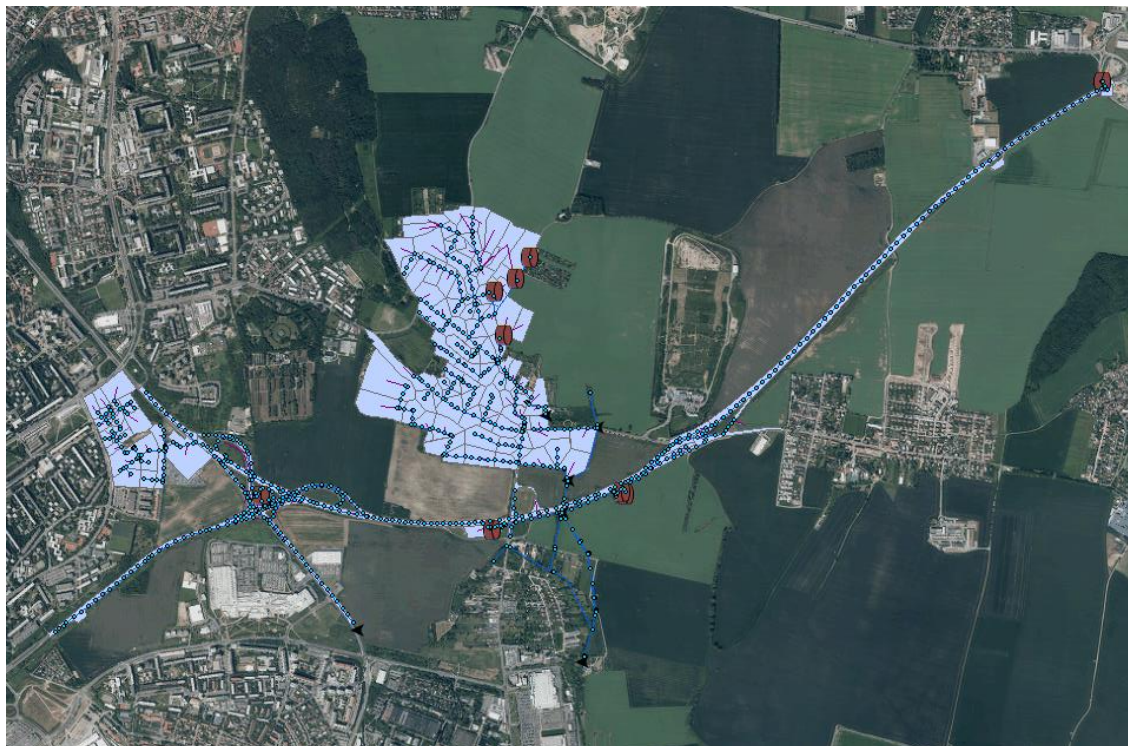


Studie odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice



STUDIE
Průvodní zpráva
Fáze II. Závěrečná zpráva projektu
září 2021



AQUA PROCON s.r.o.
Projektová a inženýrská společnost – divize
Praha
Dukelských hrdinů 12, 170 00 Praha
tel.: 266 109 335, fax: 266 712 140
E-mail: info@aquaprocon.cz
www.aquaprocon.cz

<i>Vedoucí projektu</i>	Ing. Tomáš Metelka, Ph.D.
<i>Vedoucí dílčího projektu</i>	
<i>Zodpovědný projektant</i>	Ing. Jaromír Štosek
<i>Vypracoval</i>	Ing. Jaromír Štosek,
<i>Kontroloval</i>	Ing. Radovan Haloun, CSc.

<i>Investor</i>	Pražská vodohospodářská společnost a.s.
<i>Objednatel</i>	Pražská vodohospodářská společnost a.s.

<i>Formát</i>	70xA4	<i>Měřítko</i>		<i>Stupeň</i>	Studie	<i>Datum</i>	11/2021	<i>Zakázkové číslo</i>	1571021-03
---------------	-------	----------------	--	---------------	--------	--------------	---------	------------------------	------------

Projekt

Studie odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice

<i>Příloha</i>	<i>Číslo přílohy</i>	<i>Revize</i>
Průvodní zpráva – Fáze II (Závěrečná zpráva projektu)	1	0

1. Obsah

1. Obsah	4
2. Úvod	7
2.1. Povodí MČ Ďáblice	7
2.2. Problémy odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice	7
2.2.1. Dešťová událost 14.8.2020	8
2.3. Klimatická změna	9
3. Cíle projektu	10
3.1. Fáze projektu	10
4. Principy řešení	12
4.1. Metodika simulace přívalových srážek	12
4.2. Použité normy a standardy	14
4.3. 1D a 2D simulační model	15
4.4. Principy řešení adaptace měst na přívalové srážky	15
4.5. Využití prvků HDV	15
4.5.1. Princip návrhu prvků HDV v programu GONEW	16
4.5.2. Implementace prvků HDV	16
4.5.3. Výpočtová metoda	17
5. Podkladová data	19
5.1. 1D simulační model	19
5.2. Srážková data	21
5.3. Digitální model reliéfu	23
5.4. Foto a video dokumentace	23
6. Příprava a kalibrace simulačních modelů	25
6.1. Úpravy 1D simulačního modelu	25
6.1.1. Ořezání modelu a úprava hydrologie	25
6.1.2. Úpravy modelu kanalizace	26
6.2. Kalibrace 1D modelu na dešťovou událost ze dne 14.8.2020	26
6.2.1. 1D model na dešťovou událost ze dne 16.9.2021	28
6.3. Stavba 2D simulačního modelu a spojení 1D a 2D modelu	30
6.3.1. Úprava DMR	30
6.3.2. Spojení 1D a 2D simulačního modelu	30
7. Stávající funkce odvodnění MČ Ďáblice	31
7.1. Výsledky simulace srážky dne 14.8.2020 v 1D modelu	31
7.2. Výsledky simulace srážky dne 14.8.2020 ve 2D modelu	32
7.3. Výsledky simulace srážky dne 16.9.2021 v 1D modelu	33
7.4. Výsledky simulace srážky dne 16.9.2020 v 2D modelu	34
8. Navržená opatření a jejich vliv na ochranu území	35

8.1.	Zvolené technické varianty řešení MČ Ďáblice	35
8.2.	Úpravy 1D simulačního modelu pro zvolené varianty	35
8.2.1.	Odpojení srážkových vod od stávající stokové sítě (HDV - Hospodaření s dešťovou vodou) na povodí MČ Ďáblice	36
8.2.2.	Prověření navrženého odvodnění ul. Šenovské (návrh VRV)	38
8.2.3.	Odpojení extravilánových vod nad ulicí Šenovská	39
8.2.4.	Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková ...	39
8.2.5.	Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková + využití propoje DN 400 (u Hasičů)	39
8.3.	Vliv navržených opatření na ochranu území MČ Ďáblice	41
8.3.1.	Odpojení srážkových vod od stávající stokové sítě (HDV - Hospodaření s dešťovou vodou) na povodí MČ Ďáblice	41
8.3.2.	Prověření navrženého odvodnění ul. Šenovská (návrh VRV)	42
8.3.3.	Odpojení extravilánových vod nad ulicí Šenovská	42
8.3.4.	Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková ...	43
8.3.5.	Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková + využití propoje DN 400 (u Hasičů)	43
8.4.	Nouzová cesta odtoku - dešťový koridor se suchými poldry	44
9.	Tvorba scénářů řešení	51
9.1.	Scénář SC 1 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory)	51
9.2.	Scénář SC 2 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory)	52
9.3.	Scénář SC 3 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory)	54
9.4.	Scénář SC 4 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory) v rozsahu scénáře SC 1 & technická opatření v rámci stokové sítě	57
9.5.	Scénář SC 5 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory) v rozsahu scénáře SC 2 & technická opatření v rámci stokové sítě	58
9.6.	Scénář SC 6 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory) v rozsahu scénáře SC 3 & technická opatření v rámci stokové sítě	59
10.	Doporučený scénář	62
10.1.	Technické řešení	62
10.2.	Posouzení scénáře v simulačním modelu	66
10.3.	Odhad investičních nákladů	67
11.	Závěry a doporučení	68
12.	Přílohy	70

2. Úvod

V posledních letech zasahují přívalové deště území České republiky stále častěji a s větší intenzitou. Tento jev s sebou přináší důsledky v podobě lokálních záplav a funkčních problémů stokových sítí. Předkládaná studie odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice představuje do značné míry typický případ této situace, kdy se pod náporom přívalových vod ukazují funkční problémy na kanalizaci a jejích objektech, které je nutno řešit.

2.1. Povodí MČ Ďáblice

Povodí MČ Ďáblice se nachází na severním okraji Prahy, pokrývá oblast samostatné městské části. Ďáblice jsou městská čtvrť a katastrální území Prahy, tvořící území městské části Praha-Ďáblice. Původně se jednalo o samostatnou vesnici, která byla roku 1968 připojena k Praze. Do území Ďáblic spadá část Ďáblického háje, kde je vrch Ládví (358 m n. m.), a hvězdárna Ďáblice. Na území Ďáblic (směrem k Březiněvsi) je rekultivovaná skládka komunálního odpadu. Podle Ďáblic se jmenuje sídliště Ďáblice, které však již leží na území Kobylis v městské části Praha 8. V městské části je evidováno 64 ulic a 853 adres. Žije zde přes tři tisíce obyvatel. Hlavní místní komunikace se jmenuje Ďáblická. Celá oblast městské části se nachází v nadmořské výšce 360–250 m. n. m.

Odvedení odpadních vod je v MČ Ďáblice realizováno prostřednictvím oddílného stokového systému. Hlavní dešťová stoka odvodňující MČ Ďáblice je v profilu DN 600–800. Prochází postupně ulicemi U Parkánu, Ďáblická Kostecká, Chřibská. Na konci obce je dešťová stoka zaústěna do Mratínského potoka. Do této hlavní dešťové stoky se postupně napojují další boční stoky z jednotlivých odvodňovaných ulic (Chřibská, Kostecká, U Parkánu, Ďáblická).

2.2. Problémy odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice

V povodí MČ Ďáblice se nachází stoky oddílné kanalizační sítě, které zvláště odvádějí odpadní a srážkové vody. Vzhledem ke sklonovým poměrům došlo opakovaně k zaplavení komunikace v ulici Na Štramberku a U Parkánu. Dešťová stoková síť je dimenzována na intenzitu 160 l/sha. Území, ze kterého natéká dešťová voda převážně po komunikaci z ul. Statková a Šenovská. Voda, která způsobila zaplavení se valila po místní komunikaci směrem od západu po ul. Statková, Květnová, Šenovská, Na Štramberku, U Parkánu a dále ul. Ďáblická a Kostecká až do Mratínského potoka. Došlo i vyplavení přilehlých objektů.



Obrázek 1 Výčet hlavních zatopených ulic při srážkové události 14.8.2020

Zpracovaný Generel odvodnění HMP předpokládá převedení srážkových vod ze severo – západní části obce do prostoru pramenné oblasti Mratínského potoka a jejich zachycení v nové retenční nádrži.

Dále byla VRV a.s. zpracována studie odvodnění, která řešila zachycení srážkových vod ve v podzemních retenčních nádržích na dešťové kanalizaci uvnitř obce a přesměrování části srážkových vod uvnitř povodí do jiných větví dešťové kanalizace. Tato opatření byla navržena pro zachycení běžných srážkových událostí dle platných norem a Městských standardů.

Z tohoto důvodu byl PVK zadán projekt studie odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice.

2.2.1. Dešťová událost 14.8.2020

Dne 14.8.2020 se na povodí MČ Ďáblice vyskytla extrémní srážková událost, která je zachycena na okolních srážkoměrech:

- 1) D 00 na ÚČOV Praha - intenzita 434,7 l/s/ha 14.8.2020 v 17,28h,
- 2) D 10 Ládví - intenzita 455,5 l/s/ha 14.8.2020 v 17,27h – nejbližše umístěný,
- 3) D 06 Suchdol - intenzita 179,0 l/s/ha 14.8.2020 v 17,59h,
- 4) D 05 Bruska - intenzita 459,54,7 l/s/ha 14.8.2020 v 17,22h,
- 5) D 013 Prosek - intenzita 104,9 l/s/ha 14.8.2020 v 17,22h,

Z naměřených hodnot vyplývá, že se jednalo o typickou lokální přivalovou srážku, která způsobí rychlou místní záplavu (dle videa z kamery - průtok ulicí Šenovská, Na Štamberku, U Parkánu). Území, na kterém extrémní srážka spadla tvoří topograficky „část trychtýře“, který po komunikaci v pokračování ulice Na Štamberku, resp. U Parkánu přivádí srážkové vody na centrální

křižovatku obce (ulice Ďáblická – Kostelecká). Při této události vytékala voda v komunikaci šachtami do výšky cca 30cm.

Voda, která způsobila zaplavení prošla obcí ve třech hlavních osách , resp. ulicích a to:

- ulice Šenovská - Na Štamberku – U Parkánu,
- ulice Ďáblická,
- ulice Chřibská – Kostelecká,

Tento přívalový déšť vlivem vytopení přilehlých objektů tedy způsobil značné materiální škody. Výše popsaná situace se bohužel opakuje několikrát do roka (i když v minulosti s menšími důsledky) a je tedy třeba najít technické řešení na odstranění stávajících kapacitních problémů této lokality.

2.3. Klimatická změna

Problematika přívalových dešťů a adaptace měst na ochranu před jejich důsledky se začíná v posledních několika letech řešit v celé Evropě. Přívalové deště v důsledku extrémních suchých období nabírají na intenzitě a tento trend bude trvat i nadále v důsledku probíhající změny klimatu. Výsledky klimatických modelů odhadují nárůst intenzity přívalových dešťů do roku 2100 (Klimatický Faktor) v podmínkách ČR okolo 20-40 %. Tento fakt s sebou přináší vzrůstající zájem měst a obcí na ochraně městské infrastruktury před přívalovými dešti ruku v ruce s konceptem hospodaření s dešťovou vodou v obdobích sucha. Je přitom jasné, že stávající kanalizace nemůže pojmout objemy vod z těchto extrémních srážek a také není možné stávající jednotnou nebo dešťovou kanalizaci dále rekonstruovat. Jedinou možnou adaptací města na takovéto extrémní situace je manipulace s dešťovými vodami (transformace, retence, retardace, přesměrování atd.) na povrchu povodí. Příkladem takového postupu je i zpracovaný generel přívalových dešťů města Kodaň z roku 2014 (jako důsledek zkušenosti města s několika extrémními srážkovými událostmi z let 2010-2012), ve kterém je proveden návrh adaptačních opatření v samotném centru města.

Velkým nedorozuměním v oblasti řešení přívalových dešťů je známý fakt, že tyto lokální extrémní události není v principu možno předvídat. To je sice pravda, ale pravda již není, že se na takovéto situace nemůže daná obec či město připravit. Přesto, že v současnosti nemůžeme předpovědět kdy a v jaké síle udeří lokální přívalový déšť na danou lokalitu, můžeme s využitím simulačních modelů příchod takovéto extrémní situace nasimulovat a vyhodnotit potenciální dopady a negativní důsledky. Navíc, při znalosti důsledků přívalové srážky na jednotlivé lokality v městě (směr proudu vody, lokální deprese vyplněné vodou, zasažená infrastruktura atd.) můžeme ve smyslu výše uvedeného přístupu navrhnout opatření pro adaptaci města na příklad s pomocí přesměrování proudu vody, zpoždění a redukci objemu vod atp. a tím je možno připravit (adaptovat) danou lokalitu na příchod extrémní události tak, aby došlo k minimalizaci škod a k ochraně městské infrastruktury a majetku obyvatel.

S ohledem na situaci na MČ Ďáblice dne 14.8.2020 lze tvrdit, že se jednalo o jasný příklad přívalového deště, na který v principu žádná kanalizace není dimenzována. A tudíž ho nedokáže bez problémů odvodnit. Důsledky změny klimatu pak povedou k nárůstu četnosti extrémních dešťů v celé zemi hl. m. Prahu nevyjímaje. Je tedy třeba při řešení vzít v úvahu i předpokládané trendy spojené s klimatickou změnou.

3. Cíle projektu

Problémy odvodnění MČ Ďáblice se opakují každoročně a působí materiální i morální škody. Je tedy třeba najít technické řešení na odstranění stávajících kapacitních problémů této lokality.

Prvním krokem pro vyřešení funkčních nedostatků odvodnění v této lokalitě je posouzení odtokových poměrů v zájmové oblasti zaměřenou na:

- a. možnost využití prvků hospodaření s dešťovou vodou (HDV) na redukci přímého odtoku dešťových vod do místní kanalizace,
- b. možnost eliminace přetížení stokové sítě pomocí přepojení sítě a umístění dalších retencí na kanalizaci,
- c. možnost využití retenční kapacity stokové sítě v horní části povodí MČ Ďáblice,
- d. možnost ochrany klíčové lokální infrastruktury před důsledky odtoku přívalových srážek v podobě lokálních zátop a škod na majetku.

Zpracování studie má být provedeno v rozsahu následujících parametrů řešení.

- a. Studie bude provedena jednak pro návrhové a posudkové srážky GOHMP a dále pro srážku ze dne 14.8.2020, která způsobila přetížení stokové sítě, výron odpadních vod na povrch a v důsledku toho lokální záplavu a škody na majetku.
- b. Studie využije výše popisované možnosti řešení s cílem:
 - i. Zajistit odvodnění dešťových vod pomocí navržených prvků HDV
 - ii. Zajistit odvodnění pomocí přepojení sítě a využití retenčních možností sítě
 - iii. Zajistit odvodnění pomocí řešení ochrany lokální infrastruktury pomocí analýzy a přesměrování odtoku dešťových vod po povrchu zájmové oblasti
- c. Studie bude zpracována s využitím jednorozměrného simulačního modelu kanalizační sítě a dále s využitím spojeného jedno a dvourozměrného simulačního modelu zájmového území.
- d. Studie bude respektovat postupy návrhu prvků HDV podle Pražských Stavebních Předpisů a Městských Standardů.
- e. Pro jednotlivé návrhy řešení ve všech fázích projektu bude zpracován odhad investičních nákladů spojených s navrženými opatřeními.

3.1. Fáze projektu

Fáze projektu jsou vytvořeny v souladu s popsányými požadavky na řešení ve dvou postupných krocích.

Fáze I

Studie bude řešit v první fázi projektu možnosti odpojení srážkových vod v horní části povodí při návrhových i extrémních srážkách. Bude řešeno jejich zasakování a využití v území, pokud zasakování nebude možné tak jejich povrchová akumulace a retence tedy využití a postupné bezpečné převedení zpět do stokového systému nebo jejich převedení do Mratínského potoka.

1) Odpojení srážkových vod od stávající jednotné stokové sítě

- odpojení komunikací, parkovišť - veřejných ploch
- střech z objektů veřejných např. školy, nemocnice, úřady...

Návrh prvků HDV a celkové řešení bude posouzeno v jednorozměrném simulačním modelu stokové sítě.

Dále bude provedeno na modelu stokové sítě s vloženými funkčními prvky HDV přepojení a zajištěna retenční ve stokové síti v oblasti povodí MČ Ďáblice podle podkladů předaných objednatelem. Řešení bude provedeno zejména pomocí:

- 1) Odpojení části ploch komunikací, parkovišť, budov ve vlastnictví HMP a MČ Ďáblice
- 2) Vybudování retenční ve stávající stokové síti s postupným regulovaným vypouštěním, včetně propojení / odpojení stok, vybudování nových stok, jejich zkapacitnění.
- 3) Opojení extravilánových vod

Pro řešení způsobu zajištění bezpečné likvidace srážkových vod při extrémních srážkových událostech je vhodné veškerá tato opatření kombinovat a postupnými kroky dle možností majetkoprávních i finančních zajistit zadržení vody v území a snížit nátok srážkových vod do stokové sítě.

Výsledkem řešení Fáze I bude analýza vlivu prvků HDV a opatření na stokové síti na odtokové poměry v oblasti (hlavně na funkci zájmového spadiště a přetížených stok).

Fáze II

Ve druhé fázi projektu bude provedeno řešení dopadu extrémních srážkových události na odtoky z povodí pomocí spojeného 1D a 2D simulačního modelu. Tato část projektu bude řešena s využitím zpracované „**Metodiky řešení vlivu extrémních srážek v důsledku klimatické změny na odtokové poměry v urbanizovaném povodí města Prahy**“ která byla zpracována v rámci generelu odvodnění HMP pro II detailní fázi projektu v roce 2018.

V této fázi budou navrženy způsoby řešení zachycení a přesměrování srážkových vod, které nepojme stoková síť, spolu s jejich objemy a umístěním v povodí.

- 1) Zadržení srážkových vod v území především v povrchových retencích a návrh na jejich bezpečné převedení - postupným vypouštěním do Mratínského potoka.
- 2) Přesměrování odtoku srážkových vod vzniklých na území s cílem zabezpečit klíčovou infrastrukturu před lokální záplavou.

Výsledkem řešení Fáze II bude analýza vlivu prvků HDV, opatření na stokové síti a opatření na povodí na odtokové poměry v oblasti (hlavně na funkci zájmového spadiště a přetížených stok) a návrh.

