retenční nádrži na východním konci ulice Třebešovská. Přibližné ohraničení tedy tvoří na severu ulice Náchodská, na západě Rožnovská, na jihu Trní a Jizbická a východní okraj vytyčuje prozatímní nezastavěné rozvojové území. Celková plocha území činí zhruba 85 ha (viz Příloha C).

Co se týče staveb a přilehlých pozemků, z nichž by byla odváděna dešťová voda, bylo potřeba zohlednit několik faktorů. První je povaha vlastnictví – veřejné nebo soukromé. U staveb občanské vybavenosti lze předpokládat snazší prosazení potřebných opatření i možnost navrhnout hned několik různých opatření (vsak, akumulace, zelené střechy). Soukromé stavby bychom mohli rozdělit hlavně na obytné a komerční. Jak bylo uvedeno v kapitole 2.3.1.5, od povinnosti platit za odvádění srážkových vod do kanalizace jsou osvobozeny plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a domácnosti, což znamená, že firmy musí platit. V jejich zájmu by tedy mělo být ušetřit na poplatku za vypouštění srážkových vod do kanalizace a zbudovat si na svém pozemku HDV opatření. Lze předpokládat, že vzhledem k nízké informovanosti a investiční nákladnosti je rychlost zavádění HDV prvků u firem relativně pomalá.

Dalším krokem bylo prozkoumání jednotlivých ulic z hlediska potenciálu zasakování srážek dopadnutých na povrch vozovky. Pro rychlejší průzkum všech ulic studovaného území bylo využito webového rozhraní Panorama služby Mapy.cz (snímky ze září 2013) [18]. V místech zástavby rodinnými domy je mnoho ulic lemováno zatravněnými pásy, případně vzrostlými stromy. Tato situace skýtá jistý potenciál pro možnost zasakování, je však limitována existencí inženýrských sítí, které by komplikovaly hlubší zasakovací opatření. Podle množství zeleně lemující dané ulice byly ulice rozdělené do tří kategorií: velmi vhodné (přes 75 % krajnice zatravněno, či bezprostřední blízkost větší zelené plochy), částečně vhodné (přes 25 % krajnice zatravněno, případně přítomnost vzrostlých stromů) a nevhodné (viz Příloha A).



Stav ulic v městské části je velmi rozmanitý. Je znát, že rekonstrukce povrchu vozovek probíhá postupně a dle slov obecních úředníků se nyní v klidnějších ulicích používá místo asfaltu pouze zámková dlažba. Toto je asi jediný klad rekonstrukcí z hlediska snížení srážkového odtoku v ulicích. Součinitel odtoku  $\psi$  se tímto opatřením sníží o dvě desetiny (Tab. 2.3). Na mnoha místech vznikají místo trávníku či prašných míst zpevněná parkovací místa ze zámkové dlažby, kde by se mohlo využít spíše vegetačních tvárnic. Navíc se často krajnice odděluje obrubníkem, který zamezuje odtoku dešťových vod z vozovky na travní pás. Snadno se tak stane, že z rekonstruované ulice odtéká daleko více dešťových srážek než před rekonstrukcí (pro porovnání dvou míst nedaleko sebe viz Obr. 5.1 a 5.2).



Obr. 5. 1: Ulice Třebešovská (střední část)





Obr. 5. 2: Ulice Votuzská nedaleko Kulturního centra Domeček

## 5.2 Návrh jednotlivých řešení

### 5.2.1 Dimenzování vsakovacích prvků u budov

Během obhlídky lokality se ukázalo, že v blízkém okolí bytových domů P10 (viz Přílohy B a C), patřících společně s domy městské části, probíhá budování podzemních vsakovacích objektů. Tyto prvky navrhovala firma Wavin Ekoplastik s.r.o., přičemž aktuální hydrogeologický posudek, jenž si objednal úřad Prahy 20, zpracovala firma Agrogeologie. Na místě byla provedena kopaná sonda do hloubky 2,5 m. V hloubce 1 m pod povrchem terénu se nachází bílý střednězrný pískovec s hnědě zbarvenými pruhy. Hydrodynamické zkoušky určily filtrační rychlost v rozmezí  $3,8 \cdot 10^{-6}$  až  $7,5 \cdot 10^{-7}$  m/s. Pro návrh vsakovacích zařízení je doporučeno použít hodnotu koeficientu vsaku  $k_v = 2 \cdot 10^{-6}$  m/s [20]. Kopaná sonda sice nedosáhla až k hladině podzemní vody, ale podle archivních údajů se může nacházet až 15 m pod terénem [19].

Dle německé normy DWA A 138 je pro vsakovací objekty vhodné podloží o hydraulické vodivosti v rozmezí  $10^{-6} - 10^{-3}$  [34]. Uvedené rozmezí zohledňuje z jedné strany nízkou míru infiltrace, nepoužitelnou pro zasakování. Při větší porositě horniny naopak dochází pouze k částečnému předčištění a je zde riziko znečištění podzemní vody. Pro návrh



vsakovacích objektů se nepoužívá hodnota hydraulické vodivosti pro nasycené horninové prostředí, ale koeficient vsaku, který představuje zhruba  $\frac{1}{2}$  této hodnoty[22], což představuje rozmezí  $5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-4}$ . Do uvedeného rozmezí se vejde i výše uvedená doporučená hodnota.

Podloží v řešené lokalitě je tedy vzhledem k uvedené hodnotě koeficientu vsaku sice na okraji intervalu, ale přesto vhodné pro zasakování. Prioritním řešením proto v této práci bylo zvoleno vsakování pomocí vsakovacích průlehubů. Vzhledem k nepříliš příznivé hodnotě koeficientu vsaku budou v této práci navrhovány HDV objekty doplněné o podzemní retenční zásobník. Retenční prostor lze vytvořit buď z prefabrikovaných bloků, nebo ze štěrku. Pórovitost těchto materiálů je výrazně odlišná (u štěrku  $m_{\text{štěrku}} = 0,3$ ; u prefa bloků  $m_{\text{prefa}} = 0,95$ ), proto je nutné ještě před dimenzováním objektů ekonomicky porovnat tyto dvě varianty.

Pro porovnání byl zvolen rozměr jedné ze tří vsakovacích rýh ( $A_{vz} = 6 \times 10 \text{ m}$ ) zbudovaných v bloku P10. Použity byly prefabrikované dílce o rozměrech  $1000 \times 500 \times 400 \text{ mm}$  (celkem 120 kusů), čímž je dána výška –  $H_{\text{prefa}} = 0,4 \text{ m}$ :

$$W_{\text{prefa}} = H_{\text{prefa}} \cdot A_{vz} = 0,4 \cdot 6 \cdot 10 = 24 \text{ m}^3 \quad (5.1)$$

Návrhový retenční objem přitom činí:

$$V_{vz-\text{prefa}} = m_{\text{prefa}} \cdot W_{\text{prefa}} = 0,95 \cdot 24 = 22,8 \text{ m}^3 \quad (5.2)$$

Pokud bychom chtěli zachytit tento objem ve štěrkovém tělese o stejném půdorysu, museli bychom volit hloubku:

$$V_{vz-\text{prefa}} = V_{vz-\text{štěrku}} \quad (5.3)$$

$$V_{vz-\text{štěrku}} = m_{\text{štěrku}} \cdot H_{vz-\text{štěrku}} \cdot A_{vz} \quad (5.4)$$

$$H_{vz-\text{štěrku}} = \frac{V_{vz-\text{prefa}}}{m_{\text{štěrku}} \cdot A_{vz}} = \frac{22,8}{0,3 \cdot 6 \cdot 10} \cong 1,27 \text{ m} \quad (5.5)$$

Místní situace vyžaduje umístění retenčního tělesa 1 m hluboko pod rovinu terénu. Pro výkop následně uvažujeme 0,5 m velkou rezervu u okrajů a pod samotným tělesem. Vzhledem k přibližnému porovnání můžeme drobné položky jako geotextilii, obsyp a potrubí počítat u obou variant za stejnou cenu, tudíž je nezahrnout do srovnávacího výpočtu. Stejná



suma by se vyskytla i u ceny za skrývku ornice. Porovnávána je tudíž pouze cena za výkop jámy, odvezení a uskladnění výkopku a za materiál vyplňující retenční objekt:

**Tab. 5. 1: Ekonomické porovnání dvou typů retenčních rýh**

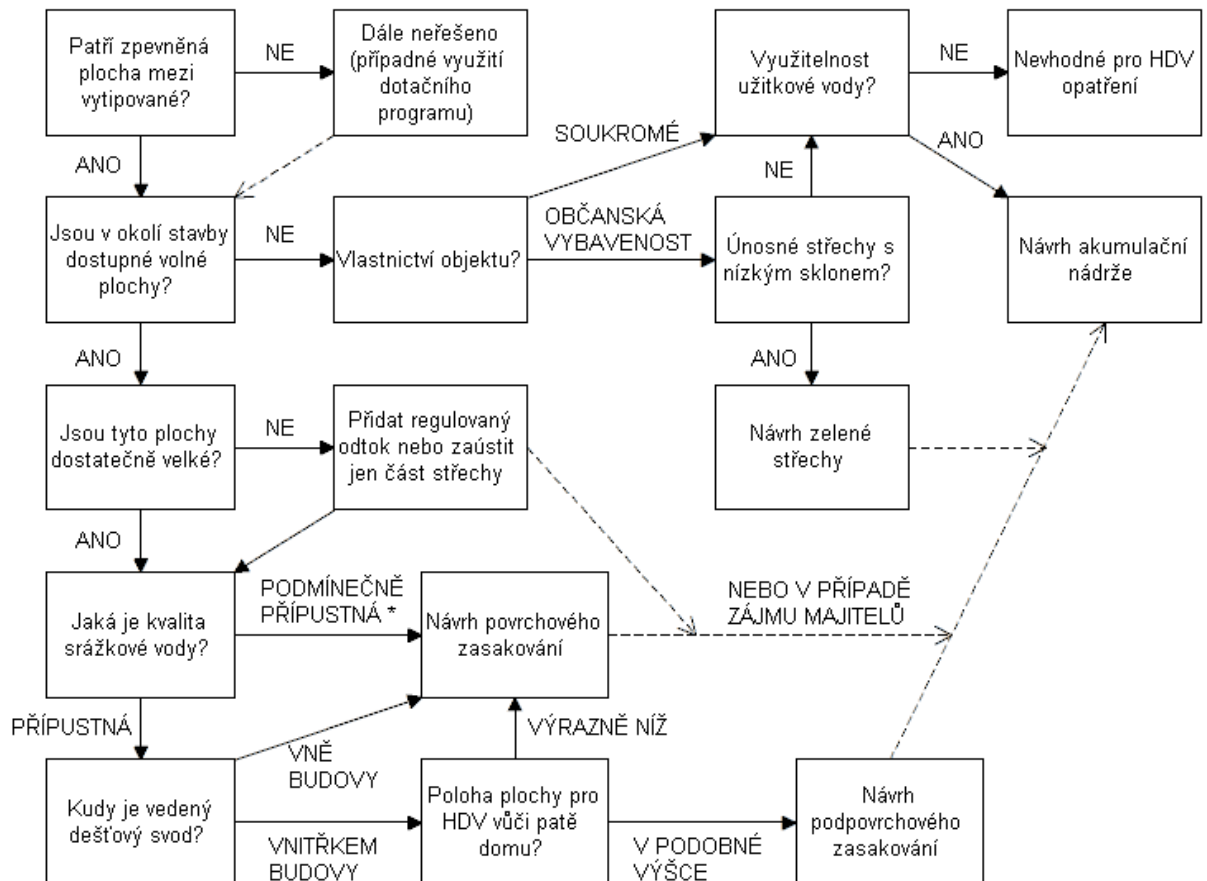
použitý materiál	prefa	štěrk
půdorysná výměra objektu [m <sup>2</sup> ]	60	60
výška retenčního tělesa [m]	0,4	1,27
objem retenčního tělesa [m <sup>3</sup> ]	24	76,2
celkový objem výkopu [m <sup>3</sup> ]	146,3	213,29
cena výkopových prací [1/m <sup>3</sup> ] [21]	253	253
<b>celková cena výkopu [Kč]</b>	37 014	53 963
cena dopravy a uskladnění [1/m <sup>3</sup> ] [12]	329	329
<b>celková cena dopravy a uskladnění [Kč]</b>	7 896	25 070
cena materiálu [1/m <sup>3</sup> ] [24],[25]	6375	510
<b>celková cena materiálu [Kč]</b>	153 000	38 862
součet cen [Kč]	197 910	117 894
rozdíl variant [Kč]	<b>80 016</b>	

Ekonomicky výhodnějším se ukázaly vsakovací průlehy se štěrkovým retenčním prostorem (pórovitost  $m = 0,3$ ). Proti této variantě je možné namítnout, že vyžaduje daleko více přepravní kapacity, jak vzhledem k většímu objemu HDV objektu, tak i pro váhu použitého materiálu, na druhou stranu těžba a přeprava kameniva se může z ekologického hlediska vyrovnat spotřebě surovin a energií při výrobě prefabrikátů. Výhodou štěrkových těles je snadnější výstavba (není nutné připravit hladký podklad pro prefabrikáty a ty spojovat) a pravděpodobně i vyšší životnost objektu.

Pro individuální návrh opatření bylo území rozčleněno na 20 zájmových skupin, u kterých byla specifikována výměra jednotlivých odvodňovaných střeš pro výpočet  $A_{red}$ . Plocha střeš se získala přibližnou metodou pomocí leteckých snímků webové služby Mapy.cz a následně v měřítku odečtením plochy. U této metody bylo potřeba přihlédnout k drobnému zkreslení, ke kterému dochází při leteckém snímkování. Po prostudování leteckých snímků a obhlídce okolí řešených staveb byly vytipovány všechny potencionálně vhodné plochy v bezprostřední blízkosti. Při výběru vhodného typu HDV prvku rozhodují hlavně tyto parametry: vhodná volná plocha, čistota odtékající vody ze zpevněné plochy, typ vedení svodného okapu (vně či uvnitř budovy), charakteristika terénu a případně využitelnost



užitkové vody či vlastnictví objektu. Při rozhodování o tom, jaké se použije HDV opatření, lze na řešeném území postupovat dle schématu na Obr. 5.3.

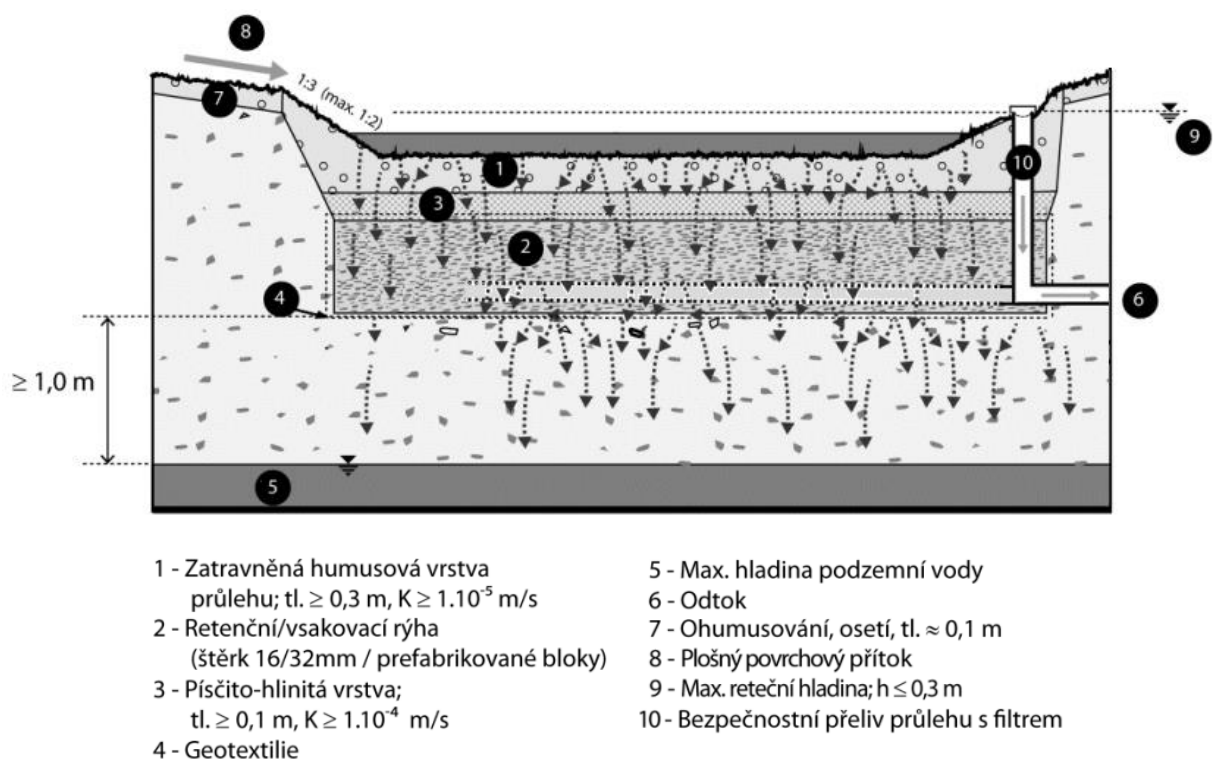


**Obr. 5. 3: Rozhodovací schéma pro volbu HDV opatření (pozn: \*podmínka pro povrch vozovky)**

Většina objektů navrhovaných do prostoru veřejné zeleně by měla být citlivě zasazena do svého okolí a nevznikat na úkor vzrostlých stromů. Vzhledem k převažujícímu rovinatému charakteru městské části a předpokladu nebudovat hluboké vsakovací strže, byly objekty umísťovány do cca 200 m od nejvzdálenějšího okapového svodu, tak aby při sklonu 3 ‰ nemusela být vrchní vrstva níž než cca 0,5 m pod okolním terénem. Podle místních podmínek je tedy prioritně navrhován povrchový vsak (Obr. 5.4).

V zájmovém území je poměrně hodně panelových domů, u kterých je okapový svod vedený vnitřkem budovy (předpokládaná hloubka vyústění je 1 m pod terénem). To znamená, že vyvedení dešťového svodu na terén by si vyžádalo poměrně nákladný zásah do konstrukce

domu či střechy. V takovém případě se proto zvolila metoda podzemního zasakování (Obr. 5.5), pokud sklon terénu nedovolí povrchové vyústění. Jak je naznačeno na obrázku, měl by být před objekt určený pro podzemní zasakování předřazen filtrační objekt pro zachycení hrubších nečistot, jež by jinak časem mohly dramaticky narušit funkci objektu. Převedení podzemního dešťového svodu do podzemního vsakovacího objektu má výhodu v tom, že je možné v místě odklonu uvažovat zbudování bezpečnostního přepadu do dřívějšího svodu, čímž se ušetří za liniové zemní práce. Podzemní vsak má také výhodu při rychlé oblevě, kdy se v nezámrazné hloubce voda může rychleji vsáknout než u povrchového vsakování.



Obr. 5. 4: Vsakovací rýha s bezpečnostním přepadem[8]

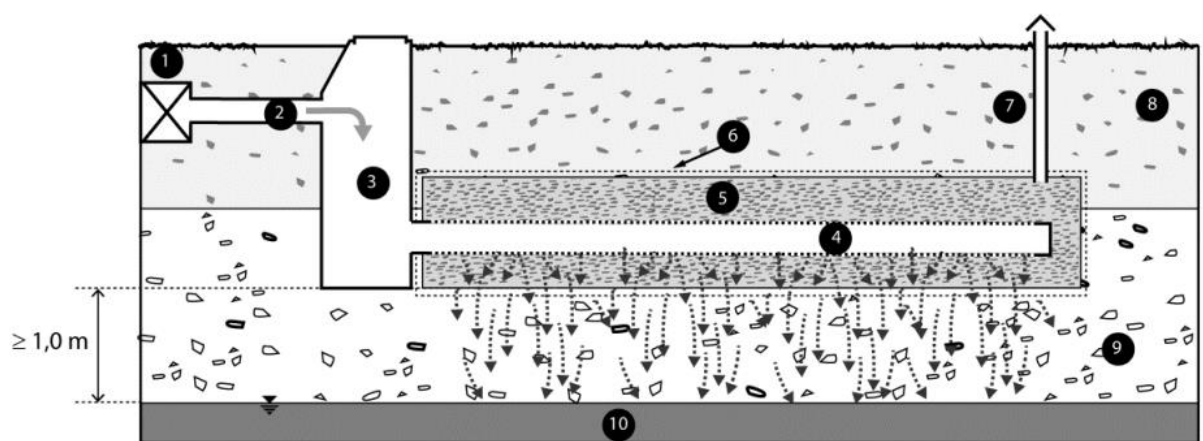
Pro dimenzování HDV prvku je nutné znát místní hydrologickou situaci. V této práci byly použity hodnoty návrhové srážky z ČSN 75 9010, konkrétně návrhový desetiletý déšť z nejbližší lokality, kterou je Praha – Hostivař (Tab. 5.2). HDV objekty se většinou navrhují na pětiletý déšť. Jelikož ale chceme porovnat decentralizovaná opatření s retenční nádrží na stoce, která byla navržena výstupem z desetileté dešťové řady, musíme i tato opatření navrhnout na stejnou návrhovou periodicitu přetížení  $p = 0,1$ .

