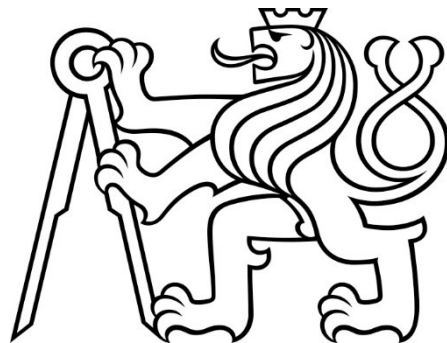


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**NÁVRH PRVKŮ MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY
VE VYBRANÝCH ULICÍCH**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

MATĚJ KUDERA

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.



Květen 2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Kudera</u>	Jméno: <u>Matěj</u>	Osobní číslo: <u>477433</u>
Zadávající katedra: <u>K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh prvků modrozelené infrastruktury ve vybraných ulicích</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of blue-green infrastructure components in selected streets</u>	
Pokyny pro vypracování: Bakalářská práce bude zaměřena na problematiku možností umístění prvků modrozelené infrastruktury (MZI) do stávajících uličních prostor ve vybrané lokalitě. Bude provedena literární rešerše s rozбором prvků a objektů pro odvodňování místních komunikací, návrhu a aplikaci MZI, kdy bude brán ohled na ochranu okolních staveb, typické znečišťující látky dle dopravního zatížení a podporu přirozené závlahy zeleně v uličních prostorech. V praktické části bude proveden rozbor stávajícího stavu vybraných uličních prostor, na základě kterého budou navržena opatření pro aplikaci principů MZI.	
Seznam doporučené literatury: Livable streets - A handbook of Bluegreengray Systems (Edge, 2020), Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech (Bavorský zem. úřad pro ŽP, 2005), Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích (CzWA, 2019), Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území (Hlavínek a kolektiv, 2005), ČSN 75 9010, ČSN 73 6005, ČSN EN 752, TNV 75 9011 a další podklady dle pokynů vedoucího.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Karel Kříž, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>8.2.2021</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>16.5.2021</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>8.2.2021</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	---

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze, 16. května 2021

.....

Matěj Kudara

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Karlu Křížovi, Ph.D. za odbornou pomoc, rady a poskytnuté materiály při zpracovávání bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá oborem modrozelená infrastruktura a jeho aplikací v uličním prostranství. V první části je vypracována rešerše literatury na témata srážkoodtokových procesů, jednotlivých funkcí uličního prostranství a oboru modrozelené infrastruktury v souvislosti s klimatickou změnou. Na základě literární rešerše je ve druhé části analyzován stávající stav vybraných uličních prostor a jsou stanovena doporučení pro návrh území v souladu se zásadami modrozelené infrastruktury.

Klíčová slova: srážkoodtokové procesy, odvodnění, uliční prostranství, místní komunikace, klimatická změna, modrozelená infrastruktura

Abstract

The bachelor's thesis deals with the field of blue-green infrastructure and its application in street space. In the first part is made literature research on the topics of precipitation-runoff processes, individual functions of street space and the field of blue-green infrastructure in the context of climate change. Based on the literature research, the second part analyses the current state of selected streets and makes recommendations for the design of the area in accordance with the principles of blue-green infrastructure.

Keywords: precipitation-runoff processes, drainage, street space, urban roads, climate change, blue-green infrastructure

Obsah

ÚVOD.....	8
CÍLE PRÁCE.....	9
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
1.1 Srážkoodtokové procesy.....	10
1.1.1 Srážky	10
1.1.1.1 Povrchový odtok.....	11
1.1.1.2 Součinitel odtoku.....	12
1.1.2 Znečištění srážkových vod	14
1.2 Uliční prostranství.....	17
1.2.1 Pobytová funkce	18
1.2.2 Vedení technického vybavení.....	18
1.2.3 Místní komunikace	24
1.2.3.1 Příčné uspořádání	25
1.2.3.2 Sklonové poměry	26
1.2.3.3 Rozhledové poměry.....	26
1.2.3.4 Bezbariérové užívání staveb	27
1.2.3.5 Zklidnění dopravy	28
1.2.3.6 Parkovací a odstavná stání	29
1.2.3.7 Odvodnění povrchu komunikací	30
1.3 Modrozelená infrastruktura.....	32
1.3.1 Změna klimatu	32
1.3.1.1 Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR	33
1.3.1.2 Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích.....	34
1.3.2 Hospodaření se srážkovými vodami	35
1.3.2.1 Vývoj hospodaření se srážkovými vodami	35
1.3.2.2 Legislativní podklady.....	36
1.3.2.3 Normové podklady.....	39
1.3.2.4 Snížení a prevence srážkového odtoku u zdroje	39
1.3.2.5 Akumulace a využití srážkových vod.....	41

1.3.2.6	Vsakování srážkových vod.....	42
1.3.2.7	Retence srážkových vod.....	46
1.3.2.8	Dimenzování vsakovacích, retenčních objektů a odvodňovacích zařízení.....	47
1.3.2.9	Provoz objektů HDV	51
1.3.3	Sídelní zeleň	51
2	PRAKTICKÁ ČÁST	54
2.1	Charakteristika zájmového území.....	54
2.1.1	Dotčené pozemky, soulad s územním plánem.....	54
2.1.2	Klimatické a hydrologické poměry	56
2.1.3	Hydrogeologické poměry.....	56
2.2	Stávající stav zájmového území.....	57
2.2.1	Příčné uspořádání.....	60
2.2.2	Odvodnění.....	60
2.3	Návrhový stav zájmového území.....	61
2.3.1	Příčné uspořádání.....	61
2.3.2	Odvodnění.....	63
2.3.2.1	Liniové odvodnění.....	64
2.3.2.2	Akumulační a retenční nádrž.....	66
2.3.2.3	Ekonomické posouzení.....	68
	ZÁVĚR	71
	Bibliografie	75
	Seznam obrázků.....	80
	Seznam tabulek.....	81
	Seznam příloh.....	82

ÚVOD

V současné době se potýkáme s klimatickou změnou, která se projevuje narůstající průměrnou teplotou a změnou časové distribuce srážek, kdy se během letních měsíců častěji setkáváme s přívalovými srážkami střídanými dlouhodobějším suchým obdobím. Tyto změny jsou navíc umocněny ve městech, kde vlivem zastavěných ploch a celkovou změnou původního stavu území nedochází k přirozeným přírodním procesům a společně s klimatickou změnou přinášejí řadu problémů, které by se města měla snažit minimalizovat. Jako jeden z vhodných prostředků pro zmírnění těchto jevů v zastavěném prostředí je využití prvků modrozelené infrastruktury, tj. objektů decentrálního hospodaření s dešťovou vodou v kombinaci se zelení, které navíc přinášejí benefity pobytové funkci uličního prostoru. Obor modrozelená infrastruktura se v současnosti stále vyvíjí a její začlenění v ulicích může být komplikované z hlediska omezeného prostoru a střetu zájmů s dalšími funkcemi ulic, zejména dopravní funkcí a funkcí vedení technického vybavení, ať už z pohledu provozovatelů inženýrských sítí nebo i některých rezidentů, kteří preferují využití potenciálních prostorů pro parkovací stání a výstavbu chodníků.

Bakalářská práce se v rešeršní části zabývá nejenom modrozelenou infrastrukturou, ale i jednotlivými funkcemi uličního prostoru, jejichž požadavky je nutné zohlednit při návrhu prvků modrozelené infrastruktury. Na základě rešerše je v praktické části navrženo odvodnění zájmového území v souladu se zásadami modrozelené infrastruktury.

CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je stanovit doporučení pro navazující projekční práce z hlediska odvodnění vybraného území v souladu se zásadami modrozelené infrastruktury.

Dílčí cíle pro naplnění hlavního cíle jsou:

- seznámení se se zájmovým územím,
- analýza stávajícího stavu území,
- získání dostupných podkladů k řešenému území (navazující projekty, hydrogeologická studie apod.),
- stanovení povrchového odtoku na základě navrhovaného stavu území,
- provedení hydrotechnických výpočtů navrhovaných objektů,
- ekonomické posouzení.

1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

1.1 Srážkoodtokové procesy

1.1.1 Srážky

Srážky představují vodu, která je uvolněna za určitých podmínek z atmosféry a dopadá na zemský povrch v pevném (sníh, kroupy) nebo kapalném (déšť) skupenství. Mezi tyto podmínky patří vlhkost, teplota, vítr, atmosférický tlak, místní geografické podmínky a kondenzační jádra [1] [2].

V případě, že je vzduch v atmosféře nasycen vodními parami, dochází při snížení teploty k jejich kondenzaci na kondenzační jádra (kouřové nebo prachové částice menší než 1 μm) a vytvoření vodních kapek. Kapky postupně narůstají na základě pokračující kondenzace, rozdílných tlaků a vzájemného spojování. Po dosažení rozměru přibližně 3000 μm (3 mm) jsou dostatečně hmotné, aby se pomocí gravitační síly uvolnily a vytvořily dešťovou srážku [2].

Množství srážky je proměnné v čase a prostoru, je charakterizováno srážkovým úhrnem a dobou trvání srážky. Srážkový úhrn vyjadřuje v mm výšku vody, která dopadla na plochu daného povodí během deště bez uvažování odtoku, výparu a vsaku. Vydělením srážkového úhrnu trváním deště se získá jeho intenzita, vyjadřuje se v jednotkách mm/min. Z plochy a srážkového úhrnu lze odvodit vydatnost deště, která se vyjadřuje zpravidla v jednotkách l/(s.ha). Dalším důležitým faktorem, který popisuje opakování deště dané intenzity v čase je jeho periodičita [3].

Změřené průběhy intenzit dešťů se označují jako deště historické. Statistickým zpracováním řad historických dešťů se získají deště modelové, které slouží pro výpočet odtoku v městském odvodnění. Základním modelovým deštěm je blokový déšť, který je odvozen z čar náhradních intenzit. Jedná se o déšť s konstantní intenzitou [4] [5].

Syntetické deště jsou modelovány s cílem přiblížit se reálné podobě deště, kde se mění intenzita v čase a kompenzovat tím nedostatky deště blokového. Z počátku intenzita roste do maximální intenzity, ta trvá po určitou

dobu a následně klesá do nulové hodnoty. Celkový objem srážky a doba trvání jsou stejné jako u blokového deště. Mezi nejznámější typy syntetických dešťů patří například Šifaldův déšť, Chicago či Čížkův déšť [5] [6].

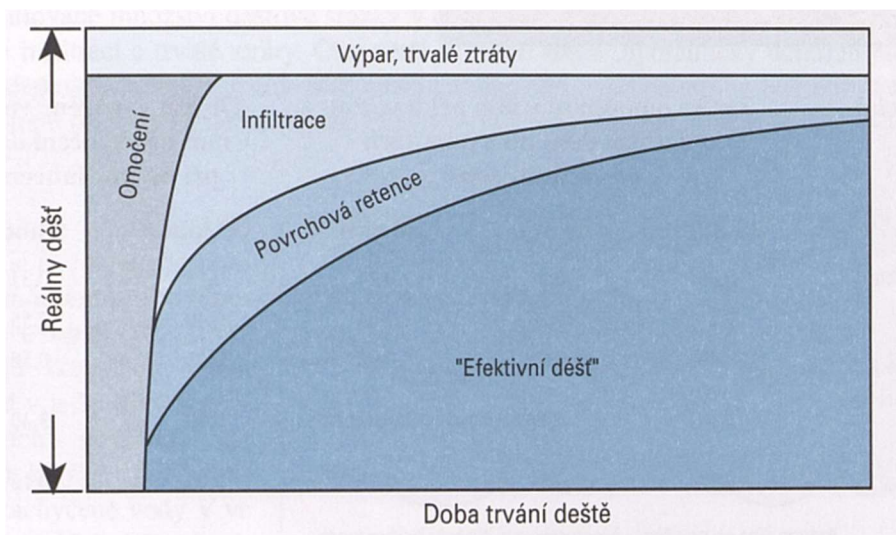
Na území České republiky se pro projektování odvodnění urbanizovaných území využívají Truplovy tabulky vydané v roce 1958 v publikaci *Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy*, ve které jsou zpracována data z 98 ombrografů v povodích Labe, Odry a Moravy vyjadřující intenzity krátkodobých dešťů pro 5–120 minut [7] [4]. V normě ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod* jsou v příloze stanoveny návrhové úhrny srážek pro 21 míst a horské lokality nad 650 m n. m., s dobou trvání 5 minut až 72 hodin, které slouží pro návrh vsakovacích zařízení [8].

1.1.1.1 Povrchový odtok

Odtok se skládá z povrchového (přímého), podpovrchového, podzemního odtoku a odtoku v toku. V městském prostředí převládá na rozdíl od přirozeného prostředí povrchový odtok, což je způsobeno zejména změnou využití území a tím související změnou povrchu. [1] [4].

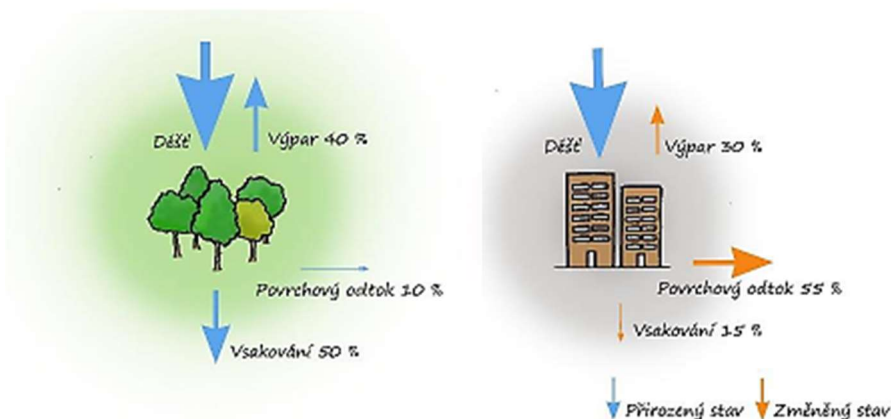
Reálný déšť tvoří ztráty a efektivní déšť, tj. přímý povrchový odtok. Ztráty reprezentují tu část vody, která zůstane zadržena na povodí. V časovém průběhu deště se ztráty postupně vyvíjejí (Obr. 1):

- **výpar a ostatní ztráty** probíhají po celou dobu deště,
- **smáčení** povrchu probíhá na začátku deště,
- **vsakování** následuje po smáčení v případě, že je povrch propustný,
- **povrchová retence** nastává v čase, kdy je schopnost infiltrace povrchu nižší než srážkový úhrn (typické pro povrchy v urbanizovaném území) nebo v případě kdy je horní vrstva půdy plně nasycena a není schopna přijímat další vodu. Probíhá do okamžiku zaplnění kapacity retenčních prostorů [4] [9].



Obr. 1: Tvorba dešťového odtoku [4]

V urbanizovaném území, kde převládají zpevněné plochy, se podíl jednotlivých ztrát a povrchového odtoku značně liší od přirozeného stavu (Obr. 2). Voda na zpevněných plochách nemůže přirozeně vsakovat, tím dochází k daleko většímu objemu a rychlosti povrchového odtoku, čehož důsledkem je nižší výpar [4].



Obr. 2: Srovnání složek koloběhu vody v přirozeném zalesněném povodí a ve vysoce urbanizovaném prostředí [10]

1.1.1.2 Součinitel odtoku

Součinitel odtoku Ψ se mění v čase během deště a vyjadřuje podíl srážky, která odečte po povrchu. Je závislý na typu (propustnosti) povrchu a průměrném sklonu území.

Objemový či průměrný součinitel odtoku Ψ_{objem} vyjadřuje celkový objem povrchového odtoku ku celkovému objemu srážky v daném povodí.

Špičkový součinitel odtoku Ψ_{max} , označovaný také jako maximální nebo vrcholový součinitel odtoku, vyjadřuje poměr mezi objemem odteklým v období výskytu maximálního odtoku a objemem spadlým v tomto období na povodí. [9]

Tab. 1: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod [8]

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

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

Objekty HDV (hospodaření s dešťovou vodou) by bylo vhodné navrhovat podle obou součinitelů. Špičkový součinitel by bylo vhodné využít pro určení návrhového maximálního průtoku pro návrh odvodnění a objemový součinitel pro výpočet retenčního nebo vsakovacího objemu navrhovaného objektu. Normy v oblasti decentrálního odvodnění ale nezavádějí výpočet s objemovým součinitelem, a navíc v nich chybí informace o typu součinitele odtoku. V Tab. 1 jsou uvedeny součinitele odtoku z normy ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod*, ve které zmínka o typu součinitele také chybí. Navíc jsou v ní převzaty hodnoty pro 15minutové deště pro navrhování stokových sítí, ale tato norma uvádí výpočty v rozmezí 5 minut až 72 hodin, kdy se součinitel odtoku v čase může lišit (např. u zatravněných ploch s dlouho trvající srážkou se součinitel odtoku může zvýšit až na pětinasobné hodnoty), proto by se tato

tabulka měla brát pouze informativně a při návrhu uvažovat hodnoty na straně bezpečnosti. [11]

1.1.2 Znečištění srážkových vod

Znečištění srážkových vod můžeme rozdělit podle původu. K prvotnímu znečištění dochází v atmosféře, kde srážka vymývá rozpuštěné a nerozpuštěné látky obsažené ve vzduchu (jemné částice, těžké kovy, persistentní organické sloučeniny apod.), které jsou zejména produktem dopravy a průmyslu. Tyto látky nemusí být pouze produktem lokálního znečištění, ale mohou být přenášeny i ze vzdálenějších oblastí prouděním vzduchu. K dalšímu znečištění dochází smyvem akumulovaných látek (organické látky, těžké kovy, ropné uhlovodíky), které se nashromáždily v bezdeštném období na povrchu povodí. Posledním původem je znečištění po dopadu srážky vzniklé reakcí vody a omývaného povrchu. Jedná se například o vápník, hliník a křemík z betonových povrchů, těžké kovy ze střech a dalších kovových povrchů a organické látky z plastických hmot a dalších povrchů [4] [12].

Srážkové vody se z hlediska znečištění dělí na neznečištěné, znečištěné a znečištěné z extrémně znečištěných ploch. Za neznečištěné srážkové vody jsou považovány vody z neznečištěných povrchů (např. parky, zahrady, neznečištěné pozemní komunikace) a doporučuje se je vsakovat. Znečištěné jsou srážkové vody odtékající při oplachu znečištěných ploch (např. průmyslové a zemědělské areály), po skončení oplachu je možné další srážkové vody z těchto povrchů považovat za neznečištěné. Znečištěné srážkové vody z extrémně znečištěných ploch a znečištěné srážkové vody jsou odpadními vodami, měly by být odváděny a náležitě čištěny. Očekávaná míra znečištění srážkových vod typickými znečišťujícími látkami dle typu povrchu je uvedena v *Tab. 2* [13].

Tab. 2: Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod [12]

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK ₅	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	○	○	○	○	○	○	○	○
	vegetační intenzivní	○	○	○	○	■	■	○	○
	inertní	●	●	○/■	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí do 50 m ²	●	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí 50 m ² až 500 m ²	●	●	■■	○/●	○/●	○/●	○/●	○
s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ²	●	●	■■■	○/●	○/●	○/●	○/●	○	
Zatrávněné plochy		■/■■■	■/■■■	○	○	■	■	○/●	○
Komunikace pro chodce a cyklisty		■■	●	○/■	○/●	■	■	●	○/●
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	■■	●	●	■	■	■	●	●
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	■■	■■	■■	■■	■	■	●	■■
	nákladní auta ^d	■■■	■■■	■■■	■■■	■	■	●	■■
Pozemní komunikace	málo frekventované ^a (příjezdy k domům)	■■	●	●	■	■	■	●	●
	středně frekventované ^b	■■	■■	■■	■■	■	■	●	■■
	vysoce frekventované ^c	■■	■■■	■■■	■■■	■	■	●	■■■
Plochy u skladů, manipulační plochy		■/■■■	■/■■■	■/■■■	■/■■■	■	■	●	■/■■
Komunikace zemědělských areálů		■■■	■■■	■■	■■	■■■	■■■	■■■	○/●
○		neznečištěná srážková voda							
●		mírně znečištěná srážková voda							
■■		středně znečištěná srážková voda							
■■■		vysoce znečištěná srážková voda							
/		až							
a		< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě							
b		300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h							
c		nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice							
d		parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací							

Z hlediska umožnění vsakování se srážkové povrchové vody dále dělí na přípustné, podmíněně přípustné a nevhodné z potenciálně výrazněji znečištěných ploch.