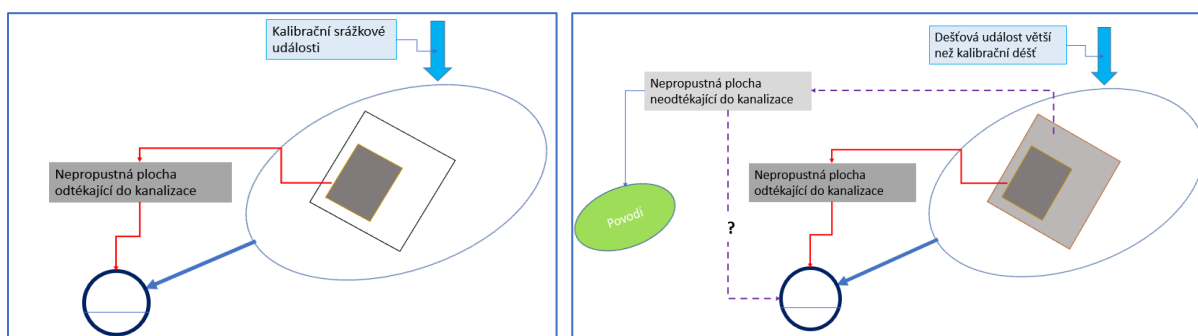
4. Principy řešení

4.1. Metodika simulace přívalových srážek

Při standardním řešení generelů odvodnění je nedílnou součástí prací na stavbě simulačního modelu jeho kalibrace (a případně verifikace). V praxi tato aktivita spočívá v tom, že na základě měřených dat srážek, průtoků, hladin a rychlostí dochází k úpravě hodnot parametrů modelu. Těmito parametry jsou hlavně velikost nepropustné plochy a počáteční ztráta nepropustných ploch, neboť tyto hodnoty charakterizují velikost výsledného odtoku z dílčího povodí. V rámci kalibrace je tak redukována hodnota velikosti nepropustných ploch (tzn. skutečná velikost nepropustných ploch zjištěná analýzou na povrchu) redukčním součinitelem (koeficientem s rozsahem 0-1) a případně je upravena i hodnota počáteční ztráty (obvykle používaná základní hodnota počátečních ztrát je pro nepropustné plochy 0,6 mm) tak, aby výsledná křivka průtokového hydrogramu v místě měření spočítaná v modelu v rámci simulace dané dešťové události odpovídala hodnotě průtokového hydrogramu z měření na síti pro tuto událost. Tento postup je plně v souladu s principy kalibrace popsány v literatuře a zajišťuje stejnou odezvu modelu na vnější podnět (srážku) jako je v reálném systému. Při tomto postupu jsou nicméně potlačeny dva spolu související podstatné aspekty.

- Prvním z nich je v literatuře citovaný fakt, že simulační model podává přesné výsledky jen v rámci rozsahu kalibrace. Pro větší než kalibrační deště vzniká menší nebo větší nejistota co do přesnosti výpočtu (velikosti vygenerovaného srážkového odtoku). To je v literatuře často dokumentovaná informace.
- Druhým faktem je praktický problém kalibrace na „malé“ a „velké“ deště. Je známou pravdou, že je velmi problematické úspěšně kalibrovat model zároveň na malé i velké srážkové události. (Buď je kalibrace úspěšná pro „malé“ nebo pro „velké“, ale ne pro oba typy najednou). Tato skutečnost se většinou obchází volbou kalibrace na „velké“ deště s ohledem na následné úlohy simulačního modelu. Jenže uvedený jev bude pravděpodobně fungovat obdobně i pro „větší“ než „velké“ deště, které ale nebyly v rámci časově omezené monitorovací kampaně získány.

Z výše uvedeného vyplývá, že v rámci kalibrace je vždy nastavena velikost nepropustných ploch ve vztahu k velikosti kalibračních dešťů. Pro dešťové události menších intenzit a úhrnů je tato plocha malá (malé hodnoty redukčního součinitele) zatímco pro větší srážkové události je celková nepropustná plocha větší. To je pravděpodobně důsledkem situace, kdy postupně začíná přitékat voda i z původně polopropustných ploch, které ovšem v rámci kalibrace na malé deště k odtoku nepřispívají (Obrázek 2).



Obrázek 2 Odtok srážkových vod při „malých“ a „velkých“ deštích

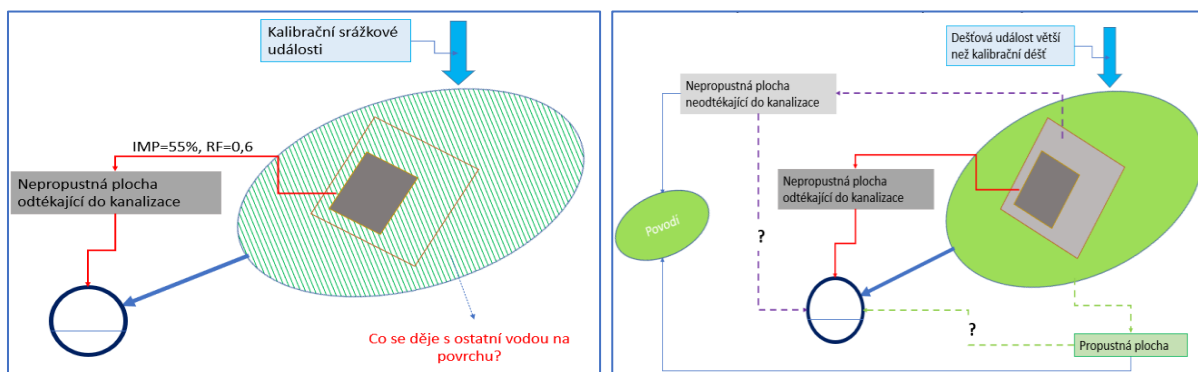
Je zřejmé, že určité procento srážkových vod se do kanalizace nedostane v důsledku hydraulických problémů uličních vpustí, nepřesností při vyspárování povrchu atd., nicméně velikost srážkové události hraje významnou roli při určení velikosti nepropustných ploch. Velikost nepropustných ploch tedy není konstantní, ale mění se s velikostí deště (a samozřejmě

v závislosti na hydrologických podmínkách povodí před příchodem deště). Problém pak nastává při zatížení modelu kalibrovaného na „malé“ srážky srážkovými událostmi „velkými“ (2, 5, 10letý déšť). Simulační model používá pro další výpočty a analýzy velikost nepropustné plochy stanovenou podle kalibrace jako konstantní hodnotu. 1D simulační model tak může podávat pro velké deště podhodnocené výsledky srážkového odtoku oproti realitě.

Z výše uvedeného plyne, že existuje vztah mezi velikostí kalibračního deště a celkovou nepropustnou plochou srážko-odtokového simulačního modelu. S ohledem na výše uvedené pak lze předložit další aspekt řešení srážkového odtoku. Tento fakt hraje důležitou roli při řešení simulace přívalových a extrémních dešťů pomocí 1D a 2D simulačních modelů

- Pro velké, přívalové nebo extrémní deště bude nakonec přispívat ke srážkovému odtoku celá plocha dílčího povodí, a to včetně propustných ploch.

Na následujícím obrázku je znázorněn schematicky princip kalibrace modelu v levé části na obrázku (Obrázek 3) a velikosti ploch, které se na celkovém odtoku podílejí při velkých (větších než kalibračních) srážkových událostech v pravé části na obrázku.



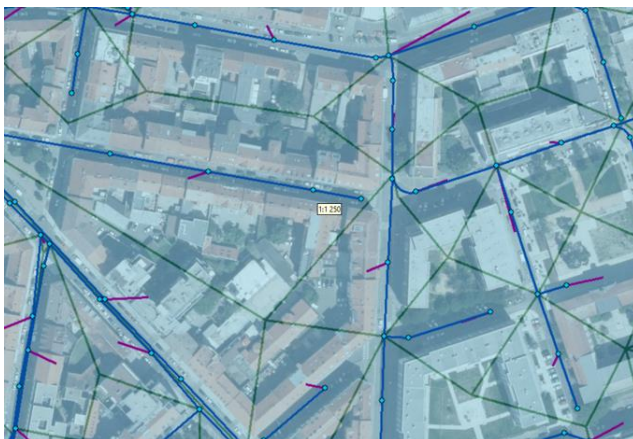
Obrázek 3 Rozdílný nátok srážkových vod do kanalizace při kalibračním a extrémním dešti

Z výše uvedených okolností plyne, že při simulaci srážkového odtoku z přívalových a extrémních dešťových událostí je třeba se zabývat nejen odtokem z nepropustných ploch zjištěných v rámci kalibrace, ale také ostatními plochami, které se na odtoku za těchto událostí podílejí. S ohledem na fakt, že simulace srážkového odtoku je prováděna v rámci 1D simulačního modelu, je zapotřebí upravit parametry srážko-odtokového děje tak, aby lépe odpovídaly skutečnostem uvedeným výše. Jako základní úpravu na úrovni srážkového odtoku je možno jmenovat úpravu povodí.

Jak již bylo diskutováno výše, velkou pozornost je nutno věnovat odtoku, a to nejen z nepropustných ploch zjištěných v rámci kalibrace modelu ale i ostatních ploch, které se při takovémto jevu a srážkovém odtoku podílejí. Jedná se o odtok z propustných ploch a dále o odtok z ploch nepropustných, které byly v rámci kalibrace redukovány redukčním součinitelem. Pro řešení odtoku z propustných ploch je navrženo následující alternativní řešení.

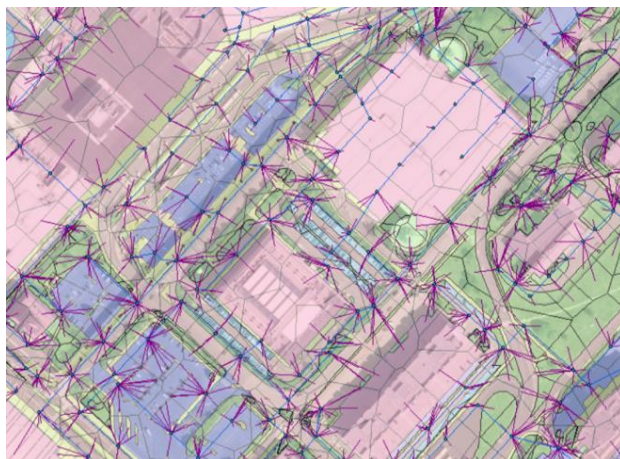
- a. Řešení pomocí doplňkových povodí
- b. Řešení pomocí skutečných typů zástavby

Řešení pomocí doplňkových povodí je založeno na duplikaci vrstvy dílčích povodí, přičemž odtok z těchto povodí je generován na doplňkové ploše k původní nepropustné ploše každého dílčího povodí. V hydrologických parametrech je pak odtok regulován pomocí procenta nepropustných ploch ($IMP=100\%$ - voda tedy bude odtékat z celé doplňkové plochy) a velikosti počáteční ztráty (IL) v rozmezí 16-30 mm. Velikost počáteční ztráty zajistí, že chování simulačního modelu bude až do velikosti srážkového úhrnu rovného počáteční ztrátě rovno chování původního simulačního modelu. Po zatížení modelu srážkou o úhrnu větším než IL dojde postupně k odtoku srážkových vod i z povodí původně označených jako propustné plochy.



Alternativní možností k výše uvedenému postupu je **b. Řešení pomocí skutečných typů zástavby**. Při tomto řešení je využito jako podkladu např. digitální vrstvy využití ploch, která stanovuje typ plochy (a tudíž její míru propustnosti) pro každý prvek na povodí (dům, ulice, náměstí, zeleň, dlažba atd.). Vrstva dílčích povodí je pak použita pro ohraničení všech prvků (nebo jejich částí) příslušných k danému dílčímu povodí. V tomto konceptu řešení není nutné přidávat do modelu paralelní vrstvu doplňkových povodí jako je tomu u metody a.

Odtok z polopropustných ploch nebo z ploch, které jsou v důsledku redukčního součinitele odpojeny z odtoku z nepropustných ploch je možno řešit zvýšením hodnoty redukčního součinitele, a to buď až na hodnotu $RS=0,9$ (hodnota součinitele odtoku z nepropustných ploch) anebo je možno využít informací z historických záplavových událostí pro reprodukci události na 1D anebo 1D+2D modelu (výskyt zátopů na povrchu povodí v dané oblasti) pomocí adekvátního zvýšení hodnoty RS . V tomto případě je ovšem třeba v dané simulaci použít i možnosti řešení odtoku z propustných ploch.



S ohledem na výše uvedené teoretické okolnosti bylo upraveno i hydrologické chování povodí MČ Ďáblice a to podle postupu a).

4.2. Použité normy a standardy

Pro výpočet retenčních objemů prvků HDV byla použita dostupná vodohospodářská legislativa. S ohledem na lokalitu celého řešení bylo pro návrh prvků HDV využito postupů navržených v Pražských Stavebních Předpisech. Pro řešení HDV je tedy použita metodika stanovená v Pražských Stavebních Předpisech a z nich vycházejících Městských Standardech. Podle této metodiky je návrh retenčního objemu prvků HDV stanoven na základě jednoho blokového deště o trvání 30 minut a opakování 10 let.

4.3. 1D a 2D simulační model

Pro simulace lokálních zátop v důsledku extrémních dešťových událostí je třeba uchopit celou problematiku srážkového odtoku z intravilánu z nového pohledu. Základní premisou navrženého řešení je fakt, že u přívalových dešťů a dešťů extrémních dochází postupně k odtoku srážkových vod z celého dílčího povodí, a ne pouze z nepropustných ploch tohoto povodí. Tomu faktu musí být celé řešení přívalových dešťů podřízeno. Dalším důležitým faktem je to, že stávající 1D simulační model používaný v ČR pro řešení generelů odvodnění nepodává dostatečně jasnou informaci o výronu vod z městské kanalizace a o jejich následném transportu po povrchu intravilánu. Z tohoto důvodu je třeba celé řešení rozšířit o 2D simulační model proudění vody po povodí. Propojením 1D a 2D simulačního modelu lze pak získat poměrně přesnou informaci o ohrožení plynoucím z přetížení stokové sítě a výronu odpadních vod na povrch v důsledku průchodu extrémních srážek. (Pro tento účel je proto v podmínkách ČR použit 1D simulační model MikeUrban a 2D simulační model Mike21 v konfiguraci zvané MikeFlood).

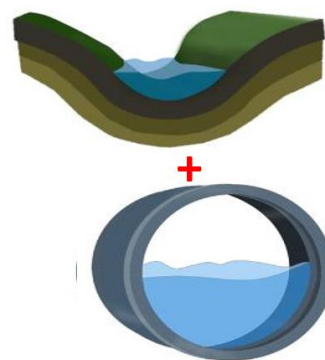
Tato kombinace simulačních modelů je dále použita jako technologie pro řešení projektu povodí MČ Ďáblice včetně předpokládaných záplav na jeho povodí.

4.4. Principy řešení adaptace měst na přívalové srážky

Základní premisy adaptace měst na přívalové srážky jsou následující.

- Stávající infrastruktura pro odvodnění měst je schopna odvodnit 10 až 15 leté deště
- Stávající infrastruktura neposkytuje mnoho možností pro zkapacitnění městského odvodnění
- Extremičita srážek bude v následujících desetiletích dále růst.

Z těchto předpokladů lze odvodit, že musíme hledat jiné místo pro odvodnění těchto extrémů. Tímto místem je povodí. Řešení ochrany před extrémními srážkami je tedy třeba hledat v optimalizaci funkce stávajících odvodňovacích systémů a nové ochranné infrastruktury na povrchu urbanizovaných povodí. Zároveň má být takovýto míst využito jako multifunkčních prostor splňujících mimo svou vodohospodářskou funkci i funkce jiné jako např. funkci míst volnočasových aktivit, funkce modro-zelené infrastruktury, zvýšení rekreační hodnoty místa, biodiverzita nebo zlepšení mikroklimatu.



4.5. Využití prvků HDV

Jednou z možností, jak se přívalovým dešťům bránit, může být aplikace prvků hospodaření s dešťovou vodou. Tento přístup vychází ze snahy o zadržení co největšího množství srážkových vod v místě jejich vzniku formou přímého zasakování do půdního profilu nebo zasakování s pomocí k tomu navržených prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (průlehy, suché poldry, mokřady, atd.). Je však třeba poznamenat, že HDV opatření mají prioritně za cíl nadlepení dlouhodobé vodní bilance v dané lokalitě a spolu v kombinaci se zelenými prvky (stromy, keře, ...) pak vytvářet příjemné prostředí s ochranou před horkem (tepelné ostrovy). Podle názoru zpracovatele projektu je však vliv těchto HDV opatření na transformaci záplavy v důsledku přívalového deště spíše okrajový a to i vzhledem k jejich normovým návrhovým parametrům (dimenzování na 10letý déšť o trvání 30 minut).

Zpracovatel pro návrh prvků HDV využil program GONEW. Tento program umožňuje navrhovat a posléze i posuzovat (převodem do programu MikeUrban) různé druhy prvků HDV (bodové

prvky, prvky změny povrchu a plošné prvky) na základě detailní analýzy povrchových charakteristik povodí.

4.5.1. Princip návrhu prvků HDV v programu GONEW

Klíčovým krokem řešení je detailní analýza parametrů povrchového odtoku jako vstupu pro výpočty srážko-odtokových vztahů. V rámci řešení je provedena detailní analýza povrchového odtoku pomocí definování a tvorby datové vrstvy tzv. kategorizovaných ploch. Kategorizované plochy představují geograficky orientovanou informaci o charakteru, druhu a vlastnostech jednotlivých povrchů v intravilánu města. Na následujícím obrázku je presentována vrstva kategorizovaných ploch zpracovaných na základě vstupních dat zastavěnosti území, které byly posléze manuálně upraveny s využitím podkladů jako je ortofoto, katastrální mapa, atp.

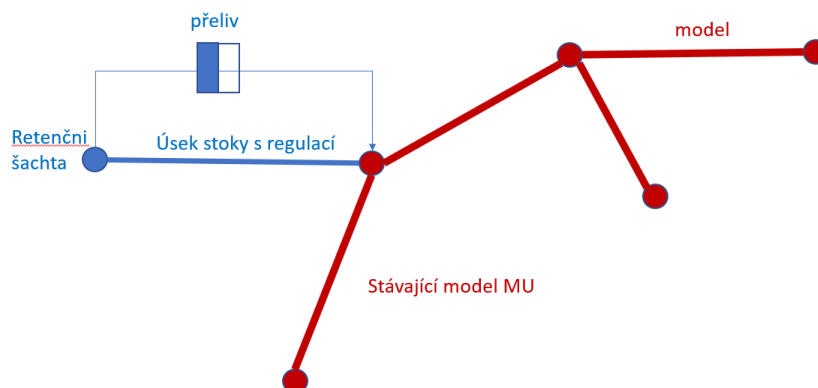


Obrázek 4 Ukázka zpracování parametrů povrchového odtoku

Na obrázku představují rozdílné barvy různé druhy povrchů (zde uvedené druhy povrchů jsou vybrány tak, aby byly vyčerpávajícím způsobem popsány povrchy s různými odtokovými parametry) s jejich odtokovými parametry (červená=střecha, šedivá=asfalt/beton, zelená=zeleň, atp.). Pro tyto druhy povrchů jsou pak stanoveny hodnoty počátečních ztrát v podobě smáčení, retence a infiltrace (odvozené z literatury), které společně definují počáteční ztráty na daném druhu povrchu (výška srážkového úhrnu v milimetrech do které ještě nedochází k odtoku z daného povrchu). Tímto způsobem je pak vytvořen tzv. „efektivní déšť“, který skutečně působí odtok z daného povrchu. Součinitel odtoku jednotlivých druhů povrchu je tedy stanoven pomocí detailního popisu počátečních ztrát.

4.5.2. Implementace prvků HDV

Pro řešení HDV je třeba vytvořit akceptovatelnou schematizaci zvolených opatření HDV tak, aby bylo možno je úspěšně používat v simulačním modelu. Pro tento účel byly vytvořeny objekty lokálních retencí s regulovaným odtokem, které jsou schematizovány v programu MikeUrban pomocí souboru objektů šachta, potrubí s regulací a přeliv (viz. Obrázek 5)



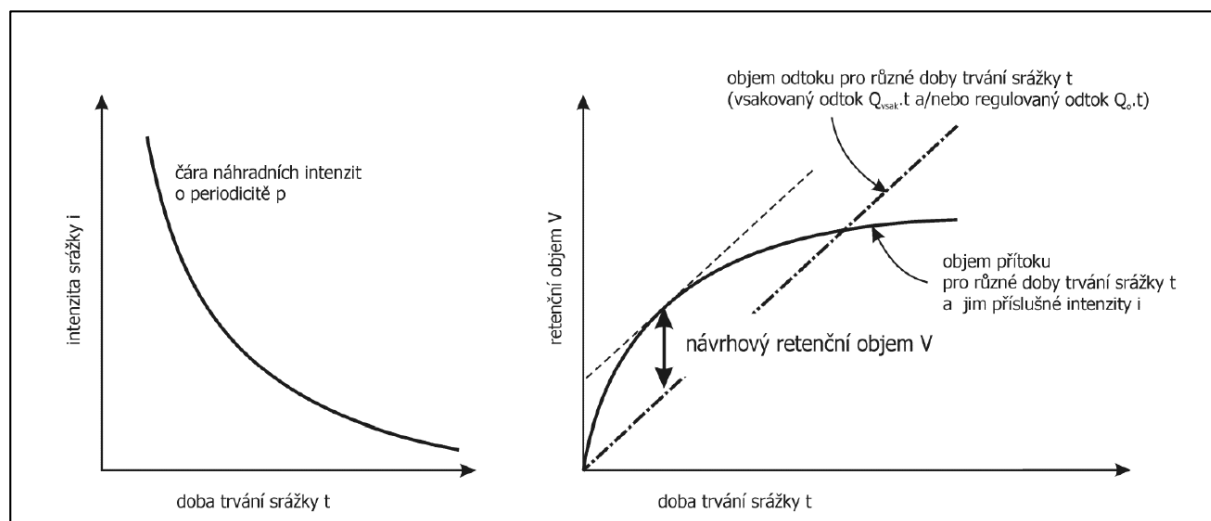
Obrázek 5 Konceptualizace objektu HDV při přenosu do prostředí Mike Urban

Na obrázku je modrou barvou zobrazen prvek HDV tak, jak je implementován do simulačního modelu. Jednotlivé objekty HDV jsou vytvořeny ve webovém portálu GONEW a jsou importovány do Mike Urban pro následné vyhodnocení funkce.

4.5.3. Výpočtová metoda

Obecné dimenzování objemu retenčních zařízení s regulovaným odtokem je řešeno v ČR normami TNV TNV 75 9011 a TNV 75 9010.