Tab. 5. 2: Návrhové úhrny srážek pro lokalitu Praha – Hostivař [9]

Místo	Nadm.výška [m n. m.]	Periodicita $\rho$ [rok <sup>-1</sup> ]	Doba trvání srážek $t_c$ [min]							
			5	10	15	20	30	40	60	120
			Návrhové úhrny srážek $h_d$ [mm]							
Praha – Hostivař	240	0,2	11,3	16,5	19,5	21,1	23,2	24,7	26,9	30,6
		0,1	13,1	19,5	23,2	25,3	28,1	30,2	33,1	37,9

Periodicita $\rho$ [rok <sup>-1</sup> ]	Doba trvání srážek $t_c$ [h]								
	4	6	8	10	12	18	24	48	72
Návrhové úhrny srážek $h_d$ [mm]									
0,2	36,6	42,5	43,2	43,8	44,5	46,4	46,9	58,9	62,5
0,1	45,7	52,0	52,8	53,7	54,6	57,2	58,1	73,5	78,9

Jak bylo uvedeno v kapitole 2.3.3, pro vsakovací objekty se uvažuje s dobou prázdnění  $T_{pr} \leq 72$  hodin (což ovšem může být problematické z hlediska delšího stání vody a uhnívání vegetačního krytu, často je tudíž voleno spíše 24 h). U objektů s regulovaným odtokem je doba prázdnění max.  $T_{pr} \leq 24$  hod. Součinitel odtoku byl vzhledem k rozměru a charakteru střech volen dle Tab. 2.3:  $\Psi = 1$ .



- |   |   |
|---|---|
| 1 - Předčištění - vtoková mřížka,<br>síta, filtr, kalová jímka        | 6 - Geotextilie   |
| 2 - Podpovrchový přívod vody  | 7 - Odvzdušnění   |
| 3 - Vstupní šachta  | 8 - Nedostatečně propustné půdní<br>a horninové prostředí |
| 4 - Přívodní drenážní potrubí   | 9 - Propustné půdní a horninové prostředí                 |
| 5 - Retenční/vsakovací rýha (šterk 16/32mm /<br>prefabrikované bloky) | 10 - Max. hladina podzemní vody                           |

Obr. 5. 5: Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem [8]

Vsakovaný odtok  $Q_{vsak}$  [ $m^3/s$ ] vychází z koeficientu vsaku a spočítá se dle normy ČSN 75 9010:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (2.2)$$

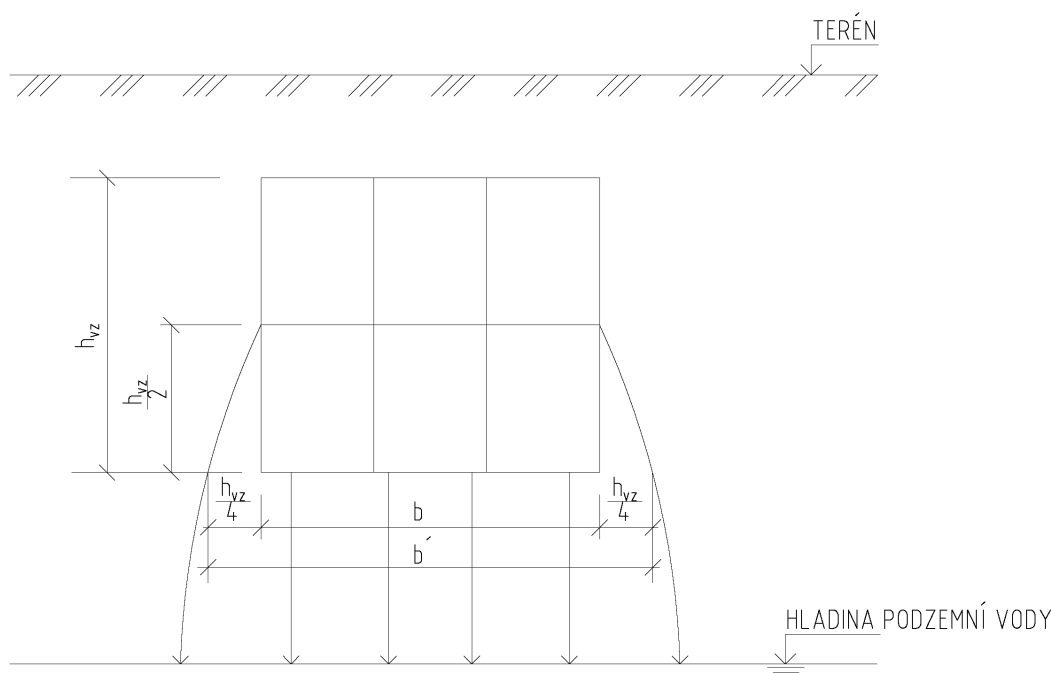
Součinitel bezpečnosti vsaku  $f$  se volí kvůli předpokládané změně vsakovacích schopností horninového prostředí v průběhu životnosti objektu. Minimální hodnota, která se použila i v této práci je  $f = 2$ . Vyšší hodnoty (např.  $f = 5$ ) se používají v místech s příznivějšími vsakovacími parametry, kde  $A_{red}/A_{vsak} > 15$ .

Vsakovací plocha  $A_{vsak}$  [ $m^2$ ] vychází z rozměrů vsakovací rýhy a zohledňuje chování vody při proudění v podzemí (Obr. 5.6). Pro podzemní prostor s propustnými stěnami se spočítá:

$$A_{vsak} = L \cdot b' = L \cdot \left( \frac{h_{vz}}{2} + b \right) \quad (5.6)$$

Jelikož se v této práci posuzuje více prvků a v rámci studie si můžeme dovolit vyšší návrhovou bezpečnost, bude se ve výpočtech používat dle normy jednodušší výpočet:

$$A_{vsak} = L \cdot b \quad (5.7)$$

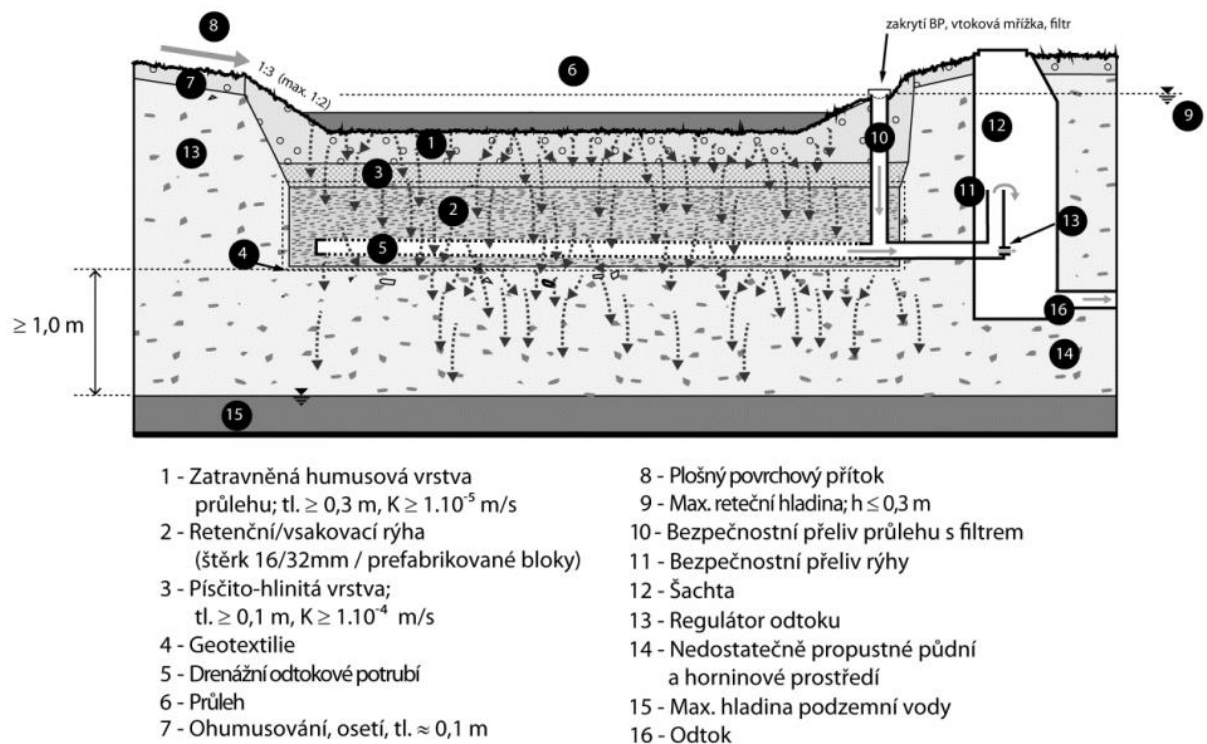


Obr. 5. 6: Stanovení šířky vsakovací plochy podzemního prostoru[9]

Hlavní rozdíl mezi návrhem vsakovacího průlehu s rýhou a podzemní vsakovací rýhy spočívá v množství dešťové srážky, která dopadne na vsakovací plochu a na místě se vsákne. U povrchového vsaku můžeme zhruba počítat s tím, že se veškeré srážky zadrží na zatravněné vrstvě společně s přiteklou vodou. Na rozdíl od toho u podzemního vsakovacího objektu může být vrchní vrstva polopropustná či nepropustná. Abychom toto mohli zohlednit ve výpočtu, je možné použít Tab. 2.3. Pokud tedy bude nad podzemní vsakovací rýhou zatravněná plocha, budeme do výpočtu objektu k  $A_{red}$  zahrnovat i tuto plochu, jelikož se většina dopadlé vody na místě vsákne (pro zjednodušení neuvažujeme část, která se vypaří). V případě, že by terén nad podzemním objektem měl jiné využití, spočítáme si doplňkovou redukovanou plochu  $A_{red-vsak}$  [m<sup>2</sup>]:

$$A_{red-vsak} = (1 - \Psi) \cdot A_{vsak} \quad (5.8)$$

U dimenzování HDV objektů s regulovaným odtokem (Obr. 5.7) se pro výpočet  $Q_{reg}$  [m<sup>3</sup>/s] použije norma TNV 75 9011. Vycházíme z pevně daného specifického odtoku  $q_{spec} = 3$  l/(s.ha) a výměry pozemku  $A_{celk}$  (v ha), kterou získáme z katastrálních map, kde je nejprve nutné zjistit, které pozemky přísluší dané nemovitosti.



Obr. 5. 7: Vsakovací průleh s regulovaným odtokem [8]



$$Q_{reg} = \frac{q_{spec} \cdot A_{celk}}{1000} = \frac{3 \cdot A_{celk}}{1000} \quad (5.9)$$

$$\text{přičemž } Q_{reg} \geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.10)$$

Dimenzování HDV objektů vychází z hydrologické bilance, kde velikost přítoku se musí rovnat velikosti odtoku:

$$Q_{přítok} = Q_{odtok} + V_{ret} \quad (5.11)$$

Jednotlivé hodnoty získám z následujících rovnic:

$$Q_{přítok} = i \cdot (A_{red} + A_{red-vsak}) \cdot t / 1000 \quad (5.12)$$

$$Q_{odtok} = 3600 \cdot (Q_{vsak} + Q_{reg}) \cdot t \quad (5.13)$$

$$V_{ret} = A_{vsak} \cdot H \quad (5.14)$$

$i$ ...intenzita srážky [mm/h]

$t$ ...doba trvání srážky [h]

$Q_{vsak}$ ...vsakovaný odtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$Q_{reg}$ ...regulovaný odtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

Pro návrh vsakovací rýhy si můžeme uvedené rovnice upravit do obecného tvaru a zjistit orientační výměru HDV objektu:

$$i \cdot (A_{red} + (1 - \Psi) \cdot A_{vsak}) \cdot \frac{t}{1000} = 3600 \cdot \left( \frac{k_v \cdot A_{vsak}}{f} + Q_{reg} \right) \cdot t + m \cdot A_{vsak} \cdot H$$

$$\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot k_v \cdot A_{vsak}}{i \cdot f} + \frac{1000 \cdot m \cdot A_{vsak} \cdot H}{i \cdot t} - (1 - \Psi) \cdot A_{vsak} = A_{red} - 3600 \cdot Q_{reg} \cdot t$$

$$A_{vsak} \cdot \left( \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot k_v \cdot t + 1000 \cdot m \cdot H \cdot f - ((1 - \Psi) \cdot i \cdot f \cdot t)}{i \cdot f \cdot t} \right) =$$

$$= A_{red} - 3600 \cdot Q_{reg} \cdot t$$



$$A_{vsak} = \frac{(A_{red} - 3600 \cdot Q_{reg} \cdot t) \cdot i \cdot f \cdot t}{3,6 \cdot 10^6 \cdot k_v \cdot t + 1000 \cdot m \cdot H \cdot f - ((1 - \Psi) \cdot i \cdot f \cdot t)} \quad (5.15)$$

přičemž výška  $H$  je limitovaná maximální dobou prázdnění a pro objekty bez regulovaného odtoku činí:

$$T_{pr} \leq 72 \text{ h} \quad (5.16)$$

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} \sim \frac{m \cdot B \cdot L \cdot H \cdot f}{3600 \cdot k_v \cdot A_{vsak}} = \frac{m \cdot H \cdot f}{3600 \cdot k_v} \quad (5.17)$$

$$H \leq \frac{3600 \cdot k_v \cdot T_{pr}}{m \cdot f} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 72}{0,3 \cdot 2} = 0,864 \text{ m} \quad (5.18)$$

Výšku retenčního prostoru objektů bez regulovaného odtoku tedy budeme uvažovat  $H = 0,85 \text{ m}$ . Potřebnou vsakovací plochu získáme porovnáním výsledné  $A_{vsak}$  pro všechny doby návrhové srážky. Maximální hodnota  $A_{vsak}$  určí nejmenší nutnou výměru vsakovacího zařízení a kritickou dobu deště. Z vypočítané vsakovací výměry lze následně usoudit, zda vyhoví předem vytipovaná plocha. Pokud je  $A_{vsak}$  menší než navržená plocha, můžeme upravit šířku či délku do optimálních rozměrů. V opačném případě navržená lokalita nevyhoví, a tudíž musíme do objektu zaústit méně vybraných ploch, vybavit objekt regulovaným odtokem, či navrhnout jiné řešení (viz Obr. 5.3).

V případě vsakovací rýhy s regulovaným odtokem se počítá:

$$T_{pr} \leq 24 \text{ h} \quad (5.19)$$

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_{reg}} \quad (5.20)$$

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot (A_{vsak} + Q_{reg}) \cdot t_c \cdot 60 \text{ [m}^3\text{]} \quad (5.21)$$

Návrhový déšť použijeme při hledání potřebného retenčního objemu. Z vypočtené hodnoty a zamýšlené výměry, lze spočítat hloubku retenčního prostoru a návrh zkontrolovat výpočtem doby prázdnění [9].

## 5.2.2 Dimenzování vsakovacích prvků podél ulic

Pro výpočet potenciálu zatravněných pásů z hlediska umístění HDV prvků a přibližných nákladů takového opatření byl zvolen vzorový profil ulice. Šíře vozovky v takovém případě činí 6 m a vozovku lemuje na jedné straně chodník či podélná parkovací místa a na druhé zelený pás, oboje o šíři 1,5 m (viz Obr. 5.2). Vycházelo se přitom jak z pěší obhlídky ulic, tak z leteckých snímků[18].



Obr. 5. 8: Schematické řešení odvodnění ulice pomocí vsakovacího průlehu s rýhou[26]

Vzhledem k omezeným rozměrům zelených pásů, ať už z hlediska situace v konkrétní lokalitě nebo přítomností inženýrských sítí, bude v těchto místech navržen povrchový vsak doplněný o regulovaný odtok do kanalizace. Využitelná šíře zeleného pásu je kvůli přechodům od vozovky a plotu cca  $B = 1,2\text{m}$ . Povrch vozovky budeme uvažovat z dlažby s pískovými spárami, která se používá u rekonstruovaných povrchů a postupně nahrazuje asfaltový svršek. Výjimku tvoří minimálně ulice Ve Žlábku, která kvůli vyšší dopravní zátěži vyžaduje dostatečně únosný povrch (v roce 2014 byl v části této ulice rekonstruován asfaltový povrch). Součinitel odtoku je volen pro sklon 1 – 5 % a činí  $\Psi_{\text{dlažba}} = 0,6$ ; případně  $\Psi_{\text{asfalt}} = 0,8$ .





Návrh vsakovacího retenčního příkopu se z části podobá dimenzování HDV objektů pro odtok ze střech. Hlavním rozdílem je v tomto případě nutnost přemístit šachtu pro odtok dešťové vody z okraje vozovky do vsakovací rýhy, kde poslouží jako bezpečnostní přeпад. Použila by se kanalizační šachta na potrubí z trub PP přímá průměru 400 mm hloubky do 1,9 m o ceně 15 000 Kč. Zelené pásy podél ulic jsou přerušované v místech příjezdových cest, pod kterými by bylo vhodné nechat porézní potrubí umožňující větší vsak a menší počet kanalizačních šachet, které by se osazovaly po 50 metrech. Ostatní úpravy komunikace v podobě zámkové dlažby a či zapuštěných obrubníků není nutné započítávat, jelikož by byly zahrnuté i ve stávající rekonstrukci.

## 5.3 Ekonomické posouzení variant

### 5.3.1 Zelené střechy

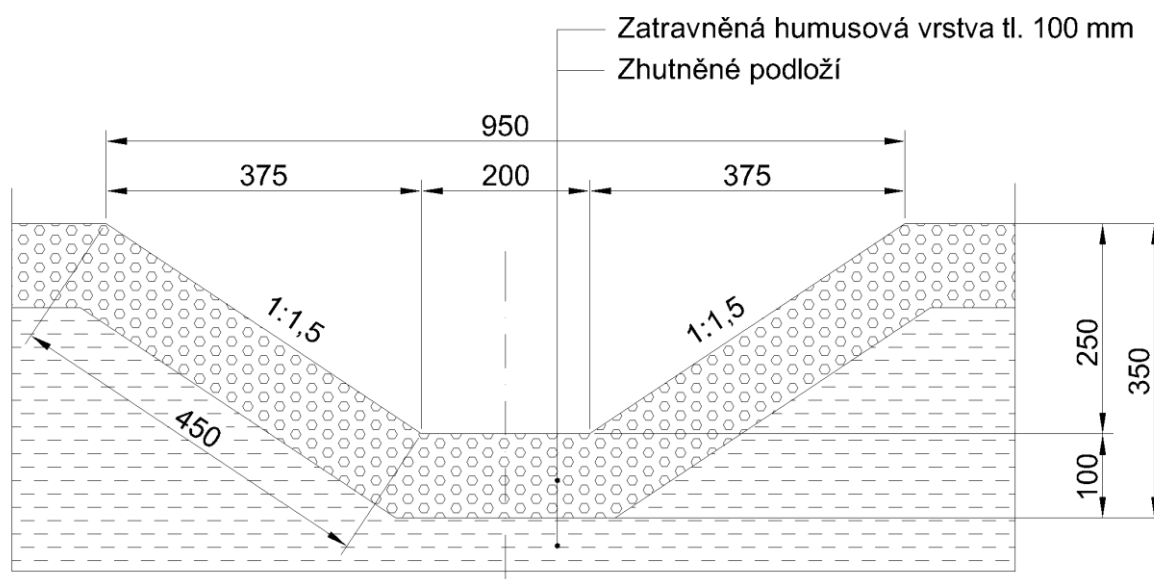
Vzhledem k tomu, že zelené střechy jsou v této práci navrhovány pouze na už existující objekty veřejného vybavení, které mají únosnost navrženou primárně na zimní sněhové zatížení, bude uvažována pouze lehčí tzv. extenzivní varianta zelených střech. Do této kategorie byly zahrnuty všechny ploché střechy budov obecní vybavenosti, pro které nebyly nalezeny potřebné vsakovací plochy. Je ovšem možné, že by část nevyhověla potřebnému statickému posudku.

K vyčíslení nákladů posloužil údaj od zástupce firmy Terestra s.r.o., který uvedl, že zbudování 1 m<sup>2</sup> extenzivní střešní zahrady, tj. sendvič potřebných vrstev, substrátu a rostlin, přijde cca na 750 Kč + doprava a přesun materiálu na střeche, přičemž hmotnost celé vrstvy zeleně je cca 100-120 kg/m<sup>2</sup>. Cena dopravy a přesunu vychází z obvyklých ceníků přepravy. Vzdálenost dopravy byla zvolena 30 km, což dává cenu cca 1000 Kč/12 t materiálu [27].