U přípustných srážkových vod nehrozí riziko znečištění půdy a podzemní vody a lze je vsakovat bez předchozího předčištění. Jedná se například o povrchový odtok z komunikací pro pěší a cyklisty, příjezdů k rodinným domům a zatravněných ploch. U podmíněně přípustných srážkových vod hrozí znečištění půdy a podzemní vody vlivem specifického znečištění, lze je vsakovat po předchozím předčištění. Jsou to například vody z parkovišť a komunikací pro motorová vozidla. Možné způsoby předčištění a jejich účinnost pro různé znečišťující látky jsou uvedeny v *Tab. 3*, uvedené způsoby je případně možné kombinovat. Nejúčinnější řešení je vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu, která dokáže zachytit a odfiltrvat většinu znečišťujících látek. Srážkové vody z potenciálně výrazněji znečištěných ploch, například z ploch pro hospodaření s odpady a ploch autoservisů, se doporučuje nevsakovat, vsakování může být povoleno pouze výjimečně vodoprávním úřadem [8].

Srážková voda odváděná z pozemních komunikací není podle § 38 odst. 4 *zákona č. 254/2001 Sb.* vodou odpadní v případě, že je znečištění této vody řešeno technickými opatřeními podle *Vyhlášky č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích*. [14]. Srážková voda z PK nesmí znečistit povrchové a podzemní vody. Míra znečištění závisí na intenzitě dopravy, na podílu nákladní dopravy a pravidelnosti čištění. Ke znečištění komunikací dochází emisemi vzniklými spalováním pohonných hmot, únikem pohonných hmot, zimní údržbou, opotřebením pneumatik a vozovky apod. V *Tab. 2* je uvedeno předpokládané průměrné látkové znečištění srážkových vod z komunikací, ale je nutné uvažovat, že v případě nehody bez potřebné sanace může dojít k většímu rozsahu znečištění. U málo frekventovaných pozemních komunikací není nutné předčištění, u středně frekventovaných se doporučuje jednoduché mechanické předčištění doplněné o filtraci, u vysoce frekventovaných je míra znečištění nejvyšší a doporučuje se náročnější mechanické předčištění s filtrací [12] [15].

Tab. 3: Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování a účinnost pro různé druhy znečištění [12]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozp. sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Zachycení hrubých nečistot	Vtokové mřížky	++	-	-	-	-	-
	Lapače listí	++	-	-	-	-	-
	Česle	++	-	-	-	-	-
	Síta	+, o	-	-	-	-	-
Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu (filtrace, adsorpce, biologické čištění)	Průlehy	++	++	++	++	++	++
	Průlehy-rýhy	++	++	++	++	++	++
	Vsakovací nádrže	++	++	++	++	++	++
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky	++	++	++	++	-	-
	Usazovací nádrže	++	++	++	++	-	-
Filtrace mechanická	Odlučovače lehkých kapalin s kalovou jímkou	++	++	+	++	-	-
	Pískové a šterkové filtry	++	++	+	-	-	+
	Geotextilie	++	++	+	-	-	-
	Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	o	o	++	++	++
Zeolity		o	o	++	++	+	-
Hydroxidy železa a hliníku		o	o	++	-	-	-
Adsorbenty olejů		-	-	-	++	-	-
++	vhodné						
+	podmínečně vhodné						
o	ve spojení s dalšími opatřeními						
-	spíše nevhodné						
-	nevhodné						

1.2 Uliční prostranství

Podle § 2 odst. 1 zákona č. 183/2006 Sb. stavebního zákona veřejnou infrastrukturu tvoří pozemky, stavby a zařízení dopravní a technické infrastruktury, občanského vybavení a veřejného prostranství zřizované ve veřejném zájmu. Uliční prostranství je součástí veřejného prostranství a je tvořeno souborem ulic, náměstí a ploch, které vytvářejí základní síť obsluhy a prostupnosti území [16] [17].

Ulice mají městotvornou funkci. Jejich vedení, tvar a velikost odpovídá topografickým podmínkám, historickému vývoji měst a vlastní náplni ulic. Umožňují fungování přilehlých zástaveb a společně celých měst. Na úrovni uličního prostranství lze definovat další funkce, které musejí koexistovat

v prostoru omezeném zástavbou, i přestože se často vzájemně limitují nebo i vylučují. Jedná se o funkci pobytovou (společenskou), dopravní (obslužná, přepravní) a funkci vedení technického vybavení. Aktuální stav uličního prostranství je vždy určen prioritami funkcí a v čase se může měnit. Příkladem jsou bývalé zahrádkářské kolonie, které se staly místy pro trvalé bydlení a přinášejí řadu komplikací změnou své funkce. Jedná se například o nedostatek prostoru pro odvodnění vznikem místních komunikací z příjezdových cest nebo nutnost vybudování technické infrastruktury apod. [18] [19].

1.2.1 Pobytová funkce

Pobytová funkce úzce souvisí s individuálním vnímáním prostředí člověkem, proto je cílem přizpůsobit vybavení ulice a prostorové uspořádání výšce očí osoby a pomalé chůzi. Mělo by být snahou, aby se ulice staly dostatečně atraktivním místem nabízejícím různé aktivity, které budou sloužit pro setkávání obyvatel z dané lokality a přilákají další lidi svou kvalitou. Prostředkem pro zajištění atraktivity ulic je nejenom vhodné architektonické zpracování, prostorové uspořádání a vybavení ulic, ale i doplnění prostranství o vodní prvky a zeleň, které jsou lidmi vnímány pozitivně. Negativní vliv na pobytovou funkci má automobilová doprava v ulicích, zejména hluk a ohrožená bezpečnost chodců. Snížení rychlosti vozidel je řešením ke zvýšení bezpečnosti a snížení hluku. Vždy ale záleží na funkční skupině místní komunikace (viz kapitola 1.2.3), charakteru a významu ulice [18] [20].

1.2.2 Vedení technického vybavení

Zásady vedení technického vybavení se řídí novým vydáním normy *ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání vedení technického vybavení* z roku 2020, která dělí vedení inženýrských sítí podle různých kritérií.

Podle kapacitního a územního významu se inženýrské sítě dělí na kategorie:

- vedení nadřazená (1. kategorie) — dálkové sítě, které mají nadregionální význam (v zastavěném území se nacházejí pouze výjimečně),
- vedení hlavní (2. kategorie) — oblastní sítě, které zásobují dotčené zastavěné území, ale nejsou na ně připojeny sítě vedoucí přímo ke spotřebiteli,

- vedení uliční (3. kategorie) — distribuční sítě, které zásobují přes přípojky spotřebitele,
- vedení přípojková (4. kategorie) — spotřebitelské přípojky, které zajišťují přímé napojení ke spotřebiteli [16] [21].

Podle účelu se vedení technického vybavení dělí na:

- elektrická (silová) vedení,
- vedení elektronických komunikací,
- vodovody a přípojky,
- plynovody a přípojky,
- vedení tepelných sítí,
- kanalizační stoky a přípojky [16].

Podle výškového umístění se vedení technického vybavení dělí na:

- podzemní,
- nadzemní,
- pozemní (na povrchu terénu).

V městské zástavbě se setkáváme převážně s podzemním vedením sítí v prostoru místní komunikace (MK) [16] [21].

Vedení podzemního technického vybavení v prostoru MK se doporučuje umístit rovnoběžně s osou komunikace, a to přednostně do přidruženého prostoru, v odůvodněných případech do hlavního dopravního prostoru. Vedení je tedy výškově a směrově omezeno místními komunikacemi. K ochraně sítí před účinky mrazu a mechanickému poškození jsou předepsané minimální výšky krytí pro jednotlivé sítě (*Tab. 4*). V případě křížení (*Tab. 5*) či souběhu (*Tab. 6*) sítí jsou stanoveny minimální odstupové vzdálenosti (měřené od vnějších líců potrubí, kabelů nebo stok) tak, aby nedocházelo k vzájemnému negativnímu ovlivňování sítí. [16].

Tab. 4: Nejmenší dovolení krytí vedení technického vybavení v podzemní trase¹ [16]

Druh VTV či ochranné konstrukce VTV	Nejmenší krytí v mm		
	Chodník	Vozovka	Volný terén
Silové kabely			
do 1 kV	350	1 000	350/700
do 10 kV	500	1 000	700
do 35 kV	1 000	1 000	1 000
do 110 kV	1 300	1 300	1 300
Kabely elektronických komunikací			
místní	400	900	600/900
dálkové	500	900	600/900
optické – místní	400	900	600
– dálkové	500	1 200	1 000
Plynovodní potrubí do 0,4 MPa	800	1 000	800
Vodovodní řady a přípojky	1 000 až 1 600	1 500	1 000 až 1 600
Vedení tepelných sítí	500	1 000	500
Montážní kanály a kabelovody	600	1 000	600
Stoky a kanalizační přípojky	Podle místních podmínek – doporučuje se minimálně		
	1 000	1 800	1 000
Vedení potrubní pošty	700	1 000	700
Ochranné konstrukce sdružené trasy VTV podle ČSN P 73 7505	1 000	1 000	1 000

¹ Podrobnosti, výjimky a upřesnění k některým hodnotám jsou uvedeny v ČSN 73 6005 *Prostorové uspořádání vedení technického vybavení*

Tab. 5: Nejmenší dovolené odstupové vzdálenosti ve vvislém směru (mm) při křížení vedení technického vybavení v podzemní trase¹ [16]

Druh vedení technického vybavení/VTV či jeho ochranné konstrukce	Silové kabely do				metalicke kabely elektronickych komunikaci	nematicke kabely elektronickych komunikaci	Plynovodni potrubni		Vodovodni řady a pripojky	Vedeni tepelnych siti	Montazni kanaly a kabelovody	Stoky a kanalizačni pripojky	Vedeni potrubni pošty	Ochranné konstrukce sdruženě trasy VTV podle ČSN P 73 7505	Koleje tramvajové trati
	1 kV	10 kV	35 kV	110 kV			do 0,005 MPa	do 0,4 MPa							
silové kabely do	1	50	150	200	200	200	700	400	300	300	300	300	200	1 000	
	2	150	200	250	300	300	100	200	400	400	400	400	200	1 000	
	3	200	200	250	300	300	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
	4	200	200	250	300	300	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
metalické kabely elektronických komunikací	300	800	800	800	800	800	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
	100	300	300	300	300	300	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
nematické kabely elektronických komunikací	200	400	400	400	400	400	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
	100	150	150	150	150	150	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
plyno- vodní potrubí	100	100	100	100	100	100	100	150	150	100	500	100	200	1 000	
	100	200	200	200	200	200	100	150	150	100	500	100	200	1 000	
vodovodní řady a přípojky	400	400	400	400	400	400	150	100	200	200	200	200	200	1 500	
	200	200	200	200	200	200	150	100	200	200	200	200	200	1 500	
vedení tepelných sítí	300	500	500	500	500	500	100	200	200	150	100	200	200	1 000	
	100	100	100	100	100	100	100	200	200	150	100	200	200	1 000	
montážní kanály a kabelovody	300	300	300	300	300	300	500	100	200	200	200	200	200	1 500	
	300	300	300	300	300	300	500	100	200	200	200	200	200	1 500	
vedení potrubní pošty	300	300	300	300	300	300	100	200	200	200	200	200	200	1 000	
	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	1 000	
ochranné konstrukce sdruženě trasy VTV podle ČSN P 73 7505	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 500	1 000	1 000	1 500	1 000	1 000	1 000	
	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 500	1 000	1 000	1 500	1 000	1 000	1 000	

Tab. 6: Nejmenší dovolené odstupové vzdálenosti ve vodorovném směru (mm) při souběhu vedení technického vybavení v podzemní trase¹ [16]

Druh vedení technického vybavení/VTV nebo i jeho ochranné konstrukce	Silové kabely do				Metallické kabely elektronických komunikací	Nemetalické kabely elektronických komunikací	Plynovodní potrubí		Vodovodní řady a přípojky	Vedení tepelných sítí	Montážní kanály a kabelovody	Střky a kanalizační přípojky	Vedení potrubní pošly	Ochranné konstrukce sdružené trasy VTV podle ČSN P 73 7505	Koleje tramvajové trati
	1 kV	10 kV	35 kV	110 kV			do 0,005 MPa	do 0,4 MPa							
Kabely do silové	1 kV	50	150	200	200	100	400	400	400	300	100	500	500	1 000	
	10 kV	150	200	200	400	150	400	600	400	700	300	500	500	1 000	
	35 kV	200	200	200	400	300	400	600	400	1 000	300	500	500	1 000	
	110 kV	200	200	200	800	600	400	600	400	2 000	500	1 000	500	1 000	
metallické kabely elektronických komunikací	200	400	400	800			400	400	400	800	300	200	1 000		
nemetalické kabely elektronických komunikací	150	300	300	600			400	400	400	800	500	200	1 000		
plynovodní potrubí	do 0,005 MPa	400	400	400	400	400	400	400	400	500	400	400	400	1 000	1 200
	do 0,4 MPa	600	600	600	400	400	400	400	500	500	1 000	400	400	1 000	1 200
vodovodní řady a přípojky	400	400	400	400			500	500	600	1 000	600	500	1 000	1 200	
vedení tepelných sítí	300	700	1 000	2 000			500	500	1 000		300	300	1 000	1 200	
montážní kanály a kabelovody	100	300	300	500			400	1 000	600	300	300	200	1 000	1 200	
stoky a kanalizační přípojky	500	500	500	1 000			1 000	1 000	600	300	1 000	300	1 000	1 200	
vedení potrubní pošly	500	500	500	500			400	400	500	300	300	200	1 000	1 200	
ochranné konstrukce sdružené trasy VTV podle ČSN P 73 7505	1 000	1 000	1 000	1 000			1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 200	
koleje tramvajové trati	1 000	1 000	1 000	1 000			1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	

V rámci uličního prostranství jsou stanovena dle normy zájmová pásma určená pro jednotlivá vedení, kam by měla být přednostně ukládána, aby byla dosažena prostorová koordinace vedení inženýrských sítí. Často je ale nutné se podřídit místním podmínkám a řešit ukládání sítí individuálně [16] [21].

K ochraně inženýrských sítí před poškozením se stanovují ochranná pásma (OP) podle příslušných legislativních předpisů. V Tab. 7 jsou pro jednotlivá vedení vymezena OP dle příslušných zákonů a podmínky pro výsadbu trvalých porostů v OP. Dle normy ČSN 73 6005 *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení* se nedoporučuje ukládat vedení technického vybavení pod stromy. Nové trasy technického vybavení by měly být navrženy tak, aby při výstavbě, provozu, opravách i rekonstrukcích nepoškozovaly stávající vegetaci (včetně podzemních částí) [16].

Tab. 7: Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně [19]

Typ vybavení	Definice ochranného pásma	Podmínky výsadby trvalých porostů v ochranném pásmu
Vodovod Kanalizace 274/2001 Sb. § 23	OP jsou vymezena vodorovnou vzdáleností od vnějšího líce stěny potrubí nebo stoky na každou stranu a) do průměru 500 mm včetně, 1,5 m, b) nad průměr 500 mm, 2,5 m, c) o průměru nad 200 mm, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2,5 m pod upraveným povrchem, se vzdálenosti dle písmene a) či b) zvyšují o 1,0 m.	V OP vodovodního řádu nebo kanalizační stoky lze vysazovat trvalé porosty, jen s písemným souhlasem vlastníka vodovodu nebo kanalizace, popřípadě provozovatele...
Zařízení elektrizační soustavy 458/2000 Sb. § 46	a) u napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně 1. pro vodiče bez izolace 7 m, 2. pro vodiče s izolací základní 2 m, 3. pro závěsná kabelová vedení 1 m, b) u napětí nad 35 kV do 110 kV včetně 12 m,	V OP podzemního vedení je zakázáno vysazovat trvalé porosty a přejíždět vedení mechanismy o celkové hmotnosti nad 6 t.
Plynovod 458/2000 Sb. § 68	a) u plynovodů a plynovodních přípojek o tlakové úrovni do 4 bar včetně, umístěných v zastavěném území obce 1 m na obě strany a umístěných mimo zastavěné území obce 2 m na obě strany, b) u plynovodů a plynovodních přípojek nad 4 bar do 40 bar včetně 2 m na obě strany, c) u plynovodů nad 40 bar 4 m na obě strany, d) u technologických objektů 4 m na každou stranu ...	Vysazování trvalých porostů kořenících do větší hloubky než 20 cm nad povrch plynovodu ve volném pruhu pozemků o šířce 2 m na obě strany od osy plynovodu, vlastní telekomunikační sítě nebo plynovodní přípojky lze pouze na základě souhlasu provozovatele distribuční soustavy...
Teplovodní zařízení 458/2000 Sb. § 87	OP je vymezeno svislými rovinami vedenými po obou stranách zařízení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo k tomuto zařízení a vodorovnou rovinou, vedenou pod zařízením ve svislé vzdálenosti, měřené kolmo k tomuto zařízení a činí 2,5 m.	vysazování trvalých porostů v OP je možno provádět pouze po předchozím písemném souhlasu provozovatele tohoto zařízení.
Komunikační vedení 127/2005 Sb. § 102	OP podzemního komunikačního vedení činí 1,0 m po stranách krajního vedení.	V OP podzemního komunikačního vedení je zakázáno bez souhlasu jeho vlastníka vysazovat trvalé porosty.

Problémem je, že dnešní uliční prostranství jsou z hlediska inženýrských sítí v mnohých případech přeplněná, neuspořádaná a nejsou dodržovány

platné předpisy. To vede k nutnosti neobvyklých řešení při sanacích sítí a k řetězení problémů do budoucna [19].

K ušetření místa v podzemním uličním prostoru se dají využít sdružené trasy (ST) vedení technického vybavení, tj. vedení dvou a více druhů inženýrských sítí uložených v ochranné konstrukci. Dělí se na:

- s manipulačním prostorem uvnitř konstrukce ST (např. kolektor, technická chodba)
- bez manipulačního prostoru (např. technický podpovrchový kanál, sdružená chránička).

Problém u ST nastává z hlediska majetkoprávních vztahů, kdo bude zodpovídat za provoz a údržbu ST [19] [22].

1.2.3 Místní komunikace

Pozemní komunikace se dělí podle určení, dopravního významu a stavebně technického vybavení na dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace. Místní komunikace (MK) se dále dělí podle stejného kritéria na MK I., II., III. a IV. třídy [23].

„Místní komunikace je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně dopravě na území obce.“ [23]. Vlastníkem je obec na jejímž území se MK nachází, která má také povinnost zajistit pravidelnou údržbu [23].

Podle urbanisticko-dopravní funkce se MK dělí na funkční skupiny:

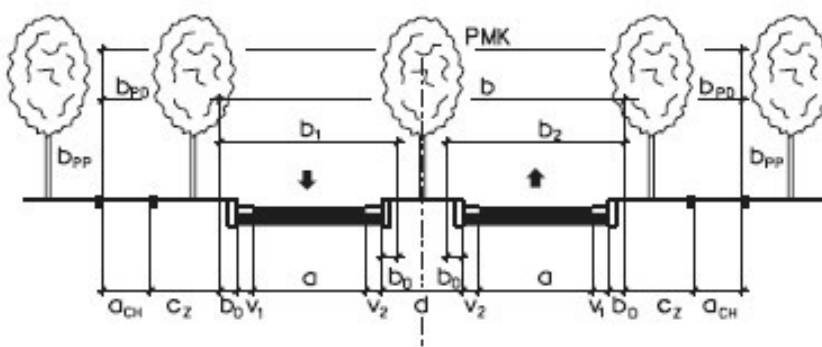
- A — rychlostní,
- B — sběrné,
- C — obslužné,
- D — D1 — komunikace se smíšeným provozem (pěší a obytné zóny)
— D2 — komunikace nepřípustné provozu silničních vozidel, určené pro chodce a cyklisty.