Hlavními vstupními daty pro dimenzování retenčního objemu V objektů HDV jsou srážková data. Pro výpočet objemu HDV v GONEW jsou v souladu s TNV 75 9011 používána statisticky zpracovaná srážková data ve formě čar náhradních vydatností nebo úhrnů s definovanou periodicitou alespoň 0,2 (obr.1, TNV 75 9011), popř. použity návrhové úhrny srážek s periodicitou 0,2 pro lokality s nadmořskou výškou pod 650 m n.m. dle TNV 75 9010 (Tabulka 1)



Obrázek 6 Schéma dimenzování retenčních prostor jednoduchou metodou návrhu

Nadmorská výška lokality (m n. m.)	Periodicita p (rok ⁻¹)	Doba trvání srážek																	
		t_s																	
		(min)																	
		5	10	15	20	30	40	60	120	240	360	480	600	720	1080	1440	2880	4320	
		Maximální návrhové úhrny srážek																	
h_d																			
(mm)																			
Do 650	0,2	12	18	21	23	25	27	29	35	39	44	49	50	51	54	55	73	85	
	0,1	14	21	24	27	30	32	35	42	46	54	56	58	59	63	66	88	100	
Nad 650	0,2	11	15	17	20	23	26	30	40	49	58	67	76	85	99	104	156	179	
	0,1	12	17	20	22	26	30	35	46	56	67	77	87	98	122	130	200	235	

Tabulka 1 Maximální návrhové úhrny srážek v ČR s dobou trvání 5 min až 4320 min (72 h)

Dimenzování retenčního objemu je provedeno nad řadou intenzit blokových dešťů výběrem takové srážky o délce trvání t se zvolenou periodicitou p , která způsobí největší rozdíl mezi objemem přítoku a odtoku.

Odtok z objektu HDV doporučuje norma TNV 75 9011 hodnotu přípustného specifického odtoku **3 l/(s.ha)**, nicméně v případě, že srážkové vody jsou odváděny do vod povrchových prostřednictvím stávajících svodnic či stávající dešťové kanalizace, stanoví přípustný odtok do svodnic jejich správce a do dešťové kanalizace její vlastník a/nebo provozovatel.

Výpočet velikosti retence a regulovaného odtoku se provádí dle upraveného vzorce TNV 75 9011.

$V = \text{přítok} - \text{odtok}$

$\text{Přítok} = \sum (h_d - IL) \cdot A_n / 1000$

$\text{Odtok} = Q_c \cdot A_n / 10000 \cdot t \cdot 60 / 1000$

Kde:

V retenční objem, v m³
 h_d výška srážky, v mm
 IL počáteční ztráta kategorizované plochy, v mm
 A_n kategorizovaná plocha, v m²
 Q_c přípustný specifický odtok, v l/(s.ha)
 t délka návrhové srážky, v min

Alternativní metoda dle PSP a Městských Standardů používá zjednodušený výpočet, který neprovádí výběr největšího objemu retence z řady zatěžovacích srážkových intenzit (TNV 75 9010), ale přímo vybírá jeden konkrétní déšť (intenzitu blokového deště) dané doby trvání a periodicity. Dle Městských Standardů je definice tohoto deště stanovena následovně. „Pro návrh objemu retence bude použit návrhový déšť o periodicitě 0,1 a délce trvání 30 minut a intenzitě 153 l/s.ha“. Jako maximální povolený regulovaný odtok z retenčního objektu je orientačně používán průtok o velikosti **3 až 10 l/s z 1 ha** z neredukované plochy. Jinak je celý výpočet stejný jako podle TNV 75 9010.

5. Podkladová data

Studie byla zpracována s využitím zdrojů podkladových dat přejatých jednak od objednatele, ale také vlastním sběrem dat provedeným zpracovatelem z dalších zdrojů. Mezi jednotlivá podkladová data patří:

- a. 1D simulační model
 - i. Model byl převzat od objednatele (PVS a.s.) ve formátu MDB
 - ii. Z původního modelu byla zpracovatelem využita (oříznuta) pouze část modelu pro sledovanou oblast MČ Ďáblice
- b. Srážková data
 - i. Tato studie je zpracována na základě historické extrémní srážky ze dne 14.8.2020
 - ii. Dále jsou posouzeny náhradní dešťové intenzity a soubor posudkových dešťů GO MHP
- c. Digitální model terénu
 - i. Tento model, který je nezbytný pro 2D simulace rozlivu, je převzatý z otevřených dat IPR Praha ve formátu TIFF
- d. Projekty a studie
 - i. Studie extrémních posuzovacích a zátěžových srážek s vlivem klimatické změny na území hlavního města Prahy
 - ii. Zaměření skutečného provedení retenční nádrže a dešťového sběrače, Sprintex, rok 2017
 - iii. Odvodnění Ďáblic a rekonstrukce komunikace procházející památkovou zónou
 - iv. Zaměření obtoku Mratínského potoka – potvrzení o předání geodetické dokumentace č.33/94, ze dne 17.1.1994
 - v. Předprojektová příprava - Projekt VRV – Stavba č.0133 TV Ďáblice Etapa 0005 - Odvodnění
 - vi. Studie proveditelnosti: Mratínský potok Eliminace povodňových průtoků přírodně blízkým způsobem
 - vii. Projektová dokumentace Propojení dešťové kanalizace v Ďáblicích ul. U Parkánu, P8, DUR+DSP, 01/2021, Akce č.1/1/V57/00
 - viii. Praha 8 – Ďáblice Kanalizační sběrač B, Inženýrskogeologická a hydrogeologická rešerše, rok 2017
 - ix. Generel odvodnění HL.M. Prahy – fáze II, severní část Prahy, B. Současný a výhledový stav, (10/2007)
- e. Foto a video dokumentace
 - i. Foto a videodokumentace pořízena občany MČ Ďáblice, hasiči MČ Ďáblice a dalšími subjekty.

5.1. 1D simulační model

Základním podkladem pro Studii odpojení dešťových vod byl 1D simulační model přejatý od objednatele. Po oříznutí modelu na zájmovou oblast vznikl 1D simulační model o celkové velikosti 160 ha (Obrázek 7). Model obsahující propojená dílčí povodí s kanalizační sítí je základním prvkem pro distribuci srážkové vody v zájmové oblasti. Díky úpravám v modelu můžeme predikovat i výhledový stav, tedy nasimulovat, co se stane, pokud dojde ke změně na síti či na povodí.



Obrázek 7 1D simulační model pro zájmovou oblast MČ Ďáblice

Stoková síť v modelu zahrnuje celou část MČ Ďáblice včetně odvodnění ulice Cínovecké včetně zaústění do Mratínského potoka.

Přejatý model je z hlediska strukturálních dat zcela v pořádku. Šachty obsahují informace o dně a poklopu šachty i jejich rozměrech. Šachty jsou propojeny potrubími se zadanými rozměry a materiálem. V modelu se nacházejí i další objekty, jako například odlehčovací komory, čerpací stanice aj. Veškeré tyto objekty jsou detailně popsány a model nebylo třeba dále upravovat. Stručná charakteristika modelu je shrnuta v následující tabulce (Tabulka 2). Celková délka kanalizace v modelu je cca 45.4 km.

Objekt	Velikost
Povodí (počet)	429
Šachty (počet)	1373
Potrubí (počet/délka [m])	1371/45 336
Výusti (počet)	13

Tabulka 2 Popis objektů simulačního modelu

Povodí v modelu lze rozdělit na propustná a nepropustná. Propustná povodí jsou hydrologicky nastavena tak, aby z nich voda odtékala až od 30 mm (IL = 30 mm). Nepropustná povodí pak mají počáteční ztrátu 1-6 mm. Existují ještě povodí s počáteční ztrátou 12 mm či 25 mm, lze je zařadit mezi částečně propustné.

Dále je odtok srážkové vody ovlivněn redukčním faktorem. Celková plocha, ze které voda odtéká, je tímto snížena. Celková plocha činí 160 ha, z toho propustné plochy (IL>0.012) pokrývají celkem 119.82 ha, zredukovaná propustná plocha je pak 60.57 ha. U nepropustných ploch je celková plocha 99.43 ha, zredukovaná plocha je 40.18 ha.

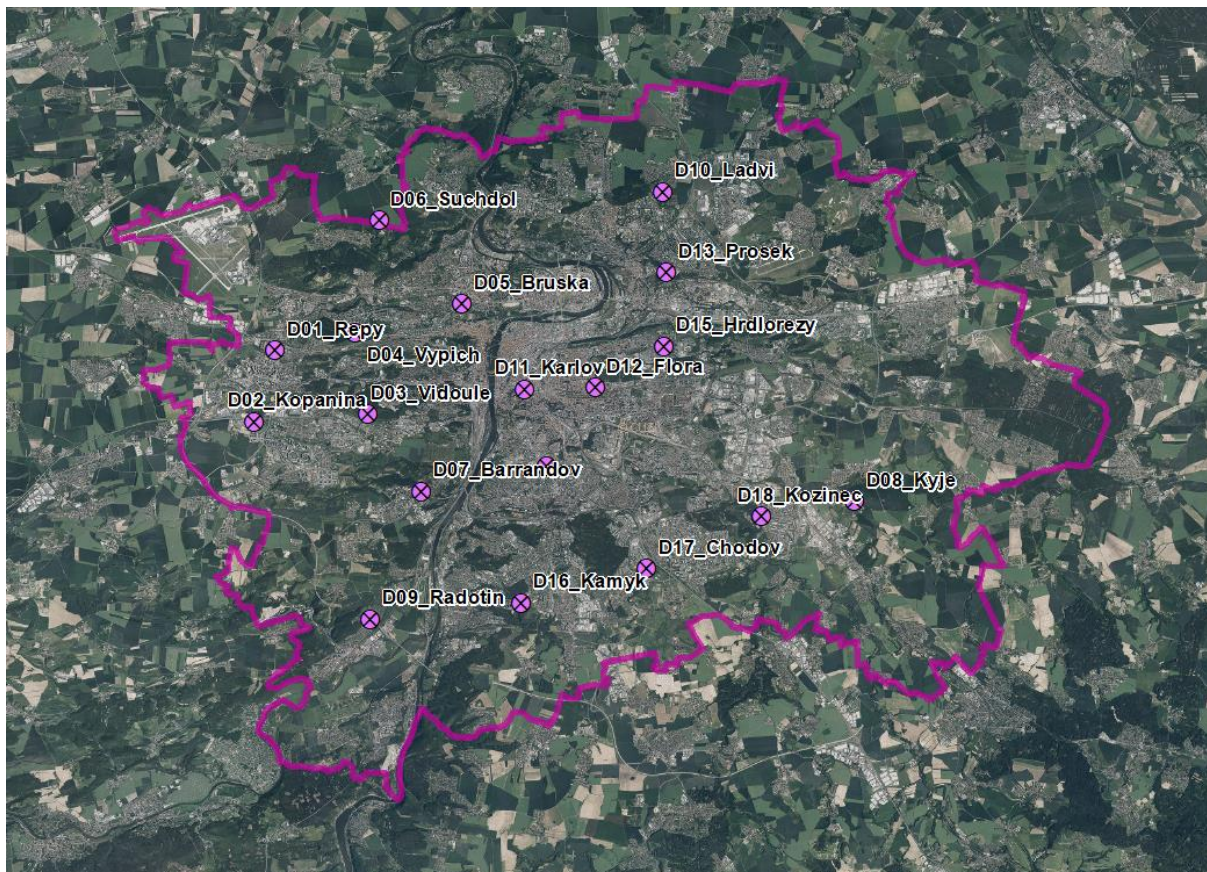
5.2. Srážková data

Data srážkových řad byla získána ze srážkoměrné sítě hl. m. Prahy od PVS a.s. Srážkoměry se vyskytují na 23 lokalitách, jednotlivé lokality jsou zadány do modelu pomocí souřadnic, jako je uvedeno v Tabulka 3.

ID stanice	souřadnice		
	X	Y	Z
D01_Repy	-751037	-1043408	372
D02_Kopanina	-751759	-1045849	393
D03_Vidoule	-747840	-1045589	371
D04_Vypich	-748280	-1042815	370
D05_Bruska	-744644	-1041817	241
D06_Suchdol	-747468	-1038964	344
D07_Barrandov	-746032	-1048235	291
D08_Kyje	-731236	-1048555	256
D09_Radotin	-747774	-1052583	305
D10_Ladvi	-737772	-1037980	295
D11_Karlov	-742498	-1044735	241
D12_Flora	-740085	-1044676	277
D13_Prosek	-737641	-1040740	253
D14_Zelena Liska	-741730	-1047374	272,2
D15_Hrdlořezy	-737718	-1043263	270
D16_Kamyk	-742609	-1052028	292
D17_Chodov	-738309	-1050856	322
D18_Kozinec	-734387	-1049086	313
D19_UCOV_F1	-743856	-1039937	neznámá
D20_Dubec	-732160	-1040914	neznámá
D21_Certousy	-727031	-1041149	neznámá
D22_Miskovice	-732967	-1035649	neznámá
D23_Ujezd_nad_lesy	-727639	-1045431	neznámá

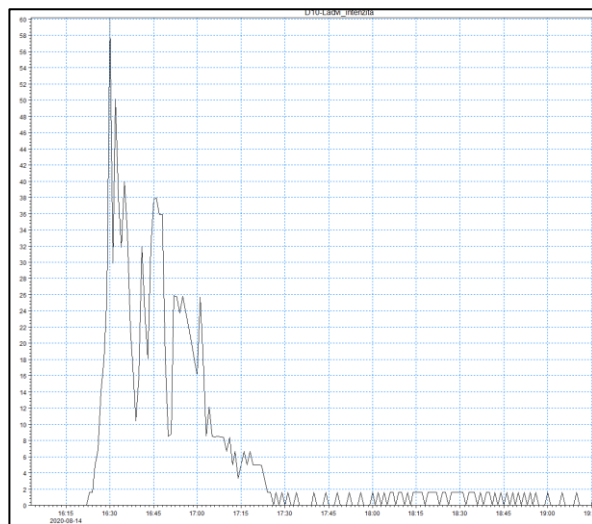
Tabulka 3 Lokality srážkoměrů PVS a.s.

Srážkoměrné stanice jsou pro přehled vyznačeny v mapě (Obrázek 8). Při srážce z 14.8.2020 byly pro sledovanou lokalitu využity stanice D10 Ládví, resp. stanice D19 ÚČOV a D22 Miškovice.



Obrázek 8 Umístění srážkoměrných stanic PVS a.s., které byly použity pro studii

Jednotlivé časové řady srážek pro všechny tři stanice jsou uvedeny na obrázku Obrázek 9. Maximální intenzity dosahuje stanice Ládví – 602 l/s/ha. Srážka trvala přibližně 60 min.



Obrázek 9 Srážková řada událost ze 14.8.2020 ve stanici Ládví.

Funkce stokového systému dešťové kanalizace MČ Ďáblice byla dále analyzována také na souboru náhradních dešťových intenzit pro hl. m. Prahu. Simulace proběhla na srážkových časových řadách o době trvání 15, 30 a 60 minut a dobu opakování N02 až N20 s využitím Šifaldova rozložení deště. Tabulka náhradních intenzit byla získána od objednatele.

Dále byla funkce stokového systému dešťové kanalizace MČ Ďáblice analyzována na souboru historických posudkových dešťů hl. m. Prahy, a to pro doby opakování N1, N2, N5 a N10 let. Srážková data byla převzata ze souboru časových řad srážkoměrných stanic PVS.

5.3. Digitální model reliéfu

Digitální model reliéfu (povrchu) DMR vznikl vyhodnocením leteckých snímků. Tato data pocházejí z otevřeného zdroje IPR Praha. Model zobrazuje terén včetně všech objektů na něm (budovy, mosty, porosty zeleně apod.). Síť je stavěna ze čtvercových buněk o rozlišení 1 m (Obrázek 10). Výchozím referenčním systémem je S-JTSK/Křovákovo konformní kuželové zobrazení East-North.

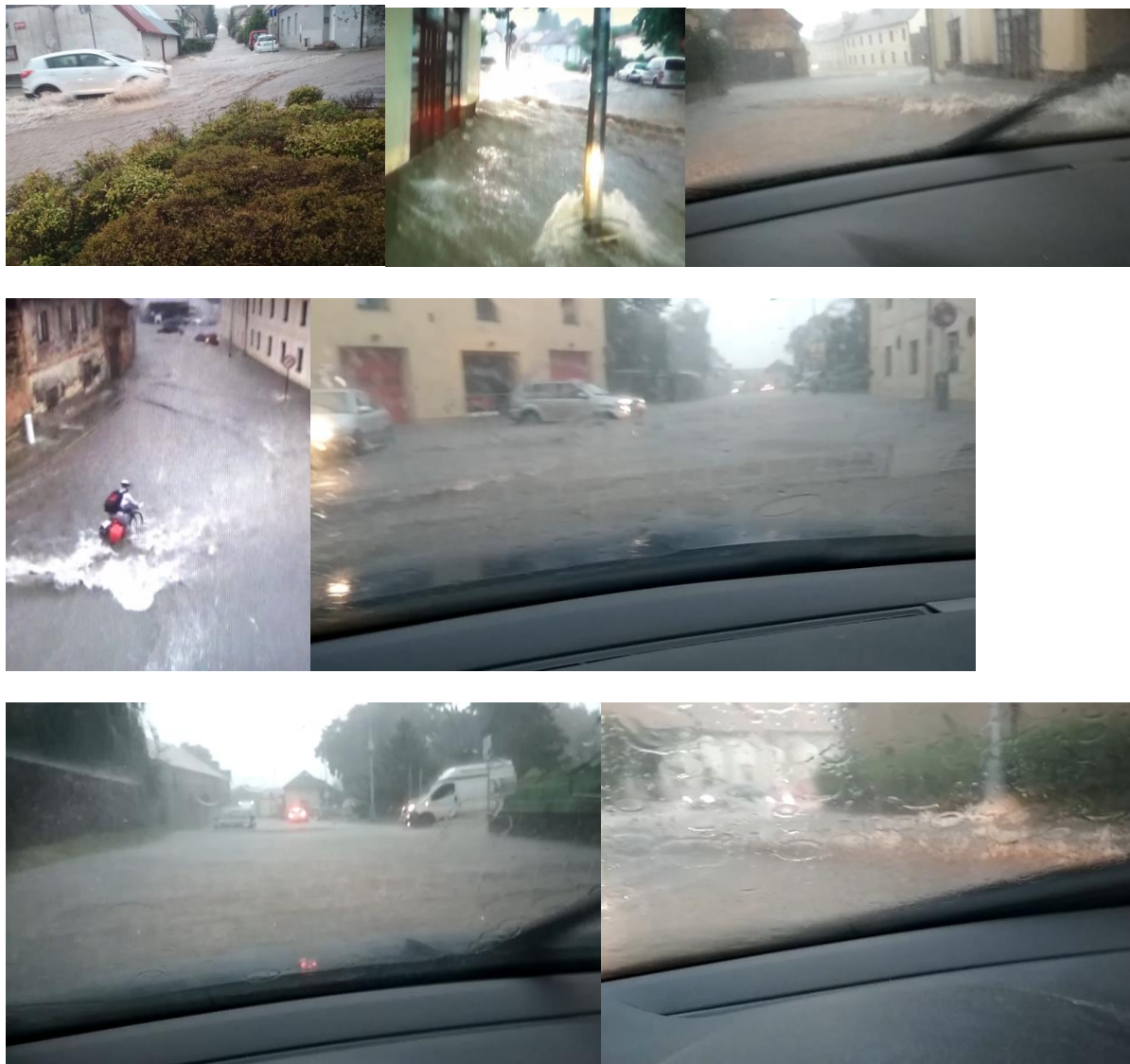


Obrázek 10 Digitální model reliéfu zájmové oblasti Ďáblice

Rastr celého použitého digitální model terénu má 4660 x 3483 gridových polí. Velikost jednoho pole je 1x1 m. Každé pole má souřadnice X, Y i Z (výškové uspořádání). V modelu došlo k několika úpravám zpracovatelem. Původní data obsahovala v některých místech data, resp. Z souřadnice, které bylo nutné upravit. Například mostní konstrukce svou výškou vytváří v modelu hráz, kde se voda po simulaci zadržuje, i přestože je v realitě koridor průchozí. V těchto místech došlo k revizi díky terénnímu průzkumu a místa byla posléze v modelu upravena. Po úpravě byl výsledný model použit pro simulaci rozlivu extrémní srážky po propojení 1D a 2D modelu.

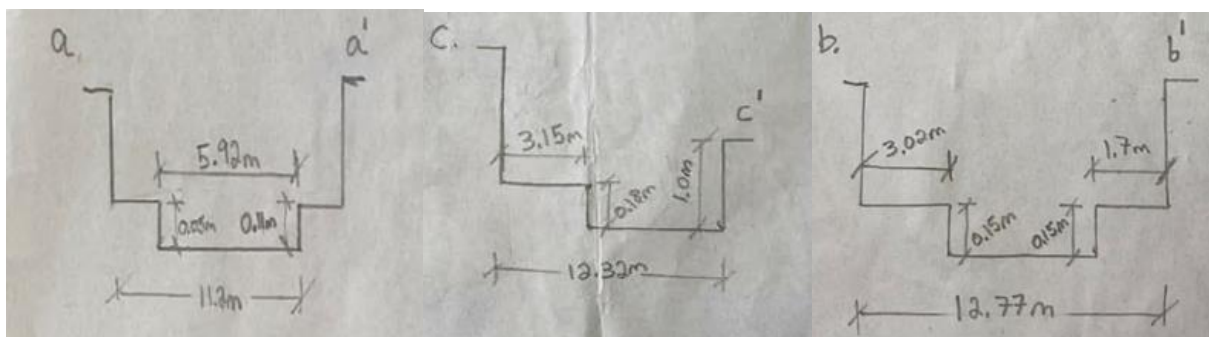
5.4. Foto a video dokumentace

Pro ověření výsledků rozlivu (resp. zasažených oblastí, hloubek a rychlostí vody) pro extrémní srážku byla velmi podstatná součást projektu poskytnutá fotodokumentace, případně videodokumentace. Záznamy o škodách po záplavě v MČ Ďáblice (Obrázek 11), ale i videozáznamy záplavy byly získány jednak od objednatele projektu, MČ Ďáblice, ale také od dalších subjektů. Dalším zdrojem dat je internet nebo informace získané od obyvatel MČ Ďáblice.



Obrázek 11 Fotodokumentace po extrémní srážkové události ze dne 14.8.2020

Na základě maximální výšky hladiny z videozáznamu a zaměřením koryta při terénním průzkumu (Obrázek 12) byla získána představa o průtocích a proteklých objemech při extrémní srážce a díky tomu bylo možné výsledky rozlivu modelu kalibrovat / verifikovat.