Množství zadržené srážkové vody můžeme odvodit ze součinitele odtoku (Tab. 2.3), který pro zelené střechy uvádí rozmezí hodnot  $\Psi = 0,4 - 0,7$ . Uvažovat tedy budeme spíše horší variantu  $\Psi = 0,6$ . Z celkového ročního množství dopadlých srážek se tedy přibližně 40 % vsákne nebo vypaří.

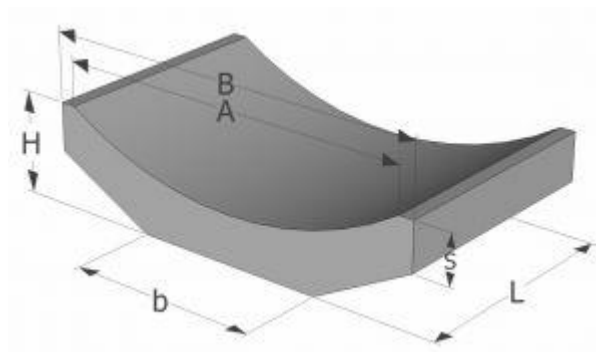
### 5.3.2 Vsakovací objekty

U decentralizovaných HDV prvků je důležité kromě návrhu objektu, rozumně volit způsob přivedení dešťové vody. Dle místních podmínek lze uvažovat se čtyřmi variantami. Nejvhodnější je zatravněný žlab, který vyžaduje v rámci údržby pouze drobné terénní a sadové úpravy, navíc umožňuje přirozený vsak a výpar. Vzhledem k předpokládanému minimálnímu sklonu cca 3 ‰ není nutné tento žlab zpevňovat (Obr. 5.9).



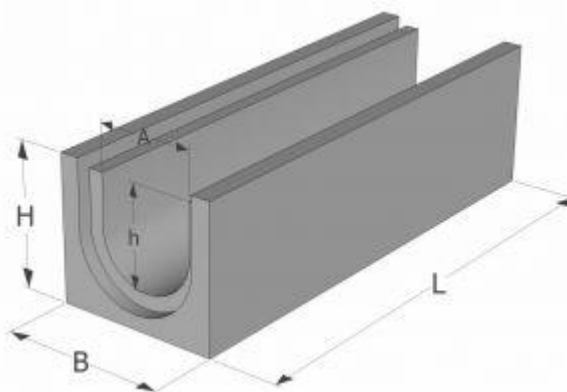
Obr. 5. 9: Zatravněný žlab

V blízkosti budov, chodníků a u dispozičně nevhodných povrchů lze použít otevřený betonový příkopový žlab (Obr. 5.10).



Obr. 5. 10: Příkopový žlab ( $L/B/H = 200/340/85$ )[30]

Přes chodníky a pojezdové plochy je nutné volit tomu odpovídající svod vody. Jedná se většinou o tzv. odvodňovací žlab překrytý z vrchu kovovou mřížkou (Obr. 5.11), použitý výrobek by přitom měl odolat předpokládanému zatížení v dané lokalitě, což může být i pojezd nákladními automobily. V místech, kde je potřebné vést vodu pod zemí, se použije PVC potrubí o vhodném průměru.



**Obr. 5. 11: Pojízdný odvodňovací žlab (L/B/H = 500/170/150) [30]**

Důležitou položkou jsou zemní práce, které předcházejí jak výstavbě svodných kanálů a HDV objektů, tak jsou potřebné i pro napojení bezpečnostních přepadů a regulovaných odtoků na stávající kanalizaci. Na zatravněných místech se nejprve provádí skrývka ornice, u zpevněných ploch se odfrézuje asfaltová vrstva, či odstraní stávající dlažba. Kromě samotného vykopání jam a rýh se mezi nákladové položky započítává doprava a uložení na skládku.

Skladba retenčního objektu vychází z Obr. 5.4. Spodní část se skládá z drenážního odtokového potrubí obsypaného štěrkem. Od okolní zeminy a vrchní filtrační vrstvy je tento retenční prostor oddělen geotextilií, která zabraňuje vnikání drobných půdních částic, které by znemožnili správné fungování objektu. Filtrační vrstvu tvoří 10 cm písčito-hlinitého substrátu a vrchní zatravněná humusová vrstva o tloušťce 30 cm. Skrze tyto vrstvy je drenážní potrubí doplněno o bezpečnostní přepad určený pro větší než návrhové deště, případně pro případ zhoršení vsakovacích schopností humusové vrstvy. Druhý konec potrubí směřuje do šachty, ve které je potrubí zakončeno ve spodní části otvorem pro regulovaný odtok. V případě zaplnění akumulačního prostoru vymezeného spárami mezi štěrkem dochází v šachtě



k výtoku přes horní nastavitelný bezpečnostní přepad. Z šachty voda posléze odtéká přímo do jednotné kanalizace.

Při kalkulaci cen bylo využito několik různých zdrojů, kromě ceníků ÚÚR mimo jiné i ceny produktů náhodně vybraných stavebních firem získané z jejich internetových stránek (viz odkazy v Tab. 5.3).

**Tab. 5. 3: Ceny použité pro výpočet**

naceňovaná položka	jednotková cena
sejmutí ornice – přemístění do 50 m [21]	47 Kč/m <sup>3</sup>
odstranění asfaltového povrchu, do 200 m <sup>2</sup> [21]	653 Kč/m <sup>2</sup>
odstranění zámkové dlažby, do 200 m <sup>2</sup> [21]	197 Kč/m <sup>2</sup>
výkop jam od 100 m <sup>3</sup> do 1000 m <sup>3</sup> , těžitelnost 4 [21]	253 Kč/m <sup>3</sup>
rýha š. do 60 cm, do 100 m <sup>3</sup> , hl. do 1 m, těžitelnost 4 [21]	536 Kč/m <sup>3</sup>
rýha š. do 60 cm, do 100 m <sup>3</sup> , hl. 1-2,5 m, těžitelnost 4 [21]	991 Kč/m <sup>3</sup>
pažení příložené do 2 m [21]	106 Kč/m <sup>2</sup>
vodorovné přemístění výkopku, hornina 1 až 4 přes 4000 do 5000 m [12]	104 Kč/m <sup>3</sup>
uložení sypaniny na skládku [12]	225 Kč/m <sup>3</sup>
šachta a bezpečnostní přeliv *	15000 Kč/ks
geotextilie 200g/m <sup>2</sup> [29]	23 Kč/m <sup>2</sup>
štěrk 16-32 [25]	510 Kč/m <sup>3</sup>
drenážní roura DN 50 flexibilní [29]	13 Kč/bm
KG potrubí DN315, 2m [24]	690 Kč/bm
obsyp potrubí prohozenou zeminou (včetně příplatku) [21]	540 Kč/m <sup>3</sup>
lože pod potrubí ze štěrku [21]	726 Kč/m <sup>3</sup>
zásypy jam, šachet a rýh [21]	61 Kč/m <sup>3</sup>
písčito-hlinitá vrstva (kamenný prach 0-4) [25]	380 Kč/m <sup>3</sup>
rozprostření ornice [21]	38 Kč/m <sup>2</sup>
založení trávníku [21]	21 Kč/m <sup>2</sup>
betonový žlab 0,2 m [30]	25 Kč/ks
odvodňovací žlab 0,5 m [30]	75 Kč/ks
obnovení chodníku [21]	1011 Kč/m <sup>2</sup>
obnovení vozovky [21]	2115 Kč/m <sup>2</sup>

\*data poskytnuta O. Samkem z firmy Glynwed s.r.o.

Pro výpočet nákladů bylo nutné u některých položek zvolit dodatečné rozměry či zjednodušení. To se týká např. drenážní roury pro podzemní vsakovací rýhu, u které uvažujeme přibližně 1 bm na 1 m<sup>2</sup> vsakovací plochy. Tloušťka písčito-hlinité vrstvy vychází z Obr. 5.4 či Obr. 5.7 a byla volena 0,1 m. Podobně tloušťka ornice je 0,3 m. Zhutněné lože pod potrubí volíme 0,1 m hluboké a obsyp by měl být ukončen 100 mm nad potrubím, tzn.



výška obsypu je 0,4 m. Geotextilie obepíná celý retenční prostor, ale vzhledem k tomu, že se při pokládce dbá na pečlivé oddělení od okolní zeminy, použila se celková výměra povrchu retenčního prostoru navýšena o polovinu a tím byla získána výměra potřebné geotextilie. Rozměr výkopové jámy vychází z navrženého rozměru konkrétního objektu, ale je v šíři a délce kvůli přístupu prodloužen o 1 metr a do hloubky o 1,5 m. Některé výkopové práce mají rozdílné ceny pro různá množství zeminy. Pro zjednodušení bylo voleno rozmezí s nejčastějším výkopovým objemem zeminy od 100 m<sup>3</sup> do 1000 m<sup>3</sup>.

Dešťové svody jsou řešeny pouze částečně, jelikož se jedná o hrubou srovnávací studii. Proto do nákladů nejsou započítané přechodky, trubní kolena a odpovídající kapacitní žlaby. Jednotlivé typy dešťového vedení byly pro zjednodušení výpočtu přiřazeny konkrétnímu typu povrchu. Pro betonový otevřený žlab se tudíž počítalo s dlažbou, u odvodňovacího pojízdného žlabu s asfaltem a trubní vedení se zohlednilo jak pro vedení pod asfaltem, tak v zeleni. U betonového a odvodňovacího žlabu se uvažovalo s průměrným výkopem rýhy o šíři 0,5 m a hloubce 0,3 m. Část výkopku by se přitom odvezla na skládku a nahradila ložem ze štěrkodrtě. U podzemního potrubí se počítalo se stejnou šířkou rýhy ale hloubkou 1,2 m a u zatravněného žlabu se náklady odvodily z výkopu rýhy o šíři 1 m a hloubce 0,3 m, která se následně z poloviny zhutní.

### 5.3.3 Centrální dešťová nádrž

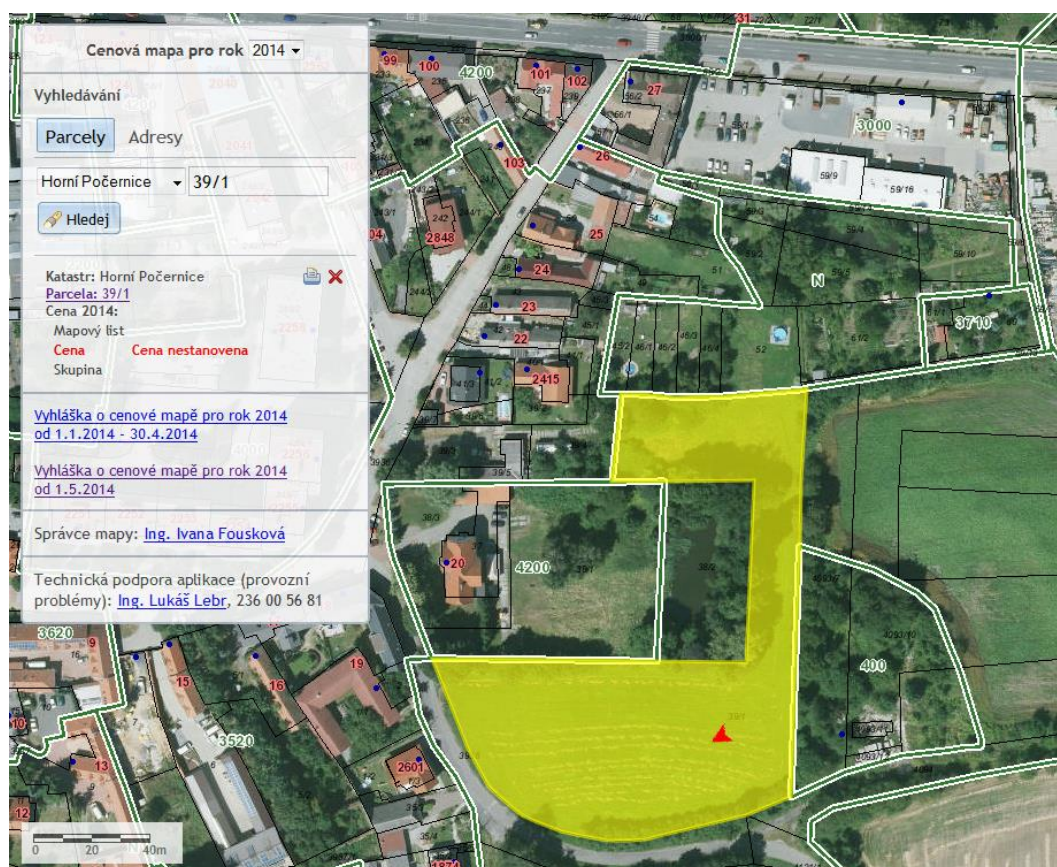
Pro srovnání s decentralizovaným řešením je nutné vyčíslit přibližné náklady na zbudování a následnou údržbu zamýšlené RN Třebešovická (Obr. 4.4). Jelikož se navržený objekt nalézá na soukromém pozemku, musí se připočítat i cena za nákup pozemku. V Cenové mapě stavebních pozemků hl. m. Prahy není pro konkrétní pozemek 39/1, na kterém by se nacházela dešťová nádrž (Obr. 5.12), stanovena cena, ale podle ceny uvedené pro okolní pozemky lze uvažovat hodnotu 3000 Kč/m<sup>2</sup>. Rozměry samotné nádrže jsou předpokládány na cca 45 x 15 x 3,7 m. K realizaci zamýšleného objektu by bylo potřeba odkoupit obdélníkový okraj pozemku 39/1, u kterého se uvažuje i pětimetrový pás okolo nádrže. Výměra této části tedy činí:

$$55 \cdot 25 = 1\,375 \text{ m}^2 \quad (5.22)$$

Kvůli snadnému přístupu k objektu je vhodné dokoupit pruh pozemku pro příjezdovou cestu, což je cca 115 x 16 m:

$$115 \cdot 16 = 1\,840 \text{ m}^2 \quad (5.23)$$

Přístupová cesta je cca 120 m dlouhá a lze uvažovat zbudování 5 m široké obslužné komunikace (netuhé) [31], jejíž cena činí 799 Kč/m<sup>2</sup>.



Obr. 5. 12: Výřez z cenové mapy[28]

Další položku tvoří při zbudování dešťové nádrže zemní práce. Tentokrát uvažujeme s rozměrem výkopu o 1 m větším, než jsou vnitřní rozměry nádrže, zahloubení nádrže bude kvůli přítoku z kanalizace 2 m pod terénem. Celkovou hloubku výkopu tedy uvažujeme 6 m, proto se jáma bude během kopání pažit. Objem výkopu činí:

$$(45 + 2) \cdot (15 + 2) \cdot 6 = 4794 \text{ m}^3 \quad (5.24)$$

Cenu samotného objektu lze vyčíslit pomocí ceníku Ústavu územního rozvoje. Použijeme cenu uvedenou v kategorii „nádrže a jímky pozemních čistíren odpadních vod“ (mezi které můžeme řadit i retenční dešťové nádrže). Vzhledem k předpokládanému



značnému znečištění přiváděné vody a příležitostnému naplňování je vhodné počítat s odolnější konstrukcí, vybrána tedy byla varianta monolitické železobetonové plošné nádrže. Tento typ je vyčíslen na cenu 7910 Kč za m<sup>3</sup> obestavěného prostoru.

Součástí dešťové nádrže je i technologické vybavení, které dle ceníku činí cca 30 % z ceny stavební části. Patří sem např. náklady na strojní část, kamerový systém, rozvod silnoproudu, měření a regulaci.

Napojení dešťové nádrže ke stávající kanalizaci je předpokládáno skrz novou odlehčovací komoru a 100 m dlouhé kanalizační potrubí. Dle matematického modelu jsou v tomto místě uvažovány dvě různé odlehčovací komory za sebou. Uvažujeme, že rozměry takových komor budou cca 5 x 2 x 1 m. Cena za zbudování odlehčovací komory činí 4 742 Kč za m<sup>3</sup> obestavěného prostoru [23]. Průměr stávající stoky v ulici Třebešovská je 1200 mm. Přebytkové vody by do dešťové nádrže odváděla dvoje kanalizační potrubí o průměru 600 mm. Prázdňení nádrže by probíhalo pomocí čerpací stanice a výtlačného řadu. Vzhledem k bezpečnosti by byl objekt oplocen a vybaven kamerovým systémem.

Zemní práce nutné pro výstavbu odlehčovacích komor v místě silnice s uvažovanou hloubkou výkopu 4 m zahrnují jak výkop a odvezení zeminy na skládku, tak odstranění asfaltového povrchu a jeho obnovu.

Betonové potrubí o průměru 600 mm a délce 100 m vyžaduje dle normy jednu kanalizační šachtu o ceně 31 tisíc Kč [23]. Samotné potrubí uložené v nezpevněné ploše by stálo dle ceníku ÚÚR 15 100 Kč/bm [23].

Výtlačné potrubí z čerpací stanice zvolíme o dostatečném průměru pro přečerpání naakumulované vody, což by se mělo zvolit podle požadovaného průtoku a osazeného čerpadla. Pro hrubý výpočet použijeme údaj uvedený u čerpacích stanic na stoce, kde pro tlakové potrubí o průměru DN 100 uvádějí cenu cca 3 650 Kč/bm [23].

### 5.3.4 Provozní náklady

Porovnání variant je důležité zohlednit pro celou provozní dobu, jak pro dešťovou nádrž, tak pro jednotlivé HDV objekty. Proto předpokládáme jednotnou dobu životnosti 50 let, během kterých vyžadují tato zařízení konkrétní péči a údržbu, aby nedošlo



k dramatickému snížení funkčnosti, či přímo znehodnocení vynaložené investice. Vzhledem k tomu, že se nepodařilo zjistit provozní náklady u zrealizovaných objektů, budou v této práci uvažovány převážně náklady na lidskou obsluhu či kontrolu objektů. Pro srovnání se budou uvažovat provozní náklady pro dešťovou nádrž a pro vsakovací objekty u budovy.

#### **5.3.4.1 Provozní náklady dešťové nádrže**

Návrh počítá u dešťové nádrže s gravitačním plněním během dešťové události a po jejím skončení s čerpáním zadržovaných vod zpátky do kanalizace. I když existují systémy umožňující automatické proplachování dna po dešťové události, je nutné vizuální zkontrolování zařízení dvěma pracovníky VaK, kteří musí připravit objekt pro nové bezproblémové použití. Tudíž odstraňují zbylé odpadky a operativně řeší vzniklé problémy. Lze předpokládat, že se u jedné dešťové nádrže zdrží na půl dne. Vzhledem k uvažovanému škrcení na OK o velikosti 600 l/s můžeme uvažovat o cca 35 částečných (či v extrémních případech úplných) naplnění dešťové nádrže ročně. Vzhledem k obtížnosti údržby byla hodinová sazba technika (včetně nákladů na dopravu a likvidaci odpadu) uvažována na 750 Kč/h.

Součástí provozních nákladů jsou i prostředky vynaložené pro automatické prázdňení nádrže, které se provádí čerpací stanicí a oplachem. Naakumulovaná dešťová voda by se přitom měla zpátky do kanalizace přečerpat do osmi hodin [37].

#### **5.3.4.2 Provozní náklady HDV objektů**

Údržba HDV objektů by se dala rozdělit podle toho, zda zařízení zasahuje až na povrch, nebo se nachází v podzemí. U objektů s podzemním zasakováním by návrh měl počítat s rizikem kolmatace vsakovací části a s pomocí předřazeného filtru tomu předcházet. Výhodou podzemních objektů je, že kromě vstupu do šachty o objektu veřejnost ani během dešťových událostí nemusí mít tušení, ale o to větší důraz by měl být kladen na pravidelnou kontrolu a čištění filtru a kalové jímky.

Povrchové vsakovací objekty se většinou navrhují do stávající zeleně, která i dříve vyžadovala údržbu. Rozdíl oproti původnímu trávnickému pokryvu je v tom, že na nově





zbudované travní lože přivádíme větší množství částečně znečištěné vody. Následkem tedy kromě vyššího fyzického znečištění (převážně z listů a květů) může být i výskyt eroze a menší životnost travních drnů. Kontroly HDV objektů by se v prvním roce provozu měly provádět v intervalu jednoho měsíce a po každé významné dešťové srážce. Při kontrole by se měla pozornost věnovat jak čistotě nátoků a odtoku z objektu, tak zdraví vegetace, přítomnosti řas, olejových filmů, ale i nárůstu sedimentů či delší době zadržení srážky.

Celkový počet vsakovacích zařízení navržených pro danou oblast se předpokládá na několik desítek. Bylo by tudíž vhodné, pokud by se i o objekty v soukromém vlastnictví starala jedna firma na základě smlouvy, aby nedošlo k zanedbání údržby. Majitelům soukromých pozemků by tím odpadla nutnost starat se o vybudovaný objekt a pravidelnou kontrolu a údržbu by měla na starosti např. firma starající se v současné době o zeleň. Údržbu HDV objektů by měl provádět zaměstnanec seznámený s touto problematikou. Jelikož je nutné čistit podzemní objekty a všimnout si i drobných závad, které mohou zhoršit funkci objektů, byla i zde volena hodinová sazba 750 Kč/h.