Základní komunikační síť, která má zejména dopravní funkci, je tvořena v obcích podle jejich velikosti místními komunikacemi funkčních skupin A nebo B a případně C. Ostatní síť je tvořena MK skupiny C a D, kde by měly být aplikovány prvky zklidnění dopravy (viz kapitola 1.2.3.5) [24].

Prostor místní komunikace slouží k pobytu a pohybu chodců, provozu vozidel a případně parkování vozidel. Část komunikace využívaná pro provoz vozidel je hlavním dopravním prostorem a je vymezena šířkou komunikace. Část komunikace mezi hlavním dopravním prostorem a čarou přilehlé zástavby je přidruženým prostorem, který zahrnuje chodníky, stezky pro cyklisty a zeleň [24].

1.2.3.1 Příčné uspořádání

Norma ČSN 73 6110 *Projektování místních komunikací a technické podmínky TP 103 Navrhování obytných a pěších zón, TP 218 Navrhování zón 30* uvádějí skladební prvky MK (jízdni pruh, zpevněná a nezpevněná krajnice, parkovací pás, parkovací a zastavovací pruh, pruh pro chodce, zelený pás atd.), jejich doporučené šířky a možnosti použití. Příčné uspořádání MK se potom vytváří dle požadované funkce sestavováním jednotlivých skladebních prvků. Příklad příčného uspořádání pro funkční skupinu B a C s využitím zeleně a směrovým rozdělením je na Obr. 3 [24].



Obr. 3: Typ dvoupruhové místní komunikace funkční skupiny B a C se směrovým rozdělením² [24]

²PMK: prostor místní komunikace b_{pp} : pobytový prostor, b_{pd} : přidružený prostor, b : hlavní dopravní prostor, $b_{1(2)}$: dílčí volná šířka dopravního prostoru, a_{ch} : pruh pro chodce, c_z : zelený pás, b_0 : bezpečnostní odstup, $v_{1(2)}$: vnější (vnitřní) vodící (odvodňovací) proužek, a : jízdni pruh

1.2.3.2 Sklonové poměry

Příčný sklon jízdnic pruhů je stanoven na 2,5 %, navrhuje se jednostranný na směrově rozdělených komunikacích a v případě směrově nerozdělených komunikací je možný příčný sklon střešovité nebo jednostranný (např. z důvodu snadnějšího odvodnění). Minimální podélný sklon je 0,5 %, maximální sklon se liší pro jednotlivé funkční skupiny MK. Výsledný sklon se určí ze vzorce:

$$m = \sqrt{s^2 + p^2}, \quad (\text{Rovnice 1})$$

kde: m výsledný sklon dopravního pruhu nebo pásu,
s podélný sklon komunikace v %,
p příčný sklon komunikace v %.

Výsledný sklon nesmí být větší než 9 % u funkčních skupin A a B, 15 % u funkční skupiny C. Také nesmí být menší než 0,5 % pro zajištění odtoku srážkové vody [24].

1.2.3.3 Rozhledové poměry

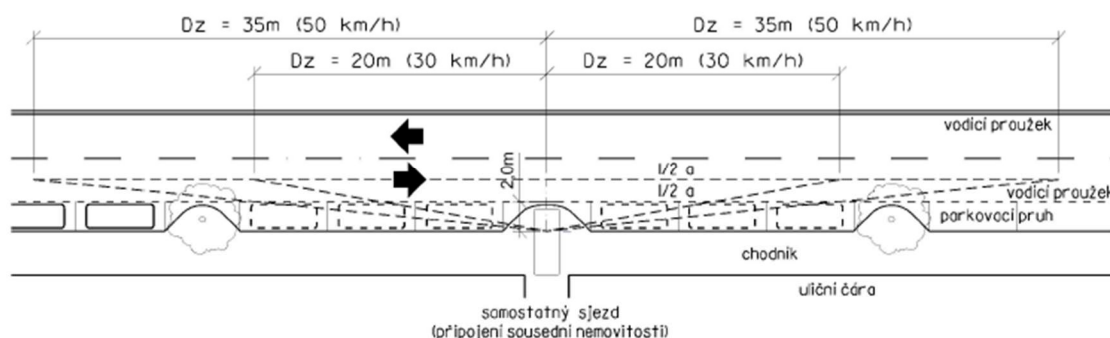
V celé délce MK musí být dodrženy délky rozhledu (D_z) pro zastavení před překážkou ve směrovém i výškovém vedením trasy. Skládá se z reakční doby řidiče, bezpečnostního odstupu vozidla od překážky a dráhy potřebné k úplnému zastavení vozidla závisující na rychlosti vozidla. U MK jsou stanoveny délky rozhledu pro zastavení pro jednotlivé návrhové rychlosti:

50 km/h D_z 35 m (30 m v případě stoupání se sklonem větším než 4,5 %),
40 km/h D_z 25 m,
30 km/h D_z 20 m,
20 km/h D_z 11 m,

přičemž se na jednopruhových komunikacích délka rozhledu zdvojnásobuje [24] [25] [26].

Rozhledové podmínky musejí být dodrženy u křižovatek, přechodů, míst pro přecházení a u sjezdů na MK. Rozhledové podmínky jsou určeny plochami rozhledových trojúhelníků a polí, ve kterých se nesmí nacházet žádné překážky bránící ve výhledu, tzn. překážky vyšší než 0,7 m nad úrovní komunikace. Překážkami nejsou objekty do šířky 0,15 m vzdálené od sebe minimálně 10 m.

Výjimkou jsou samostatné sjezdy (připojují jednotlivé nemovitosti), kde se v odůvodněných případech připouští parkování vozidel v rozhledovém poli (na Obr. 4 čárkovaně) [24] [27].



Obr. 4: Rozhledové poměry na místní komunikaci s chodníkem [28]

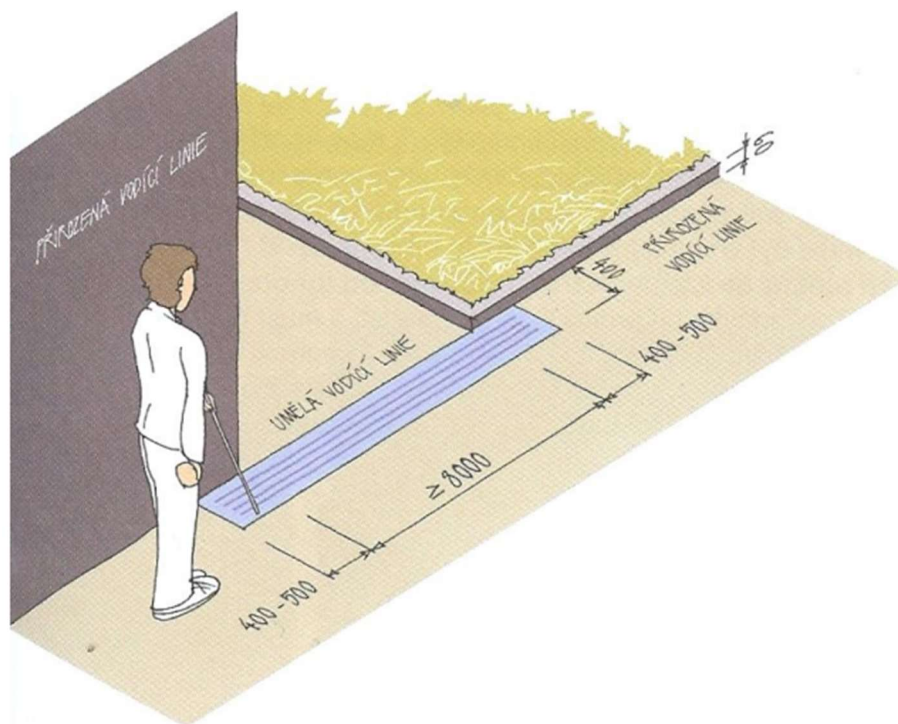
1.2.3.4 Bezbariérové užívání staveb

Vyhláška č. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb stanovuje v § 4 náležitosti technického řešení požadavků pro stavby pozemních komunikací a veřejného prostranství [29].

Vyhláška stanovuje minimální šířku pásu pro chodce včetně bezpečnostních odstupů 1,5 m, příčný sklon maximálně 2 % (minimálně 0,5 % z důvodu odvodnění). Podélný sklon by neměl přesáhnout hodnotu 8,33 % a v případě sklonu větším než 5 % na úseku delším než 200 m je nutné zřídit místa pro odpočinek. U míst pro přecházení a přechodů pro chodce je pro navazující šikmé plochy ke sníženému obrubníku lokálně zvýšen maximální podélný sklon na 12,5 % [29].

Z hlediska liniového odvodnění pásů pro chodce jsou limitující požadavky na vodící linie pro osoby se zrakovým postižením (Obr. 5), které slouží pro jejich orientaci. Vodící linie se dále dělí na přirozené a umělé. Přirozené vodící linie jsou preferované a tvoří je stěny domů, podezdívky plotů, kompaktní prvky o šířce minimálně 400 mm a výšce minimálně 300 mm, obrubníky trávníků vyšší než 60 mm. Přičemž délka jednotlivých prvků musí být nejméně 1,5 m (u změn dokončených staveb 1 m) a pokud je přerušeni

přirozené vodící linie delší než 8 m musí na přirozenou vodící linii navazovat umělá vodící linie, kterou tvoří podélné drážky v minimální šířce 0,4 m [29].



Obr. 5: Přirozená a umělá vodící linie v exteriéru [30]

Vodící linie a jiné hmatové pásy musejí být pro dosažení hmatového kontrastu lemovány rovinným povrchem o minimální šířce 250 mm [29]. Dle *TN TZÚS*: „Rovinný povrch s funkčním hmatovým kontrastem je zajištěn dlažebními prvky bez sražené hrany, se spárami maximální šíře 4 mm, počtem spár mezi dlažebními prvky na délku 1 metru pásu lemujícího hmatový prvek maximálně 5 ks, počtem spár mezi dlažebními prvky na šířku lemujícího pásu maximálně 1 ks.“ [31] Tento požadavek omezuje prostor pro použití propustných a polopropustných povrchů (viz kapitola 1.3.2.4) na pásech pro chodce.

1.2.3.5 Zklidnění dopravy

Prvky zklidnění dopravy se u MK navrhují z důvodu eliminace nadřazenosti dopravní funkce, vytvoření lepších podmínek pro chodce a cyklisty, zajištění bezpečnosti, ochrany životního prostředí. Prostředkem u funkční skupiny C je zřizování zón s omezenou rychlostí na 30 km/h.

U funkční podskupiny D1 (pěší a obytné zóny) převládá pobytová funkce nad dopravní, proto vyplývá z návrhu a dopravního řešení, že tyto komunikace patří mezi zklidněné. Počítá se zde se smíšeným provozem, tzn. sdílení prostoru chodci, cyklisty a vozidly (do pěší zóny je povolen vjezd vozidel a cyklistů pouze za stanovených podmínek) a prostor MK se navrhuje zpravidla v jedné výškové úrovni. Rychlost vozidel je omezena na 20 km/h. [24] [32].

Pro zajištění dodržování stanovené rychlosti řidiči se navrhují zpomalovací prvky a jejich kombinace: zpomalovací prahy, ostrůvky, šikany, malé okružní křižovatky, lokální zúžení jízdního pruhu, zeleň a další. Z hlediska kombinace zpomalovacího prvku a odvodnění komunikace se dají využít rigoly s malým sklonem boků [24] [33] [32].

1.2.3.6 Parkovací a odstavná stání

Parkovací a odstavná stání se zřizují na MK k odstavení vozidla mimo jízdní pruh komunikace. Vzhledem ke vztahu k pozemní komunikaci mohou být parkovací stání umístěny:

- na parkovacích pruzích podél jízdního pásu (podélné stání),
- na parkovacích pásech podél jízdního pásu (kolmé nebo šikmé stání),
- na středním dělicím pásu směrově rozdělené pozemní komunikace,
- na samostatném parkovišti s podélným, šikmým nebo kolmým řazením parkovacích stání,
- v jednotlivé, řadové nebo hromadné garáži [34].

Maximální příčný sklon parkovacích stání je 5 % a maximální podélný sklon je 3 %, v případě umístění parkovacího pásu podél jízdního pásu se maximální přípustný příčný sklon navyšuje na 9 % a podélný sklon na 6 % [34].

Parkovací stání nesmějí být navržena blíže než 5 m od hranice křižovatky, v připojovacích, odbočovacích a vyhrazených pruzích, v rozhledových polích před přechody pro chodce a místy pro přecházení. Velikost parkovacího stání vychází ze základních rozměrů typového vozidla daného druhu zvětšeného o nejmenší dovolené odstupy od ostatních vozidel a pevných překážek. Návrh

rozměrů pro jednotlivé způsoby řazení parkovacích stání se liší a je uveden v normě *ČSN 73 6056 Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. Součástí návrhu musí být i odvedení srážkových vod ze zpevněných parkovacích ploch a doporučují se vegetační úpravy [34].

1.2.3.7 Odvodnění povrchu komunikací

Odvodnění povrchu komunikací je primárně zajištěno sklonovými poměry komunikací (viz kapitola 1.2.3.2) směrem k okraji vozovky, kde je voda dále odváděna pomocí odvodňovacích zařízení nebo v případě vhodných podmínek odtéká do okolí a přirozeně vsakuje. Návrh spolehlivého odvodnění je důležitý pro zajištění bezpečnosti a životnosti vozovky. Odvodňovací zařízení se dělí na otevřená a krytá, přičemž jednotlivé typy lze kombinovat [15].

Otevřená odvodňovací zařízení jsou preferovaná a patří mezi ně:

- **Rigol**

Rigol slouží pro shromažďování vody z plochy komunikace. Podélný sklon se obvykle navrhuje shodný s okrajem vozovky (minimální 0,5 %, maximální 10 %). Šířka rigolu by měla být v rozmezí 0,5 – 1 m s maximální hloubkou 0,3 m. Pokud není kapacita dostatečná, je nutné rigol doplnit vpustěmi a odvodňovacím potrubím. Rigol se navrhuje opevněný betonem na místě nebo prefabrikovanými dílci [15] [35].

- **Příkop**

Příkop plní funkci odvodnění komunikace i přilehlých povodí, proto má větší nároky na kapacitu. Rozměry se navrhují v závislosti na požadované kapacitě, prostorových možnostech, geologických podmínkách a sklonech přilehlých svahů, přičemž minimální hloubka příkopu a šířka dna je 0,3 m. Podélný sklon musí být u zpevněného dna větší než 0,3 % a u nezpevněného větší než 0,5 %. Typ opevnění se navrhuje s ohledem na podélný sklon a posuzuje se na dvacetiletou vodu [15] [35].

- **Odvodňovací proužek**

Odvodňovací proužek představuje část komunikace nebo krajnice podél okraje jízdniho pásu s šířkou 0,25 – 0,5 m. Z něho je voda odváděna pomocí vpustí nebo skluzů do dalších odvodňovacích zařízení [26] [35].

- **Otevřený žlab**

Otevřený odvodňovací žlab se využívá k podélnému odvodnění komunikací při hraně vozovky. Rozměry se navrhují podle kapacitních požadavků [26].

Mezi **krytá odvodňovací zařízení** patří:

- **Krytý žlab**

Žlaby mohou být kryté mřížemi, příčnými nebo podélnými šterbinami. Pro odvodnění komunikací s menším podélným sklonem než 0,5 % se používají šterbinové žlaby, které mají i větší odolnost při zatížení. Šterbinové žlaby jsou zpravidla tvořeny prefabrikovanými dílci se šterbinovou troubou o rozměrech podle požadované kapacity [26] [36].

- **Dešťová kanalizace**

Dešťová kanalizace slouží pro odvádění povrchových vod do dalších objektů nakládajících s touto vodou nebo do vodních recipientů. Srážkové vody jsou zaústěny z odvodňovacích zařízení pomocí vpustí do kanalizačních přípojek. Maximální vzdálenost vpustí by neměla přesáhnout 60 m a odvodňovaná plocha 400 m². Vzdálenost závisí na podélném sklonu komunikace, návrhovém přítoku srážkových vod a hltnosti vpustí. Pro účely revize a vstupu do stoky se navrhují šachty, které musejí být na začátku stoky a na každém místě, kde dochází k výškovému nebo směrovému lomu vedení stoky, změně materiálu nebo dimenze stoky, spojení 2 a více stok. Vzájemná vzdálenost šachet by neměla u neprůchozích stok překročit 50 m a šachty by měly být umístěny v jízdni pruhu tak, aby nedocházelo k pojíždění poklopů vozidly. Minimální průměr potrubí z kameniny, plastů a sklolaminátu je DN 250, pro ostatní materiály DN 300. Pro povodí do 200 ha nebo doby dotoku 15 minut je možné pro určení návrhového dešťového průtoku využít jednoduché racionální metody

(součtová, podle Bartoška, podle Másla) s návrhovým patnáctiminutovým deštěm s periodicitou dle druhu lokality. Pro návrhový průtok se stanoví dimenze potrubí na základě jeho kapacity. Dále se posuzuje, zda stoka vyhovuje z hlediska zanášení a maximálních přípustných transportních rychlostí. Hydraulické výpočty jsou podrobněji uvedeny v kapitole 1.3.2.8 [13] [15].

1.3 Modrozelená infrastruktura

Pojem modrozelená infrastruktura (MZI) v právních předpisech ČR není stanoven, a proto není dána ani přesná definice. Obecně zelená infrastruktura zastupuje prvky sídelní zeleně a modrá infrastruktura představuje prvky šetrného hospodaření s dešťovou vodou, přičemž spolu obě skupiny úzce souvisí a vzájemně se doplňují. Jejím hlavním cílem je v urbanizovaných územích napodobit přirozený koloběh vody a tím zmírňovat dopady změny klimatu a urbanizace. Jednotlivá opatření MZI jsou uvedena v kapitolách 1.3.2.4 – 1.3.2.7 a je možné je kombinovat řazením za sebe.

Jednou z priorit *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích* (podrobněji v kapitole 1.3.1.2) je ukotvit termín MZI v právních předpisech a definuje MZI jako: „...prvky a systémy sídelní zeleně a vodní prvky, přírodní či uměle vytvořené, které slouží zároveň jako opatření hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích, tj. podporují výpar, retenci a vsak srážkové vody na různých prostorových úrovních (od lokálních po regionální); vzhledem ke své multifunkčnosti má MZI velký jak environmentální, tak společensko-ekonomický přínos“ [10].

1.3.1 Změna klimatu

Změna klimatu je odchylka od průměrného stavu klimatického systému v čase a prostoru, způsobená přírodními a antropogenními vlivy. Jedná se o globální záležitost a lze ji nejlépe sledovat na vývoji dlouhodobě měřených teplot a srážek. Globálně došlo mezi lety 1880—2012 k růstu průměrné teploty o 0,85 °C a lze očekávat, že do konce 21. století vzroste dle odhadů různých modelů o 0,3—4,8 °C. V Evropě byl nárůst průměrné teploty ještě výraznější, kdy se během 20. století zvýšila o 1,2 °C (za posledních 30 let o 0,45 °C) a do roku 2100 se očekává růst o 1—5,5 °C. V rámci ČR průměrná teplota během let

1861—2010 vzrostla o 1,3 °C a podle modelů vytvořených pro území ČR do roku 2050 stoupne o dalších 1,2—1,4 °C. U srážek není dlouhodobý trend poklesu nebo nárůstu srážek, ale dochází k meziroční proměnlivosti srážkových úhrnů, což je pravděpodobně důsledek změny klimatu. Předpovědi modelů z hlediska vývoje srážek nejsou příliš průkazné, ale často se objevují úvahy o častějším výskytu suchých období střídaných přívalovými srážkami v letních měsících a na srážky bohatších zimních období.

Míru podílu antropogenního vlivu a přírodního vlivu na změnu klimatu nelze v současné době určit. Přesto je nutné minimalizovat negativní vliv lidské činnosti [37] [38] [39].

1.3.1.1 Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR

Je potřeba se změně klimatu přizpůsobit a zmírnit její dopady, proto byla schválena Evropskou Komisí v roce 2013 *Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu*, jejímž cílem je mimo jiné i příprava adaptačních strategií v členských státech EU. Na základě adaptační strategie EU byl v ČR v roce 2015 schválen vládou dokument: *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*, který definuje adaptační strategii pro oblasti: lesní hospodářství, zemědělství, vodní režim v krajině a vodní hospodářství, urbanizovaná krajina, biodiverzita a ekosystémové služby, zdraví a hygiena, cestovní ruch, doprava, průmysl a energetika [38] [40].