Obrázek 12 Návrh příčných profilů koryta poblíž A-A nad křižovatkou ul. Šenovská x Květnová, C-C Na Štamberku, B-B U Parkánu

6. Příprava a kalibrace simulačních modelů

Stokový systém města je navržený jako oddílný stokový systém. Stokový systém je navržen dle soudobých pravidel pro tento typ infrastrukturních staveb. Splaškový, ale především dešťový stokový systém (předmětem řešení této studie) je dle platné legislativy navržen na dvouletou návrhovou srážku. Při srážkové události, která se statisticky vyskytne 1 x za 2 roky, stávající dešťový stokový systém bezpečně převede dešťové odpadní vody intravilánem MČ Ďáblice.

Dne 14.8.2020, se ale v území MČ Ďáblice vyskytla více jak 100 - letá srážka. Na takto extrémní přívalovou srážku není žádné město, resp. jeho stokový systém koncipován. V důsledku proaktivního přístupu objednatele k řešení vyvstálé situace způsobené extrémní srážkou bylo zadání této studie. Studie řešení odpojení a převedení dešťových vod v povodí MČ Ďáblice způsobených právě srážkou ze 14.7.2020. V průběhu zpracování studie byl zhotovitel požádán objednatelem, aby následně zhodnotil i srážkovou událost ze dne 16.9.2021.

V prvním kroku bylo třeba připravit 1D simulační model tak, aby co nejvěrněji reprodukoval chování stokové sítě pro zdokumentovanou srážkovou událost ze dne 14.8.2020.

6.1. Úpravy 1D simulačního modelu

Původní simulační model (*SS_Sever_D_210806_new.mdb*) získaný jako jeden z klíčových podkladů projektu byl pro účely studie upraven pomocí následujících úprav.

6.1.1. Ořezání modelu a úprava hydrologie

Hranice původního modelu (Obrázek 13) byly upraveny tak, aby zahrnovaly pouze zájmovou oblast MČ Ďáblice a části ústí do Mratínského potoka (Obrázek 14). Do modelu byly doplněny výpočetní okrsky reprezentující extravilánové plochy. Dále byl model rozšířen o obtok a otevřené koryto Mratínského potoka.



Obrázek 13 Originální simulační model kanalizační sítě



Obrázek 14 Upravený simulační model kanalizační sítě

Hydrologické parametry byly následně v modelu upraveny v souladu s metodickými postupy tak, aby simulace záplavy byla schopna napodobit chování skutečné události ze dne 14.8.20120. U nepropustných povodí byly ponechány původní zkalibrované hydrologické parametry. Jelikož se ovšem jednalo o přívalovou srážku, kdy ke srážkovému odtoku dochází i

z původně propustných ploch, byla vytvořena nová povodí jako doplněk k nepropustné ploše na originálních povodích (označeno „GREEN“). Hydrologické parametry nových povodí byly finálně zkalibrovány následovně:

Hydrologické parametry	Označení	Hodnota
Nepropustná plocha	IMP_AREA	Doplněk nepropustné plochy originálních povodí [%]
Počáteční ztráta	IL	30 mm
Redukční faktor	RF	0,4

Tabulka 4 Hydrologické parametry nových povodí

6.1.2. Úpravy modelu kanalizace

Na modelu došlo pro stávající stav (SS) k následujícím úpravám.

a) Obtok Mratínského potoka

Vzhledem k nedostatečné kapacitě je Mratínský potok v části „pod dálničním tělesem“ obtokován. Obtok je realizován v kruhovém profilu 2 x DN 1 300. Zatrubněná část v délce cca 580 m obchází místní část Blata a ústí zpět do Mratínského potoka v blízkosti mostu v ulici U Červeného Mlýnu.

Tato skutečnost byla v modelu definována doplněním nových výpočetních uzlů a úseků spolu s rozdělovacím objektem na Mratínském potoce.

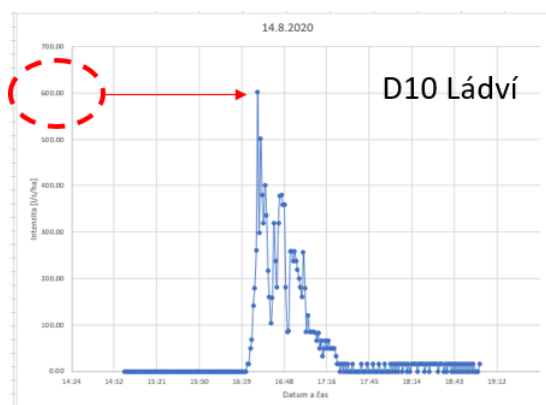
b) Mratínský potok – otevřené koryto

Na základě požadavku řešit vztah povodí MČ Ďáblice a Mratínského potoka, byl model doplněn o výpočetní úseky reprezentující Mratínský potok. Jelikož je Mratínský potok přírodním otevřeným tokem, byly jednotlivé úseky definovány příčnými otevřenými profily.

6.2. Kalibrace 1D modelu na dešťovou událost ze dne 14.8.2020

Kalibrace (nebo lépe řečeno nastavení parametrů modelu) byla provedena na srážkovou událost dne 14.8.2020. Tato událost byla změřena několika srážkoměrnými stanicemi v oblasti (Ládví, ČOV, Miškovice, Suchdol), Průměrný srážkový úhrn tohoto deště o trvání cca. 60 minut byl 42mm (v případě stanice Ládví se jednalo dokonce o hodnotu srážkového úhrnu 66mm).

Celková plocha povodí je 158 hektarů. Jednoduchým bilančním výpočtem podle srážkového úhrnu lze odhadnout, že celkový objem srážkových vod, které dopadly na povodí MČ Ďáblice v průběhu srážky dne 14.8.2020 je na úrovni cca. 42 tisíc m³. To je významně více než produkuje pro tuto srážku 1D simulační model z generelu odvodnění (24 000 m³). Důvodem jsou hlavně propustné, resp. extravilánové plochy, které v případě přívalového deště po určité době začnou fungovat jako nepropustné (naplní se kapacita půdy). Je tedy nutno zvýšit velikost srážkového odtoku odtokem z propustných, extravilánových ploch.



Velikost srážkového odtoku z propustných ploch byla nastavena podle okrajové podmínky a sice podle výšky hladiny dokumentované v konkrétních uličních profilech během této srážkové události. Odhad velikosti maximálního průtoku srážkových vod na povodí byl proveden na základě foto a videodokumentace průtoku v křižovatce ulic Šenovská x Květinova, Na Štamberku, U Parkánu. Jednotlivé profil jsou uvedeny na následujících obrázcích.

Profil křižovatky ulic Šenovská x Květinova



Profil Na Štamberku



Profil U Parkánu



Na základě těchto informací a po rekognoskaci terénu v dané lokalitě byl na základě změřeného příčného a podélného sklonu proveden hrubý výpočet předpokládaného množství vod o velikosti mezi 1.56 – 2.64 m³/s. Tyto hodnoty byly dále použity pro navýšení odtoku dešťových vod v povodí MČ Ďáblice tak, aby 1D simulační model v místě křižovatky (Šenovská x Květinova), Na Štamberku, U Parkánu vygeneroval stejný průtok vod. Za tímto účelem byla provedena série výpočtů srážkového odtoku a transportu vody v kanalizaci s cílem stanovit kalibrační parametry modelu.

Kalibrační parametry pro odtok z nepropustných ploch byly ponechány beze změny. Kalibrační parametry pro odtok z propustných ploch byly stanoveny hodnotou počáteční ztráty 30 mm a hodnotou redukčního součinitele 0,4. Za těchto podmínek odtéká po povrchu v důsledku výronu vod v profilu křižovatky Šenovská x Květinova v maximu 1.42 m³/s, v profilu Na Štamberku 2.05 m³/s a v profilu U Parkánu 2.27 m³/s, což je v souladu se zjištěnou realitou.

6.2.1. 1D model na dešťovou událost ze dne 16.9.2021

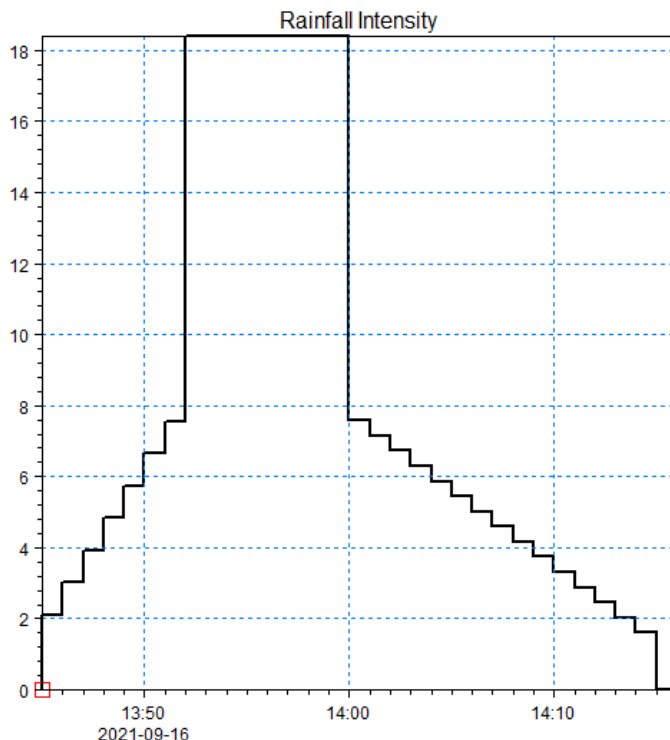
Na základě informací od objednatele bylo možné prověřit chování stokové sítě na jinou než extrémní srážku. Zhotovitel obdržel informaci o srážce ze dne 16.9.2021 a to:

- Srážkový úhrn: 14.4. mm
- Doba trvání: 30 min

Zároveň s těmito údaji objednatel poskytl i video záznam zachycující chování stokové sítě v ulici U Parkánu až po ulici Šenovská.

Pro zpracování informací o srážkové události bylo nutné převést informace o celkovém úhrnu a době trvání na blokový resp. Šifaldův déšť. Šifaldův déšť lépe vystihuje chování deště v podobě postupného nástupu, dosažené maximální intenzity s následným útlumem srážky.

Průběh srážky schématicizovaný prostřednictvím Šifaldova deště je uveden na následujícím obrázku.



Obrázek 15 Schématicizovaný průběh srážky – Šifalda (16.9.2021)

Při dešťové události dle Šifaldy bylo dosaženo maximální intenzity 184 l/sha. Průměrná intenzita pak odpovídá 80 l/sha.

Jednoduchým bilančním výpočtem podle srážkového úhrnu lze odhadnout, že celkový objem srážkových vod, které dopadly na povodí MČ Ďáblice v průběhu srážky dne 16.9.2021 je na úrovni cca. 9.4 tisíc m³. To je významně více než produkuje pro tuto srážku 1D simulační model z generelu odvodnění (4 800 m³). Důvodem jsou hlavně propustné resp. extravilánové plochy, které v případě přívalového deště po určité době začnou fungovat jako nepropustné (naplní se kapacita půdy). Je tedy nutno zvýšit velikost srážkového odtoku odtokem z propustných, extravilánových ploch.

Z výše uvedeného vyplývá, že průtoky a jím odpovídající výšky hladin v jednotlivých profilech, které byly v rámci modelu dosaženy, odpovídají skutečným průtokům, hladinám při srážkách 14.8.2020 a 16.9.2021. Kalibrační profily jsou pro přehlednost graficky uvedeny na Obrázek 16, tabelární srovnání je v Tabulka 5.



Obrázek 16 Umístění kalibračních profilů

Profil	Terénní průzkum			Model		Srovnání	
	h	Q _T	V _T	Q _M	V _M	Q _T / Q _M	V _T / V _M
	[m]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[%]	[%]
Šenovská - Květinová	0,13	1,56	2 809	1,42	2 567	-9,86	-9,43
Na Štamberku	0,15	2,25	4052	2,05	4078	-9,76	0,64
U Parkánu	0,25	2,64	4756	2,27	4864	-16,30	2,22

Tabulka 5 Tabelární srovnání výsledků kalibrace

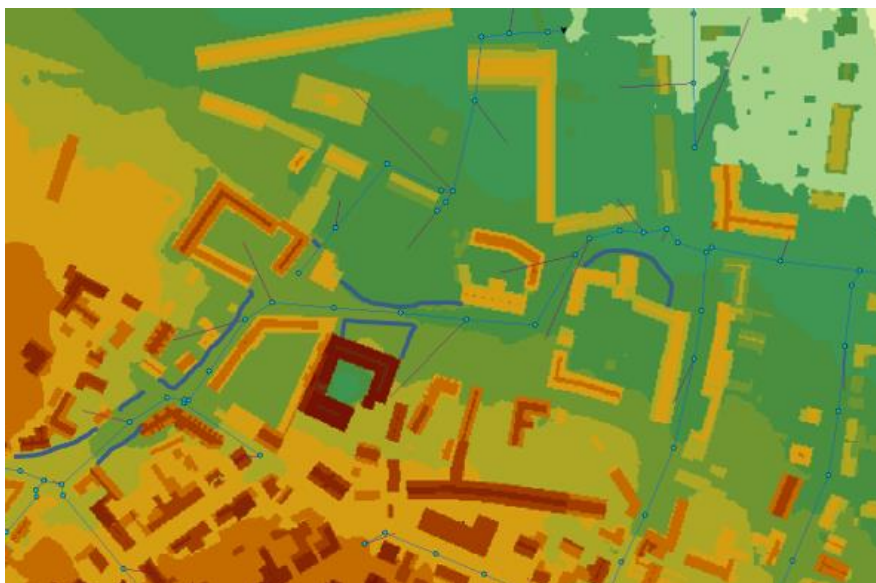
Poznámka:

Rozdíl v $Q > 15\%$ v profilu U Parkánu je dán náhlou změnou sklonu (pokles) společně s rozšířením průtočného profilu.

6.3. Stavba 2D simulačního modelu a spojení 1D a 2D modelu

6.3.1. Úprava DMR

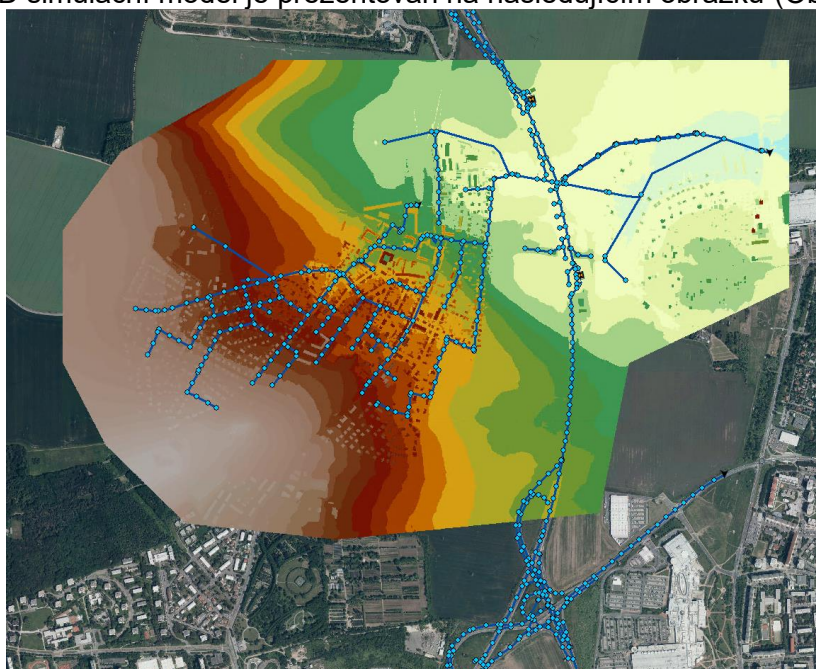
Jako základní digitální model reliéfu (DMR) byl využit model, který je volně k dispozici na datovém serveru IPR Praha. Jedná se o model s mřížkou 1m x 1m. Tento model byl upraven tak, aby odpovídal situaci na povodí MČ Ďáblice se speciálním zaměřením na výškové poměry v oblasti intravilánu města. Na základě rekognoskace terénu v souvislosti s dokumentovaným rozlivem při extrémním dešti z fotodokumentací a videozáznamů byl digitální model zhotovitelem upraven. Místa úprav DTM jsou jak v centrální části intravilánu, tak v jeho spodní části (ul. Ďáblice) viz. Obrázek 17.



Obrázek 17 Místa úprav DTM MČ Ďáblice (fialově)

6.3.2. Spojení 1D a 2D simulačního modelu

2D simulační model byl postaven s využitím digitálního modelu reliéfu. Výsledný 2D simulační model byl propojen s upraveným 1D simulačním modelem v místech poklopu šachet. Pohled na spojený 1D a 2D simulační model je prezentován na následujícím obrázku (Obrázek 18).



Obrázek 18 Spojený 1D a 2D simulační model MČ Ďáblice

7. Stávající funkce odvodnění MČ Ďáblice

Stávající systém je navržen s ohledem na srážky s četností jejich výskytu 1 x za 2 roky, obecně nazývané jako srážky návrhové. Stokový systém dešťové kanalizace je schopen tyto srážky bezpečně odvést z urbanizovaného území MČ Ďáblice. Srážka, která se vyskytla dne 14.8.2020, násobně překročila svou četností, ale především svou intenzitou návrhovou srážku, na kterou je stokový systém MČ navržen. Zadáním studie bylo rozhodnuto o posouzení dopadů, ale především o hledání řešení, jak čelit extrémním přívalovým srážkám, jakou srážka ze 14.8.2020 bezesporu byla. V průběhu zpracování studie, po výskytu srážky 16.9.2021, byl zhotovitel objednatelem požádán o zahrnutí i této srážky (tj. ze 16.9.2021). Funkce odvodnění povodí MČ Ďáblice byla proto ověřena na dvou srážkových událostech a to 14.8.2020 a 16.9.2021.

7.1. Výsledky simulace srážky dne 14.8.2020 v 1D modelu

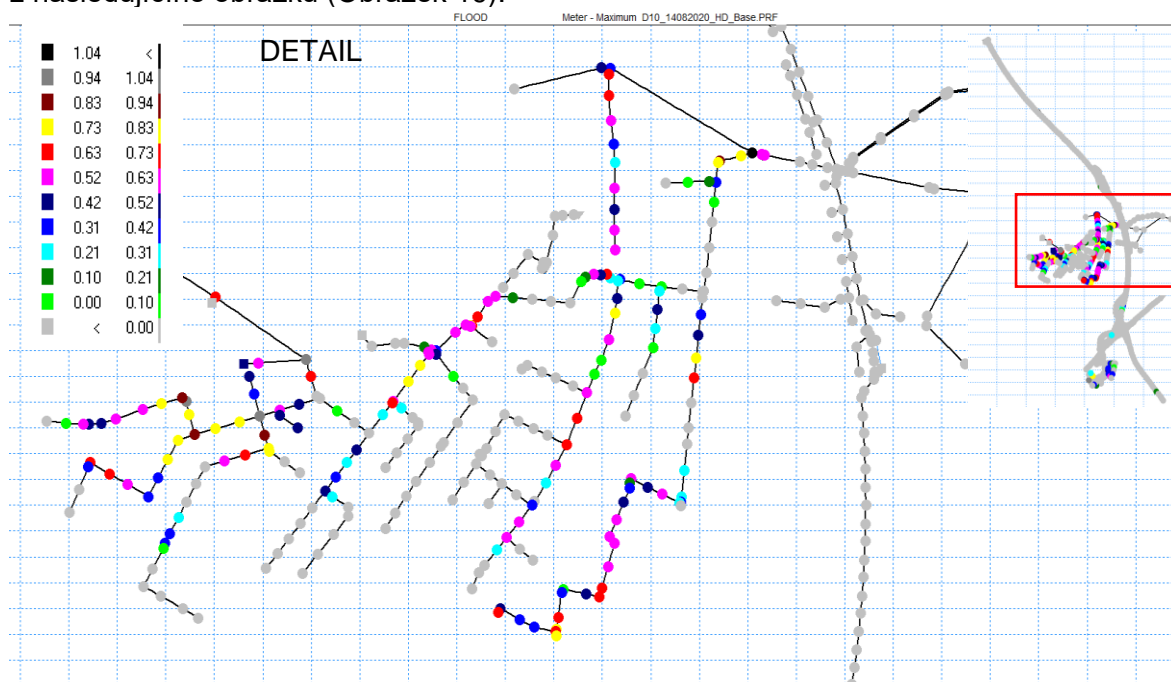
Výsledný simulační model kanalizační sítě MČ Ďáblice byl zatížen srážkovou událostí ze dne 14.8.2020. Vyhodnocení chování simulačního modelu je prezentováno v následujících odstavcích.

Intravilán města lze z pohledu konfigurace terénu popsat třemi povodími orientovanými v severo-j jižním směru. Při srážkové události 14.8.2020 byly „zasaženy“ zasaženy všechny tři povodí. Vlivem extrémní intenzity srážky byly velmi rychle vyčerpána průtočná kapacita stokového systému a dešťová voda začala vytékat na terén.

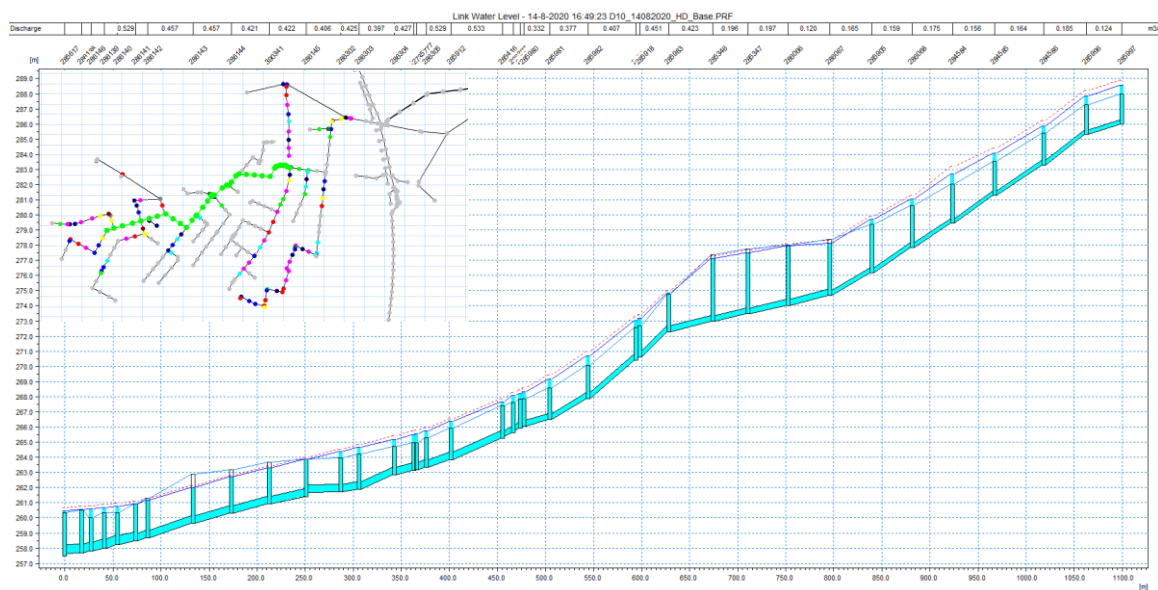
K výronům vody došlo v ulicích Čenkovská, Šenovská, Květinová, Ďáblická, Chřibská.