Zelené střechy vyžadují z počátku nejvyšší péči. V prvním roce je důležité nahrazovat mrtvou vegetaci a odstraňovat projevy eroze (včetně identifikace a odstranění příčiny), případně dosít část ploch. Důležité je také během této fáze dbát na pravidelné zalévání, aby vysetá vegetace brzo neuschla. Příležitostně (tedy alespoň jednou ročně) je vhodné odklidit odpadky a zkontrolovat stav střechy včetně nátoků [8].

Provozní náklady se těžko odhadují dopředu, protože každý objekt má svá specifika a sebelepší návrh opatření nemůže počítat se všemi eventualitami. Ekonomický výpočet zahrnující padesátiletou řadu je tedy zatížen značnou nejistotou, přesto je důležité stanovit alespoň hrubý odhad.

## 5.4 Porovnání navržených variant

V rámci této práce se řeší dva typy opatření: centrální dešťová nádrž a decentralizované řešení za pomoci HDV prvků, mezi které patří vsakovací HDV objekty pro vodu ze střech domů, zelené střechy a liniové vsakovací rýhy podél ulic.



### 5.4.1 Porovnání modelem

Abychom měli lepší představu o vlivu decentralizovaných prvků na proudění v kanalizaci, lze použít zjednodušený model v programu EPA-SWMM. V tomto programu je možné si nadefinovat menší povodíčka a odtok z nich skrz zjednodušený kanalizační systém. První varianta bude ukazovat chování systému s dešťovou nádrží v uzávěrovém profilu, v druhé variantě přiřadíme jednotlivým povodíčkám imaginární nádrž, sloužící pro simulaci regulovaného odtoku. Tím zjistíme, jak moc je odlišný vliv většího počtu decentralizovaných prvků oproti jednomu centrálnímu opatření na konkrétní místo v uzávěrovém profilu.

Model byl vytvořen zhruba podle větvení kanalizační sítě, která byla schematizována do 8ucelených dílčích povodí o podobné velikosti s různou vzdáleností od uzávěrového profilu. Délky potrubí přitom byly voleny podle těžišť těchto dílčích povodí.

Parametry použité v modelu:

Manningův drsnostní součinitel (N-imperv) = 0,015

Procento zpev. ploch aktivně zapojených do odtoku (% Imperv) = 23

Sklon povodí (% Slope) = 2

Pro první modelový případ s centrální dešťovou nádrží v uzávěrovém profilu je uvažováno škrcení pod nádrží o hodnotě 600 l/s. V druhém případě se navrhnu dostatečně velké nádrže pro každé povodíčko a škrcení se rozpočítá podle velikosti ploch, tak aby v celkovém součtu odpovídala škrcení u dešťové nádrže.

V simulaci bude kanalizace zatížena desetiletým déšťem pro Prahu[40].

### 5.4.2 Ekonomické porovnání

Finanční výhodnost jednotlivých opatření nejsnáze zjistíme, pokud vztáhneme celkovou cenu k předpokládanému množství zadržené vody. Tím získáme orientační cenu za m<sup>3</sup>navrženého retenčního objemu.

Důležitým výsledkem je porovnání investičních nákladů potřebných pro zadržení stejného množství vody, které odvozujeme z velikosti retenční nádrže o návrhové velikosti



2 500 m<sup>3</sup>. Toto množství musíme upravit podle výsledků z modelového porovnání a pokusit se nalézt tomu odpovídající návrhový objem v HDV prvcích.

Pro posouzení úspor za vsáknuté vody, je nutné zjistit, kolik se pro dané opatření očekává ročně vsáknuté vody. Potenciál úspor lze uvažovat pro situaci, když by byl zpoplatněn odvod dešťových vod bez rozdílu pro všechny zákazníky, kteří odvádí dešťové vody do kanalizace. Nyní, z odhadovaného ročního množství odváděné dešťové vody pro ČR, které činí cca 400 milionů m<sup>3</sup>, je hrazeno firmami asi 70 milionů m<sup>3</sup> dešťové vody, což činí asi šestinu z celkového objemu. Po zavedení plošného poplatku by se cena stočného mohla snížit asi na 2/3 původní ceny [41]. Cena za stočné pro rok 2014 v Praze činí  $N_{\text{stočné}} = 27,83$  Kč bez DPH [38].

### 5.4.3 Vícekriteriální hodnocení

Při nejednoznačném exaktním zhodnocení či při očekávání nezapočítatelných externalit je vhodné zvolit nástroj pro hlubší analýzu, který umožňuje zhodnotit zájmové varianty dle většího počtu stanovených kritérií. Využití tohoto vícekriteriálního hodnocení má sice svoje slabiny v subjektivním stanovení hodnot, ale přesto může posloužit pro získání ucelenějšího obrazu při rozhodování.

Prvním krokem je stanovení samotných kritérií, dále se těmto kritériím přisuzují váhy z hlediska očekávané míry vlivu daného kritéria. Nejčastěji se přerozděluje celkových 100 bodů pro jednotlivé skupiny kritérií až po konkrétní váhy. V krajním případě lze použít pro všechny kritéria stejné váhy.

Aby se snížil subjektivní vliv hodnotitele, lze stanovit výslednou váhu ukazatelů kritérií z postoje většího počtu osob, ideálně expertů v dané oblasti. Nevýhodou takového postupu je, že takové osoby nejsou obeznámeny se všemi detaily úlohy.

Pro vícekriteriální hodnocení byla využita metoda pořadí. Při této metodě se pro každé kritérium určí pořadí (od nejpříznivější varianty), které je následně ohodnoceno podle míry vah pro danou položku.

Pro srovnání dvou navržených variant (centrální vs. decentrální řešení) byla zvolena následující kritéria:



- Složitost přípravy – kolik času je nutné věnovat dojednání s majiteli pozemků, naprojektování objektů a jejich odsouhlasení
- Finanční náročnost – toto kritérium se dělí na investiční a provozní náklady, výsledné hodnoty jsou podrobně řešeny v příslušných kapitolách
- Vliv opatření na okolí:
  - Pozitivní vliv na okolí – pokud budeme uvažovat podobný vliv na průtok v kanalizaci pod uzávěrovým profilem, jedná se v tomto případě spíše o vliv na proudění v kanalizaci v rámci studované lokality a na nekvantifikovatelné jevy
  - Negativní vliv na okolí – jak moc ovlivní obyvatele výstavba a provoz zařízení
- Poruchovost – jak moc velké je riziko selhání objektu v průběhu provozu

Stanovení míry vah bylo voleno tak, aby reprezentovalo odhadovanou míru při rozhodování. Jelikož nejdůležitějším kritériem je cena, bylo skupině zahrnující investiční a provozní náklady přiřazeno 50 bodů. Výše investičních nákladů při rozhodování obvykle lehce převyšují kritérium provozních nákladů, tudíž byla tato dílčí kritéria ohodnocena v poměru 30:20.

Z ostatních kritérií je asi nejdůležitější negativní vliv na okolí, protože investorem je město, které si nechce příliš pohněvat své voliče omezeními způsobenými výstavbou či provozem. Toto kritérium tedy obdrželo 20 bodů.

Složitost přípravy, poruchovost a pozitivní vliv na okolí byly ohodnoceny 10 body.

## **5.5 Uvažované modely pobídek**

### **5.5.1 Dotace a pronájem akumulčních nádrží**

Na řešeném území se nachází velké množství rodinných domů s bazény a zahradami a některé rodinné domy slouží jako sídlo firem. Mnoho z nich by mohlo být osloveno dotačním programem umožňujícím slevu z pořízení HDV objektu. Výše dotace by mohla být volena z případného výraznějšího rozdílu cen mezi decentrálním řešením a dešťovou nádrží.



U rodinných domů a bytových domů by se mohlo jednat o konkrétní příspěvek za každý m<sup>3</sup>navrhovaného objemu HDV objektu. Dotace by se mohla týkat jak podzemních technických řešení, tak i nadzemních dešťových zásobníků. U nadzemních zásobníků by se mohlo jednat o program dlouhodobého pronájmu sudů, pokud by příspěvek pokryl celou pořizovací cenu. Využít by se přitom mohly zkušenosti z podobného programu, kdy se lidem zapůjčovaly jednoduché kompostéry, aby se předešlo bioodpadu v popelnících.

Akumulační nádrže by bylo možné také zbudovat v budovách patřících obci, u kterých by se našlo využití pro užitkovou vodu např. u splachování WC. U škol je nevýhoda nízké spotřeby vody během letních měsíců, kdy by zůstávala většina objemu nádrže obsazena. Tuto vodu by mohlo město v případě zájmu využít na kropení ulic a zalévání veřejných zelených ploch. Dle slov odpovědného městského úředníka se ovšem kropení ulic v současnosti takřka neprovádí a zalévány jsou pouze květinové záhony. Větší využití by užitková voda našla v objektech Městského úřadu či domu s pečovatelskou službou.

V případě firem by dotace sloužila pro zbudování vsakovacích rýh, pokud by firma měla využitelnou zelenou plochu.

### 5.5.2 Spoluúčast při financování

Při návrhu větších zasakovacích objektů, které by využívalo více okolních budov, se mezi zapojenými subjekty mohou nacházet jak obytné domy, tak i sídla firem. Pokud by výstavba probíhala např. s podporou evropských dotací, bylo by v tomto případě ohroženo jejich čerpání, kvůli riziku nedovoleného obohacování. V takovém případě je vhodné uvažovat o povinnosti finanční spoluúčasti firem, které by si sice nemohly dovolit plnou cenu příslušného dílu objektu, ale mohly by uhradit např. pětiletou úhradu za odvod srážkových vod.

Výpočet množství odváděné srážkové vody se podle Přílohy č. 1 k vyhlášce č. 428/2001 Sb. provádí s přihlédnutím ke konkrétnímu typu plochy a tomu odpovídajícímu odtokovému součiniteli. Součet redukovaných ploch se následně vynásobí dlouhodobým srážkovým normálem, v tomto případě se použije průměrný roční srážkový úhrn za roky 1961-1990 pro pražské Klementinum, který je  $i_{\text{roční}} = 469,7$  mm/rok [32], [33].

## 6 Výsledky

### 6.1 Kategorizace území

Po roztřídění všech potenciálně vhodných území lze zhodnotit řešenou lokalitu jako příznivou pro srovnávací studii. Na tomto území je překvapivě hodně zelených ploch a hlavně v důsledku rozlehlého areálu škol i vyšší míra staveb patřících městské části. Zhruba se dá území rozdělit na čtyři části: na jihozápadě se nachází rozlehlý areál panelové zástavby s množstvím zeleně a školním areálem, v centrální části se rozkládá hlavní Počernický park s centrem kulturního života (divadlo, kulturní středisko), na východě je v okolí Křovinova náměstí a přilehlého rybníku nejstarší místní zástavba, která v dnešní době slouží převážně firmám, dům pečovatelské služby a mateřská školka. Zbytek řešeného území tvoří převážně zástavba rodinnými domy občas využívaných jako sídlo menší firmy.

#### 6.1.1 Vymezení zelených ploch

Ve studovaném území byly nejprve vytipovány zelené plochy, potenciálně vhodné pro HDV prvky. Uvažovaly se převážně zelené plochy ve veřejném vlastnictví. V centrální části obce jich je hned několik. Převažují parky se vzrostlými stromy a louky, některé z nich doplněné o dětská hřiště. Po prostudování leteckých snímků a obhlídce lokality bylo možné si poznačit volná prostranství vhodná pro zbudování HDV opatření (Tab. 6.1, Příloha C).

Tab. 6. 1: Seznam zelených ploch a jejich potenciál pro umístění HDV

název	využití	vhodné
Z1	park, hřiště	částečně
Z2	park, louka a hřiště	ano
Z3	park	částečně
Z4	louka, hřiště	ano
Z5	park, louka a hřiště	částečně
Z6	zelená plocha	ne
Z7	park	ne
Z8	okolí rybníka	částečně
Z9	zelená strategická plocha	ne
Z10	louka, hřiště	ano
ZP1	zelená plocha u P6	částečně
ZP2	zelené plochy a hřiště u P8	částečně
ZK1	zelená plocha u K1	ano



Mezi plně vhodné zelené plochy byla zařazena místa s převažujícím travním pokryvem, či vhodná pro umístění rozměrnějšího objektu nad cca 500 m<sup>2</sup>. U částečně vhodných lokalit se vyskytují dětská hřiště a vzrostlé stromy, mezi které by bylo možné umístit menší vsakovací objekty, ostatní plochy byly vyhodnoceny jako nevhodné, ať už pro nedostatek volných ploch nebo jako u Z9 kvůli možné budoucí zástavbě.

### 6.1.2 Vymezení odpojitelných zpevněných ploch

Výběr obytných i komerčních ploch byl volen s důrazem na větší zpevněnou plochu či nedaleko od řešených lokalit. U obytných staveb byly kromě panelových domů zahrnuty částečně i rodinné domy v bezprostřední blízkosti vhodných zelených ploch.

Tab. 6. 2: Seznam řešených bloků a možného opatření

název	popis	zel.střecha	vsak	akum.nádrž
V1	Areál MŠ, ZŠ, SŠ	x	x	x
V2	SOŠ administrativy EU	x	x	x
V3	Úřad městské části Praha 20	x	x	x
V4	Kulturní středisko Domeček	x	x	x
V5	Divadlo Horní Počernice	x	x	x
V6	Mateřská škola "U Rybníčku"	x	x	x
V7	Dům s pečovatelskou službou		x	x
K1	Ubytovna Atlas		x	x
K2	OC Trio		x	
K3	Řeznictví+Pivnice Na Kopečku		x	x
K4	Pražská Teplárenská		x	
K5	TRW Volant			x
P1	3 panelové domy		x	x
P2	3 bytové domy, rodinný dům		x	x
P3	3 bytové domy		x	x
P4	2 bytové domy, rodinné domy		x	x
P5	4 panelové domy, garáže		x	x
P6	panelový dům		x	x
P7	panelový dům		x	x
P8	6 panelových domů		x	x
P9	4 panelové domy		x	x
P10	3 městské bytové domy		x	x
P11	panelový dům		x	x



Souhrn zájmových objektů a ploch je uveden v Tab. 6.2, ve které je uveden i předpokládaný potenciál vzhledem k jednotlivým opatřením.

Jednotlivé prvky byly označeny v přehledové mapce písmenem a pořadovým číslem (viz Tab. 6.2 a Příloha C):

V...objekty občanské vybavenosti (školy, městský úřad, kulturní objekty...)

P...obytné plochy dle jednotlivých bloků (panelové domy a jejich okolí, rodinné domy)

Z...zelené plochy (v sousedství obytných ploch ZP, v majetku soukromé firmy ZK)

K...komerční plochy

## 6.2 Návrh jednotlivých řešení

### 6.2.1 Dimenzování vsakovacích prvků u budov

Podrobně zakreslená řešení pro jednotlivé lokality jsou uvedena v zadní části této práce jako Příloha B v podobě katalogových listů. Výtah výsledných hodnot je uveden v Tab. 6.3.

Z celkové výměry 8 975 m<sup>2</sup> pro HDV objekty připadá na soukromé plochy cca 2 850 m<sup>2</sup> a na plochy ve vlastnictví města cca 6 130 m<sup>2</sup>.

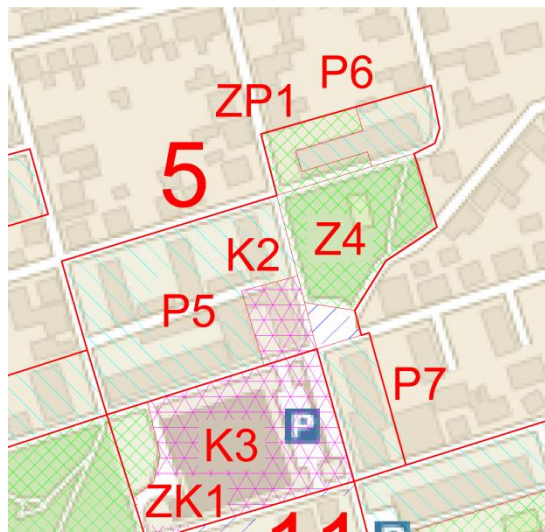


Tab. 6. 3: Shrnutí navržených opatření

skup.	bloky	$A_{\text{reg}}$ [m <sup>2</sup> ]	objem [m <sup>3</sup> ]	$A_{\text{HDV}}$ [m <sup>2</sup> ]	typ vsak. objektu	zelená střecha [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{reg}}/A_{\text{vsak}}$ [-]	umístění objektu
1	P1	1100	58,9	231	podz.	-	4,8	dlažba
2	P2	1890	111,0	436	podz.	-	4,3	zeleň
3	P3	1035	61,2	240	povrch.	-	4,3	zeleň
4	P4	1020	60,4	237	oboje	-	4,3	zeleň+asfalt
5	P5,P6,P7,K2	5200	318,0	1246	oboje	-	4,2	zeleň+dlažba
6	V2	950	46,0	180	podz.	1880	5,3	dlažba
7	K1	550	26,8	105	podz.	-	5,2	asfalt
8	P10	1350	68,4*	180*	podz.	-	-	zeleň
9	V1a	2400	143,0	560	povrch.	-	4,3	zeleň
10	V1b	2400	172,0	676	oboje	1710	3,6	zeleň
11	K3	3850	222,0	872	oboje	-	4,4	zeleň
12	P8,K4	9000	525,0	2060	podz.	-	4,4	zeleň+asfalt
13	P9	3935	239,0	936	povrch.	-	4,2	zeleň
14	V3	570	36,7	144	povrch.	-	4,0	zeleň
15	V5	890	53,6	210	podz.	-	4,2	zeleň
16	V4	530	31,9	125	povrch.	-	4,2	zeleň
17	K5	7080*	až 280*	-	-	-	-	-
18	V6	880	43,4	170	podz.	-	5,2	asfalt
19	P11,V7	1800	94,7	367	oboje+reg.	-	4,9	zeleň+dlažba
20	V1c	760	46,0	180	podz.	950	4,2	zeleň
$\Sigma$		40 110	<b>2 289,6</b>	<b>8 975</b>		<b>4 540</b>		

pozn.: \*nezapočítáno v součtu

Na tomto místě by bylo vhodné zmínit problematické lokality. Nejméně přehledná je asi skupina 5 (viz Obr. 6.1), která v sobě zahrnuje bloky P5, P6, P7 a K2. Zelená plocha Z4 svými rozměry a umístěním pod okolní zástavbou je ideální pro výstavbu vsakovacího průlehu. Od panelového domu P7 lze tedy vést podzemní potrubí, které na Z4 ústí na povrch. Oblast bloku P5a K2 je od zeleně Z4 oddělena stoupající silnicí, dešťový odtok je proto nutné vést hlouběji pod zemí.

**Obr. 6. 1: Výřez skupiny 5 z přehledové mapy**

Jelikož je z této oblasti vytipováno více zpevněných ploch (vyloučena byla nová stavba přilehlá ke K2, u které už byla uplatněna nová vyhláška), ze kterých by vznikal větší odtok, je vhodné spočítat potřebný průměr potrubí, které by vedlo pod silnicí:

$$A_{red} = \Sigma A_{střecha} \cdot \Psi_{střecha} + A_{vozovka} \cdot \Psi_{vozovka} = 1\,095 \cdot 1 + 615 \cdot 0,8 = 1\,590 \text{ m}^2 \quad (6.1)$$

Pro návrh potřebného průměru potrubí je limitní nejkratší návrhová srážka (viz Tab. 5.4):

$$t_c = 5 \text{ min}; h_d = 13,1 \text{ mm} \quad (6.2)$$

Za tuto dobu naprší v počítané lokalitě:

$$V = A_{red} \cdot h_d = 1\,590 \cdot \frac{13,1}{1\,000} = 20,8 \text{ m}^3 \quad (6.3)$$

Což zhruba odpovídá odtoku:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20,8}{5 \cdot 60} = 0,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.4)$$

Sklon jsme si zvolili 5 ‰  $\rightarrow i = 0,005$ ; drsnost plastového potrubí činí  $n = 0,008$ ; průměr potrubí volíme  $D = 0,3 \text{ m}$ , což dává při maximálním proudění  $R = D/4 = 0,075 \text{ m}$ . Rychlost proudění v potrubí zjistíme pomocí upravené Chézyho rovnice:

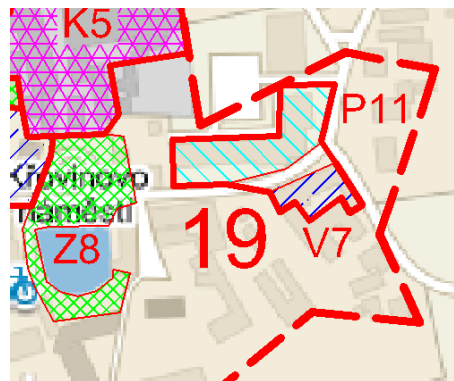
$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,008} \cdot 0,075^{\frac{2}{3}} \cdot 0,005^{\frac{1}{2}} = 1,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.5)$$

Maximální průtok potrubím o průměru  $D = 0,3 \text{ m}$  činí:

$$Q = S \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v = \frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} \cdot 1,57 = 0,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.6)$$

$$0,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} > 0,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.7)$$

Pro návrh postačí plastové potrubí o průměru  $0,3 \text{ m}$ . Jelikož je v tomto místě vůči ostatním návrhům extrémní situace, lze stejný průměr potrubí použít i pro ostatní trubní vedení pod zemí.