Jednotlivé oblasti spolu úzce souvisí, obecně z hlediska MZI dokument doporučuje v urbanizovaných územích nenapojovat a redukovat napojení srážkových vod na odvodňovací systémy, podpořit finančně a legislativně decentralizovaný způsob HDV: vsakování, využití retenčních objektů (průlehy, zasakovací rýhy, vegetační zasakovací pásy, poldry, retenční nádrže) a aplikování objektů sloužících pro zachycení a opětovné využití srážkové vody. Dále doporučuje v urbanizovaných oblastech: „...zavádět systémy přírodě blízkého odvodnění i na dopravních plochách, a to pomocí zatravněných pásů, propustných povrchů, systémů povrchového odvádění srážkových vod do retenčních a vsakovacích objektů, a podporovat zřizování vsakovacích technologií

na dešťové kanalizaci.“, vytvářet systémy sídelní zeleně nejlépe využívající srážkové vody bez nutnosti závlahy, využít vegetační střechy a fasády, realizovat infiltrační systémy v rámci ploch městské zeleně [38].

Implementačním dokumentem adaptační strategie ČR, který byl schválen vládou v roce 2017, je *Národní akční plán na změnu klimatu*. Jedním z jeho cílů bylo i zpracování koncepce hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území (kapitola 1.3.1.2) [39].

1.3.1.2 Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích

Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích stanovuje 6 strategických cílů, které mají umožnit zlepšení vodního režimu v urbanizovaných územích:

- dosažení přirozené vodní bilance,
- ochrana urbanizovaného území před zaplavením v důsledku přívalových srážek,
- ochrana povrchových a podzemních vod,
- snížení spotřeby pitné vody užíváním srážkové vody,
- zlepšení mikroklimatu ve městech,
- podpora využití vody pro zajištění estetických, rekreačních a dalších služeb v urbanizovaných územích.

Prostředkem pro dosažení cílů jsou jednotlivé prvky MZI a technických opatření (Tab. 8), které studie hodnotí i z hlediska vypořádání se se suchem, běžnými srážkami, silnými dešti a extrémními dešti. Dále popisuje současný stav HDV v urbanizovaných územích, upozorňuje na nedostatky, které neumožňují či nepodporují naplňování strategických cílů (legislativa, technické předpisy apod.) a navrhuje jejich změny [10].

Tab. 8: Typy opatření hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaném území [10]

TYP OPATŘENÍ HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU (zeleně – opatření MZI; šedě – technická opatření)	
Vegetační střechy	
Štěrkové střechy	
Vertikální zeleň (zelené fasády)	
Plošné vegetační prvky	
Stromy / stromořadí	
Umělé mokřady	
Vodní plochy	
Propustné a polopropustné povrchy	zatravněné
	nezatravněné
Vsakovací zařízení	povrchová
	podzemní
Zařízení pro předčištění	zatravněná humusová vrstva
	ostatní
Přirozený/revitalizovaný vodní tok	
Retenční objekty s regulovaným odtokem	povrchové
	podzemní
Retenční prostory na stokové síti a zlepšení jejich využití pomocí řízení odtoku v reálném čase	
Dodatečné retenční prostory ve veřejném prostranství	park, zelené plochy
	parkoviště, hřiště, ..
Nouzové povrchové cesty pro bezpečné odvedení odtoku	nezastavěné koridory
	ulice
Akumulační nádrže a distribuce vody pro její využití	
Estetické a rekreační prvky	spjaté s vodou a zelení
	spjaté pouze s vodou

1.3.2 Hospodaření se srážkovými vodami

1.3.2.1 Vývoj hospodaření se srážkovými vodami

V minulém století byl uznáván konvenční způsob odvodnění, tzn. že veškerá voda včetně dešťové vody v urbanizovaném území se musela co nejrychleji odvést mimo město. Zpočátku byla srážková voda odváděna společně se splaškovou vodou jednotnou kanalizací. Tento způsob ale vede k přetěžování čistíren odpadních vod a znečištění vodních toků přepadem z odlehčovacích komor. Později byla voda odváděna vlastním potrubím oddílnou kanalizací, která eliminuje negativa jednotné kanalizace, ale stejně jako u jednotné kanalizace u tohoto typu odvodnění dochází k problémům s náhlým zvýšením průtoků na vodních tocích, nedostatečnému doplnění podzemních vod, zahlcení stokového systému a vytékání vody z uličních vpustí a revizních šachet při

intenzivnějších deštích (vznik lokálních povodní), nedostatečnému zásobení městské zeleně vodou. V současné době většina měst využívá jednotné systémy, u kterých se budují před zaústěním do vodního toku retenční nádrže, které eliminují znečišťování a zvyšování průtoků na vodních tocích. Nevýhodou jsou ale vysoké pořizovací a provozní náklady, nedostatek pozemků pro realizaci a s růstem měst zvyšující se nároky na kapacitu [6] [41].

„Tím, že systém konvenčního způsobu odvodnění nezohledňuje problematiku srážkových vod v širších souvislostech, nelze ho, měřeno současnými potřebami, vnímat jinak než jako řešení zastaralé a neperspektivní“ [41]. Řešením je využití decentrálního hospodaření se srážkovými vodami, které napodobuje přirozený koloběh vody a řeší odtok v místě vzniku, nejlépe v podobě MZI [10] [41].

1.3.2.2 Legislativní podklady

Stávající zákony týkající se HDV a jejich vyhlášky mají řadu nedostatků. Jedná se především o nekoncepční a nesystémové zavádění pravidel odvodnění urbanizovaných území, což vede k nejednoznačným výkladům na úrovni státní správy. Důsledkem toho je povolování staveb s nesprávně vyřešeným odvodněním a nízká vymahatelnost těchto předpisů [41] [42].

Zákon č. 254/2001 Sb. (vodní zákon) uvádí v § 5 odst. 3, že je stavebník v případě provádění nebo změny stavby nebo změny jejího užívání povinen: *„...zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážková voda“) akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.“ [14]*

Zavádění HDV u některých změn staveb a změn užívání staveb je příliš přísné a je na posouzení jednotlivých stavebních úřadů, což vede k nejednotnosti v rámci ČR [41].

Vyhláška č. 501/2006 Sb. O obecných požadavcích na využívání území v § 20 odst. 5 zpřesňuje priority HDV v případě nevyužití srážkové vody pro potřeby stavby nebo pozemku následovně:

„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.“ [43]

Přičemž je vsakování dešťových vod podle § 21 odst. 3 splněno u samostatně stojícího domu a stavby pro rekreaci, pokud je minimálně 40 % plochy pozemku schopno vsakovat vodu, u řadového rodinného domu či bytového domu minimálně 30 % [43].

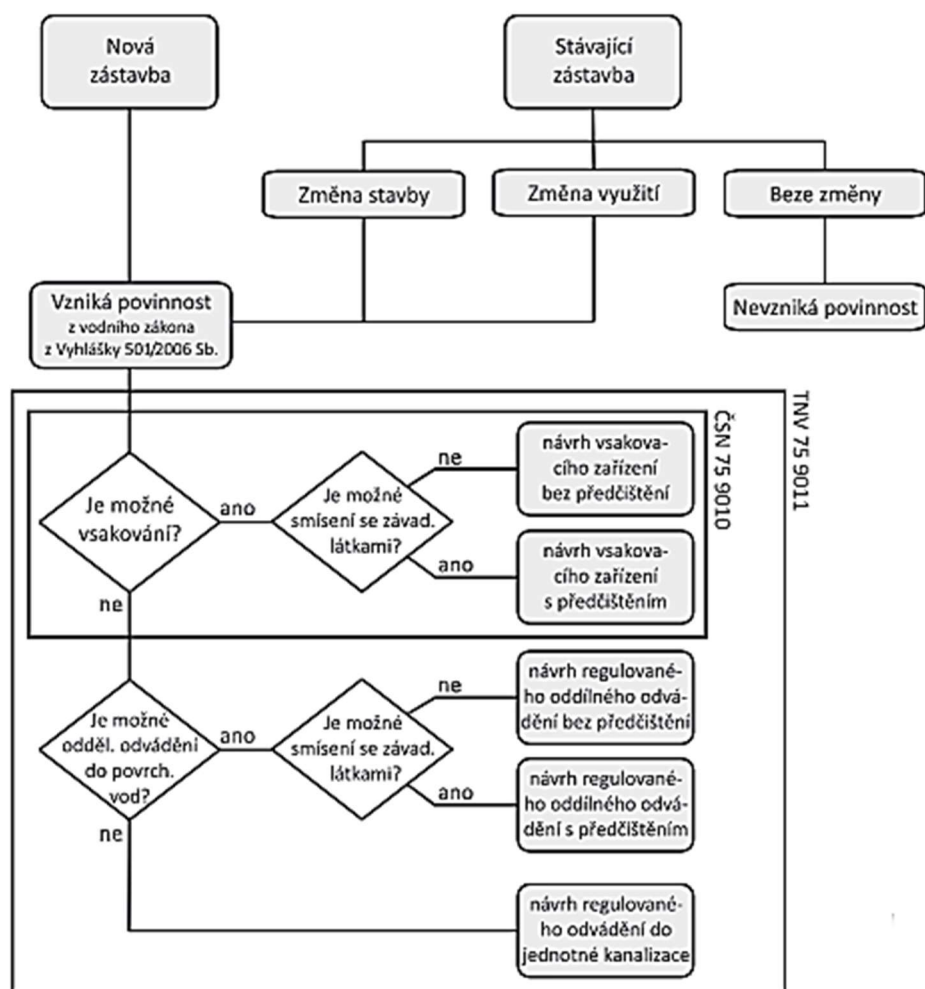
V současnosti je často opomíjené, že objekty HDV mají být řešeny na úrovni jednotlivých stavebních pozemků, jejichž majitelé nesou odpovědnost za kvalitu a množství vody, které z pozemku odtéká. Dalším častým pochybením je nedostatečné posouzení možnosti vsakování, které by mělo být na základě podrobného hydrogeologického průzkumu, a ne na základě dat archivních sond v Geofondu [41].

Vyhláška č. 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby stanovuje v § 6 odst. 4 připojení staveb na sítě technického vybavení:

„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.“ [44]

Na základě této vyhlášky není povoleno vytvářet bezodtoková území, tzn. musí být vyřešeno i napojení bezpečnostních přelivů objektů HDV do povrchových toků nebo uličních stok [41].



Obr. 6: Přehled českého právního rámce v oblasti HDV a působnost technických norem [41]

Souhrnně z uvedených legislativních dokumentů vyplývá, že se při nakládání se srážkovými vodami postupuje podle priorit, které jsou posuzovány z hlediska přípustnosti a proveditelnosti, postup je zobrazen na Obr. 6. Nejprve se posuzuje možnost vsakování, pokud nevyhoví, posuzuje se možnost regulovaného odvádění do povrchových vod přímo pomocí svodnic nebo

nepřímo pomocí dešťové kanalizace, pokud ani tento způsob není možný, přistupuje se k regulovanému odvádění pomocí jednotné kanalizace [41].

1.3.2.3 Normové podklady

K naplnění legislativních požadavků v oblasti HDV slouží normy:

- **ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod** se týká pouze vsakování srážkových vod. Norma stanovuje podmínky pro vsakování včetně způsobu provádění geologického průzkumu a dále uvádí jednotlivé objekty vsakovacích zařízení s postupem jejich návrhu, výstavby a následného provozu [8].
- **TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami** se zabývá HDV v urbanizovaném území v celém rozsahu, poskytuje návod pro výběr správného technického řešení odvodnění i v souvislosti s typem znečištění. Dále norma stanovuje návrh jednotlivých objektů, poskytuje informace k jejich provozu a popisuje možné snížení či prevenci odtoku u zdroje [12].

1.3.2.4 Snížení a prevence srážkového odtoku u zdroje

Je vhodné primárně využít prostředky pro minimalizování a zpomalení srážkového odtoku přímo u zdroje, ještě před zaústěním do decentrálních odvodňovacích zařízení. Proto by se měly při návrhu odvodnění v maximální možné míře zachovávat propustné nezpevněné povrchy a minimalizovat zpevněné nepropustné povrchy. Mimo propustných povrchů jsou dalšími možnými opatřeními vegetační střechy. [41] [45].

Polopropustné a propustné zpevněné povrchy

Polopropustné a propustné povrchy je možné využít na nízko frekventovaných místních komunikacích, vjezdech, chodnicích či na parkovištích. Tyto plochy slouží zejména pro snížení odtoku a nesmí na ně být přiváděna voda z jiných ploch [45].

Mezi polopropustné zpevněné povrchy patří dlažby s pískovými nebo zatravněnými spárami, zatravněvací betonové tvárnice, propustný asfalt či

zatravněné šterkové cesty. Hlavní nevýhodou těchto povrchů je, že postupem času dochází ke snížení jejich infiltračních schopností zaplněním porů prachovými částicemi (s tím souvisí zvýšení součinitele odtoku). U dlažeb se zatravněnými spárami a u zatravněvacích tvárnic navíc často dochází k úhynu vegetace vlivem velké nasákavosti betonových dlaždic a vysušování půdy zahřátými betonovými dlaždicemi při vyšších teplotách [45] [46].

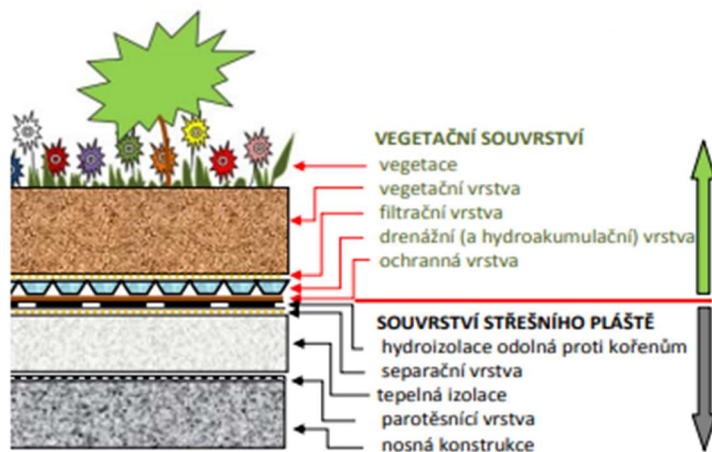
Mezi propustné zpevněné povrchy patří plastové roštové systémy (Obr. 7), které konstrukcí a vzájemným spojováním mají dostatečnou únosnost i při nižší mocnosti podkladních vrstev než u běžných komunikací. Mělké hutnění a složení podkladních vrstev umožňují prokořenění vegetace do nižších vrstev, zajišťují předčištění a infiltraci srážkových vod. Rošty mohou být vyplněny dlažbou, nebo travním porostem [45] [47].



Obr. 7: Kombinace plastových roštů vyplněných dlažbou a vegetací na parkovacích plochách [47]

Vegetační střechy a fasády

Konstrukce vegetačních střech je popsána na Obr. 8. Mezi hlavní přínosy vegetačních střech patří zadržetí a zpomalení srážkového odtoku s předčištěním, zlepšení mikroklimatu podporou výparu, podpora biodiverzity a estetická funkce. Na druhou stranu je ale nutné počítat s větším návrhovým zatížením konstrukce střechy a dostatečně silnou hydroizolační vrstvou. Norma *TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami* uvádí jako limitující maximální sklon střechy 1:3 (18,4°), ale dnes se navrhují vegetační střechy i se 45° sklonem při vhodném zajištění proti sesuvu. S rostoucím sklonem ale klesá účinnost retence a zpomalení odtoku [12] [48].



Obr. 8: Schéma konstrukčních vrstev vegetační střechy [48]

Vegetační fasády mají zejména pozitivní vliv na mikroklima a zlepšení pobytové funkce. Prvním typem jsou pnoucí dřeviny, které jsou vysazeny v rostlém terénu a nepotřebují dodatečnou závlahu. Druhým typem jsou vertikální zahrady, které jsou vysazeny přímo na fasádě pomocí různých technických řešení, a proto potřebují dodatečnou závlahu [49].

1.3.2.5 Akumulace a využití srážkových vod

Výhodou akumulace a využití srážkových vod je snížení objemu povrchového odtoku, úspora pitné vody a v případě kombinace s retenčním objemem regulované vypouštění přívalových srážek. Akumulovaná voda se v ulicích dá využít na zálivku zeleně, čištění a kropení komunikací. V budovách se dá využít i na splachování WC a praní. Vzhledem k možnému znečištění a následnému využití je nejvhodnější akumulovat srážkovou vodu ze střeš, která je svedena do akumulační nádrže s předčištěním (míra předčištění závisí na následném využití). Nezbytnou součástí nádrže je bezpečnostní přeliv, který chrání nádrž před přeplněním při vydatnějších srážkách. Kvalitu akumulované vody negativně ovlivňuje vysoká teplota a sluneční záření, proto se nádrže umísťují pod zem, odkud je voda pro další využití čerpána [41] [50].

1.3.2.6 Vsakování srážkových vod

Proveditelnost a přípustnost

Pro ověření možnosti vsakování srážkových vod je nejprve nutný geologický průzkum, který může vyhotovit pouze osoba disponující příslušným oprávněním k této činnosti. Výsledek geologického průzkumu by měl popisovat:

- vsakovací schopnost podloží,
- úroveň hladiny podzemní vody a směr jejího proudění,
- mocnost nenasycené vrstvy,
- sklon terénu,
- ochranná pásma vod,
- ekologickou zátěž půdy,
- stávající a plánované využití území,

přičemž jeho podrobnost závisí na stupni projektové dokumentace. Vsakovací schopnost podloží je určena na základě vsakovací zkoušky a definuje ji koeficient vsaku k_v [m/s]. Koeficient vsaku vyjadřuje rychlost infiltrace vody do nenasyceného horninového prostředí za atmosférického tlaku při hydraulickém sklonu $i = 1$. Při hodnotě $k_v < 10^{-6}$ m/s je zpravidla vsakování problematické a je ho nutné kombinovat s regulovaným odtokem. V případě $k_v < 10^{-8}$ m/s nelze podloží využít pro vsak. Koeficient vsaku není možné nahradit hydraulickou vodivostí k [m/s], která vyjadřuje schopnost nasyceného prostředí vést vodu [8] [45] [51].

Hloubka maximální hladiny podzemní vody by neměla být výš než 1 m pod základovou spárou vsakovacího objektu, pokud geologický průzkum nestanoví jinou hloubku. Obecně může být vsakování problematické při mělké hladině podzemní vody méně než 2 m pod terénem, v případě ochranných pásem vodních zdrojů 1. a 2. stupně nebo při sklonu terénu větším než 5 % [8] [12] [52].

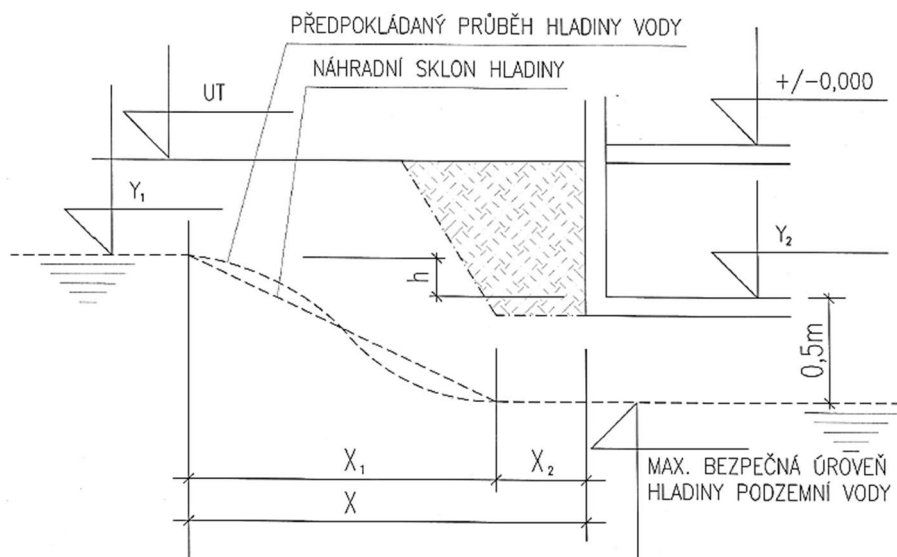
Vlivem provozu vsakovacích zařízení nesmí dojít k poškození okolních staveb (budovy, komunikace apod.). Při návrhu se musí posoudit nebezpečí vyplavení podzemních objektů vzlakem, ohrožení vsakovanou vodou

podzemních prostor budov a studen využívaných pro pitnou vodu. Bezpečný odstup X [m] vsakovacího zařízení od podzemního podlaží budovy, které se nachází pod maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení (Obr. 9) se stanoví z rovnic:

$$X = X_1 + X_2 \quad (\text{Rovnice 2})$$

$$X_1 = \frac{h+0,5}{15 \cdot k_v^{0,25}} + 2 \quad (\text{Rovnice 3})$$

- kde: k_v koeficient vsaku [m/s],
 h vzdálenost [m] mezi maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení (Y_1) a úrovní podzemního podlaží (Y_2),
 X_2 rozšíření dna výkopu [m] (pokud není známé, dosazují se 2 m).