Nátok srážkových vod na problematická místa tj. křižovatka ul. Šenovská x Květinová, Na Štamberku, U Parkánu lze posoudit dle dosaženého průtoku ve vazbě na výšku hladiny.. Výška hladiny v posuzovaných profilech dosahuje 13 – 25 cm v celé šíři uličního profilu, čemuž odpovídá průtok 1.42 m³/s až 2.27 m³/s.

Z pohledu celkové kapacity stokové sítě je pak možno konstatovat, že při extrémní srážkové události je stokový systém nekapacitní a proto dojde ke výronům na terén. Vzhledem ke konfiguraci terénu a členění ulic je voda vedena údolnicemi v jednotlivých povodí intravilánu s následným zaústěním do Mratínského potoka. Místa výronů vody na terén jsou patrné z následujícího obrázku (Obrázek 19).



Obrázek 19 Místa výronů vody v 1D modelu při srážce 14.8.2020



Obrázek 20 Podélný profil 1D modelu při srážce 14.8.2020

Na předchozím obrázku (Obrázek 20) je zobrazený podélný profil s vyznačením maximální hladiny. Podélný profil je veden ulicí Čenkovská přes ulici Šenovská a dále Na Štamberku, U Parkánu až po křižovatku s ulicí Ďáblická.

7.2. Výsledky simulace srážky dne 14.8.2020 ve 2D modelu

Zatímco analýza chování stokové sítě za průběhu přívalového deště dne 14.8.2020 popisuje hlavně chování vody v kanalizaci a podává pouze indikativní informace o tom, co se děje na povrchu povodí, výsledky 2D simulačního modelu napojeného na 1D model poskytují zásadní informace o množství, směru toku a objemu vod, které v důsledku kapacitních limitů odvodnění v této lokalitě způsobí lokální záplavu. Na následujícím obrázku (Obrázek 21) je dokumentován maximální rozliv dešťových vod za srážkové události 14.8.2020 na povodí MČ Ďáblice - Obrázek je podkreslenou stokovou sítí doplněnou o ortofosnímek lokality. Zároveň jsou zde pro názornost uvedeny průměrné výšky hladin v jednotlivých profilech.

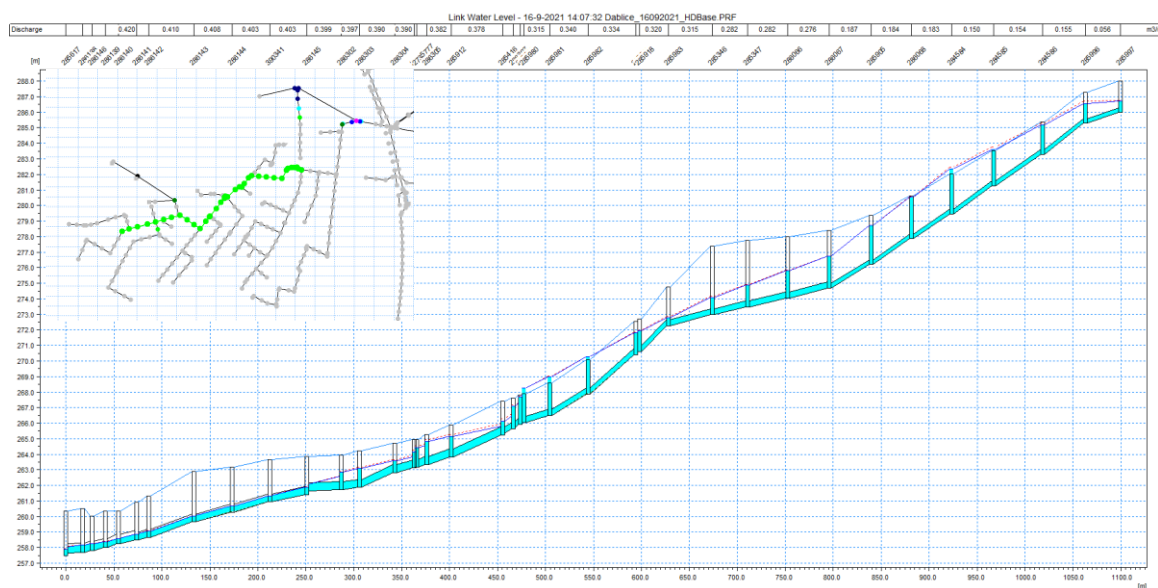
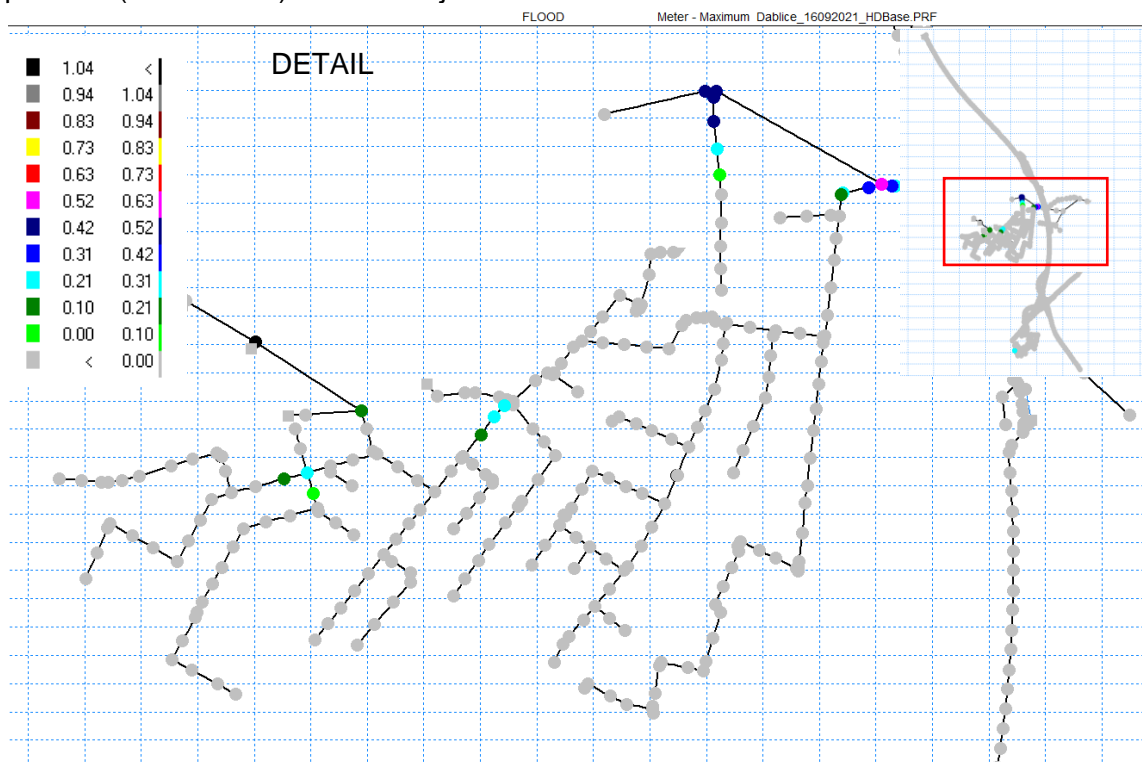


Obrázek 21 Maximální rozliv dešťových vod za srážkové události 14.8.2020 na povodí MČ Ďáblice

7.3. Výsledky simulace srážky dne 16.9.2021 v 1D modelu

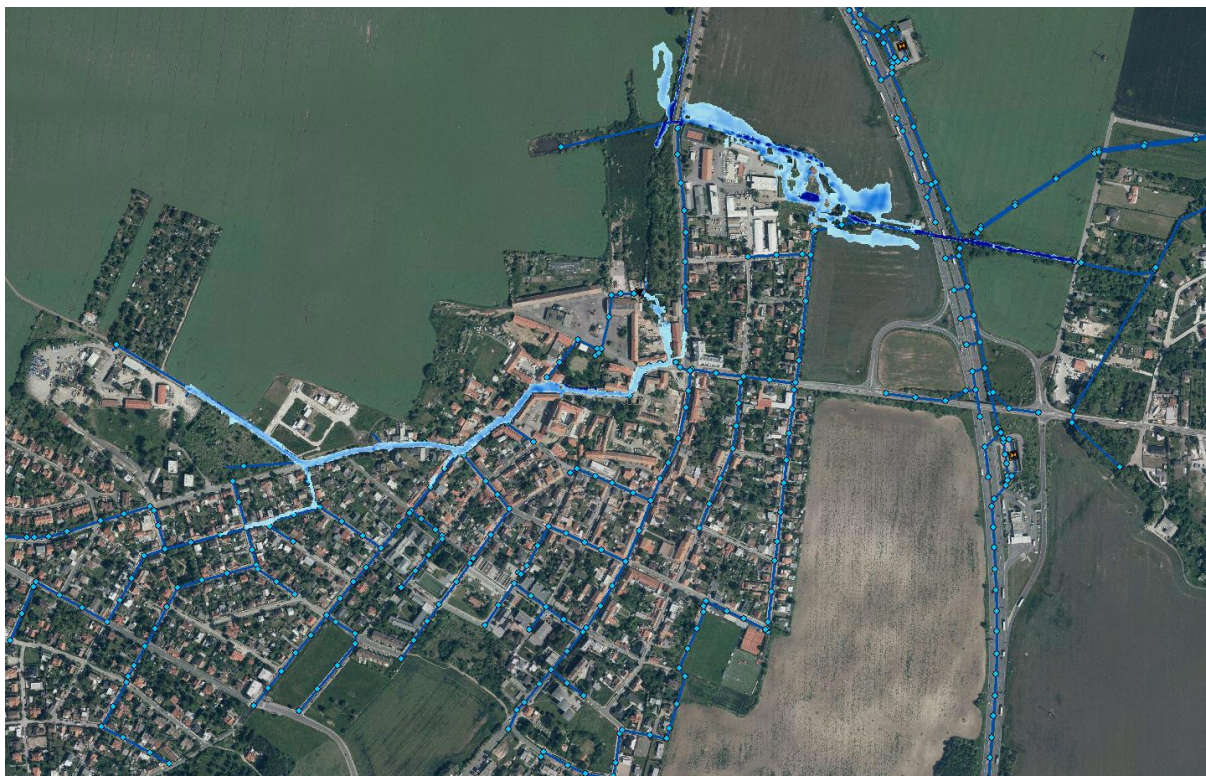
Výsledný simulační model kanalizační sítě MČ Děblice byl zatížen srážkovou událostí ze dne 16.9.2021. Vyhodnocení chování simulačního modelu je prezentováno v následujících odstavcích.

Srážková událost dne 16.9.2021 zasáhla převážně povodí ulice Šenovské a její blízké území, včetně navazujícího extravilánu. Nátok extravilánové vody přispěl k vyčerpání průtočné kapacity stokové sítě s následným výronem dešťové vody na terén. K výronu vody došlo jak v křižovatce ulic Šenovská x Květinová, tak v křižovatce ulic Statková x Šenovská. Přetížení stokové sítě, resp. šachty s výron dešťových vod na terén (Obrázek 22) jsou zobrazeny spolu s podélným profilem (Obrázek 23) na následujících obrázcích.



7.4. Výsledky simulace srážky dne 16.9.2020 v 2D modelu

Na následujícím obrázku () je dokumentován maximální rozliv dešťových vod za srážkové události 16.9.2021 na povodí MČ Ďáblice. (Obrázek je podkreslenou stokovou sítí doplněnou o ortofosnímek lokality).



Obrázek 24 Maximální rozliv dešťových vod za srážkové události 16.9.2021 na povodí MČ Ďáblice

Z obdržených výsledků, a to jak z výšky hladiny, tak především z rozsahu rozlivu, je patrné, že rozliv obdržený z výpočetního model odpovídá rozlivu za reálné situaci, která nastala při srážkové události dne 14.8.2020 a 16.9.2021.

Po obdržení těchto výsledků jednal zhotovitel s objednatelem a zástupci městské části opakovaně a velmi intenzivně, stran možných koncepčních směrů v přístupu k řešení problematiky bezpečné eliminace srážko odpadních vod na území MČ Ďáblice. V rámci jednání byl zhotovitel objednatelem upozorněn na existenci zpracovaného projektu VRV. Výsledkem projednání všech zúčastněných bylo rozhodnutí, že projekt VRV resp. výsledné návrhy tohoto projektu, budou převzaty, jako jedny z možných opatření k eliminaci přívalových srážek.

8. Navržená opatření a jejich vliv na ochranu území

S ohledem na složitost celého řešení a na vzájemnou provázanost funkce jednotlivých částí celého systému odvodnění oblasti bylo zpracovatelem provedeno vyhodnocení vlivu několika možných technických opatření pro eliminaci stávajícího problému, a to, jak v prostoru povodí MČ Ďáblice, tak v prostoru Mratínského potoka.

8.1. Zvolené technické varianty řešení MČ Ďáblice

Pro návrh řešení stávajícího komplikovaného stavu odvodnění zájmové lokality byla navržena technická řešení, která mohou samostatně nebo v kombinaci zajistit zlepšení stávajícího stavu. Tato opatření byla definována dle následujícího seznamu.

- a) Odpojení srážkových vod od stávající stokové sítě (HDV - Hospodaření s dešťovou vodou) na povodí MČ Ďáblice

Jednou z možností zlepšení stávajícího stavu je redukce nátok dešťových odpadních vod na stokovou síť. Zadržení dešťových vod je provedeno pomocí prvků hospodaření s dešťovou vodou (HDV) a to v místech, kde řešení nebrání majetkové nebo jiné právní omezení. Jako jediné možné řešení bylo zvoleno odvodnění místních komunikací, parkovišť, budov ve vlastnictví HMP nebo MČ Ďáblice a to do prostorů zelených zatravněných ploch nebo zelených střech.

- b) Prověření navrženého odvodnění ul. Šenovské

Podle požadavku objednatele dojde k rekonstrukci odvodnění ulice Šenovská. V rámci zpracované předprojektové přípravy zpracované společností VRV, byly definována jednotlivá opatření, jejímž prostřednictvím dojde k eliminaci výronu dešťové vody na terén.

- c) Odpojení extravilánových vod nad ulicí Šenovská

Vhodnou úpravou uličního profilu bude dosaženo potřebného efektu v podobě zamezení resp. velmi razantního snížení nátok extravilánových vod. Toto řešení je nutné kombinovat úpravou i přilehlého pozemku (pole) a to tak, aby voda byla směřována severně do prostoru prameniště. Tímto krokem bude zajištěno, že extravilánové voda neobteče ul. Statkovou a nevrátí se níže do ulice Šenovské.

- d) Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková

Toto řešení doplňuje variantu b) o využití stávajících 3 úseků dešťové kanalizace. Úseky dešťové kanalizace jsou uloženy v prostoru nad křižovatkou ulic Statková x Šenovská. Napojením úseků na dešťovou kanalizaci vybudovanou dle projektu VRV, bude část dešťových vod odvedena v severním směru do prostoru mimo intravilán městské části Ďáblice.

- e) Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková + využití propoje DN 400 (u Hasičů)

Doplnění propoje DN 400 dešťové stoky v prostor u hasičské zbrojnice dále rozvíjí předchozí variantu tj. variantu d). Vybudováním propojení bude za předpokladu zachování návrhu dle varianty b) resp. d), umožněno rozdělení dešťových vod z prostoru U Parkánu. Umožněním rozdělení vod bude sníženo zatížení stávající dešťové stoky v prostoru U Parkánu. Dešťové vody budou z prostoru U Parkánu odtékat jednak stávající dešťovou stokou a jednak propojem DN 400 za hasičskou zbrojnicí resp. do dešťové stoky poblíž křižovnického rybníku a dále do stávající vodoteče.

8.2. Úpravy 1D simulačního modelu pro zvolené varianty

V modelu výhledového stavu byly provedeny následující úpravy.

8.2.1. Odpojení srážkových vod od stávající stokové sítě (HDV - Hospodaření s dešťovou vodou) na povodí MČ Ďáblice

Snahou řešení HDV je napodobit přirozený hydrologický cyklus se zachováním všech jeho složek – intercepce (množství zadržené vody na vegetaci), výparu, podpovrchového a povrchového odtoku a vsakování. Prioritní snahou návrhu by mělo být vsakování, případně kombinace vsaku s retencí (dočasným zadržením) a regulovaným odtokem. Vsakem nebo odtokem vody nesmí být ohrožena kvalita jak podzemních a povrchových vod, tak půdy.

Dimenzování objektů HDV vychází z několika vstupních parametrů, jimiž jsou odvodňovaná plocha, přípustný odtok na hektar odvodňované plochy, četnost přetížení a vsakovací parametry podloží. Návrh vsakovacího nebo retenčního objektu musí splnit požadavek na kapacitu a dobu prázdnění. Všechna opatření jsou navrhována jen na určitou velikost srážky. Je tedy nutné řešit, kam bude voda z opatření HDV odtékat při překročení jeho kapacity. Nedílnou součástí návrhu je pak zajištění požadovaného předčištění odváděné vody.

Celé řešení HDV na povodí MČ Ďáblice bylo vytvořeno na základě výběru z celkem 19 prvků HDV implementovaných do programu GONEW. Prvky HDV lze rozdělit do několika skupin dle jejich primární funkce a typu.

Dle funkce lze prvky HDV rozdělit na:

- Opatření pro zlepšení mikroklimatu a/nebo prevenci vzniku srážkového odtoku – jedná se o prvky a objekty, které jsou na začátku systematického odvodnění, a to jak decentrálního, tak odvodnění pomocí stokové sítě. Těmito prvky jsou např. šterkové a mlatové plochy, trávníky, vegetační střechy.
- Vsakovací objekty – Primární funkcí opatření těchto objektů je vsak, který je podmíněn podložím s vhodnými vsakovacími parametry. Konstruktivní řešení těchto prvků umožňuje přijímat povrchový odtok z nepropustných nebo málo propustných ploch, tuto vodu zadržet a postupně vsáknout do podloží. Těmito prvky jsou např. vsakovací průleh a retenční rýha, vsakovací retenční nádrž.
- Retenční objekty – Pokud geologické podmínky neumožňují dešťovou vodu vsakovat, lze ji alespoň dočasně zadržet a zpomalit její odtok. Jedná se o nadzemní nebo podzemní objekty, jež mají prázdný retenční prostor, který je při dešti postupně zatopen. Těmito prvky jsou např. suchá retenční dešťová nádrž, podzemní retenční dešťová nádrž, umělý mokřad.

	typ opatření HDV
1	Šterkové a mlatové plochy
2	Propustné dlažby a lité povrchy
3	Zatrávňovací dlažba a šterkový trávník
4	Trávníky
5	Kvetoucí / květinové záhony
6	Keře
7	Stromy
8	Dešťový záhon
9	Vegetační (zelené) střechy
10	Vegetační (zelené) fasády
11	Plošný vsak bez retence
12	Vsakovací průleh a jeho varianty
13	Vsakovací <u>retenční</u> rýha a její varianty
14	Vsakovací retenční nádrž
15	Vsakovací šachta
16	Suchá retenční dešťová nádrž
17	Retenční dešťová nádrž se stálou hladinou vody
18	Retenční dešťová nádrž podzemní
19	Umělý mokřad

V tabulce jsou uvedeny jednotlivé prvky HDV, ze kterých bylo při navrhování prvků HDV vybíráno.

Při výběru retenovaných ploch a ploch s navrženým HDV bylo hlavním omezením implementace HDV vlastnictví pozemků. Proto byly řešeny pouze pozemky v obecním vlastnictví, tj. ve vlastnictví Hlavního města Prahy, příp. jeho městských částí. Na následujícím obrázku (Obrázek 25) jsou zobrazeny pozemky ve vlastnictvím HMP a MČ Ďáblice.



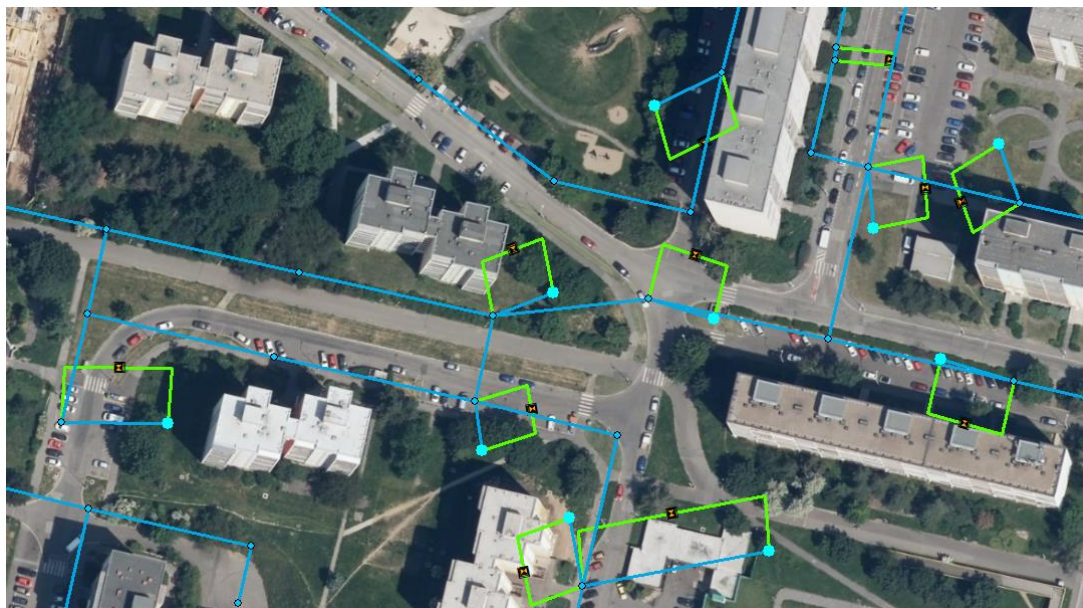
Obrázek 25 Vlastnictví pozemků (HMP, MČ Ďáblice) v řešeném území

Prvky HDV byly implementovány pouze na komunikace, parkoviště a budovy ve vlastnictví HMP, MČ Ďáblice. Z následující tabulky (Tabulka 6) je zřejmé, že asfalt a další typy zpevněných ploch, které jsou součástí komunikací, jsou hlavním typem povrchu v řešeném území.