Obr. 6. 2: Výřez skupiny 19 z přehledové mapy

Další problematické místo bylo ve skupině 19 (Obr. 6.2), kde se pro objekt V7 nepodařilo najít dostatečně velkou plochu pro vsakování. Použila se tedy předem vytipovaná plocha před řešeným domem a navrhla se pro vsakování s regulovaným odtokem:

$$A_{red} = 640 \text{ m}^2 \quad (6.8)$$

$$A_{celk} = 2\,090 \text{ m}^2 = 0,209 \text{ ha} \quad (6.9)$$

$$Q_{reg} = A_{celk} \cdot q_0 = 0,209 \cdot 3 \cong 0,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.10)$$

Pro tyto hodnoty je maximální návrhový objem  $V_{vz} = 21,2 \text{ m}^3$ . V uvažovaném místě ( $10,5 \times 3 \text{ m}$ ) tedy vyhoví hloubka:

$$H = \frac{V_{vz}}{m \cdot B \cdot L} = \frac{21,2}{0,3 \cdot 10,5 \cdot 3} \cong 2,3 \text{ m} \quad (6.11)$$



Vzhledem k blízkosti domu by mohla být tato hloubka problematická, jak z důvodu statického, tak i kvůli požadované odstupové vzdálenosti, vyžadující dostatečnou vzdálenost od objektu, tak aby nebyly ovlivněny podzemní prostory budovy hladinou podzemní vody.

Proto je vhodnější do objektu zaústit pouze polovinu střechy směrem k ulici o ploše  $A_{red} = 320 \text{ m}^2$ . Návrhový objem pak vyjde  $V_{vz} = 9,3 \text{ m}^3$  a hloubka objektu  $H = 1 \text{ m}$ .

Čas prázdnění je přitom:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_{reg}} = \frac{V_{vz}}{\frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} + Q_{reg}} = \frac{9,3}{\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5 \cdot 3 + \frac{0,6}{1000}} \cdot \frac{1}{3600} = 3,9 \text{ h}$$

(6.12)

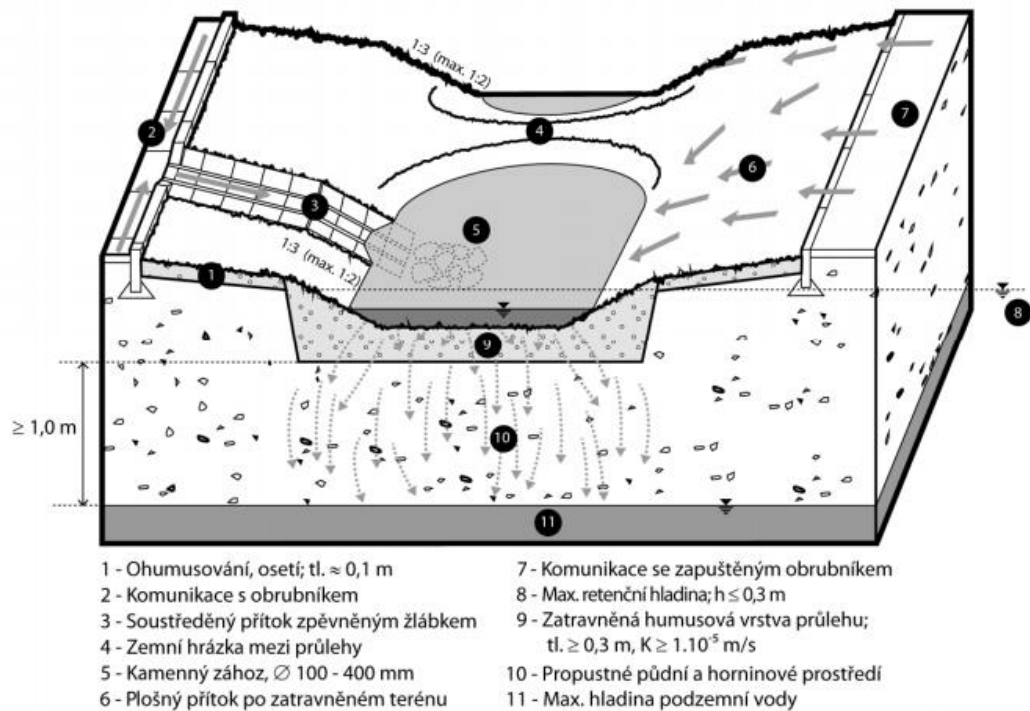
## 6.2.2 Dimenzování vsakovacích prvků podél ulic

V řešeném území byly prohlédnuty okraje ulic a vyhodnocena míra vhodnosti pro HDV prvky. V následující tabulce (Tab. 6.4) je číselně vyjádřeno schematické znázornění z mapy v Příloze C.

V důsledku přítomnosti inženýrských sítí, případně vzrostlejších stromů se možný zásobní prostor významně zmenšuje. Proto je otázkou, zda by se pro částečně vhodné ulice vyplatilo budování vsakovacích rýh s regulovaným odtokem a novými šachtami. Nadále proto budeme vsakovací rýhy počítat pouze pro ulice označené jako plně vhodné a u těch částečně vhodných budeme uvažovat zbudování zasakovacích průlehů bez podpovrchového opatření, které umožňují zasakování alespoň při menších deštích (Obr. 6.3).

Tab. 6. 4: Potenciál ulic z hlediska výstavby vsakovacích průlehu

ulice	celková délka [m]	Odvoditelné skrz HDV [m]		
		plně	částečně	nevhodné
Mezilesí	650	0	250	400
Mečovská	100	0	100	0
Třebešovská	1230	380	745	105
V Humnech	135	0	0	135
Sekeřická	130	0	0	130
Františka Černého	145	145	0	0
Běchorská	1455	310	260	885
Václavická	260	170	0	90
Běluňská	1280	280	210	790
U Věže	150	0	150	0
Ratibořická	580	300	0	280
U Jeslí	380	110	0	270
K Berance	160	0	160	0
Štveráková	440	125	145	170
Radechovská	110	0	0	110
Pavlišovská	260	0	260	0
Chvalkovická	260	95	0	165
Lipí	380	115	0	265
Jívanská	580	260	0	320
Dobšická	310	0	210	100
Chodovická	620	100	360	160
Lukavecká	205	0	205	0
Ruprechtická	140	140	0	0
Komárovská	615	380	185	50
Votuzská	555	140	310	105
Hrdoňovická	280	175	105	0
Čechurova	385	0	120	265
Ve Žlíbku	705	385	165	155
Karla Tomáše	210	0	210	0
Tikovská	205	205	0	0
Tlustého	65	0	65	0
Σ	12 980	3 815	4 215	4 950



Obr. 6. 3: Jednoduchý vsakovací průleh [8]

Dimenzování retenčního příkopu pro ulici Ve Žlábku provedeme zvlášť, kvůli odlišnému součiniteli odtoku:

$$A_{celk} = L \cdot (B_{voz} + B_{chod} + B_{zel}) = 385 \cdot (6 + 2 \cdot 1,5) = 3\,465 \text{ m}^2 = 0,346 \text{ ha} \quad (6.13)$$

$$A_{vsak} = L \cdot B_{zel} = 385 \cdot 1,2 = 462 \text{ m}^2 \quad (6.14)$$

$$\begin{aligned} A_{red} &= L \cdot (B_{voz} \cdot \Psi_{asfalt} + B_{chod} \cdot \Psi_{dlažba}) + A_{vsak} \cdot (1 - \Psi_{zel}) \\ &= 385 \cdot (6 \cdot 0,8 + 1,8 \cdot 0,6) + 462 \cdot 1 = 2\,726 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (6.15)$$

$$Q_{reg} = A_{celk} \cdot q_0 = 0,346 \cdot 3 \approx 1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.16)$$

Při použití vzorečků z předchozí kapitoly nám pro délku příkopu 385 m a šířku 1,2 m, vyjde návrhový objem 138,6 m<sup>3</sup> a hloubka 1 m. Čas prázdnění je přitom předepsaných 24 h.



Pro ostatní ulice vzhledem k nižšímu součiniteli odtoku dlažby je potřeba vyhradit menší retenční prostor (hloubka cca 0,8 m), což dává návrhový objem 988 m<sup>3</sup>. Celkový retenční potenciál pak činí pro nejpříznivější kategorii ulic objem cca **1 126 m<sup>3</sup>** zadržovaných dešťových srážek.

### 6.2.3 Individuální akumulční nádrže

Lze uvažovat, že někteří majitelé nemovitostí, ať už bytové nebo komerční, by místo vsakovacího objektu zvolili akumulční nádrž, která umožňuje snížit náklady na vodné. Je proto vhodné zkusit spočítat, jak by se lišila kapacita vsakovacího a akumulčního objektu. Pro srovnání nám poslouží Ubytovna Atlas (označená v mapě jako K1), která mádle slov paní recepční kapacitu až 120 lůžek a bývá obsazena ze 70 %. Spotřebu vody na splachování WC a praní můžeme uvažovat 30 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>. Roční spotřeba užitkové vody pak vychází:

$$Q_{užit.} = q \cdot n \cdot 365 \cdot 0,001 = 30 \cdot (120 \cdot 0,7) \cdot 365 \cdot 0,001 = 920 \text{ m}^3 \quad (6.17)$$

$$Q_{srážky} = \psi \cdot A \cdot H_n \cdot 0,001 = 1 \cdot 550 \cdot 600 \cdot 0,001 = 330 \text{ m}^3 \quad (6.18)$$

$$V_n = \text{Min} (Q_{srážky}; Q_{užit}) \cdot 0,06 = 330 \cdot 0,06 \cong 20 \text{ m}^3 \quad (6.19)$$

Návrh podzemní vsakovací rýhy v místě parkovacích míst (viz Příloha B - Katalog opatření) počítá s návrhovým objemem 26,8 m<sup>3</sup>. Lze tudíž konstatovat, že akumulční nádrže v místech s vyšší potřebou užitkové vody vzhledem k velikosti střechy, mohou mít podobný vliv na kanalizační síť jako vsakovací objekty.

### 6.2.4 Akumulační schopnost zelených střech

Zelené střechy slouží podobně jako akumulční nádrže pouze k částečnému zpomalení dešťové srážky a efektivně fungují hlavně při slabším dešti a dostatečné kapacitě objektu. Při



návruhu je nejjednodušší využít součinitel odtoku, který pro zelené střechy činí 0,4 – 0,7 (Tab. 2.3). Vyšší hodnoty součinitele se použijí u extenzivních střech a nižší lze volit u intenzivních. Uvažovat tedy budeme spíš horší variantu  $\Psi = 0,6$ .

Uvažovaná výměra zelených střech 4 540 m<sup>2</sup> (Tab. 6.3) je schopná za rok zachytit cca:

$$V_{zs-roční} = A_{celk} \cdot (1 - \Psi) \cdot i_{roční} = 4\,540 \cdot 0,4 \cdot 0,4697 = 853 \text{ m}^3 \quad (6.20)$$

## 6.3 Ekonomické posouzení variant

### 6.3.1 Zelené střechy

Jelikož zelené střechy umožňují pouze omezené zadržení dešťové srážky, bylo s nimi uvažováno pouze u objektů s plochými střechami, pro které se nepodařilo najít dostatečně velké plochy na vsakování, což se týká lokalit V1 a V2, tedy školní objekty. Přibližné vyčíslení nákladů je uvedené v následující tabulce (Tab. 6.5).

Tab. 6. 5: Odhad nákladů na zbudování zelených střech

označení	typ využití	výměra [m <sup>2</sup> ]	hmotnost [t]	cena [tisíc Kč]	
				materiál	doprava
V1	Areál MŠ, ZŠ, SŠ	2660	266	1995	23
V2	SOŠ administrativy EU	1880	188	1410	16
	celkem	4540	454	3405	39

Celkem by tedy zbudování extenzivních zelených střech na určených místech stálo cca 3,45 milionů Kč.

### 6.3.2 Vsakovací objekty

Náklady na výstavbu vsakovacích objektů byly spočteny s pomocí cen uvedených v Tab. 5.3 a zahrnují materiál a práci jak pro vybudování HDV objektů, tak i přívodních





žlabů, případně bezpečnostních přelivů zaústěných do kanalizace. Vypočtené náklady jsou shrnuté v Tab. 6.6.

**Tab. 6. 6: Náklady na výstavbu vsakovacích HDV objektů u budov**

položka	cena [Kč]
odstranění a obnovení humusové vrstvy (HDV, potrubí a zatr. žlab)	505 476
odstranění a obnovení dlažby (HDV a betonový žlab)	2 223 757
odstranění a obnovení asfaltu (HDV, potrubí a odvod. žlab)	3 285 112
výkop pro betonový a odvod. žlab, lože, odvoz zeminy na skládku	166 837
výkop pro potrubí, obsyp	2 000 978
výkop pro zatravněný žlab	13 086
výkop HDV	5 481 169
likvidace zeminy z výkopu pro HDV	3 363 976
šterk pro vsakovací těleso	3 937 506
geotextilie	708 568
písčitohlinitá vrstva	126 882
drenáž	64 870
odvzdušnění a bezpečnostní přeliv	136 620
šachty pro podzemní vsakovací rýhu	405 000
podzemní trubní vedení	1 816 080
betonový žlab	108 625
odvodňovací žlab	57 600
<b>celkem</b>	<b>24 402 141</b>

Náklady na zbudování HDV objektů podél ulic nezahrnují tolik položek a jsou rozepsané v Tab. 6.7.

**Tab. 6. 7: Náklady na výstavbu vsakovacích HDV objektů podél ulic**

položka	cena [Kč]
výkop HDV	2 650 868
likvidace zeminy z výkopu pro HDV	1 230 197
šterk pro vsakovací těleso	1 906 992
geotextilie	532 224
písčitohlinitá vrstva	173 280
drenáž	49 400
odvzdušnění a bezpečnostní přeliv	26 220
šachty pro podzemní vsakovací rýhu	570 000
podzemní trubní vedení	131 100
<b>celkem</b>	<b>7 139 181</b>



Důležité je připomenout, že ani v jedné z uvedených tabulek nejsou zahrnuté náklady na případné přeložky sítí, které by výslednou cenu mohly o něco zvýšit.

### 6.3.3 Centrální dešťová nádrž

Hodnota pozemku 39/1 je uvažována okolo 3000 Kč/m<sup>2</sup>, což by znamenalo celkovou cenu:

$$(1\,375 + 1\,840) \cdot 3000 = 9,645 \text{ milionů Kč} \quad (6.21)$$

Cena za zbudování přístupové cesty o délce cca 120 m a šíři 5 m činí:

$$120 \cdot 5 \cdot 799 = 479\,400 \text{ Kč} \quad (6.22)$$

Náklady na zemní práce vycházejí z objemu výkopu, který činí:

$$(45 + 2) \cdot (15 + 2) \cdot 6 = 4\,794 \text{ m}^3 \quad (6.23)$$

Celková cena za výkopové práce, dopravu a uskladnění na skládce představuje:

$$4\,794 \cdot (307 + 329) = 3\,049 \text{ tisíc Kč} \quad (6.24)$$

Přibližné náklady na výstavbu samotné dešťové nádrže se získají vynásobením obestavěného prostoru a ceníkové ceny. Obestavěný prostor je ovšem větší o zahlobení, které činí necelé dva metry:

$$V_{\text{celk}} = 45 \cdot 15 \cdot (3,7 + 1,8) = 3\,713 \text{ m}^3 \quad (6.25)$$

$$3\,713 \cdot 7\,910 = 29,37 \text{ milionů Kč} \quad (6.26)$$

Náklady na technologické vybavení činí dle ceníku cca 30 % z ceny stavební části:

$$0,3 \cdot 29,37 \cdot 10^6 = 8,81 \text{ milionů Kč} \quad (6.27)$$

Cena za zbudování odlehčovací komory činí 4 742 Kč za m<sup>3</sup> obestavěného prostoru [23], což při uvažovaných rozměrech 5 x 2 x 1 m pro dva kusy činí:

$$2 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 1) \cdot 4\,742 = 94\,840 \text{ Kč} \quad (6.28)$$



Za zemní práce včetně odstranění a obnovy asfaltového povrchu by se zaplatilo (ceny viz Tab. 5.3):

$$2 \cdot 6 \cdot 3 \cdot (653+2115) + 2 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 4 \cdot (253+104+225) = 183\,500 \text{ Kč} \quad (6.29)$$

Betonové potrubí o průměru 600 mm uložené v nezpevněné ploše by stálo podle ceníku ÚÚR [23]:

$$2 \cdot 100 \cdot 15\,100 = 3,02 \text{ milionu Kč} \quad (6.30)$$

Cena výtlačného potrubí by činila cca:

$$100 \cdot 3\,650 = 365\,000 \text{ Kč} \quad (6.31)$$

Celkové náklady na zbudování dešťové nádrže jsou shrnuty v Tab. 6.8.

**Tab. 6. 8: Náklady na vybudování dešťové nádrže**

položka	cena [Kč]
nákup pozemku	9 645 000
přístupová cesta	479 400
zemní práce	3 048 984
výstavba dešťové nádrže	29 370 000
technologické vybavení	8 810 000
výstavba odlehčovacích komor	278 300
betonové přívodní potrubí DN 600	3 020 000
výtlačné potrubí	365 000
<b>součet</b>	<b>55 016 684</b>

Celkové náklady na výstavbu dešťové retenční nádrže se tedy pohybují v řádu 54 milionů Kč. Vzhledem k tomu, že na rozdíl od HDV prvků je v tomto případě nutné do nákladů zahrnout i cenu za nákup pozemku, je spravedlivější pro porovnání použít cenu bez této položky, což činí cca **45 371 000 Kč**.

## 6.3.4 Provozní náklady

### 6.3.4.1 Provozní náklady dešťové nádrže

Pravidelnou údržbu na dešťových nádržích vždy provádí kvůli bezpečnosti dva technici provozovatele. Výjezd následuje vždy po skončení dešťové události, během které



hlásí čidlo v nádrži plnění. Technici by měli zkontrolovat přítok do nádrže, stav samotné nádrže a čerpací stanice i její funkčnost. Pokud v nádrži zůstane nějaký kal, musí ho pomocí vybavení odsát a odvézt. Doba strávená u dešťové nádrže může být cca 4 hodiny. Celkové roční náklady na pracovníky proto můžou v rámci jedné dešťové nádrže představovat:

$$2 \text{ pracovníci} \cdot 4 \text{ hodiny} \cdot 35 \text{ případů} \cdot 750 \text{ Kč/h} = 210\,000 \text{ Kč/rok} \quad (6.32)$$

Funkčnost nádrže je limitována správným chodem čerpací stanice, kterou je vhodné po cca 10 letech zkontrolovat. Generální oprava či zkontrolování správné funkčnosti čerpadel a zbylého strojního vybavení se může pohybovat v řádu 100 tisíc Kč.

Další položkou jsou náklady na elektřinu a oplach. Příkon čerpadla můžeme zjistit nalezením čerpadla o potřebném průtoku a dopravní výšce. Vzhledem k tomu, že se dešťová nádrž musí vyprázdnit do 8 hodin [37], minimální čerpací průtok musí činit:

$$2500 / (8 \cdot 3600) = 0,086 \text{ m}^3/\text{s} = 86 \text{ l/s} \quad (6.33)$$

Hledáme tudíž čerpadlo o průtoku cca 100 l/s a dopravní výšce 5 m. Potřebné parametry má čerpadlo firmy Wilo - EMU FA 15.44W [35]. Příkon pak činí cca 18 kW. Cenu elektřiny odvodíme z ceníku ČEZu, kde je pro podnikatele v tarifu Standard pro rok 2014 uvedena suma 2524 Kč/MW [36].

Pokud uvážíme, že se během roku vyskytne v průměru 35 plnění nádrže do poloviny objemu (1250 m<sup>3</sup>), činila by roční potřeba elektřiny:

$$35 \cdot (1250 / 0,1) / 3600 \cdot 18 \cdot 2,524 = 5\,520 \text{ Kč} \quad (6.34)$$

K tomu bychom měli připočítat provoz čidel a kamer o výkonu cca 300 W, které jsou neustále zapnuté:

$$0,3 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 2,524 = 6\,630 \text{ Kč} \quad (6.35)$$

Další položkou je oplach dna, který by se prováděl automaticky pitnou vodou o objemu cca 10 m<sup>3</sup> za událost:

$$35 \cdot 10 \cdot 38,12 = 13\,340 \text{ Kč} \quad (6.36)$$

Celkové roční náklady na provoz elektronických zařízení a samočištění činí cca:



$$5\,520 + 6\,630 + 13\,340 = 25\,500 \text{ Kč} \quad (6.37)$$

Provozní náklady můžeme zohlednit s výhledem do budoucna pomocí diskontování (2.6), (2.7). Použita byla reálná diskontní sazba 5 % p.a.