Obr. 9: Příklad stanovení odstupové vzdálenosti vsakovacího zařízení budovy [8]

Prostorové možnosti určují volbu typu vsakování a závisí na nich hydraulické zatížení, které vyjadřuje poměr odvodňované redukované plochy a vsakovací plochy vsakovacího zařízení (A_{red}/A_{vsak}), viz kapitola 1.3.2.8 [12].

Při překročení návrhové kapacity je přebytečná srážková voda odváděna pomocí bezpečnostního přelivu, který je nezbytnou součástí každého vsakovacího objektu. Musí být vyřešeno další nakládání s touto vodou, u kterého se postupuje opět podle legislativních priorit [8] [12].

Přípustnost se týká znečištění srážkových vod a jejich předčištění, kterým se podrobněji věnuje kapitola 1.1.2. S rostoucím hydraulickým zatížením klesá čistící účinek vsakovacího objektu [12].

Povrchové vsakování

Mezi objekty využívající povrchové vsakování patří:

- **Objekt plošného vsakování**

Objekt plošného vsakování je tvořen zatravněnou humusovou vrstvou zpravidla větších plošných rozměrů, aby došlo k dostatečnému vsaku, protože má pouze velmi malý nebo nemá žádný retenční objem. Z toho důvodu by měl být přítok přiváděn k ploše objektu rovnoměrně a sklon zasakovací plochy by měl být menší než 1:20. Hydraulické zatížení (A_{red}/A_{vsak}) by nemělo být větší než 5 [8] [12].

- **Vsakovací průleh**

V případě omezených prostorových možností se místo plošného vsakování navrhuje vsakovací průleh, který umožňuje krátkodobou retenci v mělké prohlubni se zatravněnou humusovou vrstvou. Aby nedocházelo k úhynu vegetace a snížení schopnosti vsaku, neměla by doba retence přesáhnout 24 hodin. Doporučuje se proto navrhovat průlehy s nejvyšší možnou hladinou vody 0,3 m ode dna a dostatečnou hydraulickou vodivostí podloží $k > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s. Přívod vody by měl být po celé délce průlehu, ideálně přes zatravněný pruh z důvodu předčištění a omezení eroze průlehu. v případě liniového odvodnění komunikací je vhodné rozdělit průleh zemními hrázkami. Doporučený poměr mezi redukovanou odvodněnou plochou a vsakovací plochou je: $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$ [12] [45].

- **Vsakovací průleh-rýha**

Vsakovací průleh-rýha se navrhuje v místech s nízkou schopností podloží vsakovat ($K < 5 \cdot 10^{-6}$ m/s). Rýha vyplněná štěrkem nebo prefabrikovanými bloky odvádí vodu do propustnějších vrstev podloží a zvyšuje retenční objem. Druhou částí je průleh se zatravněnou humusovou vrstvou, která zakrývá rýhu

a zajišťuje i předčištění, při návrhu platí stejné zásady jako u samostatného průlehu včetně doporučeného hydraulického zatížení [12] [15].

- **Vsakovací nádrž**

Vsakovací nádrž je objekt se zatravněnou humusovou vrstvou, který má významnou retenční funkci na malé vsakovací ploše v poměru s odvodňovanou plochou (hydraulické zatížení je větší než 15), proto by měla být navrhována s vyšším součinitelem bezpečnosti vsaku. Je do ní často svedeno odvodnění více povrchů a objektů. Maximální hladina nadržení by měla být v rozmezí 0,3 – 2 m a doporučená hydraulická vodivost je alespoň $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, aby nedocházelo k dlouhodobému zatopení a snížení vsakovací schopnosti nádrže [12] [41].

Podzemní vsakování

Typy zařízení pro podzemní vsakování jsou:

- **Vsakovací rýha**

Vsakovací rýha je podzemní objekt vyplněný štěrkem, který slouží k retenci a odvádění vody do propustnějších vrstev podloží. Srážková voda je přiváděna povrchově (nejlépe přes travní pás) nebo podpovrchovým přívodem, kde je nutné navrhnout předčištění pro zachycení hrubých a jemných nerozpuštěných látek [12] [15].

- **Podzemní prostory vyplněné štěrkem nebo bloky**

Podzemní prostory vyplněné štěrkem nebo bloky jsou z technického hlediska stejné jako vsakovací rýhy. Ale na rozdíl od liniového odvodnění u vsakovacích rýh se používají jako plošné objekty v místech, kde není dostatek prostoru pro vsakování [41].

- **Vsakovací šachta**

Účelem vsakovací šachty je bodové vsakování. Vzhledem k možnosti negativního ovlivnění podzemních vod se navrhuje pouze pro odvodnění vymezených typů ploch a na základě doporučení geologického průzkumu. Srážková voda se přivádí po předčištění na dno šachty svislým potrubím, kde vsakuje přes vrstvu štěrkopísku do podložní vrstvy [8] [12].

Vsakování s regulovaným odtokem

V případě malé hydraulické vodivosti $k < 5 \cdot 10^{-6}$ m/s půdního a horninového prostředí, kdy není možné dodržet maximální dobu prázdnění retenčního prostoru, se navrhují vsakovací zařízení s regulovaným odtokem do povrchových vod nebo případně do jednotné kanalizace. Jednotlivé typy jsou:

- **vsakovací rýha s regulovaným odtokem**, kde je regulátor odtoku osazen na drenážním potrubí odvodňujícím rýhu,
- **vsakovací nádrž s regulovaným odtokem**, u které je zpravidla regulátor odtoku a bezpečnostní přeliv ve sdruženém objektu,
- **vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem**, kde je regulace odtoku řešena obdobně jako u vsakovací rýhy s regulovaným odtokem a bezpečnostní přelivy jsou řešeny samostatně pro části průlehu a rýhy.

Regulační zařízení slouží pro omezení průtoku odváděné vody na přípustný specifický odtok 3 l/(s.ha), zároveň by měl být z provozních důvodů odtok větší než 0,5 l/s z jednoho zařízení. Regulační zařízení se konstrukčně dělí na 2 základní typy:

- **regulační clony** založené na principu výtoku otvorem, jehož průměr se stanovuje pro průtok při maximální hladině,
- **regulační vírové ventily** fungující na principu vírového efektu vody, tzn. že voda při nátoku do ventilu vytváří vír a tím snižuje průtok, který zůstává téměř konstantní i při kolísající hladině [12] [53].

1.3.2.7 Retence srážkových vod

Retenční objekty se využívají v místech, kde není možné vsakování a slouží pro zpoždění odtoku po srážkové události s cílem snížit kulminační průtok v recipientu. Je možné do nich zaústit bezpečnostní přelivy jiných objektů HDV v rámci řetězení opatření. Stejně jako u vsakování s regulovaným odtokem je jejich nezbytnou součástí bezpečností přeliv a regulační zařízení se zpětnou armaturou v případě ohrožení zpětným vzduťím vody. [12]

Jednotlivé typy retenčních objektů jsou:

- **Suché retenční dešťové nádrže (poldry)**

Suché retenční dešťové nádrže se navrhují bez stálé hladiny nadržení s vegetačním krytem a mají tvar průlehu. Pro ochranu retenčního prostoru před znečištěním se doporučuje navrhnout u vtoku samostatnou část nádrže pro zachycení sedimentů a nerozpuštěných látek [12].

- **Podzemní retenční dešťové nádrže**

Podzemní retenční dešťové nádrže se využívají v místech, kde není dostatek prostoru pro povrchové retenční objekty. Konstrukčně jsou tvořeny potrubím velkého průměru nebo vodotěsnou jámkou [12].

- **Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem a umělé mokřady**

Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem regulují odtok od úrovně bezpečnostního přelivu až k hladině stálého nadržení, která by měla být v úrovni minimálně 1 m ode dna. Stálé nadržení má estetickou funkci a zlepšuje mikroklima v obcích. Ze stejných důvodů jako u poldrů se doporučuje zřídit samostatnou usazovací část nádrže. Umělé mokřady navíc čistí vodu pomocí vodních rostlin, proto jsou vhodné i pro srážkový odtok znečištěný živinami [12] [41].

1.3.2.8 Dimenzování vsakovacích, retenčních objektů a odvodňovacích zařízení

Pro dimenzování **vsakovacích a retenčních objektů** se může využít jednoduchá racionální metoda v případě, že:

- vsakovací zařízení s retenčním objemem nebo retenční objekty nejsou řazeny sériově,
- odvodňovaná plocha je menší než 3 ha v případě zaústění do jednotlivého vsakovacího objektu,
- plocha povodí je menší než 200 ha a doba dotoku v povodí a stokové síti je menší než 15 minut u samostatných retenčních objektů.

V případě, že není splněna některá z těchto podmínek je nutné objekty navrhovat na základě dlouhodobé simulace srážkoodtokových procesů [8] [12].

Jednoduchá racionální metoda je založena na bilanci mezi přítokem a odtokem v rámci navrhovaného objektu. Pro jednotlivá zařízení je blíže specifikuje Tab. 10. Nejprve je nutné stanovit periodicitu přetížení retenčního objemu: pro vsakovací zařízení podle Tab. 9 a pro retenční objekty s regulovaným odtokem zpravidla s periodicitou 0,2 rok⁻¹. Pro stanovenou periodicitu se výpočet provádí pro všechny srážkové úhrny s dobou trvání 5 minut až 72 hodin, které jsou uvedené v příloze a normy ČSN 75 9010 vsakovací zařízení srážkových vod, a výsledná návrhová hodnota je největší vypočtená [12].

Tab. 9: Návrhová periodičita srážek pro dimenzování vsakovacích zařízení [8]

Riziko při přeplnění vsakovacího zařízení	Návrhová periodičita srážek p (rok ⁻¹)
<p>Při přetečení vsakovacího zařízení je možný odtok srážkové vody ze vsakovacího zařízení po povrchu terénu nebo přepadovým potrubím mimo budovy nebo podzemní dopravní zařízení.</p> <p>Při zpětném vzduť v dešťové kanalizaci, která je zaústěna do vsakovacího zařízení, je možný odtok srážkové vody z dešťové kanalizace po povrchu terénu mimo budovy nebo podzemní dopravní zařízení.</p> <p>Prostory odvodněné do dešťové kanalizace nacházející se pod hladinou zpětného vzduť jsou proti vniknutí vzduť vody z dešťové kanalizace chráněny technickým opatřením podle ČSN EN 12056-4 a ČSN 75 6760.</p>	0,2
<p>Pokud není splněna některá z podmínek uvedených v předcházejícím řádku této tabulky, např. u vsakovacích zařízení, která slouží pouze pro odvodnění podzemních dopravních zařízení a/nebo vstupů do budov nacházejících se pod úrovní okolního terénu, a odvodňované prostory pod úrovní terénu nemohou být před vodou přetékající ze vsakovacího zařízení chráněny.</p>	0,1
<p>V případech, kdy je zpracován generel odvodnění nebo generel kanalizace zájmového území a obsahuje návrhovou periodicitu srážek.</p>	Hodnota podle generelu
<p>V souladu s hydraulickou spolehlivostí vybudované protipovodňové ochrany.</p>	Individuálně stanovená hodnota
<p>POZNÁMKA Zpětné vzduť v dešťové kanalizaci zaústěné do vsakovacího zařízení vznikne při naplnění vsakovacího zařízení na větší objem, než je vypočtený retenční objem. Hladinou zpětného vzduť je úroveň terénu v místě, kde může srážková voda ze vsakovacího zařízení a/nebo připojené dešťové kanalizace přetékat (úroveň poklopu s otvory, mříže na šachtě apod.).</p>	

Tab. 10: Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů [12]

č.	Typ objektu	Přítok ¹⁾		Odtok ³⁾				
		Objem přivedené srážkové vody ²⁾	=	Vsakování	+	Retenční objem	+	Regulovaný odtok
1	Plošné vsakování bez retence	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3\,600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	0	+	0
2	Povrchová vsakovací zařízení s retencí	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3\,600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	$V^{4)}$	+	0
3	Povrchová vsakovací zařízení s retencí a odtokem	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3\,600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	$V^{4)}$	+	$3\,600 \cdot Q_o \cdot t$
4	Podzemní vsakovací zařízení s retencí	$i \cdot A_{red} \cdot t / 1000$	=	$3\,600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	$V^{4,5)}$	+	0
5	Podzemní vsakovací zařízení s retencí a odtokem	$i \cdot A_{red} \cdot t / 1000$	=	$3\,600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	$V^{4,5)}$	+	$3\,600 \cdot Q_o \cdot t$
6	Retenční objekty	$i \cdot (A_{red} + A_{ret}) \cdot t / 1000$	=	0 ⁶⁾	+	$V^{4)}$	+	$3\,600 \cdot Q_o \cdot t$

i	Intenzita srážky, v mm/h
t	Doba trvání srážky, v h
A_{red}	Průmět redukované odvodňované plochy povodí, v m ²
A_{vsak}	Vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m ² ; pokud se jedná o vsakovací objekt se sklonitými svahy, lze hodnotu A_{vsak} uvažovat jako střední hodnotu zatopené plochy objektu
A_{ret}	Plocha nadzemního retenčního objektu, v m ² ; pokud se jedná o retenční objekt se sklonitými svahy, lze hodnotu A_{ret} uvažovat jako střední zatopenou plochu objektu. V případě podzemního retenčního objektu se plocha neuvažuje.
Q_{vsak}	Vsakovaný odtok podle ČSN 75 9010, v m ³ /s
Q_o	Regulovaný odtok z retenčního prostoru do povrchových vod nebo do jednotné kanalizace, v m ³ /s. Platí $Q_o \leq Q_c$, kde Q_c je přípustný odtok podle 5.2, popřípadě podle 5.3
V	Retenční objem $V = A_{vsak} \cdot H$ resp. $V = A_{ret} \cdot H$, v m ³ , kde H je střední hloubka vody v m

- 1) Pokud se mezi odvodňovanou plochou a objektem HDV nachází další decentrální objekt s retenčním objemem, je nutné jeho objem odečíst na levé straně bilanční rovnice od objemu srážkové vody.
- 2) Výpočet objemu povrchového odtoku podle ČSN EN 752. Alternativně lze objem povrchového odtoku vypočítat podle ČSN 75 9010 na základě celkového úhrnu srážky s periodicitou p a dobou trvání t .
- 3) V hydrologické bilanci pro návrh vsakovacích a retenčních objektů a zařízení se neuvažuje evapotranspirace. Evapotranspiraci je nutno zohlednit při dlouhodobé hydrologické bilanci (např. roční).
- 4) Pro povodí, kde hraje roli doba dotoku t_d do retenčního zařízení, je vhodné ji při výpočtu retenčního objemu zohlednit (ČSN 75 6261).
- 5) Retenční objem podzemních vsakovacích zařízení vyplněných šterkem nebo prefabrikovanými bloky je dán objemem porů nebo retenčního prostoru v blocích (viz ČSN 75 9010).
- 6) V hydrologické bilanci pro návrh retenčních objektů, které nejsou navrženy jako kombinované objekty se vsakovacím zařízením, se nezohledňuje případný průsak vody nádrží do horninového prostředí.

Na základě součinitele odtoku (Tab. 1) se určí redukovaná plocha A_{red} [m²] odvodňovaného povodí:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i \quad (\text{Rovnice 4})$$

kde: A_i půdorysný průmět odvodňované plochy určitého druhu [m²],
 ψ_i součinitel odtoku pro odvodňovanou plochu určitého druhu,
 n počet odvodňovaných ploch určitého druhu [8].

Vsakovací plocha zařízení A_{vsak} [m²] se v případě podzemního objektu určí jako plocha dna a v případě kombinovaných zařízení se stanoví individuálně [54].

Vsakovaný odtok Q_{vsak} [m³/s] se vypočítá podle rovnice:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (\text{Rovnice 5})$$

kde: f součinitel bezpečnosti vsaku (doporučeno $f \geq 2$),
 k_v koeficient vsaku [m/s] stanovený geologickým průzkumem,
 h_z výška propustných stěn [m] [8].

Zpravidla přítok srážkových vod do vsakovacího zařízení převyšuje vsakovaný odtok, proto se navrhuje retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} [m³]:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60, \quad (\text{Rovnice 6})$$

kde: h_d návrhový úhrn srážek s periodicitou dle Tab. 9 [mm],
 A_{vz} plocha hladiny v případě povrchových objektů [m²],
 t_c doba trvání srážky [min] [8].

Na závěr je nutné posoudit dobu prázdnění zařízení, která se určí podle typu objektu poměrem vypočteného objemu zařízení se vsakovaným nebo regulovaným odtokem (případně jejich kombinací). Doba prázdnění u objektů s regulovaným odtokem by neměla přesáhnout 24 h, u vsakovacích zařízení 72 h [8] [12].

Pro dimenzování **odvodňovacích zařízení** se vypočítá povrchový odtok pro každý výpočtový úsek pomocí racionální metody podle rovnice:

$$Q_{dim} = A_{red} \cdot i, \quad (\text{Rovnice 7})$$

kde: A_{red} redukovaná plocha výpočtového úseku [ha]
 i intenzita směrodatného deště uvažované periodicity [l/(s.ha)]
 Q_{dim} odtok dešťových vod [l/s].

Výpočet kapacitního průtoku podle Chézyho rovnice:

$$Q_{kap} = S \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot I}, \quad (\text{Rovnice 8})$$

Kapacitní rychlost po úpravě *Rovnice 8*:

$$v_{kap} = C \cdot \sqrt{R \cdot I}. \quad (\text{Rovnice 9})$$

$$R = \frac{S}{O}, \quad (\text{Rovnice 10})$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}, \quad (\text{Rovnice 11})$$

kde: S průtočná plocha [m²]
 C rychlostní součinitel [m^{1/2}/s]
 R hydraulický poloměr [m]
 I sklon čáry energie [m/m]
 O omočený obvod [m]
 n součinitel drsnosti.

Posouzení na minimální transportní rychlosti se provede pomocí výše uvedených rovnic pro iteračně stanovenou hloubku vody.

1.3.2.9 Provoz objektů HDV

K zajištění funkčnosti objektů HDV je nutné, aby jejich provozovatel prováděl pravidelnou kontrolu a údržbu podle provozního řádu, který vyhotoví projektant nebo zhotovitel objektu HDV. Proto musí být při návrhu a výstavbě zajištěn přístup ke všem částem zařízení, kde se předepisuje údržba. Kontroly objektů by měly zpravidla probíhat v intervalu jednoho měsíce. Normy ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod* a TNV 75 9011 *Hospodaření se srážkovými vodami* uvádějí interval údržby a blíže specifikují způsob údržby pro jednotlivé typy objektů HDV [8] [12].

1.3.3 Sídelní zeleň

Zeleň je nepostradatelnou součástí měst a přináší řadu přínosů, jejichž význam se během vegetačního období mění. Z hlediska srážkového odtoku stromy zachytávají část srážek, zpomalují odtok a zlepšují vlastnosti půdy v souvislosti se vsakováním. Zachycenou vodu stromy postupně odpařují, což

vede ke zvlhčování vzduchu. Zvlhčený vzduch společně se stínem, které stromy poskytují, snižují teplotu v ulicích a tím dochází k úspoře energie na klimatizování budov v létě. V zimě naopak šetří energii na vytápění tím, že snižují rychlost větru. Vegetace ve městech také zlepšuje kvalitu vzduchu produkcí kyslíku, zachycováním prachových částic a dalších látek, které znečišťují ovzduší. Dále poskytuje životní prostor a potravu pro městskou faunu. Z hlediska pobytové funkce je zeleň pozitivně vnímána lidmi, vytváří například bariéru mezi chodci a automobilovou dopravou, reguluje hluk a světelný smog [55] [56].