Popisky řádků	Součet z výměry	Součet z výměry2
Střechy	15.66%	248 337.8
HMP	2.76%	6 857.1
MČ	8.52%	21 160.4
ostatní	88.72%	220 320.3
Komunikace a zpevněné plochy	39.49%	626 278.7
HMP	28.86%	180 760.5
MČ	27.21%	170 391.5
ostatní	43.93%	275 126.7
Les	0.02%	375.6
HMP	56.82%	213.4
ostatní	43.18%	162.2
Pole	2.33%	37 024.0
HMP	4.79%	1 773.0
MČ	0.41%	153.1
ostatní	94.80%	35 097.9
Vodní plochy	0.13%	2 055.0
HMP	0.06%	1.2
ostatní	99.94%	2 053.8
Zeleň	42.36%	671 647.1
HMP	11.05%	74 193.1
MČ	11.58%	77 791.0
ostatní	77.37%	519 663.0
(prázdné)	0.00%	18.5
ostatní	100.00%	18.5
Celkový součet	100.00%	1 585 736.7

Tabulka 6 Plocha a podíl jednotlivých typů povrchu v obecním vlastnictví

Při navrhování prvků HDV bylo použito pouze několik typů HDV z celé palety typů HDV, které program GONEW nabízí. Na následujícím obrázku (Obrázek 26) je představen příklad implementace opatření HDV v simulačním modelu.

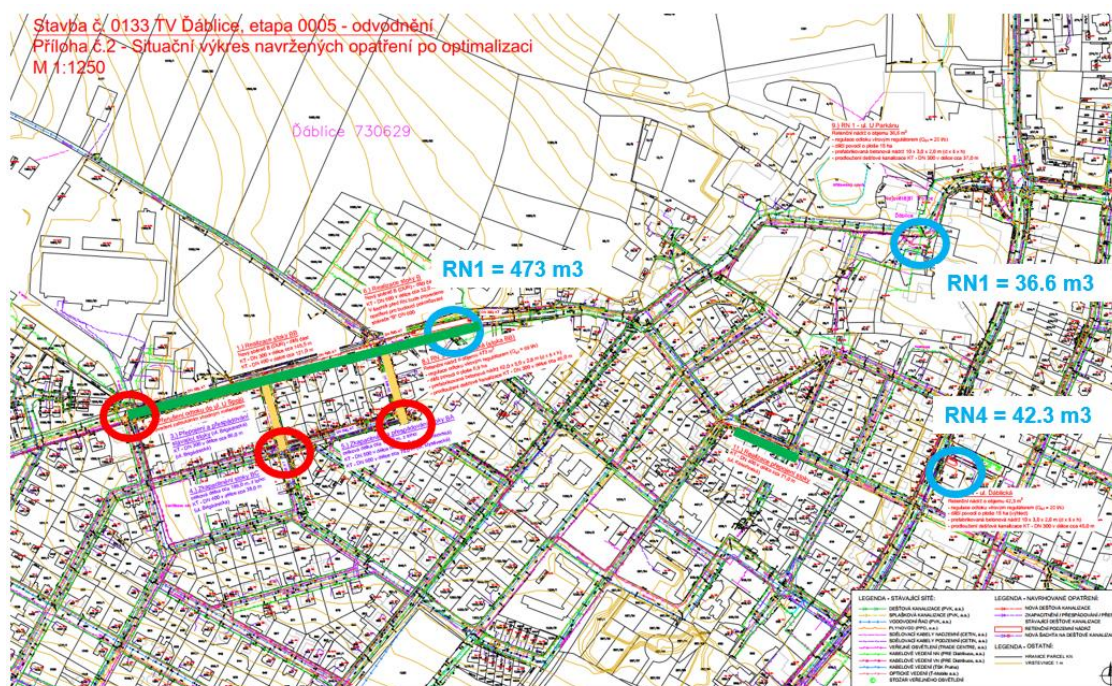


Obrázek 26 Ilustrativní obrázek doplnění HDV prvků do jednotlivých ploch

8.2.2. Prověření navrženého odvodnění ul. Šenovské (návrh VRV)

Objednatel nechal zpracovat v roce 2018 projekt předprojektové přípravy pro návrh řešení dešťové kanalizace v katastru Ďáblice. Základem řešení projektu, který byl zpracován firmou VRV je návrh přepojení, odpojení stokové sítě, včetně vybudování sítě nové a zkapacitnění stávající. Návrh počítá s vybudováním 3 retenčních objektů přímo v intravilánu města v celkovém objemu 552 m³.

Na následujícím obrázku (Obrázek 27) jsou zjednodušeně uvedena jednotlivá navrhovaná opatření dle projektu VRV. Opatření jsou rozdělena pomocí barev. Světle modrou barvou jsou zobrazeny navrhované retenční objekty. Zelenou barvou - návrh nových stok. Oranžovou barvou je uvedeno přespádování stávajících úseků. Červenou barvou pak přepojení resp. odpojení stokové sítě. Stávající výpočetní model byl doplněn o uvedené prvky (opatření).



Obrázek 27 Zjednodušeně uvedena jednotlivá navrhovaná opatření dle projektu VRV

8.2.3. Odpojení extravilánových vod nad ulicí Šenovská

Dalším opatřením do výhledového stavu je odpojení extravilánových vod. Tato ulice vytvoří v přilehlém extravilánu přirozenou svodnici. Díky této svodnici je přiváděna dešťová voda do ulice Statková, resp. do ulice Šenovská.

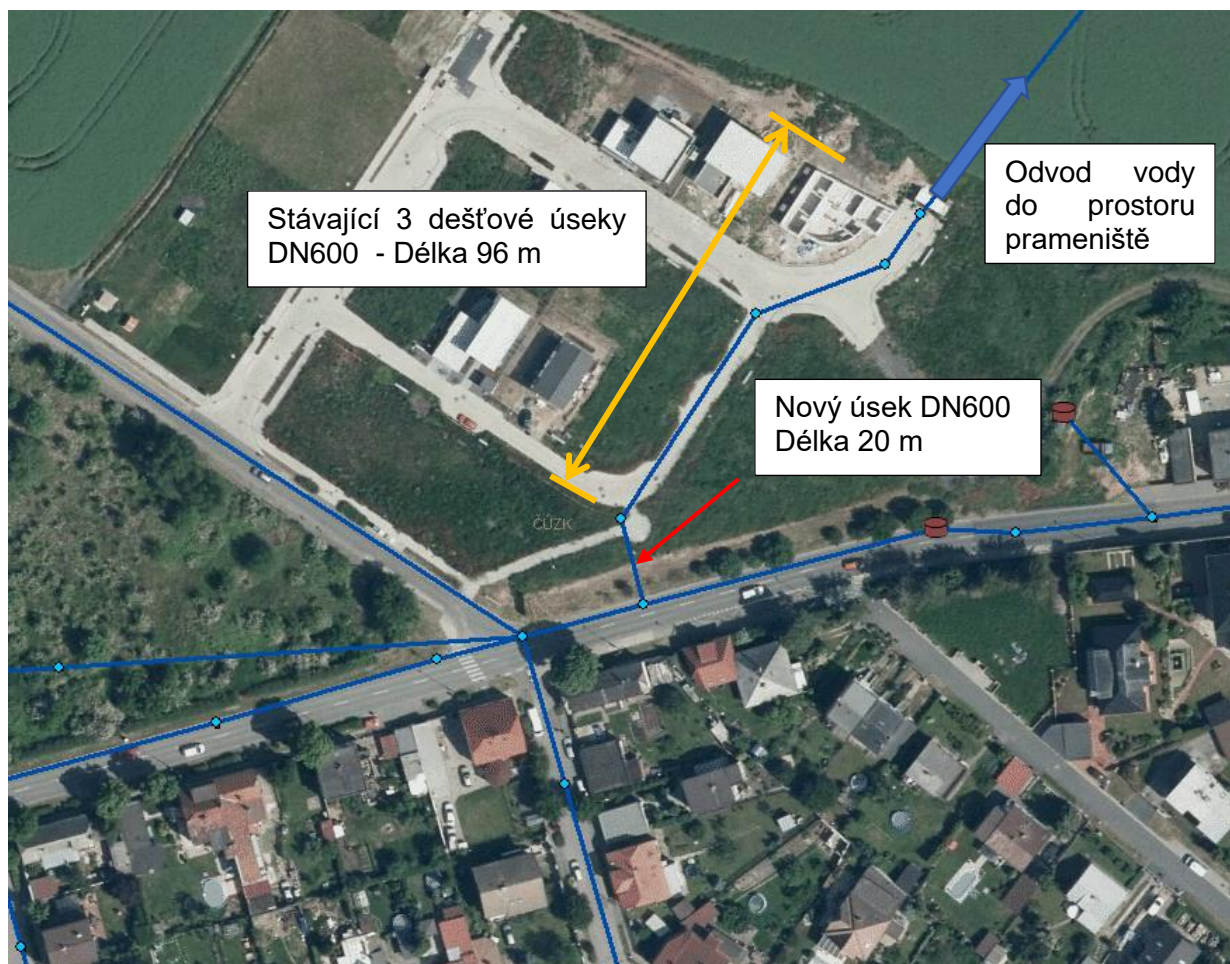
Odpojením extravilánu resp. vhodnou implementací HDV opatření bude extravilánové voda odkloněna z ulice Statková severně do prostoru stávajícího extravilánu.

Vzhledem k možné budoucí zástavbě bude vhodné vodu i v tomto prostoru udržet ve vymezeném prostoru, tak aby nedošlo k nekontrolovatelnému rozlivu. Tímto způsobem je vhodné extravilánovou vodu převést do prostoru prameniště v severní části městské části.

8.2.4. Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková

Výpočetní model doplněný dle předchozích krků o prvky (opatření) dle projektu VRV byl rozšířen o stávající dešťové úseky DN 600 v celkové délce 96 m. Dále byl do modelu doplněn úsek o délce 20 m a průtočném profilu DN 600, jehož prostřednictvím dojde k rozdělení dešťových vod a tím snížení nátoků na ulici Šenovskou.

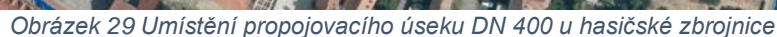
Poloha jednotlivých úseků je patrna z následujícího obrázku (Obrázek 28). Novým propojem DN 600 (délka 20 m) dojde k začlenění 3 stávajících dešťových úseků do stokové sítě.



Obrázek 28 Poloha jednotlivých úseků stokové sítě

8.2.5. Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková + využití propoje DN 400 (u Hasičů)

Výpočetní model viz. Kap. 8.2.4 - Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková, byl doplněn o kanalizační propoj profilu DN 400. Propoj je na obrázku



8.3. Vliv navržených opatření na ochranu území MČ Ďáblice

Výsledky simulací ukazují, že při aplikaci jednotlivých opatření dochází ke snížení rozlivu a tím ke snížení množství vody vytékající na terén. Snížením rozlivu resp. jeho odstraněním dochází k ochraně konkrétního území a místní infrastruktury včetně movitého a nemovitého majetku. Míra ochrany realizací navrženými opatřeními je zobrazena na následujících obrázcích (Obrázek 31 až Obrázek 35). Modrou barvou je zobrazen rozliv dle implementovaného opatření. Žlutou (až červenou) barvou je pro srovnání zobrazen rozliv před aplikací navrhovaného opatření.

V místa, ve kterých „prosvítá“ žlutá (až červená) barva jsou daným opatřením ochráněna. Záměrem jednotlivých opatření je „zobrazit“ co nejvíce žlutě zvýrazněné plochy. Ze vzájemného vizuálního srovnání lze tak snadno dovodit míru ochrany resp. vhodnosti realizace takového opatření.

8.3.1. Odpojení srážkových vod od stávající stokové sítě (HDV - Hospodaření s dešťovou vodou) na povodí MČ Ďáblice



Obrázek 31 Míra ochrany - odpojení srážkových vod od stávající stokové sítě na povodí MČ

8.3.2. Prověření navrženého odvodnění ul. Šenovská (návrh VRV)



Obrázek 32 Míra ochrany - Prověření navrženého odvodnění ul. Šenovská (návrh VRV)

8.3.3. Odpojení extravilánových vod nad ulicí Šenovská



Obrázek 33 Míra ochrany - Odpojení extravilánových vod nad ulicí Šenovská

8.3.4. Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková



Obrázek 34 Míra ochrany - Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková

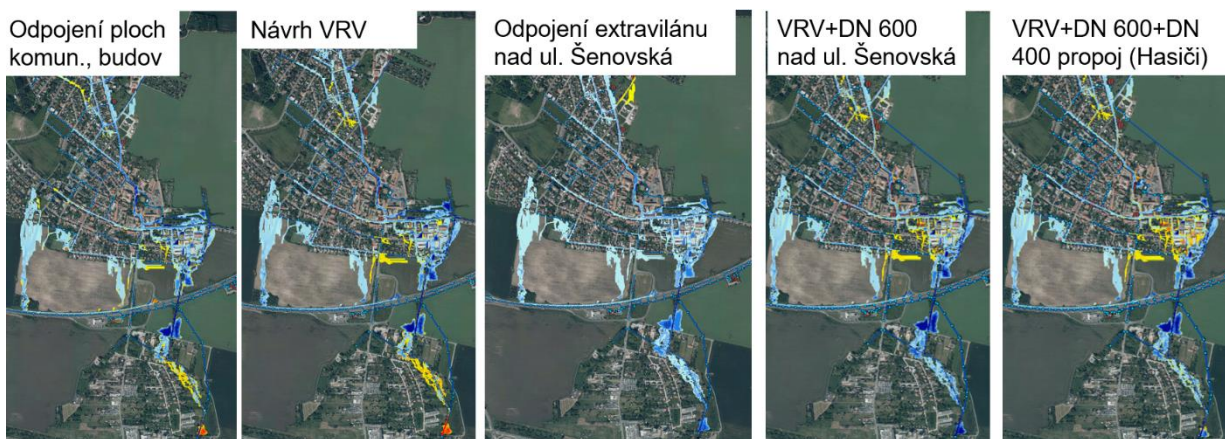
8.3.5. Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková + využití propoje DN 400 (u Hasičů)



Obrázek 35 Míra ochrany - Návrh VRV + využití stávající DN 600 nad křižovatkou Šenovská – Statková + využití propoje DN 400 (u Hasičů)

8.4. Nouzová cesta odtoku - dešťový koridor se suchými poldry

Výsledné rozlivy uvedené v rámci kapitol 8.3.1 – 8.3.5 reprezentují především technická opatření v rámci stokové sítě a nepřinášejí samostatně očekávaný efekt v podobě dostatečné ochrany území a infrastruktury MČ Ďáblice včetně movitého a nemovitého majetku. Pro snazší orientaci jsou jednotlivé návrhy opatření v následujícím obrázku (Obrázek 36) umístěny vedle sebe.



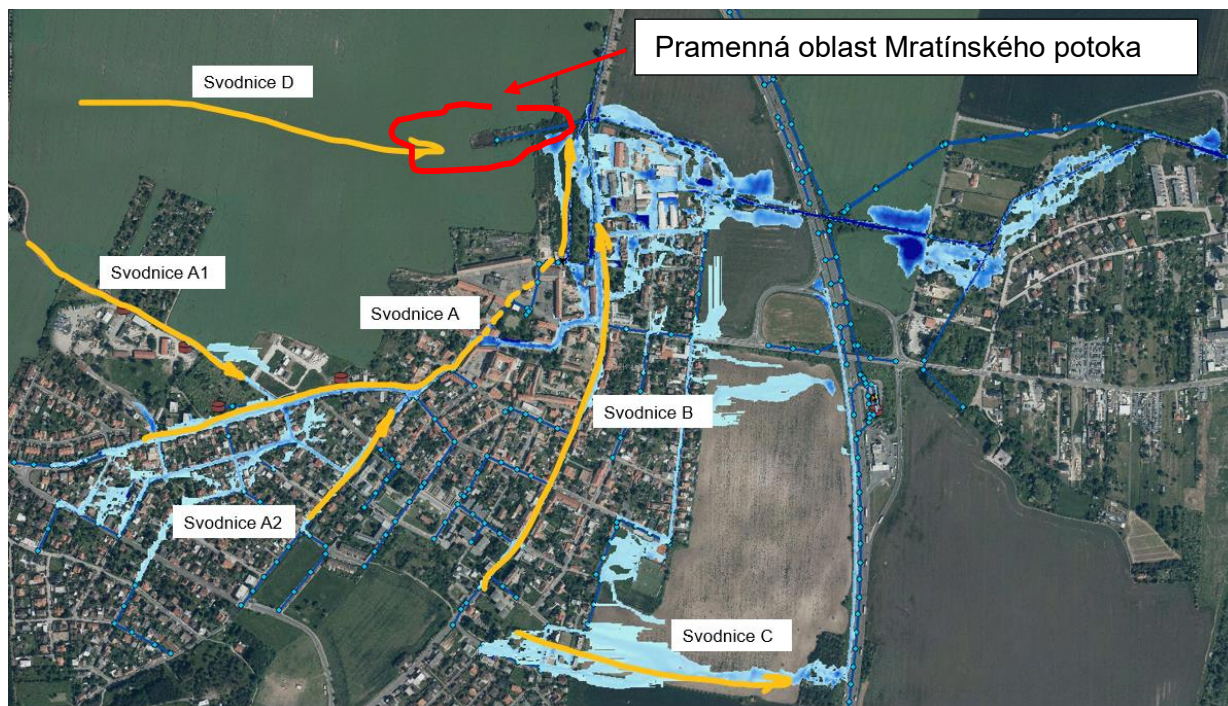
Obrázek 36 Míra ochrany stokové sítě na základě především technických opatření

Z předložených výsledků jednotlivých návrhů opatření je patrné, že ani jedna z variant samostatně nevede ke kýženému cíli. V každém z předložených návrhů opatření dochází ke značnému rozlivu (modrá barva) a tím k negativnímu ovlivnění stávajících nemovitostí a infrastruktury.

Úplná eliminace záplavy v důsledku přívalového deště není těmito technickými opatřeními možná.

Vhodné řešení proto zhotovitel spatřuje v **kombinaci technických opatření na stokové síti a opatření v povodí** v podobě definice **nouzových cest odtoku - dešťových koridorů s doplněním o suché poldry**.

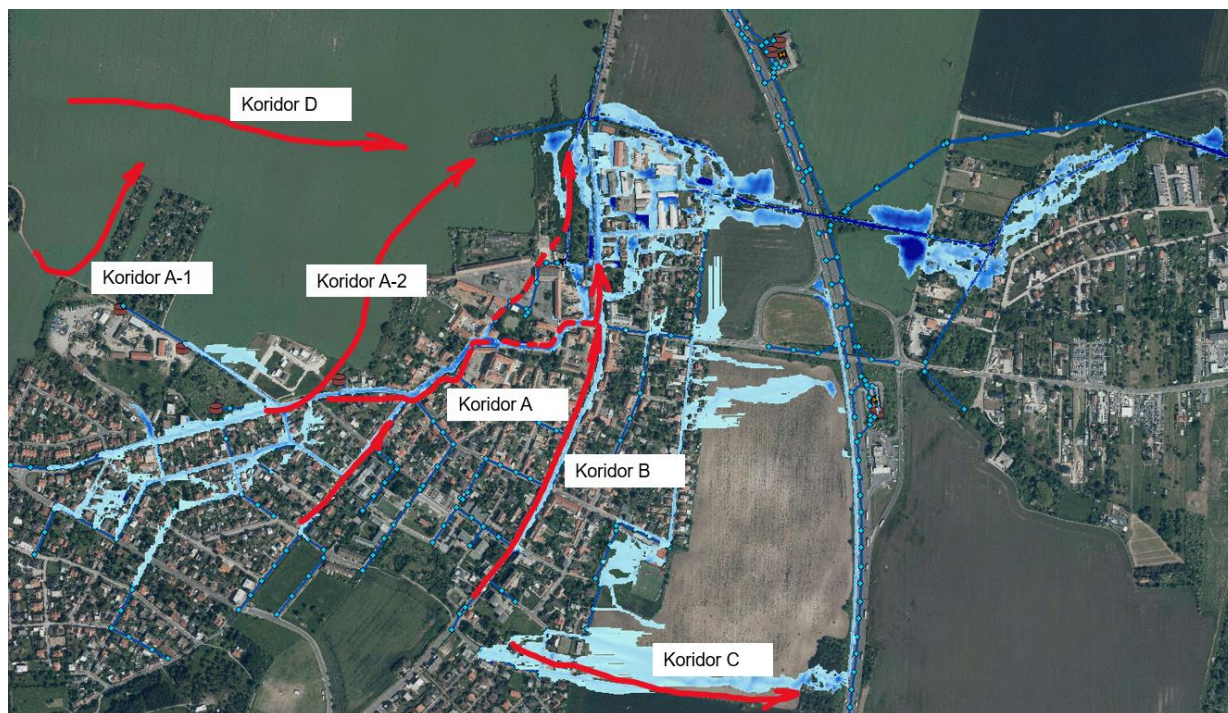
Zhotovitel proto v území identifikoval soubor čtyř resp. šesti svodnic, jako přirozených tras odtoku vody v povodí MČ Ďáblice. Svodnice na obrázku (Obrázek 37) označeny písmeny A- D, zajišťují za srážkových událostí transport vody územím do severní části MČ, kde se nachází pramenná oblast Mratínského potoka. Mratínský potok jako jediná přirozená vodoteč zajišťuje v území funkci odvodu dešťové vody. Přirozené svodnice jsou na obrázku (Obrázek 37) zobrazeny oranžovou barvou.