**Tab. 6. 9: Současná hodnota provozních nákladů dešťové nádrže**

Provozní náklady - reálné ceny[Kč]	2015	2016	...	2065
pracovníci	210000	210000	...	210000
elektro+samočištění	25500	25500	...	25500
oprava strojního vybavení	1x za 10 let: 100 000			
stavební a tech. údržba nádrže (2 % z IN)	907434	907434	...	907434
CELKEM - reálné ceny	1 142934	1 142934	...	1 142934
CELKEM - současná hodnota	1 142934	1 088508	...	1 083 388
Souč. hodnota provozních nákladů (NPV)	22 153 000			

Výpočet nám ukázal, že očekávané výdaje během padesátileté životnosti objektu dosáhnou cca poloviční výše stavebních nákladů retenční nádrže.

### 6.3.4.2 Provozní náklady HDV objektů

Pro kontrolu všech 39 uvažovaných objektů a s tím souvisejících žlabů jsou potřeba celé dva dny. Tuto práci zastane u povrchových objektů jeden člověk, ale u podzemních (kterých je cca polovina) by kvůli bezpečnosti měli být vždy dva pracovníci. Pokud by se jednalo o zaměstnance firmy starající se o zeleň, představovaly by roční provozní náklady navýšení úhrady v rámci stávajících smluv. Celkem by tedy roční provozní náklady mohly být:

$$[(1 \text{ prac.} \cdot 8 \text{ h}) + (2 \text{ prac.} \cdot 8 \text{ h})] \cdot 35 \text{ případů} \cdot 750 \text{ Kč/h} = 630\,000 \text{ Kč/rok} \quad (6.38)$$

V ceně je přitom uvažována doprava, obnova travního povrchu, čištění filtrů, odvoz odpadků a drobné opravy odvodu vzdušného a bezpečnostních případů.

**Tab. 6. 10: Současná hodnota provozních nákladů HDV objektů u budov**

Provozní náklady - reálné ceny[Kč]	2015	2016	...	2065
pracovníci	630 000	630 000	...	630 000
stavební a tech. údržba nádrže (2 % z IN)	488 043	488 043	...	488 043
CELKEM - reálné ceny	1 118 043	1 118 043	...	1 118 043
CELKEM - současná hodnota	1 118 043	1 064 803	...	97 498
Souč. hodnota provozních nákladů (NPV)	21 528 949			

Současná hodnota provozních nákladů NPV po diskontování činí cca 21,5 milionů Kč (Tab. 6.10).

Pokud bychom porovnali výsledné hodnoty NPV pro obě varianty, vyjde nám, že jsou velmi podobné – cca 22 milionů Kč.

## 6.4 Porovnání navržených variant

### 6.4.1 Porovnání modelem

To co nás zajímá jako výstup z modelu je maximální množství zadržené vody pro obě varianty. To nastane přibližně mezi časy 1:10 až 1:20 po začátku desetiletého deště pro Prahu převzatého ze Systému zatěžovacích srážek [40]. Souhrn maximálních objemů je v Tab. 6.11.

**Tab. 6. 11: Výstup z modelu – maximální zadržené objemy**

	Návrhový objem [m <sup>3</sup> ]
dešťová nádrž	<b>2468</b>
decentrální prvek 1	315
decentrální prvek 2	152
decentrální prvek 3	274
decentrální prvek 4	481
decentrální prvek 5	180
decentrální prvek 6	444
decentrální prvek 7	603
decentrální prvek 8	221
celkem decentrálně	<b>2670</b>

Výsledky ukazují, že u centrální dešťové nádrže dochází vlivem dotoku z povodí k transformaci povodňové vlny, čímž se prodlužuje doba škrcení a tudíž se v tomto případě dostane na čistírnu nepatrně větší část než u menších prvků roztroušených v povodí. Rozdíl činí cca 10 %, o které by měl být objem HDV prvků s regulovaným odtokem větší.

Návrhový objem vsakovacích objektů u budov je cca 2 290 m<sup>3</sup> a u vsakovacích objektů podél ulic až 1 126 m<sup>3</sup>. Jelikož zjednodušený model uvažoval dva typy objektů s regulovaným odtokem (centrální dešťovou nádrž a lokální retenční nádrže) přičemž v návrhu na decentralizované řešení převažují vsakovací objekty bez regulovaného odtoku, lze konstatovat, že pro decentralizované řešení srovnatelné s retenční nádrží bude postačovat, pokud k návrhovému 2 290 m<sup>3</sup> pro HDV u budov připočítáme cca třetinu objemu z HDV podél ulic. Zelené střechy kvůli vyšší ceně nebudeme do srovnání zahrnovat.

## 6.4.2 Ekonomické porovnání

Očekávané stavební náklady vycházejí z údajů předchozích kapitol a jsou vztaheny k návrhovému objemu (Tab. 6.12). U zelených střech se tento zachycený objem těžko odhaduje, jelikož z desetiletého návrhového deště by nejspíš většina vody odtekla. Proto se akumulací objem vegetačních střech využije pouze u ročního zhodnocení úspor.

Tab. 6. 12: Náklady na jednotlivé typy opatření, včetně ceny za m<sup>3</sup>

typ opatření	investiční náklady[Kč]	návrhový objem [m <sup>3</sup> ]	cena za 1 m <sup>3</sup> [Kč/m <sup>3</sup> ]
dešťová nádrž*	45 371 684	2 500	18 149
HDV pro budovy	24 402 141	2 290	10 658
HDV pro ulice	7 139 181	1 126	6 340
zelené střechy	3 444 000	-	-

\*pozn.: bez ceny za nákup pozemku

Pro srovnatelný efekt na stokové síti budeme dle předchozí kapitoly uvažovat vedle HDV objektů pro ulice i třetinové využití HDV prvků podél ulic, což dohromady dává:

$$2\,290 + 375 = \mathbf{2\,665\,m^3} \quad (6.39)$$

Investiční náklady by v tomto případě dosahovaly výše:

$$24\,402\,000 + 7\,139\,000/3 = \mathbf{26,78\,milionu\,Kč} \quad (6.40)$$



Pro pobídky a dotace by se tudíž mohlo vyčlenit až cca 18,5 milionů Kč.

Pro výpočet ročního vsakovaného objemu budeme uvažovat optimální variantu, při které během roku nedojde k žádné dešťové události překračující nadimenzovaný objem. Vsakovací prvky u budov jsou tedy teoreticky navrženy pro roční vsakovaný objem:

$$V_{\text{roční}} = \Sigma A_{\text{red-vsak}} \cdot i_{\text{roční}} = 40\,110 \cdot 0,4697 = 18\,840 \text{ m}^3 \quad (6.41)$$

Roční úspora by tudíž mohla činit až:

$$V_{\text{roční}} \cdot (2/3 \cdot N_{\text{stočné}}) = 18\,840 \cdot (2/3 \cdot 27,83) = 350 \text{ tisíc Kč} \quad (6.42)$$

Podél ulic je uvažováno zbudování vsakovacích průlehu s regulovaným odtokem. Poměr mezi mírou odtoku do kanalizace a vsaku lze zjistit z rovnic (2.2) a (5.9):

$$Q_{\text{vsak}} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot (3815 \cdot 1,2) = 0,0046 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 4,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.43)$$

$$Q_{\text{reg}} = \frac{q_{\text{spec}} \cdot A_{\text{celk}}}{1000} = \frac{3 \cdot A_{\text{celk}}}{1000} = \frac{3 \cdot (3815 \cdot 9)}{1000 \cdot 10000} = 0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.44)$$

Poměr mezi  $Q_{\text{vsak}}$  a  $Q_{\text{reg}}$  je tedy cca 1:2, což znamená, že se přibližně třetina srážkových vod vsákne, což představuje za rok:

$$(\Sigma A_{\text{red-vsak}} \cdot i_{\text{roční}}) / 3 \cdot (2/3 \cdot N_{\text{stočné}}) = [(2726 + 20168) \cdot 0,4697] / 3 \cdot (2/3 \cdot 27,83) = 97 \text{ tisíc Kč} \quad (6.45)$$

Pokud použijeme celkový návrhový objem pro zelené střechy vypočtený v kapitole 6.2.4, můžou navržené zelené střechy za rok přispět k úspoře cca:

$$V_{\text{zs-roční}} \cdot (2/3 \cdot N_{\text{stočné}}) = 853 \cdot (2/3) \cdot 27,83 = 16 \text{ tisíc Kč} \quad (6.46)$$

Ušetřené roční prostředky tak představují až:

$$350\,000 + 97\,000 + 16\,000 = 463 \text{ tisíc Kč} \quad (6.47)$$





### 6.4.3 Vícekriteriální hodnocení

Jelikož jsme si pro vícekriteriální hodnocení zvolili metodu pořadí, je důležité zhodnotit, jak výhodná jsou pro každé kritérium navržená řešení. Lze odhadnout, že se snadněji bude připravovat jedna dešťová nádrž, než desítky roztroušených zařízení včetně jejich napojení. Výpočet nákladů ukázal, že investiční náklady jsou nižší u decentralizovaného řešení. Provozní náklady už tak jednoznačně nevyšly, proto budeme uvažovat pro obě varianty stejnou míru.

Negativní vliv na okolí během výstavby se u dešťové nádrže neočekává tak velký jako u decentralizovaných HDV prvků. Během provozu může lidem nedaleko dešťové nádrže vadit zápach, více lidí ale nejspíš bude ovlivněno zaplavenou zelenou plochou. Pozitivní vliv je jednoznačně na straně HDV objektů, protože nejen zlepšují místní mikroklima, ale současně uvolňují kapacitu kanalizačního potrubí. Dešťová nádrž má pozitivní vliv pouze na níže položená místa, podobný efekt však mají i decentralizované prvky.

Poruchovost je hlavně ovlivněna složitostí zařízení. HDV objekty jsou navrženy jako tzv. low-tech, nevyžadující kromě občasného lidského zásahu žádné strojní zařízení. Dešťové nádrže jsou sice jištěny dvojitým systémem čerpacích stanic, ale stále je tu riziko výpadku proudu či jiné havárie.

Tab. 6. 13: Vícekriteriální hodnocení

kritérium	váha	pořadí		vážený součet pořadí	
		centrál.	decentrál.	centrál.	decentrál.
komplikovanost přípravy	0,1	1	2	0,1	0,2
nákladnost výstavby	0,3	2	1	0,6	0,3
nákladnost provozu	0,2	1	1	0,2	0,2
negativní vliv opatření	0,2	1	2	0,2	0,4
pozitivní vliv opatření	0,1	2	1	0,2	0,1
poruchovost	0,1	2	1	0,2	0,1
				1,5	1,3

Vícekriteriální hodnocení nám tedy říká, že při zohlednění více kritérií vychází jako výhodnější varianta decentralizovaného řešení pomocí HDV objektů.



## 6.5 Uvažované modely pobídek

### 6.5.1 Dotace a pronájem akumulčních nádrží

Výše uvažované dotace vychází z rozdílu mezi náklady na centrální a decentrální řešení a v našem případě představuje cca 18,5 milionů Kč. Tato suma přepočítána na uvažovaný návrhový objem představuje:

$$18,5 \cdot 10^6 / 2665 = 6\,940 \text{ Kč/m}^3 \quad (6.48)$$

I když se dotace nevyužije u budov občanské vybavenosti, je rozumné část sumy vyhradit na individuální pobídky mimo uvažované lokality. Tudíž můžeme uvažovat paušální příspěvek cca 3 000 Kč na 1 m<sup>3</sup> dimenzovaného objemu. Pro jeden z bytových domů skupiny 3 by to např. znamenalo příspěvek o výši:

$$20,4 \cdot 3\,000 = 61\,200 \text{ Kč} \quad (6.49)$$

Tato suma by kompenzovala nutnost budovat povrchový vsakovací objekt na ploše patřící místnímu společenství vlastníků. Přičemž celkové náklady na vsakovací rýhu činí cca:

$$20,4 \cdot 10\,658 = 217 \text{ tisíc Kč} \quad (6.50)$$

Výše příspěvku je optimální i pro program zápůjčky sudů. Buď by se jednalo o klasické zahradní sudy, nebo o objemnější zásobníky s kapacitou 1 m<sup>3</sup> (viz fotografie u skupiny 3 v Příloze B), které se dají pořídit okolo ceny 3 000 Kč. Dotace by navíc mohli čerpat i firmy pro stavbu vsakovacích objektů.

### 6.5.2 Spoluúčast při financování

Modelový případ pro výpočet spoluúčasti bude objekt K2 – Řeznictví a Pivnice Na Kopečku. Spolu s okolními objekty by srážky ze střechy tohoto objektu tekly do vsakovací rýhy na Z4. Výměra řešené střechy s nepropustnou horní vrstvou je cca 370 m<sup>2</sup> a odtokový součinitel 0,9 [33]. Roční poplatek pak vychází:

$$A_{\text{red}} \cdot i_{\text{roční}} \cdot N_{\text{stočné}} = (370 \cdot 0,9) \cdot 0,4697 \cdot 27,83 = 4\,350 \text{ Kč} \quad (6.51)$$



Pětiletý poplatek pak představuje cca 21 700 Kč. Vzhledem k tomu, že  $A_{red}$  o velikost 333 m<sup>2</sup> odpovídá návrhový objem cca 20 m<sup>3</sup> z celé vsakovací rýhy a průměrná cena za m<sup>3</sup> vsakovacího objektu činí cca 10 700 Kč/m<sup>3</sup> (Tab. 6.11), plný podíl ceny by představoval:

$$20 \cdot 10\,700 = 214\,000 \text{ Kč} \quad (6.52)$$

Pro firmu by tudíž nabídka spolufinancování mohla být zajímavá, jelikož by zaplatila pouze cca 1/10 skutečných nákladů. Tato nabídka spolufinancování by mohla být nabídnuta všem firmám, které by chtěli využít plochy vyčleněné městskou částí pro HDV opatření.

V případě, že by firma K2 měla svůj vlastní vhodný pozemek pro HDV objekt jako firmy K1 a K5, mohla by využít i dotace, která by činila:

$$20 \cdot 5\,000 = 100 \text{ tisíc Kč} \quad (6.53)$$

Tato suma představuje už cca polovinu nákladů, tudíž by pro firmy bylo atraktivnější využít své vlastní pozemky.

Veškeré uvažované pobídky a dotace jsou shrnuté v Tab. 6.14.

**Tab. 6. 14: Přehled uvažovaných pobídek a dotací**

	HDV prvky financované městem	mimo projekt
obyvatelé	příspěvek (3000 Kč/m <sup>3</sup> )	dotace, pronájem akumul.nádrže (3000 Kč/m <sup>3</sup> )
firmy	spolufinancování (5 let)	dotace na vsakovací objekty (3000 Kč/m <sup>3</sup> )



## 7 Diskuze a závěry

Tato práce se pokusila přiblížit přírodě blízké řešení akutních problémů, které se vyskytují na jednotné kanalizaci. Nákladnost HDV objektů neumožňuje přirozené rozšíření těchto prvků ve starší zástavbě. Je proto vhodné hledat cesty, jak efektivně využít veřejné prostředky pro rozšíření HDV prvků v systému městského odvodnění. Tato práce ukázala, že ve smíšené zástavbě lze najít dostatečné množství ploch pro zbudování decentralizovaných opatření (i ve srovnání s RN), aby to mělo výrazný vliv na proudění v kanalizaci během deště. Bylo by zajímavé zjistit, jaké výsledky by přineslo zanesení těchto objektů do nakalibrovaného modelu.

Výpočet investičních nákladů potvrdil domněnku, že decentralizovaná opatření jsou levnější než retenční nádrž. Náklady na RN jsou cca 45,4 milionů Kč (+9,65 milionů Kč za pozemek), naproti tomu HDV opatření stojí cca 26,8 milionů Kč, což představuje cca 60 % nákladů na RN.

Překážkou většího rozšíření HDV prvků může být pomalá změna stávajícího paradigmatu. Vhodným příkladem je uvedený příklad domyšlené rekonstrukce ulic, který dokumentuje přetrvávající způsob klasického návrhu odvodnění u dopravních staveb. Vzhledem k dlouhodobější obnově povrchu ulic by bylo vhodné v městské radě Prahy 20 aktualizovat strategii rekonstrukcí ulic o včlenění HDV prvků do zelených pásů podél ulic, pokud to charakter místa a uložení inženýrských sítí dovolí. Tím by se zajistilo plynulé navyšování zachycených dešťových vod v rámci zamýšlených investic.

Vícekritériální analýza upozornila na odpor, který může vyvolat pracnost přípravy a nutnost sladit požadavky města jako investora, názory místních obyvatel a projektanta. Přesto potenciál dotací ukazuje, že i kdyby z vytipovaných míst byla realizovatelná pouze část, další objekty by si mohly nechat zbudovat firmy či obyvatelé v roztroušené zástavbě.

V lidské přirozenosti je si věci usnadňovat. Zvědavost nám však umožňuje si uvědomit i širší souvislosti včetně nesmírné provázanosti dějů v přírodě, díky které začínáme chápat, že pro lidstvo je do budoucna nejvhodnější předcházet negativním projevům lidské činnosti v co největší únosné míře. Nedělat žádná opatření i snažit se o nulovou ekologickou stopu je společensky a finančně nesmyslné. Ideální řešení leží někde mezi tím a je důležité vést společenskou diskuzi o tom, jak vhodně nakládat nejen s vodou ve městě.



## 8 Citace

- [1] GLEESON, Tom, WADA, Yoshihide, BIERKENS, Marc F. P. a VAN BEEK, Ludovicus P. H. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature*. roč. 2012, č. 488. Dostupné z: <http://www.nature.com/nature/journal/v488/n7410/full/nature11295.html>
- [2] Směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. In: *Směrnice Rady*. 1991. Dostupné z: [http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/smernice\\_odpadni\\_vody/\\$FILE/OOV-91\\_271\\_EHS-19910530.pdf](http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/smernice_odpadni_vody/$FILE/OOV-91_271_EHS-19910530.pdf)
- [3] KREJČÍ, Vladimír a kol. Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, Brno: NOEL 2000 s.r.o. Brno, ČR, 2002.
- [4] Cloaca Maxima - pramatka světové kanalizace. *ABC Kanalizace* [online]. [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: <http://www.abc-kanalizace.cz/cloaca-maxima/>
- [5] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [6] VÍTEK, Jiří. Hospodaření s dešťovou vodou v kanalizačním generelu města Hranic. [online]. 2008, s. 12 [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12008-09-17\\_JVPVH.pdf](http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12008-09-17_JVPVH.pdf)
- [7] Špatné hospodaření s vodou v Praze zvyšuje rizika sucha i povodní: Tisková zpráva. *Arnika* [online]. 9.8.2011 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: <http://arnika.org/spatne-hospodareni-s-vodou-v-praze-zvysuje-rizika-sucha-i-povodni>
- [8] TNV 75 9011. *Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., 2013.
- [9] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [10] Hospodaření s dešťovou vodou (HDV). PÍREK, Oldřich. *Asio, spol.s r.o.* [online]. 20.4.2012 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/96.hospodareni-s-destovou-vodou-hdv>
- [11] STRÁNSKÝ, David a HLAVÍNEK, Petr. Vize vývoje městského odvodnění v České republice. *Vodní Hospodářství*. roč. 2009, č. 1.
- [12] VRKOČ, Jan. *Určení potenciálu využití srážkové vody v budovách pomocí simulace srážko-odtokových procesů*. Praha, 2013. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. David Stránský, Ph.D.