Důležité je, že zmíněné benefity se se stářím stromu vyvíjejí a nelze efektivně nahradit velký rozrostlý strom za několik nově vysazených, u kterých trvá desítky let, než dosáhnou dostatečné velikosti. Rozrostlý, prospívající strom poskytuje v průměru o 92 % vyšší přínosy než nově vysazený malý strom a o 44 % vyšší přínosy než středně velký strom. Proto by měla být snaha ve městech zachovat v co největší míře stávající stromy a v případě jejich kácení zajistit adekvátní náhradu s dostatečnou péčí a podmínkami pro růst [57].

Při výsadbě nových stromů v zastavěných územích je důležité vytvořit a najít pro strom vhodný prostor, kde bude prosperovat a zároveň musí být splněny omezující požadavky ostatní infrastruktury uličního prostranství. Prostor pro stromy je omezen ochrannými pásmy sítí vedení technického vybavení (viz kapitola 1.2.2), rozhledovými poměry na MK (viz kapitola 1.2.3.3), vzájemnou vzdáleností stromů podle cílové velikosti koruny daného druhu, odstupovou vzdáleností od hranice sousedního pozemku. Minimální prokořitelný prostor by měl mít plochu nejméně 16 m² a hloubku 0,8 m, přičemž nezakrytá nebo pro vzduch a vodu propustná vrstva by měla mít plochu nejméně 6 m². Zavlažování je vhodné řešit v souvislosti s objekty HDV, ale zároveň je třeba stromy chránit před přemokřením. Při výběru vhodných druhů, které budou odolné vůči vlivům městského prostředí (kontaminace půdy solením a ropnými látkami, vysoké pH apod.) a bude splňovat předpoklady pro cílový stav, je vždy nutné spolupracovat s arboristou. Aby měl strom zajištěn co nejlepší podmínky pro růst a plnil svoji funkci, je důležité dodržet správný

postup výsadby (podrobněji v ČSN 83 9021 *Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny a jejich výsadba*) a zejména i péči po výsadbě (zálivka, hnojení, výchovné řezy apod.) [20] [58].

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Charakteristika zájmového území

Městská část Praha-Klánovice (k. ú. Klánovice [665444]) je součástí správního obvodu Praha 21 a nachází se na východním okraji Prahy. Zájmové území se nachází v severovýchodní části Klánovic (viz Příloha 2), konkrétně se jedná o ulici Šlechtitelskou v úseku od napojení na ulici Slavětínskou až po křížení s ulicí Vodojemskou, část Přímského náměstí a přilehlé ulice s odvodněním řešeným v rámci Šlechtitelské ulice (ulice Přímské náměstí a jižní část ulice Libčanské). Zájmové území je z velké části obklopeno rodinnými domy s poměrně velkými zahradami. Na celém území Klánovic se nachází v ulicích velké množství stromů, a proto je zde zakázáno využívat posypové soli při zimní údržbě komunikací.

2.1.1 Dotčené pozemky, soulad s územním plánem

Dotčené pozemky jsou uvedeny v Tab. 11. Všechny dotčené pozemky se nacházejí v obci Praha [554782] a v katastrálním území Klánovice [665444].

Tab. 11: Seznam dotčených pozemků

Parc. číslo:	LV	výměra [m ²]:	Způsob využití:	Druh pozemku:	Vlastnické právo:
1249	914	3258	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
1250	914	1523	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
897/6	242	242	ostatní komunikace	ostatní plocha	Svobodová Věra, Keltská 13, Točná, 14300 Praha 4
897/7	390	647	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hejtich Alois, Slavětínská 2, Klánovice, 19014 Praha 9
897/2	914	138	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
897/9	914	33	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
897/8	914	24	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1

1268	914	2223	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
908/14	390	1895	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hejtich Alois, Slavětínská 2, Klánovice, 19014 Praha 9
1274	914	1039	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
910	914	2757	manipul. plocha	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
130/1	914	1119	koryto vodního toku přirozené nebo upravené	vodní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
911	914	2353		trvalý travní porost	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
1236/1	914	3795	ostatní komunikace	ostatní plocha	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1

Navrhované stavby jsou v souladu s územním plánem hlavního města Prahy, tj.: „plošná zařízení technické infrastruktury v nezbytně nutném rozsahu a liniová vedení technické infrastruktury, revitalizace vodních toků a ploch za účelem posílení přírodní a biologické funkce a přirozeného rozlivu, drobné vodní plochy.“

Dotčené lokality (Obr. 10) jsou:

- OV – všeobecně obytné,
- OV-A – všeobecně obytné,
- SV – všeobecně smíšené,
- SV-B – všeobecně smíšené,
- ZMK – zeleň městská a krajinná,
- VV – veřejné vybavení,
- OB – čistě obytné,
- OB-A – čistě obytné [59].

hladina podzemní vody ve větší hloubce než 2 metry pod terénem. Koeficient vsaku k_v je na většině území na spodní hranici 10^{-5} m/s [64].

2.2 Stávající stav zájmového území

Ulici Šlechtitelskou lze klasifikovat jako středně frekventovanou místní komunikaci funkční skupiny C. Ulice spadá do zóny s omezenou rychlostí na 30 km/h. V ulici se nachází autobusová zastávka, která patří do sítě linek Pražské integrované dopravy.

Nejnižší bod v ulici Šlechtitelská je v blízkosti místa, kde přechází zatrubněný Šestajovický potok pod komunikací. K tomuto bodu se ulice v zájmovém území z obou stran mírně svažuje mimo úsek směrem k ulici Slavětínské.

Jediná nezastavěná plocha je oblast Přímského náměstí, která je v současnosti zatravněná, v některých místech se vzrostlými stromy. Plocha je z velké části rovinná mimo „umělého“ kopce v severní části, který by měl být zachován z důvodu využívání dětmi v zimním období. Pro jižní oblast a severozápadní oblast je vypracována studie, která v těchto oblastech náměstí navrhuje vznik stavebních parcel.

V ulicích je poměrně hustá síť podzemních inženýrských sítí tvořená vedením vodovodu, tlakovou splaškovou kanalizací, plynovodem, komunikačními sítěmi a sítěmi nízkého napětí. V oblasti Přímského náměstí se mimo místní komunikace inženýrské sítě nevyskytují.

Zájmovým územím prochází zatrubněný Šestajovický potok, který byl předmětem terénního průzkumu. Potok pramení západně od ulice Slavětínské a až k Přímskému náměstí protéká zaneseným otevřeným korytem s velmi malým sklonem a minimálním průtokem. Následně je koryto potoka zatrubněno betonovým potrubím DN 500, v době průzkumu do potrubí nenatékala žádná voda a potrubí bylo suché. Potrubí pokračuje jihovýchodním směrem přes severní část Přímského náměstí, pod ulicí Šlechtitelskou a Libčanskou a následně pod soukromými pozemky až za ulici Vodojemskou, kde potok přechází do otevřeného koryta. V místě křížení s ulicí Šlechtitelskou jsou

umístěny na okraji komunikace 2 zamřížované šachty, které slouží jako vpusti (Obr. 11). První šachta ve směru toku (Obr. 12) je do poloviny profilu potrubí zanesena a není zde ani vhodně vyřešen úhel mezi přítokem a odtokem, což vede ke snížení celkové maximální kapacity. Druhá šachta (Obr. 13) je zanesena přibližně do 1/3 profilu potrubí. V šachtách protékal minimální průtok vody, která pravděpodobně do potrubí vsakuje v severní části Přímského náměstí. Výška krytí potrubí pod komunikací je přibližně 60 cm. V roce 2009 byl vypracován projekt pro obnovu Šestajovického potoka, včetně zájmového území, který navrhuje celkové zahloubení koryta. Projekt nebyl realizován. V návrhu se proto vychází ze současného stavu s respektováním současného projektu přeložení trasy v severozápadní části Přímského náměstí z důvodu vzniku stavebních parcel.



Obr. 11: Křížení Šestajovického potoka s ulicí Šlechtitelskou [65]



Obr. 12: První šachta ve směru toku v místě křížení Šestajovického potoka s ulicí Šlechtitelskou [65]



Obr. 13: Druhá šachta ve směru toku v místě křížení Šestajovického potoka s ulicí Šlechtitelskou [65]

2.2.1 Příčné uspořádání

Ulice Šlechtitelská je v celé délce zájmového území tvořena 2 jízdními pruhy s vyspravovaným asfaltovým povrchem a nezpevněnou krajnicí.

Od napojení na ulici Slavětínskou po první boční ulici v souběhu s jízdními pruhy vede na jedné straně chodník tvořený dlažbou, která je zarostlá vegetací. Na druhé straně je zpočátku v uličním prostoru parkovací pás, dále nahrazen zeleným pásem se stromy, ve kterém je vychozená cesta svědčící o absenci chodníku.

V následujícím úseku až po křižovatku s ulicemi V Koutku a Přímské náměstí pokračuje chodník s dlažbou. Na druhé straně uličního prostoru se nachází chodník s asfaltovým povrchem oddělený od komunikace zeleným pásem.

Dalším úsekem je oblast Přímského náměstí, kde na jízdní pruhy oboustranně přiléhají chodníky s asfaltovým povrchem oddělené od komunikace pásy zeleně místy se stromy.

Od Přímského náměstí po křižovatku s ulicí Vodojemskou je zelený pás po obou stranách, chodník se zarostlou dlažbou pouze na jedné straně.

Ulice Přímské náměstí je tvořena vyspravovanou asfaltovou komunikací a chodníkem s asfaltovým povrchem, který je oddělen od komunikace zeleným pásem.

Jižní část ulice Libčanské je v současné době tvořena nezpevněnou komunikací ze štěrku, která je oboustranně lemována zelenými pásy.

2.2.2 Odvodnění

V zájmovém území je povrchový odtok odváděn příčným sklonem k okrajům vozovky. Voda částečně odtéká na základě podélného sklonu z části uličního prostoru do ulice Slavětínské a ve zbylém úseku ulice Šlechtitelské směrem k šachtám na zatrubněném Šestajovickém potoce, do kterého přímo natéká. V místech nezpevněných okrajů vozovky, na které navazuje zelený pás, srážková voda částečně vsakuje do zeleně. Často je ale možnost natékání vody

do zeleného pásu značně omezena vystupujícími drny nad kryt vozovky nebo celkově nevhodně řešeným výškovým uspořádáním zeleného pásu vůči vozovce. Toto omezení společně s malým podélným sklonem, celkovou nerovností vozovky a absencí odvodňovacích zařízení vede po srážkových událostech k tvorbě poměrně velkých kaluží při okrajích vozovky po celé délce zájmového území (Obr. 14, Obr. 15).



Obr. 14: Kumulace povrchového odtoku na rozhraní komunikace a zeleného pásu/chodníku (úsek ulice Šlechtitelské mezi napojením na ulici Slavětínskou a křížení s ulicemi Přímské náměstí a V Koutku) [65]



Obr. 15: Kumulace povrchového odtoku na rozhraní komunikace a zeleného pásu (úsek ulice Šlechtitelské v oblasti Přímského náměstí) [65]

2.3 Návrhový stav zájmového území

2.3.1 Příčné uspořádání

V návrhovém stavu se předpokládá celková rekonstrukce uličního prostoru včetně obměny stromů a případné rekonstrukce vedení inženýrských

sítí či možné přeložení jejich vedení. U všech jízdnic pruhů je navrhován jednostranný 2,5% příčný sklon, u chodníků 0,5% příčný sklon (viz Příloha č. 6)

V ulici Šlechtitelská v úseku od napojení na ulici Slavětínskou až po křižovatku s ulicemi V Koutku a Přímské náměstí jsou v pohledu směrem od ulice Slavětínské navrženy: chodník o šířce 2 m, dopravní prostor o celkové šířce 6,5 m se 2 jízdnicími pruhy, pás zeleně o šířce 1,8 – 2 m dle šířky uličního prostoru, chodník o šířce 1,5 m. Na začátku ulice na ploše, která je dnes využívána pro parkování vozidel, je v návrhu místo zeleného pásu zachován parkovací pás pro podélné parkování.

Návrh uličního prostoru v oblasti Přímského náměstí vychází z podkladu studie Přímského náměstí, jejíž součástí je i návrh příčného uspořádání okolních ulic. Z pohledu směrem od ulice Slavětínské jsou navrženy zleva: chodník o šířce 1,5 m, zelený pás o šířce 2 m, dopravní prostor o celkové šířce 7 m se 2 jízdnicími pruhy, zelený pás o šířce 2 m, chodník o šířce 1,5 m. Součástí návrhu jsou autobusové zastávky na místě současných s vyhrazeným zastavovacím prostorem v jízdnicím pruhu.

V následujícím úseku ulice Šlechtitelské až ke křížení s ulicí Vodojemskou je v návrhu zachována stejná šířka jednotlivých prvků, ale z důvodu užšího uličního profilu je vynechán jeden zelený pás. Šířkové uspořádání je tedy ve směru pohledu od Přímského náměstí zleva: chodník o šířce 1,5 m, dopravní prostor o šířce 7 m se 2 jízdnicími pruhy, zelený pás o šířce 2 m, chodník o šířce 1,5 m.

V ulici Přímské náměstí návrh vychází ze studie Přímského náměstí. Z pohledu směrem od ulice Šlechtitelské jsou zleva navrženy: zelený pás o šířce 2 m, dopravní prostor o šířce 4 m, chodník o šířce 1,95 m.

V jižní části ulice Libčanské návrh také vychází ze studie Přímského náměstí. Šířkové uspořádání je navrženo v pohledu směrem od ulice Šlechtitelské zleva: chodník o šířce 1,5 m, zelený pás o šířce 1,2 m, dopravní prostor o šířce 5,5 m, zelený pás o šířce přibližně 1,85 m.

Obecně z hlediska šířkového uspořádání je pro všechny ulice v zájmovém území zásadní změnou oproti stávajícímu stavu doplnění či rozšíření stávajících chodníků z důvodu dopravní významnosti ulice pro zajištění bezpečnosti chodců.

Navrhovaný povrch je pro všechny ulice v zájmovém území stejný: u chodníků dlažba s pískovými spárami, u vozovek asfalt a u parkovacích pásů dlažba z vegetačních tvárnic. Chodníky a zelené pásy jsou přerušeny vjezdy k jednotlivým pozemkům s navrhovaným povrchem z dlažby s pískovými spárami. Doporučuje se pro snížení povrchového odtoku a pro celkové zlepšení mikroklimatu doplnit zelené pásy vhodnými druhy stromů podle doporučení arboristy.

2.3.2 Odvodnění

Pro odvodnění uličního prostoru zájmového území je na základě morfologie terénu navrženo liniové odvodnění, které je svedeno z velké části zájmového území do severní části Přímského náměstí, kde jsou variantně navrženy podzemní akumulární nádrže s mělkou suchou retenční nádrží a bezpečnostním přelivem do Šestajovického potoka. Naakumulovaná voda by byla využívána pro zálivku stromů na území Klánovic. Odvodnění zbývající části uličního prostoru s podélným sklonem směrem k ulici Slavětínské je navrženo do pásů zeleně v ulici Slavětínské.

Na základě navrhovaných liniových odvodňovacích zařízení a sklonových poměrů bylo zájmové území rozděleno na jednotlivá povodí P1-P5 (viz Příloha 2). Redukovaná plocha pro jednotlivá povodí byla určena pomocí *Rovnice 4*. Všechny plochy, které spadají sklonovými poměry do odvodňovaného území, byly označeny podle typu povrchu (viz Příloha 3.1 a Příloha 3.2) a byly jim přiřazeny součinitele odtoku podle Tab. 1 (v některých případech vyšší hodnoty z důvodu bezpečnosti navrhovaných objektů):

- CH – chodník (dlažba s pískovými spárami) – 0,8,
- V – vjezd (dlažba s pískovými spárami) – 0,8,
- VD – parkovací pás (dlažba z vegetačních tvárnic) – 0,2,
- Z – zelený pás (zatravněná plocha) – 0,1,

- A – dopravní prostor (asfaltová plocha) – 0,9.

Tabulky výsledných redukováných ploch pro jednotlivá povodí jsou uvedeny v Příloze 1.

V zelených pásech ve všech posuzovaných ulicích se doporučuje pro snížení srážkového odtoku a podporu vsakování vytvořit mělké průlehy o hloubce 0,1 m s ohledem na prostorové možnosti omezené případně nově vysazenými stromy. V rámci výpočtu srážkového odtoku nejsou průlehy uvažovány z důvodu dimenzování zařízení na straně bezpečnosti.

2.3.2.1 Liniové odvodnění

Odvodnění zájmové lokality je navrženo z důvodu sklonových a výškových poměrů kombinací dešťové kanalizace a žlabů (viz Příloha 3.1, Příloha 3.2, Příloha 4.1 a Příloha 4.2). Povodí P1 a P2 jsou odvodněna pomocí betonových žlabů krytých mřížemi, které jsou zaústěny do rozměrných zelených pásů v ulici Slavětínské, kde se předpokládá jejich vsakování s případným přepadem do stávajícího odvodnění v podobě rigolů. Z povodí P5 je navrženo odvádění vody pomocí odvodňovacích proužků do jednotlivých vpustí (osazeny kalovými koši) zaústěných do dešťové kanalizace, která ústí do navrhovaných akumulčních nádrží v severní části Přímského náměstí. V povodí P4 a P5 jsou navrženy betonové žlaby kryté mřížemi z důvodu nepříznivých výškových poměrů v místě křížení se zatrubněným Šestajovickým potokem. Žlaby jsou zakončeny vpustěmi, které jsou zaústěny do navrhované dešťové kanalizace vedoucí do akumulčních nádrží. Problematické je území zejména z hlediska malých podélných sklonů posuzovaných ulic a křížení se zatrubněným potokem s malou výškou krytí.

Směrové a výškové vedení liniových odvodňovacích zařízení je navrženo na základě dostupných podkladů vedení inženýrských sítí a digitálního modelu terénu, které jsou pouze orientační, proto je v případě navazujících projekčních prací nutné jejich ověření a vyhotovení přesného geodetického zaměření. Výškové vedení jednotlivých inženýrských sítí nebylo k dispozici. Z těchto důvodů se může směrové a výškové vedení kanalizace, umístění vpustí či výškové vedení žlabů změnit.

Pro dimenzování byl použit patnáctiminutový déšť s periodicitou 0,5 rok⁻¹ (obytná území) pro stanici Praha – Hostivař o intenzitě 164 l/(s.ha), pro posouzení minimálních transportních rychlostí byl použit patnáctiminutový déšť s periodicitou 5 rok⁻¹. [7] [13] Pro hydrotechnické výpočty byly použity Rovnice 7 – Rovnice 11, součinitel drsnosti byl uvažován o hodnotě 0,014. Výsledky pro navrhované úseky jsou uvedeny pro dešťovou kanalizaci v Tab. 12 a pro žlaby v Tab. 13.