Obrázek 37 Trasy přirozených svodnic v území

Z pohledu stavebního práva lze koridor definovat jako: „Plochu, která je vymezena pro vedení dopravní a technické infrastruktury nebo opatření nestavební povahy. Koridor je obecně považován za průchod či spojovací chodbu.“ Obdobně v rámci územně plánovací dokumentace je koridor definován jako: „prostor pro budoucí umístění optimální trasy liniové stavby, včetně vedlejších (souvisejících) staveb umožňující též případně nutné směrové korekce v průběhu projektové přípravy či řešení nenadálých událostí při provádění stavby“. Může mít ale i jiné významy. Běžně se pojem „koridor“ používá pro území, které se užívá pro přepravu lidí a zboží. Koridor může být silniční, letecký, námořní, železniční či vodní.“

V případě zpracovaného projektu „STUDIE ODPOJENÍ A PŘEVEDENÍ DEŠŤOVÝCH VOD V POVODÍ MČ ĎÁBLICE“ pod pojmem „koridor“ resp. **nouzová cesta odtoku – dešťový koridor má zhotovitel na mysli dílčí část řešené lokality, liniového charakteru, umožňující bezpečný průchod extrémních vod územím.** Umístění a trasy jednotlivých nouzových cest odtoku – dešťových koridorů je uvedeno na obrázku (Obrázek 38).



Obrázek 38 Trasy nouzových cest odtoku v území MČ Ďáblice

Pro MČ Ďáblice jsou navrženy celkem čtyři nouzové cesty odtoku dešťové vody, a to dešťové koridory (A – D).

Dešťový koridor je:

- způsob odvodnění dešťových vod na povodí dané lokality pro případ extrémních přívalových dešťů, na které kanalizace není navržena.
- Odvodnění je vedeno přirozenými cestami odtoku vod (např. uliční sítí) po povrchu při **zajištění ochrany okolní infrastruktury a majetku.**

Pro ilustraci jsou na následujících obrázcích (Obrázek 39 a Obrázek 40) uvedeny některé ukázky možných provedení dešťových koridorů.



Obrázek 39 Příklad možného provedení dešťového koridoru



Obrázek 40 Příklad možného provedení dešťového koridoru

Dešťový koridor je druh opatření, které zajišťuje ochranu před záplavou na povrchu terénu. Jedná se o soustavu ochranných prvků typu zvýšení výšky obrubníku, použití automobilového retardéru na přechodu, lokální ohrázkování a podobně. Tímto způsobem dojde k přesměrování dešťových vod na povrchu povodí do míst, kde nezpůsobí významnou škodu (tzv. ochrana klíčové infrastruktury) a posléze dojde k odvodnění těchto vod prostřednictvím suchého poldru do recipientu Mratínského potoka.

Na povodí byla identifikováno deset problematických míst, ve kterých dochází k rozlivu srážkových vod do oblastí kritické infrastruktury s uvedením návrhu opatření:

- a. **ul.Vojkovická** - zvýšení chodníku v ulici na 15 - 20 cm, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici, viz. Obrázek (Obrázek 41),
- b. **ul.Brigádnická** - zvýšení chodníku v ulici na 15 - 20 cm, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici, viz. Obrázek (Obrázek 41),
- c. **Ochrana parkoviště po křižovatce ul. Ďáblická x U Parkánu** - přechod pro chodce (vjezd na parkoviště) zvýšen retardérem na 20 - 40 cm, viz. Obrázek (Obrázek 42),
- d. **Ochrana areálu sběrných surovin** - zvýšení terénu u nájezdu do areálu o 30 - 40 cm (přechod pro chodce), viz. Obrázek (Obrázek 42),
- e. **Ochrana areálu Policie České Republiky**: viz. Obrázek (Obrázek 42, Obrázek 43)
 - upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru v blízkosti čp 55/50 jejím zvýšením o 30 – 40 cm,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší o 20 – 40 cm,
 - odstranění části stávající hradební zdi cca L = 15 - 25 m
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče – plocha cca 60 x (20 – 30) m,
 - severo – východní strana areálu PČR - zvýšení stávající nivelety terénu na 30 – 60 cm, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdávka.

f. Snížení nátoků na ul. Šenovská: viz. Obrázek (Obrázek 44)

- Zamezení nátoků extravilánových vod ul. Statková – nad ulicí Statková, plánován průleh v komunikaci. V současné době projednáno v rámci MÚ MČ Ďáblice.
- ul. Myslivecká - zvýšení komunikace pro pěší na 15 - 20 cm, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici,
- Upravení nivelety komunikace ul. Šenovská (pod křižovatkou s ul. Statková) v příčném směru zvýšením o 30 – 40 cm,
- Přespádování ulice Šenovská na levou stranu (při pohledu z kopce dolů)
- úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru křižovatky ulic Šenovská x Statková až po prameniště v severní části MČ Ďáblice – plocha cca (6 - 4) m x (650 – 720) m

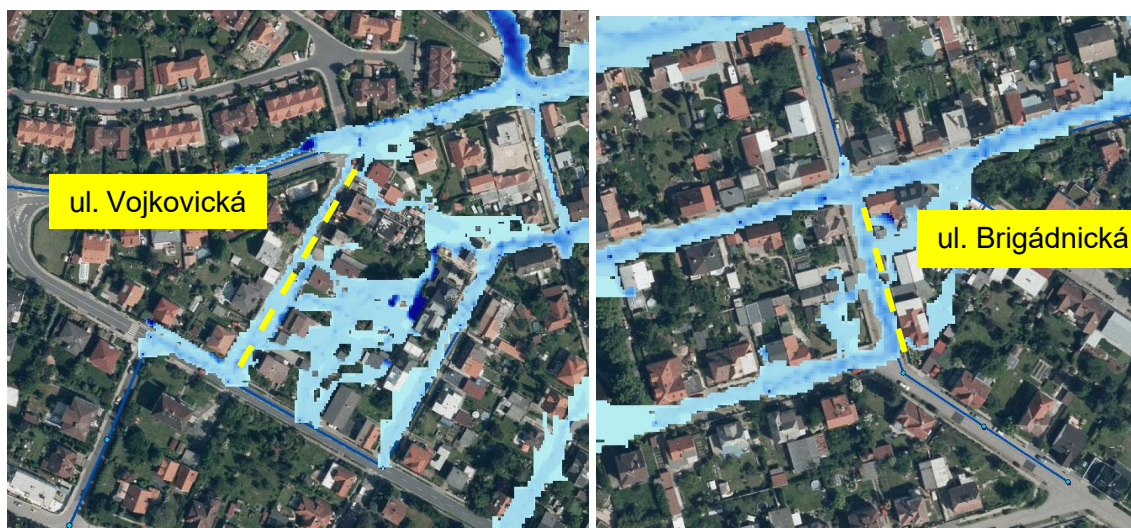
g. ul.Chřibská: viz. Obrázek (Obrázek 44)

- zvýšení komunikace pro pěší na 15 - 30 cm, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici,
- přemístění stávající trafostanice TS 3327

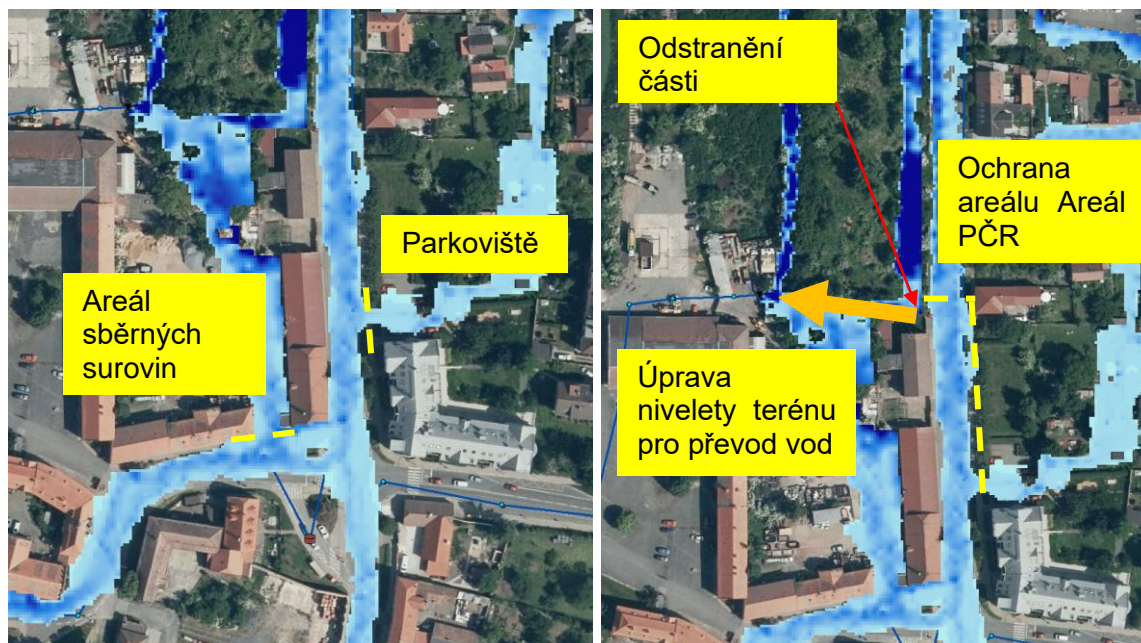
h. ul.Zářijová, Červnová - zvýšení komunikace pro pěší na 15 - 20 cm, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici, viz. Obrázek (Obrázek 44)

i. suchý poldr: viz. Obrázek (Obrázek 43),

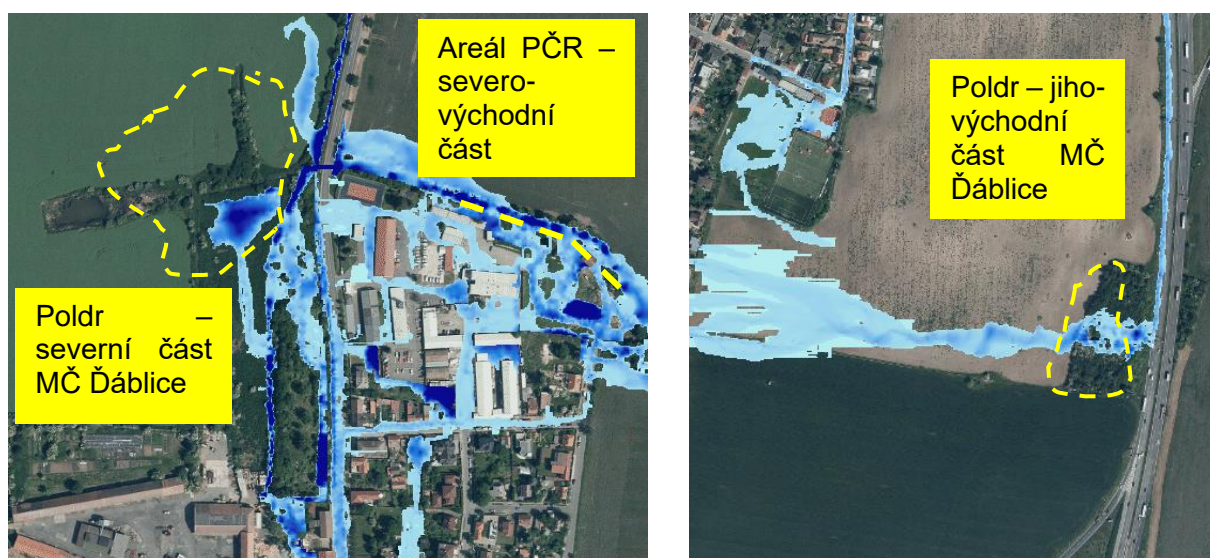
- v severní části MČ západně od ul. Ďáblická – plánovaný objem cca 6 600 m³
- v jiho-východní části MČ západně od ul. Cínovecká – plánovaný objem cca 900 m³



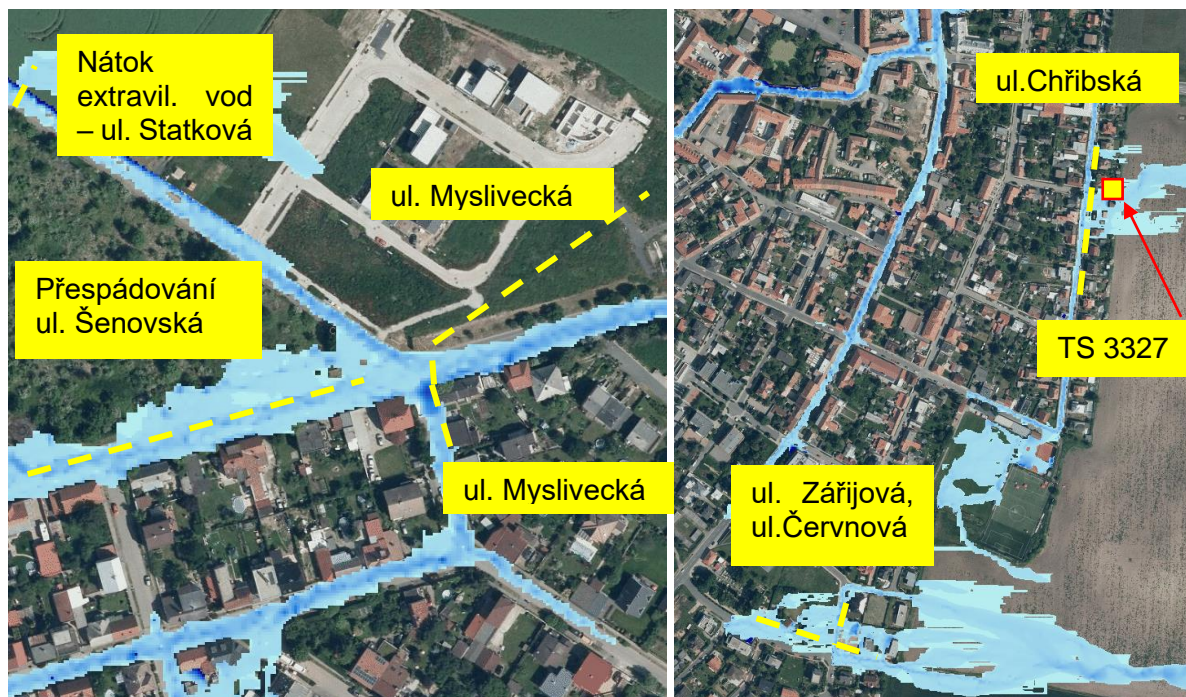
Obrázek 41 Prostorové umístění jednotlivých navržených opatření – ulice Vojkovická, Brigádnická



Obrázek 42 Prostorové umístění jednotlivých navržených opatření „nad“ a „pod“ křižovatkou ulic U Parkánu x Ďáblická



Obrázek 43 Prostorové umístění jednotlivých navržených opatření – areál PČR, umístění suchého poldru v severní a jihovýchodní části



Obrázek 44 Prostorové umístění jednotlivých navržených opatření nad křižovatkou ulic Šenovská x Statková, ul. Chřibská, ul. Zářijová, Červnová

9. Tvorba scénářů řešení

Výše definovaná návrhová opatření, která mají za cíl vyřešit problémy odvodnění oblasti MČ Ďáblice jsou následně sdružena do skupin (scénářů řešení) podle jejich logické (a hydraulické) návaznosti. Scénáře řešení budou následně prověřeny pomocí simulačního modelu a po jejich optimalizaci a vyhodnocení z nich bude proveden návrh finálního řešení. Celkem bylo zpracováno šest scénářů SC 1 – SC 6. Scénáře SC 1 – SC 3 zahrnují úpravy v povodí MČ Ďáblice v podobě úpravy stávajícího terénu včetně vybudování suchých poldrů. Scénáře SC 4 – SC 6 zahrnují vedle úprav stávajícího terénu v povodí (tedy SC 1 – SC 3) i technická opatření v rámci stokové sítě (návrh úprav a doplnění stokové sítě dle společní VRV).

Poznámka:

Zhotovitel zvolil tento přístup z důvodu snahy nalézt takový výsledný scénář, který bude svým výsledným efektem (mírou ochrany území) poskytovat jak ochrana na srážky s nižší N-letostí (do 10let opakování), tak ochranu při srážkách s velkou N-letostí (extrémní srážka (100 let)).

V následném popisu jednotlivých scénářů je zároveň graficky uveden efekt dosažený aplikací daného scénáře. Modrou barvou je zobrazen rozliv dle implementovaného scénáře. Žlutou (až červenou) barvou je pro srovnání zobrazen rozliv před aplikací navrhovaného scénáře.

V místa, ve kterých „prosvítá“ žlutá (až červená) barva jsou daným opatřením (scénářem) ochráněna. Záměrem jednotlivých scénářů je „zobrazit“ co nejvíce žlutě zvýrazněné plochy. Ze vzájemného vizuálního srovnání lze tak snadno dovodit míru ochrany resp. vhodnosti realizace konkrétního scénáře.

9.1. Scénář SC 1 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory)

V tomto scénáři je navržena kombinace opatření v severní části MČ Ďáblice:

- a) Ochrana areálu PČR,
 - upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší,
 - odstranění části stávající hradební zdi,
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče,
 - zvýšení stávající nivelety terénu, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdívka,
- b) Ochrana areálu sběrného dvora,
- c) Ochrana parkoviště pod křižovatkou ul. Ďáblická x U Parkánu,
- d) Poldr v severní části MČ Ďáblice.

Tento scénář se opírá jen o technická opatření provedená v rámci povrchu území. Úpravou nivelety stávající terénu případně jeho doplněním / částečným odstraněním dojde vytvoření dešťového koridoru a tím udržení proudící vody v kompaktním proudu. Opatření navržená v severní části MČ Ďáblice jsou uvedena na následující obrázku (Obrázek 45).



Obrázek 45 Kombinace opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 1

Ochrana území za předpokladu realizace opatření dle scénáře SC 1 je uvedena obrázku (Obrázek 46). Realizací opatření v rámci SC 1 dojde k ochraně severní části MČ Ďáblice. Zbylá část MČ Ďáblice zůstane bez jakékoliv ochrany.



Obrázek 46 Míra ochrany území aplikací opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 1

9.2. Scénář SC 2 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory)

V tomto scénáři je navržena kombinace opatření v severní a západní části MČ Ďáblice:

- a) Ochrana areálu PČR,
 - upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší,
 - odstranění části stávající hradební zdi,
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče,

- zvýšení stávající nivelety terénu, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdívka,
- b) Ochrana areálu sběrného dvora,
- c) Ochrana parkoviště pod křižovatkou ul. Ďáblická x U Parkánu,
- d) Poldr v severní části MČ Ďáblice.
- e) ul. Vojkova - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- f) ul. Brigádnická - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- g) Snížení nátoků na ul. Šenovská
 - Zamezení nátoků extravilánových vod ul. Statková – nad ulicí Statková, plánován průleh v komunikaci,
 - ul. Myslivecká - zvýšení nivelety komunikace pro pěší, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici,
 - Upravení nivelety komunikace ul. Šenovská (pod křižovatkou s ul. Statková) v příčném směru,
 - Přespádování ulice Šenovská na levou stranu (při pohledu z kopce dolů),
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru křižovatky ulic Šenovská x Statková až po prameniště v severní části MČ Ďáblice.

Tento scénář navazuje na scénář předchozí tj, SC 1. Scénář SC 2 doplňuje k předchozím opatřením další technická opatření lokalizovaná v západní části MČ Ďáblice. Stejně jako v případě SC 1 i v případě SC 2 jsou technická opatření navrhována v rámci úprav povrchu území. Opatření navržená v severní a západní části MČ Ďáblice jsou uvedena na následujících obrázcích (Obrázek 47 a Obrázek 48).



Obrázek 47 Kombinace opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 1



Obrázek 48 Kombinace opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 2

Ochrana území za předpokladu realizace opatření dle scénáře SC 2 je uvedena obrázkem (Obrázek 49). Realizací opatření v rámci SC 2 dojde k ochraně jednak severní tak i západní části MČ Ďáblice. Vlivem realizace opatření nad ul. Šenovská, dojde k pozitivní odezvě v rámci

lokality Na Štamberku a U Parkánu. Zbýlá část MČ Ďáblice, především její jižní a jiho-východní část zůstane bez ochrany.



Obrázek 49 Míra ochrany území aplikací opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 2

9.3. Scénář SC 3 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory)

V tomto scénáři je navržena kombinace opatření v severní, západní a jiho-východní části MČ Ďáblice:

- a) Ochrana areálu PČR,
 - upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší,
 - odstranění části stávající hradební zdi,
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče,
 - zvýšení stávající nivelety terénu, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdívka,
- b) Ochrana areálu sběrného dvora,
- c) Ochrana parkoviště pod křižovatkou ul. Ďáblická x U Parkánu,
- d) Poldr v severní části MČ Ďáblice.
- e) ul. Vojkova - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- f) ul. Brigádnická - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- g) Snížení nátoků na ul. Šenovská
 - Zamezení nátoků extravilánových vod ul. Statková – nad ulicí Statková, plánován průleh v komunikaci,
 - ul. Myslivecká - zvýšení nivelety komunikace pro pěší, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívku plotů v ulici,
 - Upravení nivelety komunikace ul. Šenovská (pod křižovatkou s ul. Statková) v příčném směru,

- Přespádování ulice Šenovská na levou stranu (při pohledu z kopce dolů),
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru křižovatky ulic Šenovská x Statková až po prameniště v severní části MČ Dáblice.
- h) ul. Chřibská - upravení nivelety komunikace pro pěší,
i) ul. Chřibská – přesun stávající TS 3327,
j) ul. Zářijová - upravení nivelety komunikace pro pěší,
k) ul. Červnova - upravení nivelety komunikace pro pěší,
l) Poldr v jiho-východní části MČ Dáblice.