- [13] INSTITUT PLÁNOVÁNÍ A ROZVOJE HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY: Geoportál Praha. *Mapy MC ke stažení* [online]. [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: <http://www.geoportalpraha.cz/cs/mapy-mc-ke-stazeni>
- [14] ÚTVAR ROZVOJE HL. M. PRAHY. *Mapa technického využití území: Digitální model terénu* [online]. 06/2013 [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://wgp.urm.cz/apps/tms/aplk/mnt/App\\_webGeoportal/Data\\_ke\\_stazeni/Podklady\\_pro\\_MC/Praha\\_20/Topo\\_10\\_Praha\\_20.pdf](http://wgp.urm.cz/apps/tms/aplk/mnt/App_webGeoportal/Data_ke_stazeni/Podklady_pro_MC/Praha_20/Topo_10_Praha_20.pdf)
- [15] O městské části. *Oficiální stránky městské části Praha 20* [online]. 6. 12. 2013 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: <http://www.pocernice.cz/mestska-cast/o-mestske-casti/>
- [16] Počet obyvatel v městských částech Prahy: Počet obyvatel k 31.12. *Veřejná databáze ČSÚ* [online]. 2014 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: [http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=DEM9020PC\\_MC](http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=DEM9020PC_MC)
- [17] PRAŽSKÁ VODOHOSPODÁŘSKÁ SPOLEČNOST A.S. *Zkapacitnění PČOV Horní Počernice - Čertousy, č. akce 1/3/991/12: Studie proveditelnosti*. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., 09/2013.
- [18] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-10-17]. Dostupné z: <http://mapy.cz/>
- [19] GEOPOST. *Zpráva o provedení inženýrskogeologického průzkumu pro nastavbu v Praze 9 - Horních Počernicích, Náchodská 754*. Praha, 2013. Dostupné z: <http://www.pocernice.cz/userfiles-sync/26-ohs-2013/geol-posudek.pdf>
- [20] VRANA, Tomáš. AGROGEOLOGIE. *Hydrogeologické posouzení možnosti vsakování srážkových vod ze střech objektů 1422/2,3,4,6,16 A 25 do horninového prostředí na pozemcích P.Č. 1422/1,9 a 20 K.Ú. Horní Počernice*. Praha, 2014.
- [21] ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE. *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury: 1. Zemní práce* [pdf]. 2012 [cit. 12.12.2014]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/prumerne-ceny-TI/1-zemni-prace-2012.pdf>
- [22] AUTORSKÝ KOLEKTIV. *Srážkové vody a urbanizace krajiny TP 1.20.1*. Praha: IC ČKAIT, 2012.
- [23] ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE. *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury: 3. Odvádění a čištění odpadních vod* [pdf]. 2012 [cit. 12.12.2014]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/prumerne-ceny-TI/3-kanalizace-2012.pdf>
- [24] WavinEkoplastik s.r.o. *Ceník vybraných produktů 2014* [pdf]. 2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: [http://www.wavin.cz/?download=katalogy/cenik-vybranych-produktu\\_2014.pdf](http://www.wavin.cz/?download=katalogy/cenik-vybranych-produktu_2014.pdf)



- [25] BENDOL S.R.O. *Prodej písku, štěrku a jiných sypkých materiálů* [online]. 2005 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.bendol.cz/>
- [26] VÍTEK, Jiří. Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. *Urbanismus a územní rozvoj*. 2008, XI, č. 4. Dostupné z: [http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2008-06-09\\_JVPVH.pdf](http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2008-06-09_JVPVH.pdf)
- [27] Nákladní doprava - ceník. *Stavebniny u Komína* [online]. 2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.stavebninyukomina.cz/cz/nakladni-doprava/cenik/>
- [28] INSTITUT PLÁNOVÁNÍ A ROZVOJE HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY: Geoportál Praha. *Cenová mapa stavebních pozemků hl. m. Prahy* [online]. 2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://mpp.praha.eu/app/map/cenova-mapa/>
- [29] PCV ALFA S.R.O. *Materiály pro inženýrské sítě* [online]. 2013 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.pcvalfa.cz>
- [30] AUREA INVEST A.S. *Beton Katalog* [online]. 2006-2008 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://katalog.betonserver.cz/>
- [31] ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE. *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury: 8. Místní komunikace* [pdf]. 2012 [cit. 12.12.2014]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/prumerne-ceny-TI/8-komunikace-2012.pdf>
- [32] Praha Klementinum: základní data. ČHMÚ. *ČHMÚ* [online]. 2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klemzaklinfo\\_cs.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klemzaklinfo_cs.html)
- [33] Vyhláška č. 428/2001 Sb.: kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. In: *zákon č. 274/2001 Sb.* 2001. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/predpisy/download/V428-2001.pdf>
- [34] DWA-A 138E. *Planning, Construction and Operation of Facilities for the Percolation of Precipitation Water*. Hennef, Germany: DWA German Association for Water, Wastewater and Waste, 2005.
- [35] WILO CS, s.r.o. *Čerpadla na odpadní vodu DN 50 až DN 600: Ponorná čerpadla a příslušenství pro komunální a průmyslové použití*. 2008. Dostupné z: [http://www.wilo.cz/no\\_cache/home/wilo-ceska-republika/ke-stazeni/katalogy/?cid=88310&did=6104&sechash=a2da350d](http://www.wilo.cz/no_cache/home/wilo-ceska-republika/ke-stazeni/katalogy/?cid=88310&did=6104&sechash=a2da350d)
- [36] ČEZ, a. s. *Přehled cen všech produktových řad*. 2008. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2014/sdruzeny-ceniky-prehled-vsech-pr.pdf>
- [37] ČSN 75 6261. *Dešťové nádrže*. Praha: Český normalizační institut, 1997.



- [38] Cena vodného a stočného. *Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/>
- [39] Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury. Ústav územního rozvoje [online]. 2012 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/default.asp?ID=899>
- [40] HYDROPROJEKT CZ a.s. a DHI HYDROINFORM a.s. (2002). Systém zatěžovacích srážek pro hl.m. Prahu, PVS a.s.
- [41] STRÁNSKÝ, David. *Odvodnění urbanizovaných povodí: Přednáška* [pdf]. 2014 [cit. 12.12.2014].



## 9 Seznam obrázků

Obr. 2. 1: Princip retence dešťové vody na střechách [3].....	20
Obr. 2. 2: Příklad kombinace retence, zasakování a výparu z vodní hladiny [3] .....	24
Obr. 4. 1: Správní členění Prahy [13] .....	35
Obr. 4. 2: Mapa technického využití území MČ Praha 20 (zvýrazněno řešené území) [14]....	36
Obr. 4. 3: Grafické vyhodnocení čtyřleté řady (r. 2009 – 2012) denních průtoků [17] .....	38
Obr. 4. 4: Umístění RN Třebešovská [17] .....	39
Obr. 5. 1: Ulice Třebešovská (střední část) .....	41
Obr. 5. 2: Ulice Votuzská nedaleko Kulturního centra Domeček .....	42
Obr. 5. 3: Rozhodovací schéma pro volbu HDV opatření.....	45
Obr. 5. 4: Vsakovací rýha s bezpečnostním přepadem [8] .....	46
Obr. 5. 5: Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem [8] .....	47
Obr. 5. 6: Stanovení šířky vsakovací plochy podzemního prostoru [9] .....	48
Obr. 5. 7: Vsakovací průleh s regulovaným odtokem [8].....	49
Obr. 5. 8: Schematické řešení odvodnění ulice pomocí vsakovacího průlehu s rýhou [26]....	52
Obr. 5. 9: Zatravněný žlab .....	54
Obr. 5. 10: Příkopový žlab (L/B/H = 200/340/85) [30].....	54
Obr. 5. 11: Pojízdňový odvodňovací žlab (L/B/H = 500/170/150) [30].....	55
Obr. 5. 12: Výřez z cenové mapy [28].....	58
Obr. 6. 1: Výřez skupiny 5 z přehledové mapy .....	70
Obr. 6. 2: Výřez skupiny 19 z přehledové mapy .....	71
Obr. 6. 3: Jednoduchý vsakovací průleh [8] .....	74



## 10 Seznam tabulek

Tab. 2. 1: Druhy znečištění ve srážkové vodě dle typu ploch [8].....	19
Tab. 2. 2: Způsob vsakování dle typu ploch [8] .....	23
Tab. 2. 3: Součinitel odtoku srážkových povrchových vod $\Psi$ dle ČSN 75 9010 [9].....	27
Tab. 2. 4: Součinitel odtoku srážkových povrchových vod $\Psi$ dle ČSN 75 6101 [5].....	27
Tab. 5. 1: Ekonomické porovnání dvou typů retenčních rýh.....	44
Tab. 5. 2: Návrhové úhrny srážek pro lokalitu Praha – Hostivař [9].....	47
Tab. 5. 3: Ceny použité pro výpočet .....	56
Tab. 6. 1: Seznam zelených ploch a jejich potenciál pro umístění HDV .....	66
Tab. 6. 2: Seznam řešených bloků a možného opatření.....	67
Tab. 6. 3: Shrnutí navržených opatření .....	69
Tab. 6. 4: Potenciál ulic z hlediska výstavby vsakovacích průlehů.....	73
Tab. 6. 5: Odhad nákladů na zbudování zelených střech.....	76
Tab. 6. 6: Náklady na výstavbu vsakovacích HDV objektů u budov .....	77
Tab. 6. 7: Náklady na výstavbu vsakovacích HDV objektů podél ulic .....	77
Tab. 6. 8: Náklady na vybudování dešťové nádrže .....	79
Tab. 6. 9: Současná hodnota provozních nákladů dešťové nádrže .....	81
Tab. 6. 10: Současná hodnota provozních nákladů HDV objektů u budov .....	82
Tab. 6. 11: Výstup z modelu – maximální zadržené objemy .....	82
Tab. 6. 12: Náklady na jednotlivé typy opatření, včetně ceny za $m^3$ .....	83
Tab. 6. 13: Vícekriteriální hodnocení .....	85
Tab. 6. 14: Přehled uvažovaných pobídek a dotací .....	87



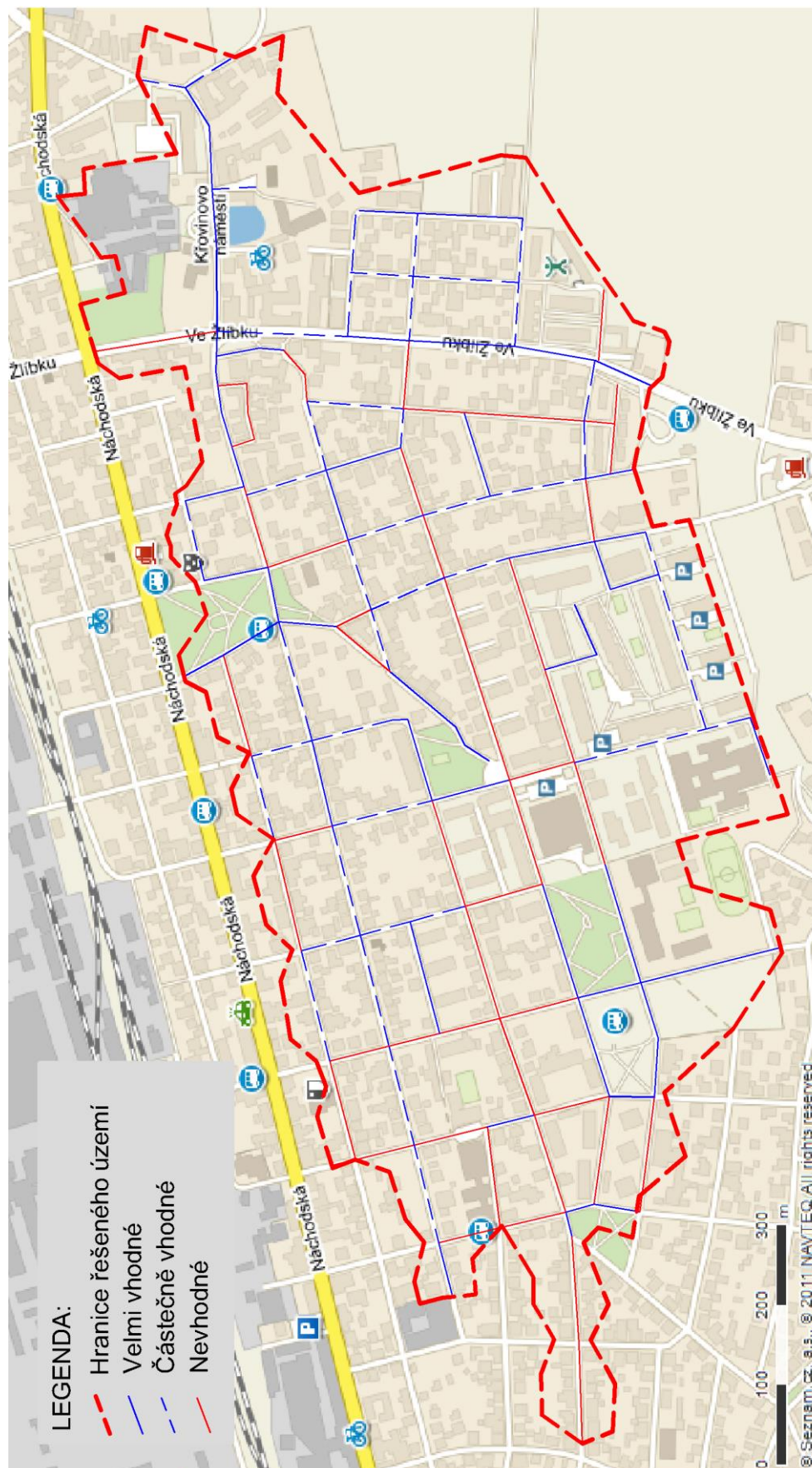
## **11 Seznam příloh**

Příloha A: Možnosti pro umístění vsakovacích průlehů podél ulic

Příloha B: Katalog opatření

Příloha C: Mapa řešeného území

## Příloha A: Možnosti pro umístění vsakovacích průlehů podél ulic





## Příloha B: Katalog opatření

### 1) Blok P1



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	√
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	√
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	1110 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	58,9 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	231 m <sup>2</sup>





**Pohled z Ratibořické ulice směrem k parkovacím stáním**



## 2) Blok P2



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	✓
	Obytná vícepodlažní	✓
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	✓
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	✓
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	✓
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	
	Soukromé	✓
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	✓
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	1890 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	111 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	436 m <sup>2</sup>





**Zelená plocha u ulice Běchorské**





### 3) Blok P3



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	√
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	√
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	
	Soukromé	√
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	√
	Podzemní vsakovací rýha	
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	1035 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	61,2 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	240 m <sup>2</sup>



**Dešťová voda dopadá na střechu garáží se využívá pro zálivku**





#### 4) Blok P4



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	✓
	Obytná vícepodlažní	✓
	Komerční	✓
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	✓
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	✓
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	✓
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	✓
	Soukromé	✓
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	✓
	Podzemní vsakovací rýha	✓
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	1020 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	60,4 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	237 m <sup>2</sup>



**Bytový dům v Běluňské**

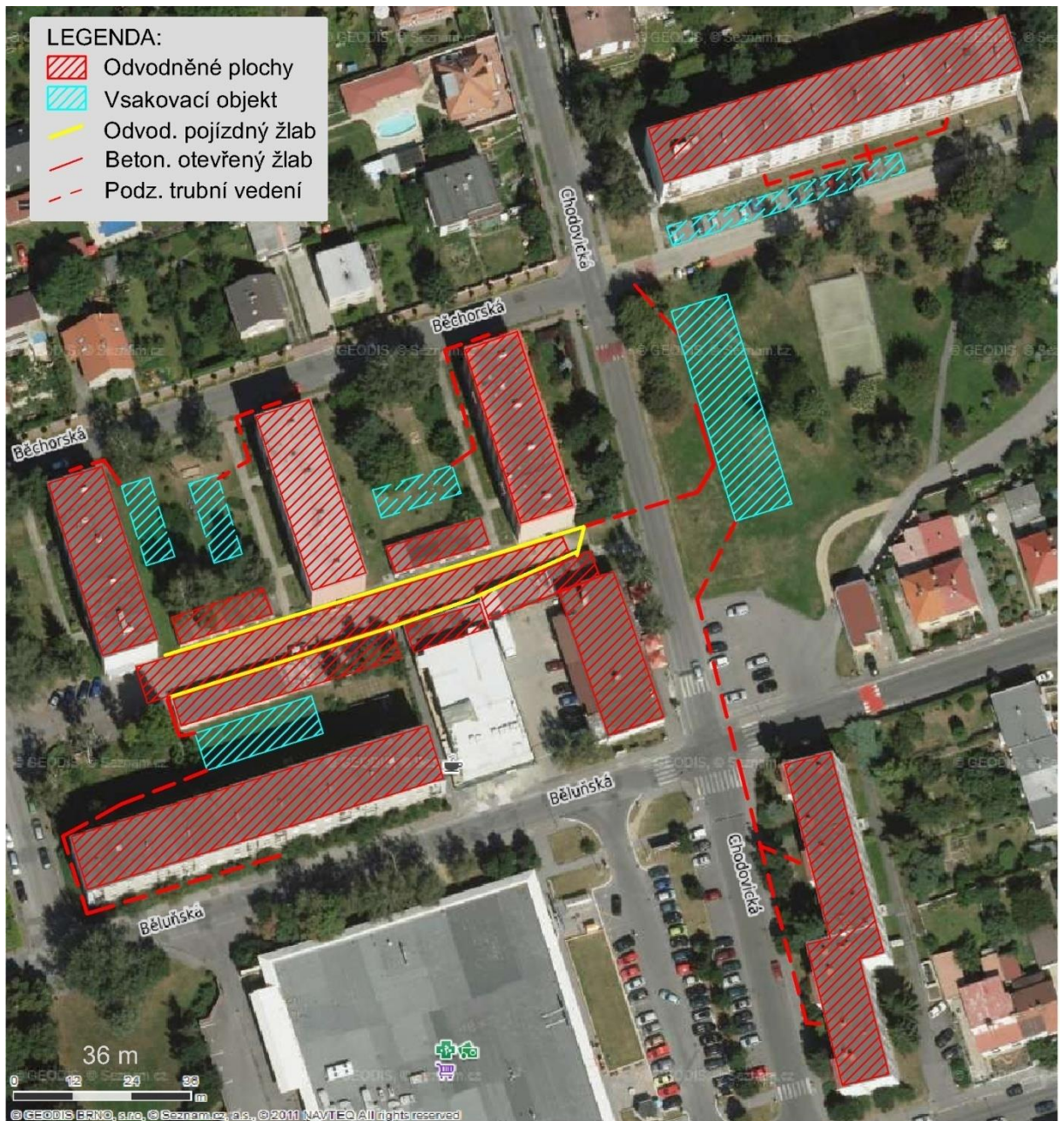


**Pohled ulicí Běluňská**





5) Blok P5, P6, P7 a K2





**Zelená plocha je na jižním okraji ohraničena prudším svahem**

Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	√
	Obytná vícepodlažní	√
	Komerční	√
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	
	Kopcovité	√
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	√
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	√
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	√
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	5200 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	318 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	1246 m <sup>2</sup>





6) Blok V2





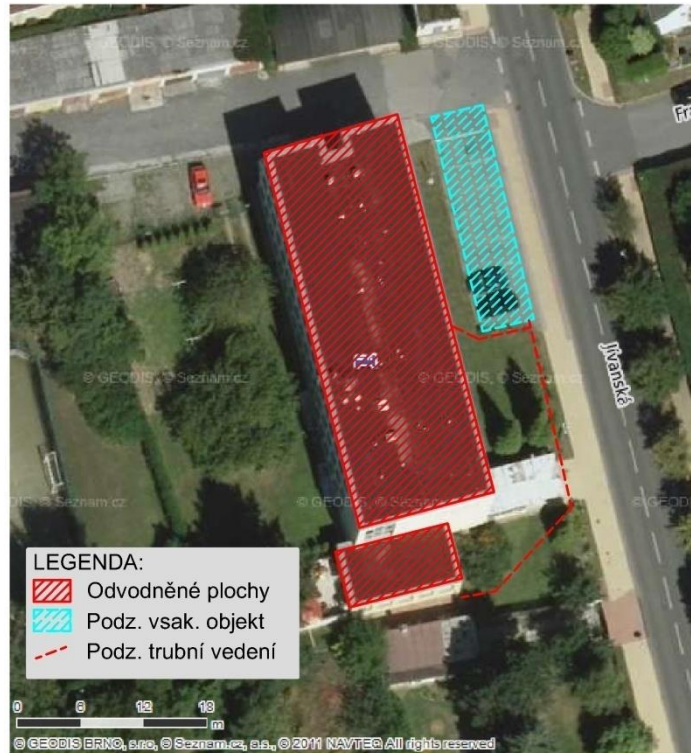
**SOŠ administrativy EU - Budova A**

Typ zástavby	Občanská vybavenost	√
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	√
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	√
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	950 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	46 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	1880 m <sup>2</sup>
	Výměra vsakovacích objektů	180 m <sup>2</sup>





### 7) Blok K1



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	✓
Charakter území	Rovinaté	✓
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	✓
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	
	Vnitřkem budovy	✓
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	
	Soukromé	✓
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	✓
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	550 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	26,8 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	105 m <sup>2</sup>



**Parkovací plocha před ubytovnou**



## 8) Blok P10



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	√
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	√
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	1350 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem*	68,4 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	180 m <sup>2</sup>