Tab. 12: Dimenzování a posouzení úseků dešťové kanalizace

Úsek stoky	Š1-Š2	Š2-Š3	Š3-Š4	Š8-Š4	Š4-Š5	Š5-Š6	Š6-Š7	Š7-AN1
A _{red} [m ²]	560,78	352,11	320,91	635,97	0	556,98	550,12	115,87
Q _{dim,úsek} [l/s]	9,20	5,77	5,26	10,43	0,00	9,13	9,02	1,90
Q _{dim} [l/s]	9,20	14,97	20,23	10,43	30,66	39,79	48,81	80,05
I [‰]	9	9	9	9	9	6	6	6
DN [mm]	300	300	300	300	300	400	400	400
S [m ²]	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,13	0,13	0,13
O [m]	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	1,26	1,26	1,26
R [m]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10
C [m ^{1/2} /s]	46,39	46,39	46,39	46,39	46,39	48,66	48,66	48,66
Q _{kap} [l/s]	85,19	85,19	85,19	85,19	85,19	149,79	149,79	149,79
v _{kap} [m/s]	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,19	1,19	1,19
Q _{5,úsek} [l/s]	3,18	2,00	1,82	3,61	0,00	3,16	3,12	0,66
Q ₅ [l/s]	3,18	5,18	7,00	3,61	10,61	13,77	16,89	27,14
v _s [m/s]	0,58	0,67	0,73	0,60	0,82	0,74	0,79	0,90

Tab. 13: Dimenzování krytých betonových žlabů

Označení žlabu	Ž1	Ž2.1	Ž2.2	Ž2.3	Ž3	Ž4
A _{red} [m ²]	575,33	440,19	521,19	155,53	599,82	655,17
Q _{dim,úsek} [l/s]	9,44	7,22	8,55	2,55	9,84	10,74
Q _{dim} [l/s]	9,44	7,22	8,55	18,32	9,84	10,74
I [‰]	5	5	5	5	5	5
vnější rozměr [mm]	200x200	200x200	200x200	300x300	200x200	200x200
b [m]	0,15	0,15	0,15	0,23	0,15	0,15
h [m]	0,14	0,14	0,14	0,21	0,14	0,14
S [m ²]	0,021	0,021	0,021	0,0483	0,021	0,021
O [m]	0,43	0,43	0,43	0,65	0,43	0,43
R [m]	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
C [m ^{1/2} /s]	43,18	43,18	43,18	46,31	43,18	43,18
Q _{kap} [l/s]	14,17	14,17	14,17	43,12	14,17	14,17

Pro úseky Š1-Š2, Š2-Š3, Š3-Š4, Š8-Š4 a Š5-Š6 dešťové kanalizace není splněna podmínka pro minimální transportní rychlost 0,75 m/s, ale *Pražské městské standardy* připouštějí nedodržení minimální transportní rychlosti při dodržení předepsaného minimálního sklonu pro jednotlivé dimenze potrubí, který je v těchto případech splněn [66]. Posouzení na kapacitu je splněno u všech navrhovaných odvodňovacích zařízení.

2.3.2.2 Akumulační a retenční nádrž

V blízkosti ulice Šlechtitelské se ve východní části Přímského náměstí navrhuje soustava podzemních akumulčních nádrží variantně s počtem 2–6 nádrží. Před nádržemi je na dešťové kanalizaci navržena sedimentační šachta s filtrem pro předčištění srážkové vody. Celkový objem jedné akumulční nádrže je 38,9 m³, z kterého využitelný akumulční objem omezený z důvodu výškového řešení odtoku do retenční nádrže je 28,8 m³ (74 % z celkového objemu nádrže), celkový akumulční objem podle počtu nádrží je uveden v Tab. 15. Akumulční nádrže jsou spojeny u dna potrubím o DN250, je tedy uvažováno rovnoměrné plnění i prázdnění všech nádrží. Každá nádrž je vybavena vstupní šachtou. Pro snadnější čištění sedimentů je doporučeno vyspádování dnů nádrží. Pro případ naplnění akumulčního prostoru jsou navrženy 2 potrubí o DN 250 a sklonu 0,55 % s celkovou kapacitou 81,9 l/s ústící do retenční nádrže. Potrubí jsou zakončena zpětnou klapkou pro zamezení zpětného plnění z prostoru retenční nádrže a z důvodu ochrany před vniknutím živočichů do akumulční nádrže. Pro zamezení eroze jsou vyústění potrubí opevněna. V případě uzavření klapky tlakem vody v retenční nádrži nebo zvýšeného průtoku je navržen bezpečnostní přeliv vedený potrubím do spojné komory. Navrhovaná dimenze potrubí je DN 300, sklon 2,8 % a celková kapacita 150,2 l/s. Řez nádržemi včetně prostoru retenční nádrže s otevřeným korytem je v Příloze 5.

V rámci suché retenční nádrže se navrhuje změna stávajícího zatrubněného Šestajovického potoka v severní části Přímského náměstí na otevřené koryto. Otevřené koryto navazuje na projekt přeložení potoka v severozápadní části náměstí, dále prochází navrhovanou retenční nádrží,

na jejímž konci je ve spojné komoře zaústěno zpět do stávajícího zatrubnění. Retenční nádrž má navrženou maximální hloubku v rozmezí 20-30 cm, sklony břehů 1:3 a celkovou plochu 1100 m². Pro celkové řešení této části náměstí včetně podoby retenční nádrže a úpravy potoka se doporučuje vypsát architektonickou soutěž.

Stanovení regulovaného odtoku z retenční nádrže:

$$Q_o = \frac{q}{1000} \cdot A = \frac{3}{1000} \cdot 0,747 = 0,00224 \text{ m}^3/\text{s}, \quad (\text{Rovnice 12})$$

kde q hodnota specifického odtoku [l/(s.ha)]

A odvodňovaná plocha včetně plochy retenční nádrže [m²]

Výsledný regulovaný odtok je větší než minimální požadovaný o hodnotě 0,5 l/s (0,0005 m³/s), z důvodu bezpečnosti je pro další výpočty uvažován regulovaný odtok o hodnotě 2 l/s.

Stanovení retenčního objemu z bilancí přítoku a regulovaného odtoku pro periodicitu $p=0,2$ a návrhové úhrny srážek z ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod* (viz Tab. 1):

$$V_{ret} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{ret}) - 60 \cdot Q_o \cdot t, \quad (\text{Rovnice 13})$$

kde: h_d návrhový úhrn srážky s dobou trvání t [mm]

A_{ret} plocha retenční nádrže [m²]

t doba trvání srážky [min].

Tab. 14: Výpočet retenčního objemu nádrže

t [min]	h_d [mm]	V_{ret} [m³]
5	11,3	65,90
10	16,5	95,90
15	19,5	112,96
20	21,1	121,77
30	23,2	132,93
40	24,7	140,56
60	26,9	151,11
120	30,6	165,68
240	36,6	186,59
360	42,5	206,91
480	43,2	196,63

600	43,8	185,76
720	44,5	175,48
1080	46,4	143,46
1440	46,9	103,20
2880	58,9	1,02
4320	62,5	0,00

Doba prázdnění je určena pomocí rovnice:

$$T_{pr} = \frac{V_{ret}}{Q_o} = \frac{206,91}{0,002 \cdot 60 \cdot 60} = 28,74 \text{ h.} \quad (\text{Rovnice 14})$$

Doba prázdnění převyšuje doporučenou dobu prázdnění 24 h, lze ale předpokládat vsakování části retenčního objemu do podloží.

Navržená retenční nádrž s celkovým objemem 258,5 m³ splňuje požadavek na retenční objem 206,91 m³. Odtok z retenční nádrže je řešen společně s nátokem potoka do zatrubnění, kde je navrženo stavitko, pomocí kterého lze regulovat odtok z retenční nádrže. Navržený regulovaný odtok 2 l/s je vzhledem k minimálním průtokům v Šestajovickém potoce dostačující pro převádění běžných průtoků. Stavitko je možné ovládat z navrhované spojné komory, do které ústí bezpečnostní přeliv z akumulární nádrže a bezpečnostní přeliv z retenční nádrže. Nátok do bezpečnostního přelivu retenční nádrže je výškově v místě navrhované maximální hladiny a je tvořen potrubím o DN 250 se sklonem 8,7 % a maximální kapacitou 264,8 l/s. Ve spojné komoře potok po spojení s bezpečnostními přelivy přechází do stávajícího zatrubnění o DN 500 a pokračuje ve stávající trase. Pokud nedojde k celkové obnově navazující trasy potoka, je nutné prověřit potřebu sanace zatrubněných úseků, případně alespoň vyčistit potrubí od nahromaděných splavenin pro zvýšení kapacity.

2.3.2.3 Ekonomické posouzení

V rámci ekonomického posouzení je uvažováno, že navrhované prvky odvodnění budou součástí celkové rekonstrukce uličního prostoru, proto jsou vyčísleny pouze náklady na objekty liniového odvodnění (Tab. 15), tzn. nejsou započítány náklady na obnovu povrchů. Dále jsou vypočteny přibližné náklady na výstavbu akumulárních nádrží a retenční nádrže. Stanovené náklady jsou pouze orientační (bez DPH) a vycházejí z publikace *Průměrné ceny dopravní*

a technické infrastruktury obcí: Aktualizace 2019, případně z průměrných cen objektů podle jednotlivých výrobců [67].

Tab. 15: Přibližné náklady navrhovaného liniového odvodnění

položka	jednotka	počet/délka	j. cena [Kč]	cena [Kč bez DPH]
potrubí DN 300 plast (včetně šachet)	m	225	8700	1 957 500
potrubí DN 400 plast (včetně šachet)	m	110	10900	1 199 000
uliční vpust	ks	19	23830	452 770
přípojka uliční vpusti DN 200 plast	m	66,5	4900	325 850
žlab polymerbetonový (zatížení D400)	m	480	4205	2 018 400
sedimentační šachta s filtrem	ks	1	70000	70 000
celkem				6 023 520

V Tab. 15 je vypočítána přibližná úspora nákladů na vodné při vyprázdnění celého objemu nádrží (aktuální cena bez DPH 49,29 Kč/m³ [68]). V rámci posouzení byl stanoven konstantní náklad na jednu nádrž, ve kterém je zohledněna cena za výkopové práce, bezpečnostní přeliv a odtok do retenční nádrže. Při přibližném počtu 157 vyprázdnění celého využitelného objemu dojde k návratnosti investičních nákladů vzhledem k úspoře za vodné (bez uvažování dalších nákladů). Vzhledem k uvažovanému lineárnímu nárůstu investičních nákladů je počet odběrů stejný pro různý počet nádrží. Dle počtu nádrží je vypočítán celkový potřebný odebraný objem pro návratnost investice.

Tab. 16: Přibližné náklady dle počtu navrhovaných nádrží a návratnost investice

počet AN	využitelný objem [m ³]	cena [Kč bez DPH]	úspora vodného/odběr [Kč bez DPH]	objem pro návratnost [m ³]
2	57,72	444 560	2 845	9 062
3	86,58	666 840	4 268	13 593
4	115,44	889 120	5 690	18 124
5	144,30	1 111 400	7 113	22 655
6	173,16	1 333 680	8 535	27 186

V Tab. 17 jsou určeny přibližné náklady na výstavbu retenční nádrže, bez uvažování nákladů na úpravu otevřeného koryta.

Tab. 17: Přibližné náklady navrhované retenční nádrže

položka	jednotka	počet/délka	j. cena [Kč]	cena [Kč bez DPH]
náklad na úpravu plochy	m ²	1 100	450	495 000
spojná komora	ks	1	160000	160 000
potrubí DN 250 plast	m	5	600	3 000
zemní práce	m ³	390	100	39 000
převoz zeminy do 20 km	t	244	352	85 888
skládkovné a uložení na skládku	t	244	178	43 432
celkem				826 320

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo stanovit doporučení pro řešení odvodnění zájmového území v souladu se zásadami modrozelené infrastruktury. V literární rešerši byl blíže popsán obor modrozelené infrastruktury včetně dalších souvisejících témat potřebných pro naplnění hlavního cíle bakalářské práce.

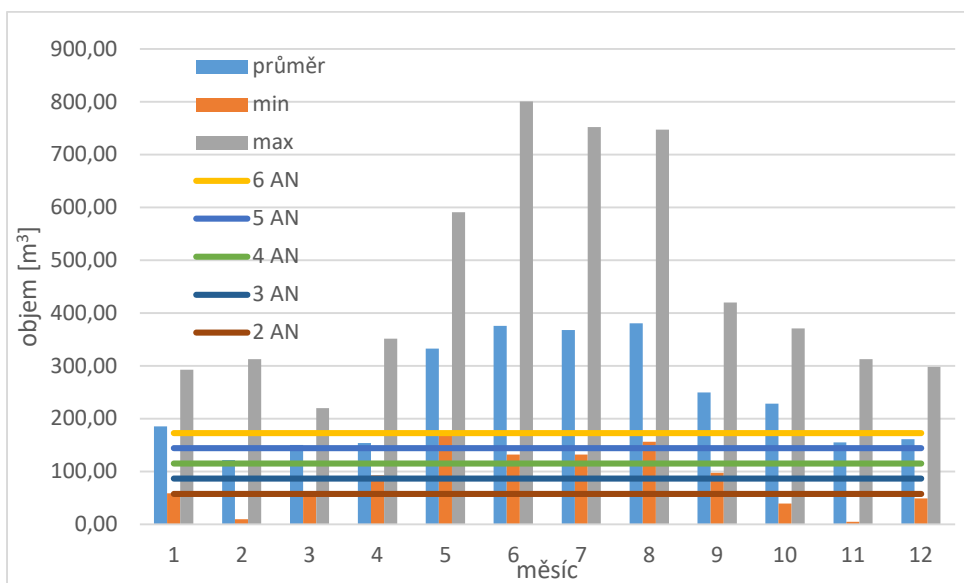
V praktické části bylo navrženo doporučení pro řešení odvodnění vybraných ulic v městské části Praha-Klánovice. Byly získány podklady hydrogeologické studie Klánovic, digitální model terénu, vedení inženýrských sítí, studie části Přímského náměstí v souvislosti se vznikem stavebních parcel, projekt obnovy Šestajovického potoka a projekt přeložení trasy Šestajovického potoka v severozápadní části Přímského náměstí. Získané podklady společně s terénními průzkumy byly využity pro analýzu stávajícího stavu uličního prostoru a následně pro návrh doporučení.

Pro případnou celkovou rekonstrukci uličního prostoru bylo navrženo šířkové uspořádání uličního prostoru zohledňující zvýšený pohyb chodců. Pro návrhový stav byl určen povrchový odtok. Z hlediska řešení srážkových vod v zájmovém území je doporučeno, vzhledem k vysoké hladině podzemní vody na většině území a omezené šířce uličního prostranství, řešit odvodnění pomocí liniových zařízení. Byla ověřena varianta odvodnění celého území pomocí dešťové kanalizace, ale vzhledem k malému sklonu území a zejména nevyhovujícímu výškovému řešení při křížení zatrubněného Šestajovického potoka je odvodnění vyřešeno pomocí kombinace dešťové kanalizace a krytých betonových žlabů. Pro snížení povrchového odtoku se doporučuje v uličním prostranství doplnit zelené pásy o mělké průlehy a vybrané druhy stromů. Orientační náklady na realizaci odvodňovacích zařízení, která by byla prováděna společně s celkovou rekonstrukcí ulic, jsou stanoveny na 6,03 mil. Kč bez DPH (v nákladech není uvažována obměna povrchů).

Vzhledem k množství stromů na celém území Klánovic a jejich potřebné záливce při obnově se doporučuje na vyústění dešťové kanalizace osadit akumulační nádrže. Návrh akumulačních nádrží je vhodný i pro přizpůsobení se důsledkům klimatické změny v letním období, kdy dochází k zachycení objemu

vody při přívalových srážkách, s kterým lze hospodařit v období sucha. Akumulační nádrže byly navrženy variantně v počtu 2-6 nádrží s vyčíslenými přibližnými náklady na realizaci s předpokládanou návratností, která uvažuje úsporu na vodném při odebírání vody z akumulací nádrže. V případě zřízení 2 akumulací nádrží je celkový potřebný odebraný objem pro návratnost přibližně 9 062 m³, v případě 6 nádrží 27 185 m³, vzhledem k uvažování lineárního nárůstu nákladů je počet vyprázdnění celého akumulacího objemu pro různý počet nádrží stanoven přibližně na 157. Dle doporučení krajinného architekta se v Klánovicích v následujících letech předpokládá obměna či doplnění 100 stromů ročně, pro jejichž ujmoutí je potřeba zálivky 300 m³/rok po dobu 3 let. Vzhledem k uvažování i dalších akumulací nádrží na území Klánovic lze doporučit výstavbu 4 nádrží na Přímském náměstí o celkovém akumulacího objemu 115,44 m³, který by měl být dostačující pro potřebu zálivky stromů. O celkovém počtu nádrží ale rozhodne investor podle kapacitních možností odběru vody s ohledem na frekvenci prázdnění nádrží z důvodu zachování kvality vody.

V grafu jsou znázorněny minimální, průměrné a maximální objemy přítoků srážkové vody do akumulací nádrží v jednotlivých měsících podle úhrnů srážek ČHMÚ pro Prahu a Středočeský kraj od ledna roku 2010 do března roku 2021, které jsou porovnány s akumulacího objemem daného počtu nádrží. Podle grafu lze předpokládat, že při průměrném srážkovém úhrnu ve vegetačním období (uvažováno duben až říjen) bude dostatečný objem přítoku pro naplnění variant 2-5 nádrží za měsíc. V případě 6 nádrží je průměrný dubnový přítok nižší než akumulovatelný objem, ale lze ho považovat za dostačující, pokud by nedošlo k vyprázdnění celého objemu nádrže na začátku dubna.



Obr. 16: Měsíční objemy přítoku vody do akumulčních nádrží

V rámci návrhu byla prověřována možnost umístění retenčního objemu společně s akumulčním objemem uvnitř nádrží, ale vzhledem k potřebnému objemu by byl návrh neekonomický a je tedy doporučena varianta s otevřenou suchou nádrží v oblasti severovýchodní části Přímského náměstí s regulovaným odtokem a bezpečnostním přelivem do navazujícího zatrubněného úseku Šestajovického potoka s přibližnými investičními náklady 830 tis. Kč bez DPH. Součástí návrhu je i doporučení otevřít stávající zatrubněné koryto v oblasti navrhované retenční nádrže a upravit jejich okolí, čímž by vzniklo cenné místo z hlediska pobytové funkce s vodním prvem. Vzhledem k významu navrhované úpravy na daném území se doporučuje pro řešení vypsát architektonickou soutěž.

Objem suché retenční nádrže je navržen primárně pro zájmové povodí a zvýšené průtoky v povodí Šestajovického potoka řeší pomocí bezpečnostního přelivu. Je nutné posoudit zřízení dalších retenčních opatření pro výše položené investiční záměry mimo zájmové povodí (v době zpracování této práce nebyly přesné informace o záměrech k dispozici). Pro případ napojení dalších povodí je navrženo k regulaci odtoku stavítko, kterým je možné zvýšit regulovaný odtok.

Navrhovaná opatření z hlediska MZI přispějí ke snížení hydraulického zatížení vodního toku, ke vzniku zásoby závlivkové vody pro městskou zeleň a ke vzniku pobytového prvku s otevřeným korytem vodního toku a zelení.

Posouzená návratnost investice do navržených prvků není příliš příznivá, ale u investice do prvků MZI je nutné, spíše než počítat s finanční návratností, uvažovat návratnost v podobě ekosystémových služeb a dalších benefitů, které tyto prvky v urbanizovaném prostředí poskytují.

Bibliografie

- [1] HAN, Dawei. *Concise Hydrology*. 1st edition. Dawei Han & Ventus Publishing Aps, 2010. ISBN 978-87-7681-536-3.
- [2] DAVIE, Tim. *FUNDAMENTALS OF HYDROLOGY*. Second edition. Taylor & Francis e-Library, 2008. ISBN 0-203-93366-4.
- [3] KEMEL, Miroslav. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-01456-8.
- [4] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. 1. vydání. Brno: Noel 2000, 2002. ISBN 80-860-2039-8.
- [5] STRÁNSKÝ, David. *Vodní hospodářství obcí 1 (stokování): Přednáška 4* [online]. 2020 [cit. 2021-02-05]. Prezentace. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [6] POKORNÁ, Dana a Jana ZÁBRANSKÁ. *Hydrologie a hydropedologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008. ISBN 978-80-7080-707-1.
- [7] TRUPL, Josef. *Intensita krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958.
- [8] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví, 2012.
- [9] STRÁNSKÝ, David. *Vodní hospodářství obcí 1 (stokování): Procesy povrchového odtoku* [online]. 2020 [cit. 2021-02-05]. Prezentace. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [10] ASOCIACE PRO VODU ČR (CZWA). *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích*. 2019.
- [11] VOLOŠ, Boris a Lubomír MACEK. Nejistoty při navrhování systémů nakládání s dešťovými vodami. *Vodní hospodářství*. 2014, **64**(3). ISSN 1211-0760.
- [12] TNV 75 9011. *Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., 2013.
- [13] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví, 2012.
- [14] *Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [15] TP 83. *Odvodnění pozemních komunikací*. Praha: MD-OPK, 2014.
- [16] ČSN 75 6005. *Prostorové uspořádání vedení technického vybavení*. Česká agentura pro standardizaci, 2020.

- [17] ČESKO. *Zákon č. 183/2006 Sb.: o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. In: . *Zákony pro lidi*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183?text=183%2F2006%20Sb&citace=1>
- [18] KOPÁČIK, Gabriel. *Typologie ulice: Street typology : zkrácená verze habilitační práce*. Brno: VUTIUM, 2005. ISBN 80-214-3078-8.
- [19] KŘÍŽ, Karel. *13. bienální konference VODA 2019: "Soužití" modrozeleném technické a dopravní infrastruktury*. Praha, 2019.
- [20] MELKOVÁ, Pavla a a . *Manuál tvorby veřejných prostranství hlavního města Prahy*. První vydání. Praha: Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2014. ISBN 978-80-87931-11-0.
- [21] BERÁNEK, Josef a kol. *Inženýrské sítě*. Brno, 2005. Skripta. VUT v Brně, fakulta stavební.
- [22] ČSN P 73 7505. *Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [23] *Zákon č. 13/1997 Sb.: Zákon o pozemních komunikacích*. In: . 1997. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>
- [24] ČSN 73 6110. *Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [25] ČSN 73 6110 ZMĚNA Z1. *Projektování místních komunikací*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [26] ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [27] ČSN 73 6102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [28] ČSN 73 6110 OPRAVA 1. *Projektování místních komunikací*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [29] ČESKO. *Vyhláška č. 398/2009 Sb.: Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb*. In: . *Zákony pro lidi*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-398?text=bezbarierov%C3%A9%20u%C5%BE%C3%ADv%C3%A1n%C3%AD%20staveb#f4040714>
- [30] ŠESTÁKOVÁ, Irena a Pavel LUPAČ. *Budovy bez bariér: Návrhy a realizace*. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3225-1.
- [31] TN 12.03.04. *Dlažební kostky a dlažební desky se speciální hmatovou úpravou (výstupky, reliéfní povrch) použitelné pro exteriér pro zrakově postižené*. Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., 2020. Dostupné také z: https://koordinacesv.tzus.cz/media/files/technicke-navody/12/12_03_04.pdf

- [32] TP 103. *Navrhování obytných a pěších zón*. Mariánské lázně: Koura publishing, 2008. ISBN 978-80-902527-8-3.
- [33] ČVUT V PRAZE - STAVEBNÍ FAKULTA, KATEDRA SILNIČNÍCH STAVEB. *Zásady návrhu dopravního zklidňování na místních komunikacích*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2000.
- [34] ČSN 73 6056. *Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [35] VL. 2.2 ODVODNĚNÍ. *Vzorové listy staveb pozemních komunikací*. Ministerstvo dopravy ČR - odbor infrastruktury, 2008.
- [36] TP 152. *Štěrbínové žlaby na pozemních komunikacích*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2001.
- [37] TRNKA, M., Z. ŽALUD, P. HLAVÍNKA a L. BARTOŠOVÁ. *Průvodce změnou klimatu: Jaké bude klima?* [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/pruvodce-zmenou-klimatu/>
- [38] *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. In: . Ministerstvo životního prostředí, 2015. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)
- [39] *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu: Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015)*. In: . Ministerstvo životního prostředí.
- [40] *Adaptační strategie EU. Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/adaptacni_strategie_eu
- [41] VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ a Radim VÍTEK. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- [42] VÍTEK, Jiří. Jak se projevuje úroveň zákonných a technických předpisů na aplikaci modrozelené infrastruktury. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, **60**(3), 27-34. ISSN 0322-8916.
- [43] ČESKO. *Vyhláška č. 501/2006 Sb.: Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území*. In: . *Zákony pro lidi*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>
- [44] ČESKO. *Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby*. In: . *Zákony pro lidi*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- [45] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ, Jiří VÍTEK, Karel PLOTĚNÝ, Michal SUCHÁNEK, Oldřich PÍREK, Radim VÍTEK a Vojtěch BAREŠ. *Srážkové vody a urbanizace krajiny (TP 1.20.1)* [online]. ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE

- VÝSTAVBĚ, 2019 [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/tp-1-20-1/>
- [46] POJAR, Petr. *Plastovou, nebo betonovou zatravnňovací dlažbu?* [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/plastovou-nebo-betonovou-zatravnovaci-dlazbu-23764.html>
- [47] *Building in Harmony with Nature: An ecological concept for surface area reinforcement* [online]. Holzgünz: Hübner-Lee, 2013 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: https://huebner-lee.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Downloads/EN/TTE-Hauptbroschuere_EN.pdf
- [48] BURIAN, Samuel. *Vegetační souvrství zelených střech: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu*. Odborná sekce Zelené střechy, 2019. Dostupné také z: https://www.zelenestrechy.info/media/_file/412/Vegetacni_souvrstvi_zelenych_strech_Standardy_%202019_web-1.pdf
- [49] BURIAN, Samuel. Vertikální zahrady střízlivým pohledem. *Svaz zakládání a údržby zeleně* [online]. 2019 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.szuz.cz/cs/hlavni-menu/inspirace/zelene-strech/vertikalni-zahrady-strizlivym-pohledem/>
- [50] PLOTĚNÝ, Karel. Využití srážkových vod - současný stav a trendy. *ASIO - čištění a úprava vod, dešťové a šedé vody* [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/998.vyuziti-srazkovych-vod-soucasny-stav-a-trendy>
- [51] ČSN 75 9010 ZMĚNA Z1. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [52] *Vsakování srážkových vod: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj*. Praha: Odbor stavebního řádu, 2019.
- [53] MARTINEC, Tomáš, Alena MEDUNOVÁ, Jaroslav HOLLER, Kristýna ZÝKOVÁ, Miroslav PALEK a Petr BÍLEK. *Požadavky na řešení dešťových vod Plzeň: Aplikace přírodě blízkého hospodaření s dešťovou vodou ve veřejném prostoru*. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje Plzeň, 2018.
- [54] ČSN 75 9010/Z1 OPRAVA 2. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [55] BEECHAM, Simon a Terry LUCKE. *Street trees in paved urban environments - the benefits and challenges* [online]. Mawson Lakes: University of South Australia, 2015 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://treenet.org/wp-content/uploads/2020/05/Street-Trees-in-Paved-Urban-Environments-The-Benefits-and-Challenges.pdf>
- [56] GRANT, Joe a Danielle GALLET. *The value of green infrastructure: A guide to recognizing its economic, enviromental and social benefits*. Chicago: Center for neighborhood technology, 2010. Dostupné také z: https://www.cnt.org/sites/default/files/publications/CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf

- [57] ARMOUR, Tom, Mark JOB a Rory CANAVAN. *The benefits of large species trees in urban landscapes: a costing, design and management guide*. London: CIRIA, 2012. ISBN 978-0-86017-714-2.
- [58] SPPK A02 001. *Výsadba stromů*. Mendelova univerzita v Brně: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2013.
- [59] *Výkresy územního plánu* [online]. [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://app.iprpraha.cz/apl/app/vykresyUP/>
- [60] Územní srážky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>
- [61] Územní teploty. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>
- [62] *Centrální evidence vodních toků* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/prehledy-a-statistiky/aplikace/cevt.html>
- [63] Národní geoportál INSPIRE: mapy. *Národní geoportál INSPIRE* [online]. CENIA [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [64] ŠTOREK, David. *Praha - Klánovice: Hydrogeologická studie pro posouzení infiltračních poměrů*. Praha: K+K průzkum s.r.o., 2020.
- [65] TIMAO, s.r.o. *Terénní průzkum*. Praha.
- [66] *Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy: Kanalizační část. 6. aktualizace*. Praha, 2020.
- [67] ŠIMKOVÁ, Hana, Jakub KOTRLA a Martin KOLMISTR. *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí: Aktualizace 2019*. První. Brno: Ústav územního rozvoje, Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019. ISBN 978-80-7538-229-0.
- [68] Cena vodného a stočného. *Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/>

Seznam obrázků

Obr. 1: Tvorba dešťového odtoku [4].....	12
Obr. 2: Srovnání složek koloběhu vody v přirozeném zalesněném povodí a ve vysoce urbanizovaném prostředí [10].....	12
Obr. 3: Typ dvoupruhové místní komunikace funkční skupiny B a C se směrovým rozdělením [24]	25
Obr. 4: Rozhledové poměry na místní komunikaci s chodníkem [28]	27
Obr. 5: Přirozená a umělá vodící linie v exteriéru [30]	28
Obr. 6: Přehled českého právního rámce v oblasti HDV a působnost technických norem [41]	38
Obr. 7: Kombinace plastových roštů vyplněných dlažbou a vegetací na parkovacích plochách [47]	40
Obr. 8: Schéma konstrukčních vrstev vegetační střechy [48]	41
Obr. 9: Příklad stanovení odstupové vzdálenosti vsakovacího zařízení budovy [8]	43
Obr. 10: Výřez územního plánu s vyznačeným zájmovým územím [59].....	56
Obr. 11: Křížení Šestajovického potoka s ulicí Šlechtitelskou [65]	58
Obr. 12: První šachta ve směru toku v místě křížení Šestajovického potoka s ulicí Šlechtitelskou [65]	59
Obr. 13: Druhá šachta ve směru toku v místě křížení Šestajovického potoka s ulicí Šlechtitelskou [65]	59
Obr. 14: Kumulace povrchového odtoku na rozhraní komunikace a zeleného pásu/chodníku (úsek ulice Šlechtitelské mezi napojením na ulici Slavětínskou a křížení s ulicemi Přímské náměstí a v Koutku) [65]	61
Obr. 15: Kumulace povrchového odtoku na rozhraní komunikace a zeleného pásu (úsek ulice Šlechtitelské v oblasti Přímského náměstí) [65]	61
Obr. 16: Měsíční objemy přítoku vody do akumuláčnických nádrží.....	73

Seznam tabulek

Tab. 1: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod [8]	13
Tab. 2: Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod [12]	15
Tab. 3: Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování a účinnost pro různé druhy znečištění [12].....	17
Tab. 4: Nejmenší dovolení krytí vedení technického vybavení v podzemní trase [16]	20
Tab. 5: Nejmenší dovolené odstupové vzdálenosti ve svislém směru (mm) při křížení vedení technického vybavení v podzemní trase ¹ [16]	21
Tab. 6: Nejmenší dovolené odstupové vzdálenosti ve vodorovném směru (mm) při souběhu vedení technického vybavení v podzemní trase ¹ [16]	22
Tab. 7: Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně [19]	23
Tab. 8: Typy opatření hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaném území [10]	35
Tab. 9: Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů [12]	49
Tab. 10: Návrhová periodičita srážek pro dimenzování vsakovacích zařízení [8]....	48
Tab. 11: Seznam dotčených pozemků	54
Tab. 12: Dimenzování a posouzení úseků dešťové kanalizace.....	65
Tab. 13: Dimenzování krytých betonových žlabů	65
Tab. 14: Výpočet retenčního objemu nádrže.....	67
Tab. 15: Přibližné náklady navrhovaného liniového odvodnění.....	69
Tab. 16: Přibližné náklady dle počtu navrhovaných nádrží a návratnost investice .	69
Tab. 17: Přibližné náklady navrhované retenční nádrže.....	70

Seznam příloh

- Příloha 1: Redukované plochy odvodňovaného území
- Příloha 2: Přehledná situace
- Příloha 3.1: Situace č.1
- Příloha 3.2: Situace č.2
- Příloha 4.1: Podélný profil dešťové kanalizace
- Příloha 4.2: Podélný profil žlabů
- Příloha 5: Řez akumulční a retenční nádrží
- Příloha 6: Vzorové příčné řezy ulicemi

Příloha 1
Redukované plochy odvodňovaného území

Povodí P1

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.1	65,38	dlažba	0,8	52,30
CH.2	68,34	dlažba	0,8	54,67
CH.3	19,46	dlažba	0,8	15,57
CH.4	44,36	dlažba	0,8	35,49
CH.5.a	27,80	dlažba	0,8	22,24
V.1	8,00	dlažba	0,8	6,40
V.2	7,00	dlažba	0,8	5,60
V.3	6,00	dlažba	0,8	4,80
V.4	7,00	dlažba	0,8	5,60
A.1.a	35,50	asfalt	0,9	31,95
A.2.a	405,78	asfalt	0,9	365,20
Celkem	694,62			599,82

Povodí P2

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.11	29,58	dlažba	0,8	23,66
CH.12	43,62	dlažba	0,8	34,90
CH.13	37,78	dlažba	0,8	30,22
CH.14	55,26	dlažba	0,8	44,21
CH.15.a	42,56	dlažba	0,8	34,05
Z.1	50,75	travnatá plocha	0,1	5,08
Z.2.a	43,37	travnatá plocha	0,1	4,34
V.10	4,50	dlažba	0,8	3,60
V.11	46,23	dlažba	0,8	36,98
V.12	15,05	dlažba	0,8	12,04
V.13	14,12	dlažba	0,8	11,30
VD.1	32,66	veg. tvárnice	0,2	6,53
A.1.b	46,21	asfalt	0,9	41,59
A.3.a	407,42	asfalt	0,9	366,68
Celkem	869,11			655,17

Povodí P3

Dílčí povodí úseku Š1-Š2:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.5.b	19,88	dlažba	0,8	15,90
CH.6	18,89	dlažba	0,8	15,11

CH.7.a	7,64	dlažba	0,8	6,11
V.5	7,00	dlažba	0,8	5,60
V.6	7,00	dlažba	0,8	5,60
Z.2.b	7,02	travnatá plocha	0,1	0,70
Z.3	59,92	travnatá plocha	0,1	5,99
Z.4.a	9,06	travnatá plocha	0,1	0,91
CH.15.b	6,44	dlažba	0,8	5,15
CH.16	65,89	dlažba	0,8	52,71
CH.17.a	81,73	dlažba	0,8	65,38
A.2.b	212	asfalt	0,9	190,80
A.3.b	212	asfalt	0,9	190,80
Celkem	714,47			560,78

Dílčí povodí úseku Š2-Š3:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.7.b	14,29	dlažba	0,8	11,432
CH.8.a	54,57	dlažba	0,8	43,656
V.7	8,89	dlažba	0,8	7,112
Z.4.b	11,66	travnatá plocha	0,1	1,166
CH.17.b	9,47	dlažba	0,8	7,576
Z.5.a	55,47	travnatá plocha	0,1	5,547
CH.18.a	42,73	dlažba	0,8	34,184
V.15	16,94	dlažba	0,8	13,552
A.2.c	126,6	asfalt	0,9	113,94
A.3.c	126,6	asfalt	0,9	113,94
Celkem	467,22			352,11

Dílčí povodí úseku Š3-Š4:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.8.b	18,47	dlažba	0,8	14,78
V.8	11,00	dlažba	0,8	8,80
V.9	6,00	dlažba	0,8	4,80
CH.9	3,21	dlažba	0,8	2,57
CH.10.a	35,73	dlažba	0,8	28,58
Z.5.b	11,83	travnatá plocha	0,1	1,18
CH.18.b	10,15	dlažba	0,8	8,12
V.16	17,04	dlažba	0,8	13,63
Z.6	19,20	travnatá plocha	0,1	1,92
Z.7.a	13,31	travnatá plocha	0,1	1,33
CH.19	23,87	dlažba	0,8	19,10
V.17	17,12	dlažba	0,8	13,70

CH.20.a	10,66	dlažba	0,8	8,53
A.2.d	107,71	asfalt	0,9	96,94
A.3.d	107,71	asfalt	0,9	96,94
Celkem	413,01			320,91

Dílčí povodí úseku Š8-Š4:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.10.b	36,48	dlažba	0,8	29,18
CH.20.b	25,25	dlažba	0,8	20,20
Z.7.b	18,06	asfalt	0,9	16,25
A.2.e	29,6	asfalt	0,9	26,64
A.3.e	29,6	asfalt	0,9	26,64
A.4.a	90,5	asfalt	0,9	81,45
A.5.a	98,02	asfalt	0,9	88,22
CH.21	25,41	dlažba	0,8	20,33
CH.22	33,74	dlažba	0,8	26,99
CH.23	24,31	dlažba	0,8	19,45
CH.24	44,85	dlažba	0,8	35,88
CH.25	35,73	dlažba	0,8	28,58
Z.8	85,94	travnatá plocha	0,1	8,59
A.6	230,62	asfalt	0,9	207,56
Celkem	808,11			635,97

Dílčí povodí Š5-Š6:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
A.4.b	21,57	asfalt	0,9	19,41
A.5.b	21,03	asfalt	0,9	18,93
A.7.a	176,05	asfalt	0,9	158,45
A.8.a	168,35	asfalt	0,9	151,52
Z.13	68,60	travnatá plocha	0,1	6,86
Z.14	24,00	travnatá plocha	0,1	2,40
CH.29	82,35	dlažba	0,8	65,88
CH.30	18,00	dlažba	0,8	14,40
V.22	15,00	dlažba	0,8	12,00
Z.9	11,22	travnatá plocha	0,1	1,12
Z.10	49,39	travnatá plocha	0,1	4,94
Z.11.a	19,62	travnatá plocha	0,1	1,96
CH.26	44,16	dlažba	0,8	35,33
CH.27	37,04	dlažba	0,8	29,63
CH.28.a	14,70	dlažba	0,8	11,76
V.20	14,00	dlažba	0,8	11,20

V.21	14,00	dlažba	0,8	11,20
Celkem	799,08			556,98

Dílčí povodí Š6-Š7:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
V.23	15,00	dlažba	0,8	12,00
CH.31	22,58	dlažba	0,8	18,06
A.7.b	289,76	asfalt	0,9	260,78
A.8.b	179,54	asfalt	0,9	161,59
Z.11.b	102,57	travnatá plocha	0,1	10,26
CH.28.b	105,53	dlažba	0,8	84,42
Z.21	30,00	travnatá plocha	0,1	3,00
Celkem	744,98			550,12

Dílčí povodí Š7-AN:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
Z.12.a	28,14	travnatá plocha	0,1	2,81
CH.28.c	108,48	dlažba	0,8	86,78
A.8.c	29,19	asfalt	0,9	26,27
Celkem	165,81			115,87

Celková plocha povodí P2 = 4112,68 m², redukovaná plocha A_{red} = 3092,73 m².

Povodí P4:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.32	34,20	dlažba	0,8	27,36
CH.36	45,04	dlažba	0,8	36,03
CH.37	32,34	dlažba	0,8	25,87
CH.38	46,29	dlažba	0,8	37,03
V.25	5,25	dlažba	0,8	4,20
V.26	5,25	dlažba	0,8	4,20
A.9	107,43	asfalt	0,9	96,69
A.12	275,82	asfalt	0,9	248,24
A.7.c	106,34	asfalt	0,9	95,71
Celkem	657,96			575,33

Povodí P5:

Dílčí povodí Ž2.1:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.39	44,15	dlažba	0,8	35,32
CH.40	70,30	dlažba	0,8	56,24
CH.41	11,36	dlažba	0,8	9,09
V.27	13,05	dlažba	0,8	10,44
V.28	15,00	dlažba	0,8	12,00
Z.18	32,68	travnatá plocha	0,1	3,27
Z.19	91,77	travnatá plocha	0,1	9,18
Z.20	14,62	travnatá plocha	0,1	1,46
A.10.a	61,01	asfalt	0,9	54,91
A.13	275,87	asfalt	0,9	248,28
Celkem	629,81			440,19

Dílčí povodí Ž2.2:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
CH.33	21,24	dlažba	0,8	16,99
CH.34	50,86	dlažba	0,8	40,69
CH.35	54,70	dlažba	0,8	43,76
V.24	12,52	dlažba	0,8	10,02
A.10.b	46,53	asfalt	0,9	41,88
A.11	389,30	asfalt	0,9	350,37
Z.15	107,32	travnatá plocha	0,1	10,73
Z.16	22,22	travnatá plocha	0,1	2,22
Z.17	45,36	travnatá plocha	0,1	4,54
Celkem	750,05			521,19

Dílčí povodí Ž2.3:

označení	plocha [m ²]	povrch	ψ [-]	A _{red} [m ²]
Z.12.b	49,57	travnatá plocha	0,1	4,96
CH.28.d	89,26	dlažba	0,8	71,41
A.8.d	87,96	asfalt	0,9	79,16
Celkem	226,79			155,53

Celková plocha povodí P5 = 1606,65 m², redukovaná plocha A_{red} = 1116,91 m².