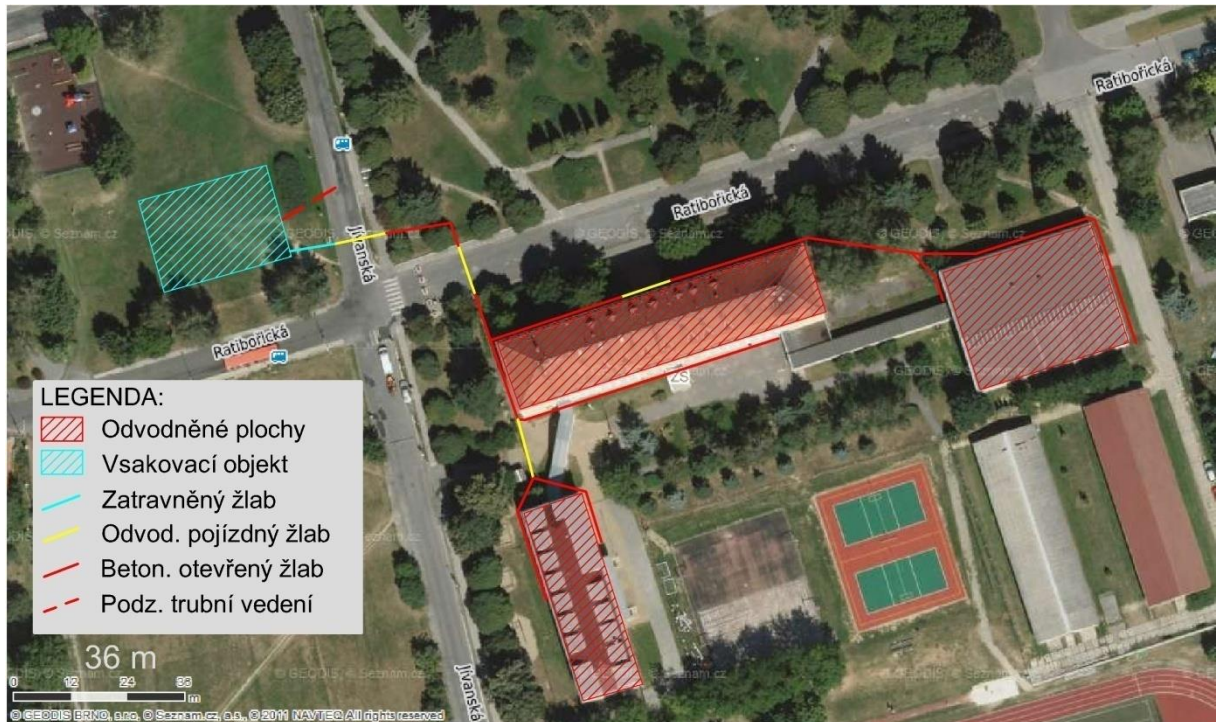
\*Výstavbu si objednal vlastník objektů - MČ, použity byly prefabrikované vsakovací dílce





**Výstavba podzemní vsakovací rýhy u P10**

### 9) Blok VIa



Typ zástavby	Občanská vybavenost	✓
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	✓
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	✓
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	✓
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	✓
	Podzemní vsakovací rýha	
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	2400 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	143 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	560 m <sup>2</sup>





**Základní škola Ratibořická**

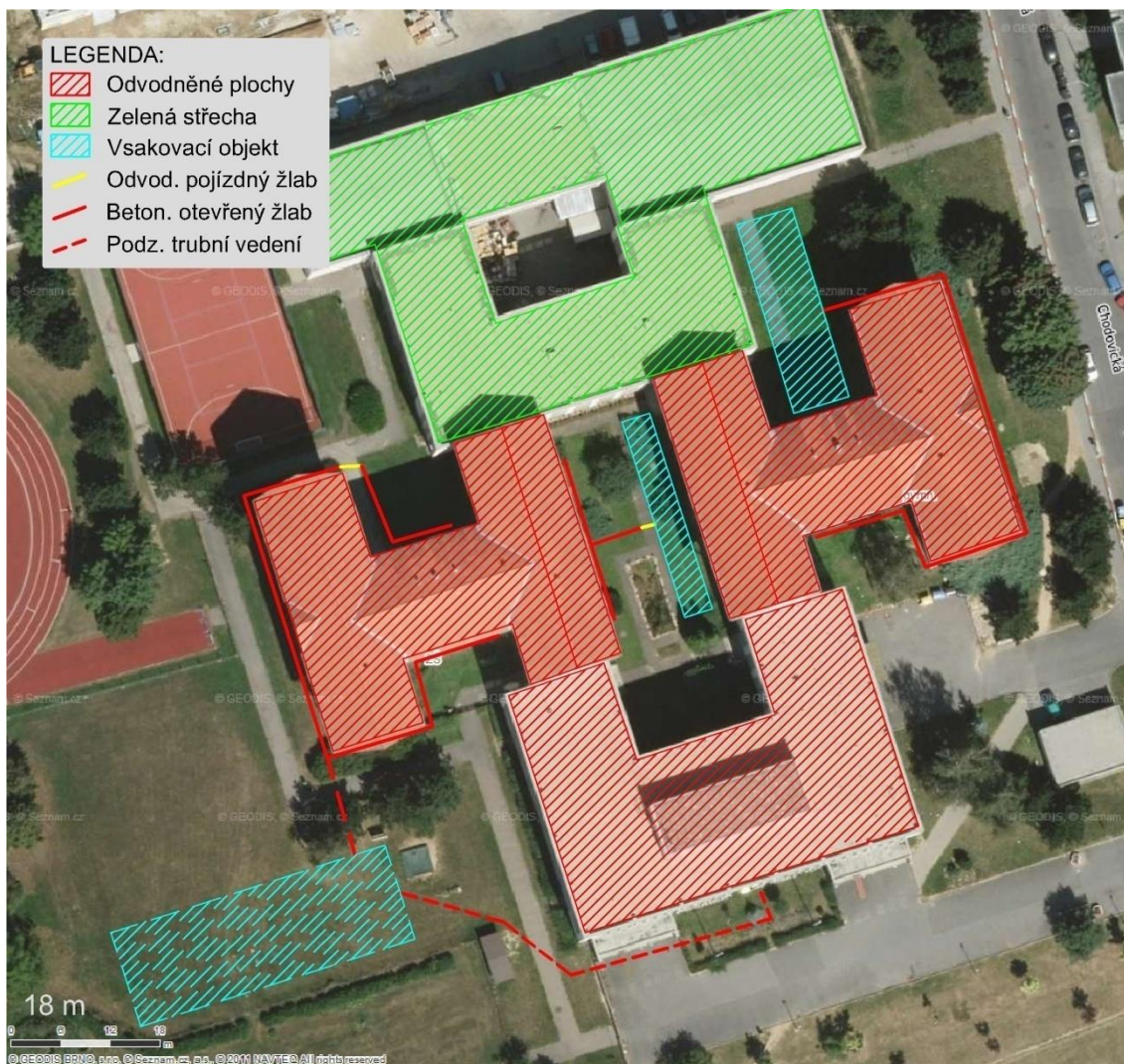


**Některé školní objekty mají okapy svedené do zeleně**





### 10) Blok V1b



Zelená plocha u Gymnázia Chodovická





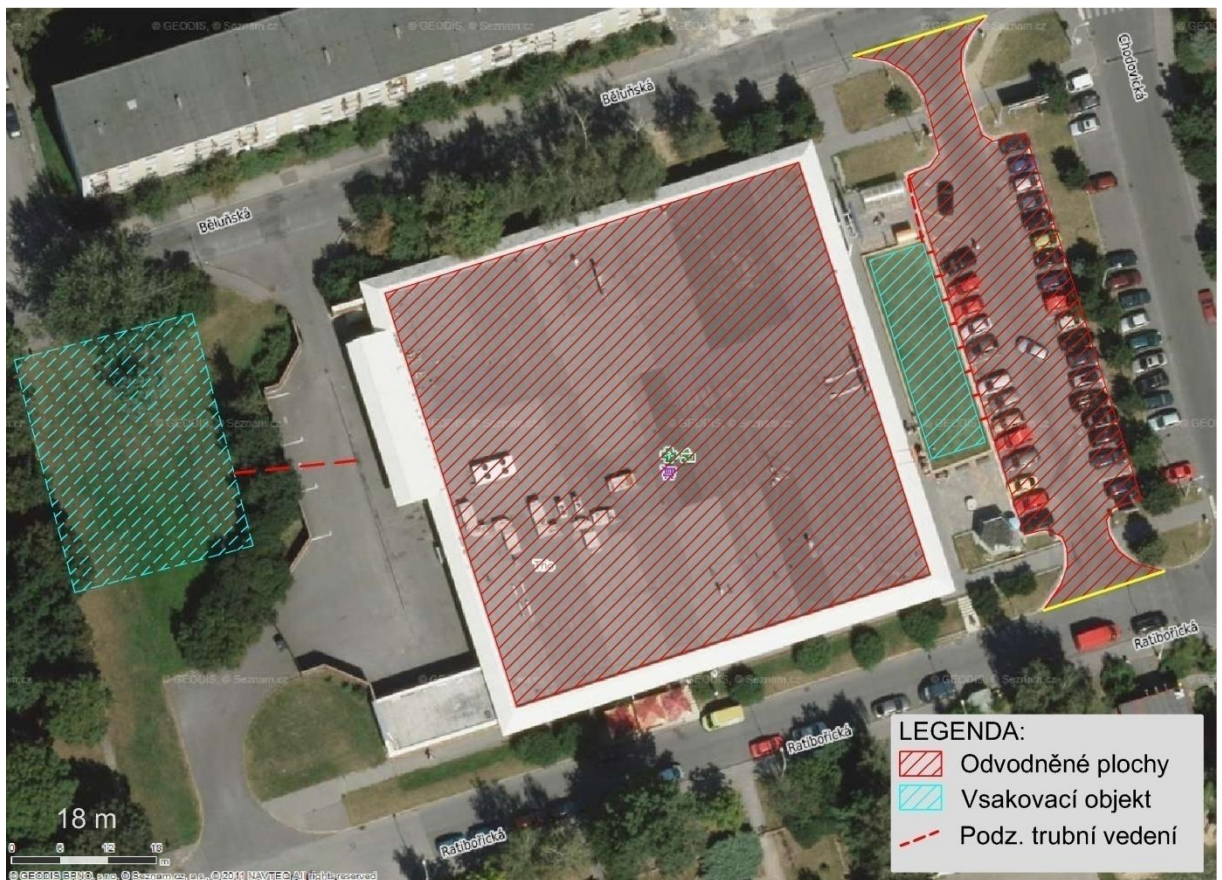
**Pro zpomalení dešťového odtoku někde stačí udělat málo**

Typ zástavby	Občanská vybavenost	√
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	√
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	√
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	2400 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	172 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	1710 m <sup>2</sup>
	Výměra vsakovacích objektů	676 m <sup>2</sup>





### 11) Blok K3



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	✓
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	✓
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	✓
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	
	Vnitřkem budovy	✓
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	
	Soukromé	✓
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	✓
	Podzemní vsakovací rýha	✓
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	3850 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	222 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	872 m <sup>2</sup>

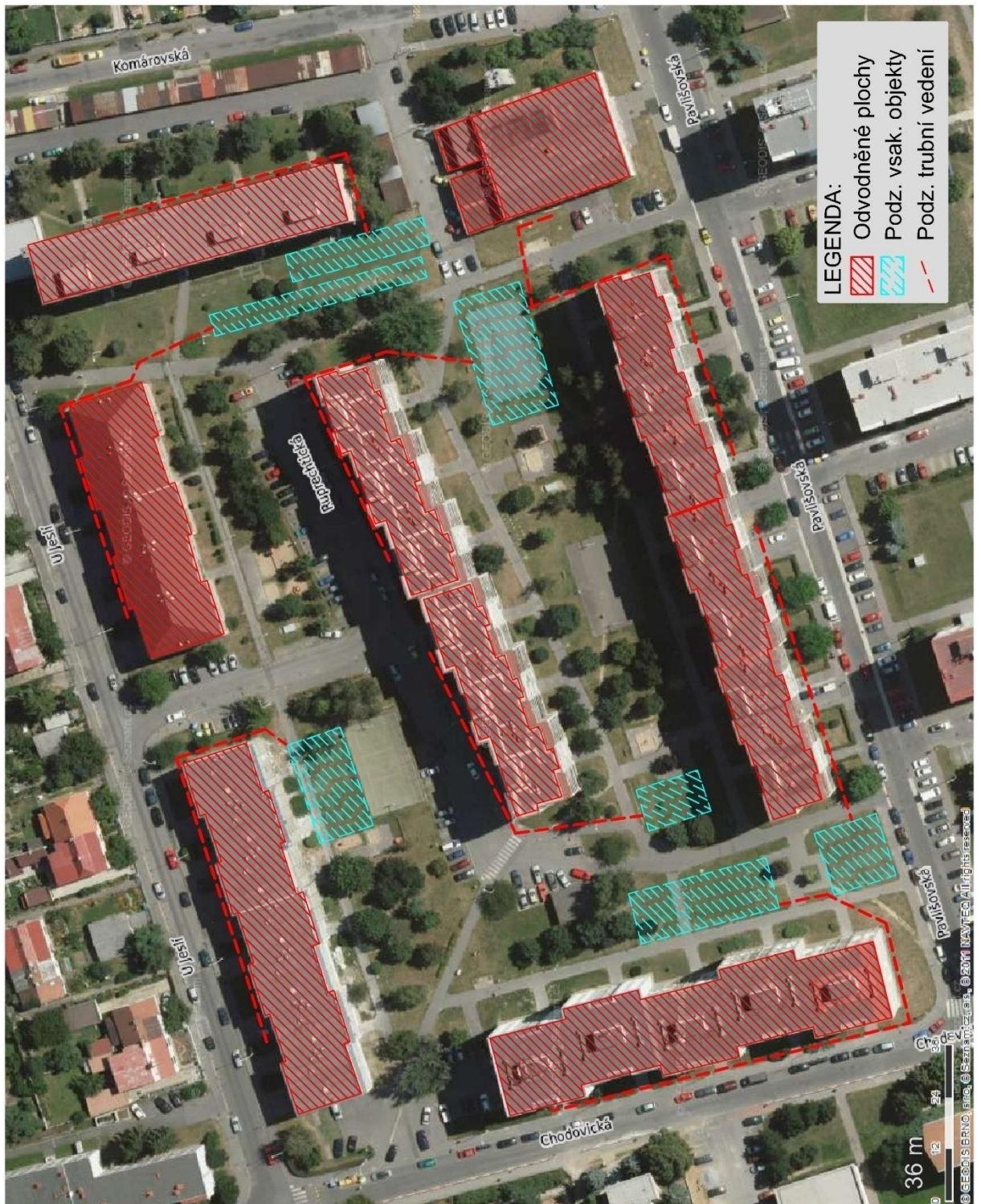


**Obchodní Centrum Trio**





12) Blok P8, K4





**Zelená plocha u ulice Pavlišovské**

Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	√
	Komerční	√
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	√
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	√
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	9000 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	525 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	2060 m <sup>2</sup>





### 13) Blok P9



Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	√
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	
	Kopcovité	√
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	√
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	√
	Podzemní vsakovací rýha	
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	3935 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	239 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	936 m <sup>2</sup>



**Terénní vyvýšeniny zřejmě ukrývají podzemní garáže**



**Zelená plocha Z10 – nyní využívaná převážně pro venčení psů**





### 14) Blok V3



Typ zástavby	Občanská vybavenost	✓
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	✓
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	✓
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	✓
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	✓
	Podzemní vsakovací rýha	
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	570 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	36,7 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	144 m <sup>2</sup>



**Hlavní sídlo úřadu MČ Horní Počernice**

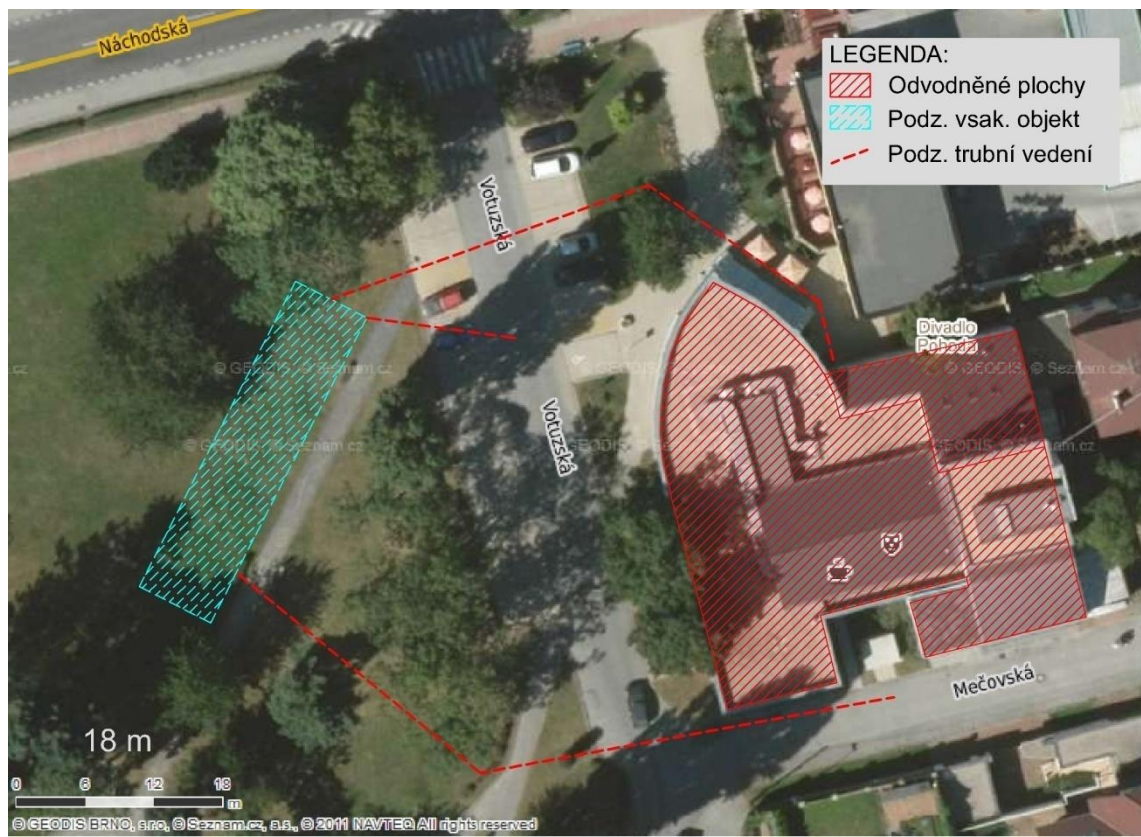


**Zelená plocha v zadní části pozemku**





### 15) Blok V5



Typ zástavby	Občanská vybavenost	√
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	√
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	√
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	890 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	53,6 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	210 m <sup>2</sup>



**Průhled parkem směrem k divadlu**



**Pohled na divadlo z rohu ulic Mečovská a Votuzská**





### 16) Blok V4



Typ zástavby	Občanská vybavenost	✓
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	
	Jemně členité	✓
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	✓
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	✓
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	✓
	Podzemní vsakovací rýha	
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	530 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	31,9 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	125 m <sup>2</sup>



**Kulturní centrum Domeček**





17) Blok K5





Typ zástavby	Občanská vybavenost	
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	√
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	
	Soukromé	√
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	
	Soukromé	√
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	7080 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem*	280 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	-

*\*Objekt je v současné době (konec roku 2014) na prodej, navržený akumulovaný objem vody by bylo možné využít i ve výrobě*





### 18) Blok V6



Typ zástavby	Občanská vybavenost	✓
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	✓
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	✓
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	✓
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	✓
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	✓
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	880 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	43,4 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	170 m <sup>2</sup>



**Areál mateřské školky**





### 19) Blok V7, P11



Typ zástavby	Občanská vybavenost	✓
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	✓
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	✓
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	✓
	Soukromé	✓
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	✓
	Vnitřkem budovy	✓
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	✓
	Soukromé	✓
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	✓
	Podzemní vsakovací rýha	✓
	Zelená střecha	
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	1800 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	94,7 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	-
	Výměra vsakovacích objektů	367 m <sup>2</sup>



**Dům s pečovatelskou službou**





## 20) Blok V1c





**Soukromé budovy v rohu školního areálu nejsou z hlediska HDV vhodné**

Typ zástavby	Občanská vybavenost	√
	Obytná nízkopodlažní	
	Obytná vícepodlažní	
	Komerční	
Charakter území	Rovinaté	√
	Jemně členité	
	Kopcovité	
Vlastnictví staveb	Veřejné	√
	Soukromé	
Vedení dešťového svodu	Vně budovy	√
	Vnitřkem budovy	√
Vlastnictví HDV ploch	Veřejné	√
	Soukromé	
Typ objektu HDV	Vsakovací průleh s rýhou	
	Podzemní vsakovací rýha	√
	Zelená střecha	√
Výpočtové hodnoty HDV	Redukovaná plocha	760 m <sup>2</sup>
	Celkový návrhový objem	46 m <sup>3</sup>
	Výměra zelených střech	950 m <sup>2</sup>
	Výměra vsakovacích objektů	180 m <sup>2</sup>





### Příloha C: Mapa řešeného území