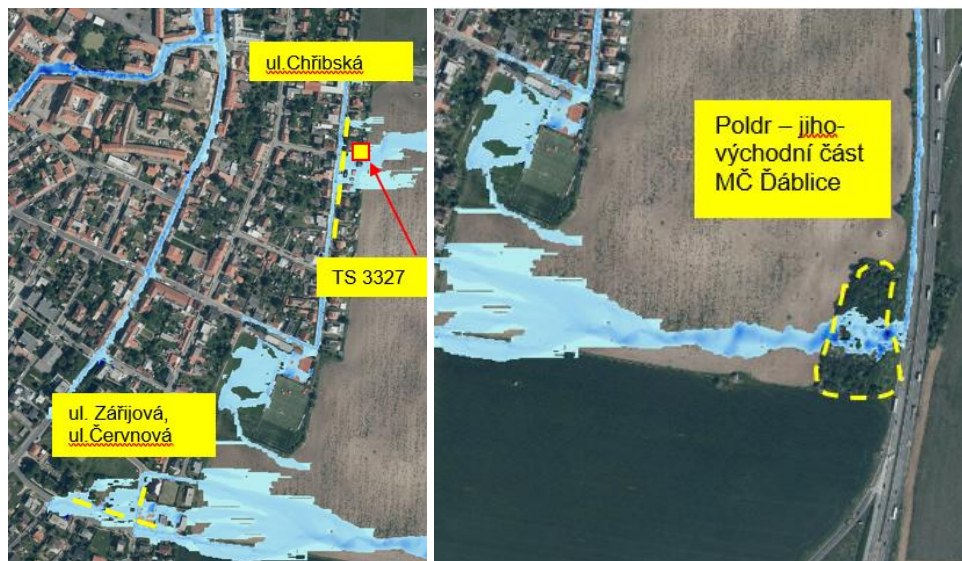
Tento scénář navazuje na scénář předchozí tj, SC 1. Scénář SC 2 doplňuje k předchozím opatřením další technická opatření lokalizovaná v západní části MČ Dáblice. Stejně jako v případě SC 1 i v případě SC 2 jsou technická opatření navrhována v rámci úprav povrchu území. Opatření navržená v severní a západní části MČ Dáblice jsou uvedena na následujících obrázcích (Obrázek 50 až Obrázek 52).



Obrázek 50 Kombinace opatření v severní části MČ Dáblice - scénář SC 1



Obrázek 51 Kombinace opatření v západní části MČ Dáblice - scénář SC 2



Obrázek 52 Kombinace opatření v jižní a jiho - východní části MČ Ďáblice - scénář SC 3

Ochrana území za předpokladu realizace opatření dle scénáře SC 3 je uvedena na obrázku (Obrázek 53). Realizací opatření v rámci SC 3 dojde k ochraně MČ Ďáblice před extrémní srážkou a to jak v její severní, západní i jižní (jiho – východní) části.



Obrázek 53 Míra ochrany území aplikací opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 3

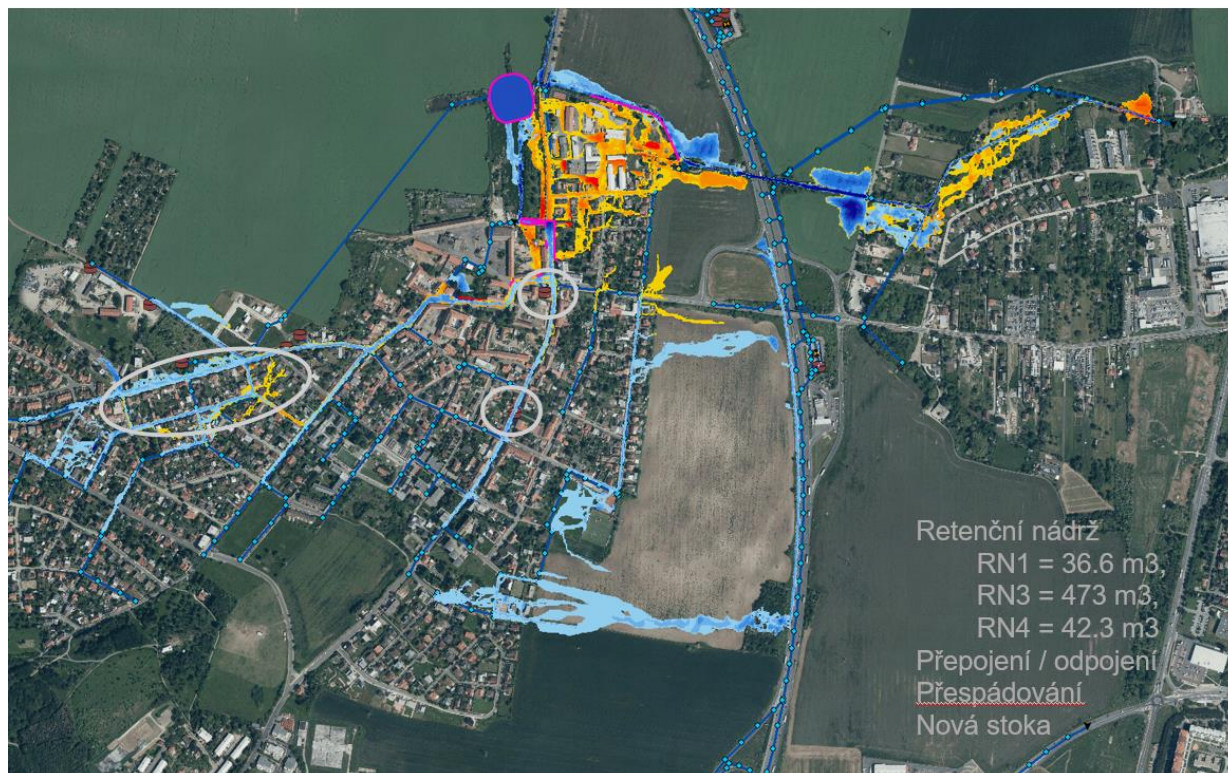
9.4. Scénář SC 4 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory) v rozsahu scénáře SC 1 & technická opatření v rámci stokové sítě

Jak bylo uvedeno v úvodu této kapitoly kapitola 9 scénáře SC 4 – SC 6 zahrnují vedle úprav stávajícího terénu v povodí (tedy SC 1 – SC 3) i technická opatření v rámci stokové sítě (návrh úprav a doplnění stokové sítě dle společní VRV). V případě scénáře SC4 se jedná o kombinaci navržených opatření na povrchu popsaných scénářem SC 1 a technických opatření stokové sítě (projekt VRV) – viz. Kapitola 8.3.2.

V tomto scénáři je navržena kombinace opatření v severní části MČ Ďáblice a technických opatření na stokové síti:

- a) Ochrana areálu PČR,
 - upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší,
 - odstranění části stávající hradební zdi,
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče,
 - zvýšení stávající nivelety terénu, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdívka,
- b) Ochrana areálu sběrného dvora,
- c) Ochrana parkoviště pod křižovatkou ul. Ďáblická x U Parkánu,
- d) Poldr v severní části MČ Ďáblice.
- e) Technická opatření ve stokové síti:
 - Vybudování retenčních nádrží (RN1, RN3, RN4),
 - Přepojení / odpojení v rámci stokové sítě,
 - Přespádování části sítě,
 - Vybudování nové stoky.

Ochrana území za předpokladu realizace opatření dle scénáře SC 4 je uvedena na obrázku (Obrázek 54). Realizací opatření v rámci tohoto scénáře dojde k ochraně v severní části MČ Ďáblice a zároveň vlivem funkce technických opatření na stokové síti dojde ke zmírnění dopadu v západní části města. Pozitivní efekt funkce technických opatření je patrný ve zmenšení rozlivu v prostoru křižovatky ulic Čenkovská x Myslivecká, v ulici Myslivecká a v křižovatce ulic Kostelecká x Chřibská.



Obrázek 54 Míra ochrany území aplikací opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 4

Poznámka:

Prostor, ve kterém jsou navrhována technická opatření v rámci stokové sítě je v obrázku (Obrázek 54) zobrazen elipsami šedé barvy.

9.5. Scénář SC 5 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory) v rozsahu scénáře SC 2 & technická opatření v rámci stokové sítě

V případě scénáře SC 5 se jedná o kombinaci navržených opatření na povrchu popsaných scénářem SC 2 a technických opatření stokové sítě (projekt VRV) – viz. Kapitola 8.3.4.

V tomto scénáři je navržena kombinace opatření v severní a západní části MČ Ďáblice a technických opatření na stokové síti:

- a) Ochrana areálu PČR,
 - upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší,
 - odstranění části stávající hradební zdi,
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče,
 - zvýšení stávající nivelety terénu, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdívka,
- b) Ochrana areálu sběrného dvora,
- c) Ochrana parkoviště pod křižovatkou ul. Ďáblická x U Parkánu,
- d) Poldr v severní části MČ Ďáblice.
- e) ul. Vojkova - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- f) ul. Brigádnická - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- g) Snížení nátoků na ul. Šenovská
 - Zamezení nátoků extravilánových vod ul. Statková – nad ulicí Statková, plánován průleh v komunikaci,

- ul. Myslivecká - zvýšení nivelety komunikace pro pěší, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici,
 - Upravení nivelety komunikace ul. Šenovská (pod křižovatkou s ul. Statková) v příčném směru,
 - Přespádování ulice Šenovská na levou stranu (při pohledu z kopce dolů),
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru křižovatky ulic Šenovská x Statková až po prameniště v severní části MČ Ďáblice.
- h) Technická opatření ve stokové síti:
- Vybudování retenčních nádrží (RN1, RN3, RN4),
 - Přepojení / odpojení v rámci stokové sítě,
 - Přespádování části sítě,
 - Vybudování nové stoky.

Ochrana území za předpokladu realizace opatření dle scénáře SC 5 je uvedena na obrázku (Obrázek 55). Realizací opatření dojde k ochraně v severní a západní části MČ Ďáblice. Technická opatření na stokové síti efektivně eliminují část rozlivu a v kombinaci s opatřeními na povrchu (SC 2) pozitivně ovlivňují míru rozlivu v prostoru křižovatky Šenovská x Květnová, Na Štamberku a U Parkánu. Pozitivní efekt je rovněž patrný ve zmenšení rozlivu v prostoru křižovatky ulic Čenkovská x Myslivecká a v ulici Myslivecká.



Obrázek 55 Míra ochrany území aplikací opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 5

9.6. Scénář SC 6 – ochrana nouzovými cestami odtoku (dešťové koridory) v rozsahu scénáře SC 3 & technická opatření v rámci stokové sítě

V případě scénáře SC 6 se jedná o kombinaci navržených opatření na povrchu popsaných scénářem SC 3 a technických opatření stokové sítě (projekt VRV) – viz. Kapitola 8.3.5.

V tomto scénáři je navržena kombinace opatření v severní, západní a jiho-východní části MČ Ďáblice:

- a) Ochrana areálu PČR,

- upravení nivelety komunikace ul. Ďáblická v příčném směru,
 - zvýšení nivelety komunikace pro pěší,
 - odstranění části stávající hradební zdi,
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru ulice Ďáblická do stávající vodoteče,
 - zvýšení stávající nivelety terénu, lze řešit zpevnění stávajícího oplocení, pevná nepropustná podezdívka,
- b) Ochrana areálu sběrného dvora,
- c) Ochrana parkoviště pod křižovatkou ul. Ďáblická x U Parkánu,
- d) Poldr v severní části MČ Ďáblice.
- e) ul. Vojkova - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- f) ul. Brigádnická - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- g) Snížení nátoků na ul. Šenovská
- Zamezení nátoků extravilánových vod ul. Statková – nad ulicí Statková, plánován průleh v komunikaci,
 - ul. Myslivecká - zvýšení nivelety komunikace pro pěší, lze řešit plnou (nepropustnou) podezdívkou plotů v ulici,
 - Upravení nivelety komunikace ul. Šenovská (pod křižovatkou s ul. Statková) v příčném směru,
 - Přespádování ulice Šenovská na levou stranu (při pohledu z kopce dolů),
 - úprava nivelety terénu pro převod extrémních vod z prostoru křižovatky ulic Šenovská x Statková až po prameniště v severní části MČ Ďáblice.
- h) ul. Chřibská - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- i) ul. Chřibská – přesun stávající TS 3327,
- j) ul. Zářijová - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- k) ul. Červnova - upravení nivelety komunikace pro pěší,
- l) Poldr v jiho-východní části MČ Ďáblice.
- m) Technická opatření ve stokové síti:
- Vybudování retenčních nádrží (RN1, RN3, RN4),
 - Přepojení / odpojení v rámci stokové sítě,
 - Přespádování části sítě,
 - Vybudování nové stoky.

Ochrana území za předpokladu realizace opatření dle scénáře SC 6 je uvedena na obrázku (Obrázek 56). Realizací opatření dojde k ochraně v severní, západní a jiho – východní části MČ Ďáblice. Technická opatření na stokové síti efektivně eliminují část rozlivu a v kombinaci s opatřeními na povrchu (SC 3) pozitivně ovlivňují míru rozlivu v prostoru celé MČ Ďáblice.



Obrázek 56 Míra ochrany území aplikací opatření v severní části MČ Ďáblice - scénář SC 6

10. Doporučený scénář

Zhotovitel vzájemně porovnal dosažené míry ochrany území intravilánu MČ Ďáblice po aplikaci jednotlivých návrhových scénářů. Scénář SC 6 je založen na konceptu odvodnění přívalových srážek používaném v Evropě. Tento koncept hledá řešení v kombinaci klasického odvodnění s odvodněním po povrchu povodí pomocí k tomu upravených morfologických prvků na terénu. Tento scénář řeší důsledky extrémního přívalového deště (14.8.2020) kombinací úprav na vodohospodářské infrastruktuře, tj. realizací opatření dle projektu VRV a dále pomocí úprav terénu v uliční síti pro eliminaci záplav v ulicích Šenovská, Na Štamberku, U Parkánu, Chřibská, Záříjová, Ďáblická atd. a v jejich okolí za předpokladu bezpečného odvedení přívalových vod do suchých poldrů s postupným odtokem do recipientu Mratínského potoka.

Největší míry ochrany je dosaženo při aplikaci scénář SC 6 a to jak z pohledu extrémních srážek, tak srážek s nižší N-letostí, proto **tento scénář zhotovitel doporučuje k realizaci**.

Výsledný rozsah zátopy doporučeného scénáře SC 6 je graficky uveden v příloze B. V příloze C je pak uvedena srovnávací mapa eliminace rozlivu zátopy dne 14.8.2020 dle doporučeného scénáře.

10.1. Technické řešení

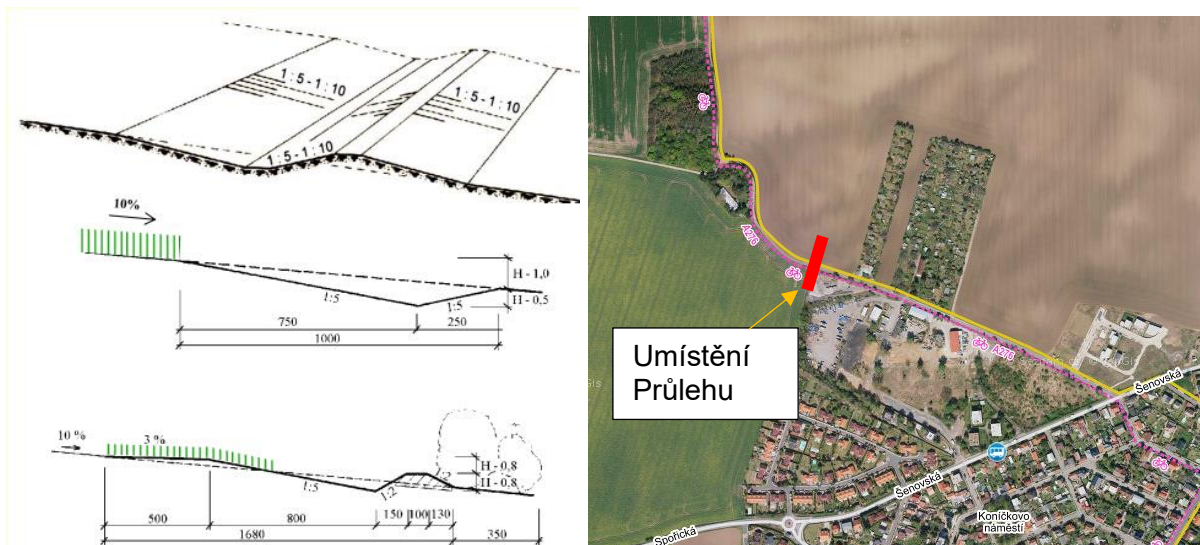
Celé řešení je založeno na možnosti úpravy stávající vodohospodářské infrastruktury a úpravy morfologie terénu.

V horní části povodí MČ Ďáblice je provedena kombinace technických opatření, které mají za cíl retardovat, akumulovat, přesměrovat a přerozdělit („odlehčit“) srážkové odpadní vody tak, aby při srážkách o nižší N-letosti (do četnosti výskytu 1x10 let) nedocházelo k výronům na povrch. Ve střední části města v blízkosti křižovatky ulic U Parkánu x Ďáblická stejně tak v ulici Ďáblická jsou ke stejnému účelu navrženy retenční objekty.

Pro bezpečné převedení extrémních přívalových srážek (14.8.2020) jsou v území definovány nouzové cesty odtoku – dešťové koridory. V některých místech bylo nutné dobudovat, v podobě úprav stávající morfologie terénu, taková opatření, jejich prostřednictvím dojde k udržení kompaktnosti proudu srážkové odpadní vody. Při zachování kompaktního proudu nedojde v takové míře k rozlivu srážkové odpadní vody do území. Z pohledu navrhovaných úprav morfologie terénu je nezbytné uvést ty úpravy bez jejichž realizace by nebylo možné udržet přívalovou srážku v jednotlivých koridorech.

- **Horní část ulice Statková**

Osazením průlehu v horní části ulice Statková dojde k odklonu natékající extravilánové vody od křižovatky ulic Statková – Šenovská. Natékající extravilánová voda bude prostřednictvím průlehu svedena do přirozené svodnice s odvodem v severním směru k současnému prameništi. Umístění průlehu včetně možného příkladu jeho provedení je uvedeno na následujícím obrázku (Obrázek 57).



Obrázek 57 Umístění průlehu a příklad jeho provedení

- **Prostor křižovatky Šenovská – Statková**

V prostoru křižovatky Šenovská – Statková resp. mírně nad touto křižovatkou dojde k přespádování komunikace a tím k podchycení proudu a jeho převodu na levou stranu komunikace (ul. Šenovská). Úpravou terénu v podobě vytvoření např. lichoběžníkového tvaru koryta budou koncentrované vody z levé strany komunikace převedeny prostorem mezi novou zástavbou a RN do současného extravilánu a dále v severním směru do prostoru prameniště. Směrování proudu do lichoběžníkového koryta je zajištěno jednak přespádováním komunikace a jednak výškovou úpravou stávající komunikace v prostoru bezprostředně pod křižovatkou ulice Šenovská x Statková. Umístění výškové úpravy komunikace včetně ukázky převodu proudu vody do koryta je uvedeno na následujícím obrázku (Obrázek 58).



Obrázek 58 Umístění výškové úpravy komunikace včetně koryta

Vzniklý koridor v podobě např. lichoběžníkového tvaru koryta, neměl být jen pustým technickým opatřením. Z pohledu začlenění do území je vhodné hledat je multifunkční využití v podobě architekto – urbanistického řešení lokality. Příkladem takového začlenění může být pěší stezka s parkovou úpravou viz. Obrázek (Obrázek 59).



Obrázek 59 Ukázka možného začlenění dešťového koridoru do území.

- **Prostor „U Parkánu“ – areál sběrného dvora**

Prostor „U Parkánu“ je v současné době přehrazen v tom smyslu, že přírodní svodnice vlivem urbanistické činnosti mění významným způsobem svou trasu. Svodnice resp. Proud vody neprochází prostorem vlevo od objektu hasičské zbrojnice do rybníku Křížovníků, ale ostře (v 90°) mění svůj směr. Následně v prostoru před základní školou vstupuje do „existujícího dešťového koridoru“. Koridor je zde tvořen z levé strany kamennou hradbou lemující ulici U Parkánu z pravé strany pak kamennou podezdívkou tvořící základ oplocení a vstupního portálu objektu školy. Z tohoto prostoru se kompaktní proud dostává do prostoru křižovatky ulic U Parkánu x Ďáblická. V místě vjezdu do areálu sběrných surovin dochází za současného stavu k rozšíření proudu v podobě vyplavení areálu. Výškovou úpravou nivelety vjezdu resp. přechodu pro pěší bude areál sběrného dvora ochráněn proti zatopení a proud v ulici U Parkánu bude udržen v kompaktním stavu. Umístění úpravy vjezdu je patrné z následujícího obrázku (Obrázek 60).



Obrázek 60 Umístění úpravy vjezdu do areálu sběrného dvora.

- **ulice Ďáblická „pod“ křižovatkou ulic Ďáblická – U Parkánu – Kostelecká**

V prostoru křižovatky ulic U Parkánu x Ďáblická dojde ke spojení proudů dvou dešťových koridorů a to proudů přicházejícího z ulice U Parkánu a proudů z ulice Ďáblická. Vlivem konfigurace uličního profilu a stávajícímu výškovému řešení této křižovatky nedojde k přetečení spojeného proudu do ulice Kostelecká. Spojený proud je naopak ulicí Ďáblická veden severním směrem, kde se jednak cca 50 – 100 m od křižovatky začne roztékat a jednak pokračuje ulicí Ďáblická dále v severním směru. Vlivem roztečení proudu „pod křižovatkou“ dojde k negativnímu zasažení přilehlých nemovitostí. Vlivem pokračujícího proudu dojde k zatopení areálu Policie České republiky.

Ochrana území spočívá v dotvoření koridoru a obdobně jako v předchozích případech v udržení kompaktního proudu. Zamezení roztečení proudu v prostoru „pod“ křižovatkou v místě vjezdu na parkoviště je navrženo prostřednictvím výškové úpravy nivelety přechodu pro chodce. Výšková úprava nivelety navazující komunikace pro pěší je navržena až do vzdálenosti, kde začíná (vlevo v ul. Ďáblická v severním směru) hradební zeď. Umístění navržených opatření je patrné z obrázku (Obrázek 61).

K zajištění ochrany movitého a nemovitého majetku v ulici Ďáblická a v jejím navazujícím okolí je nezbytné zajistit odklon vody mimo uliční prostor. Prostřednictvím výškové úpravy nivelety komunikace vznikne dostatečná „bariéra“, která srážkovou odpadní vodu odkloní z ulice Ďáblická v západním směru. K odklonu proudu v západním směru dojde v blízkosti čp. 55/50. Předpokladem odklonu proudu je zároveň s výškou úpravou nivelety terénu v ul. Ďáblická a odstraněním části hradební zdi i vytvoření koryta pro převod proudu do přirozené vodoteče nacházející se za areálem zámku. Směry toku a umístění opatření jsou zobrazeny na obrázku (Obrázek 62).



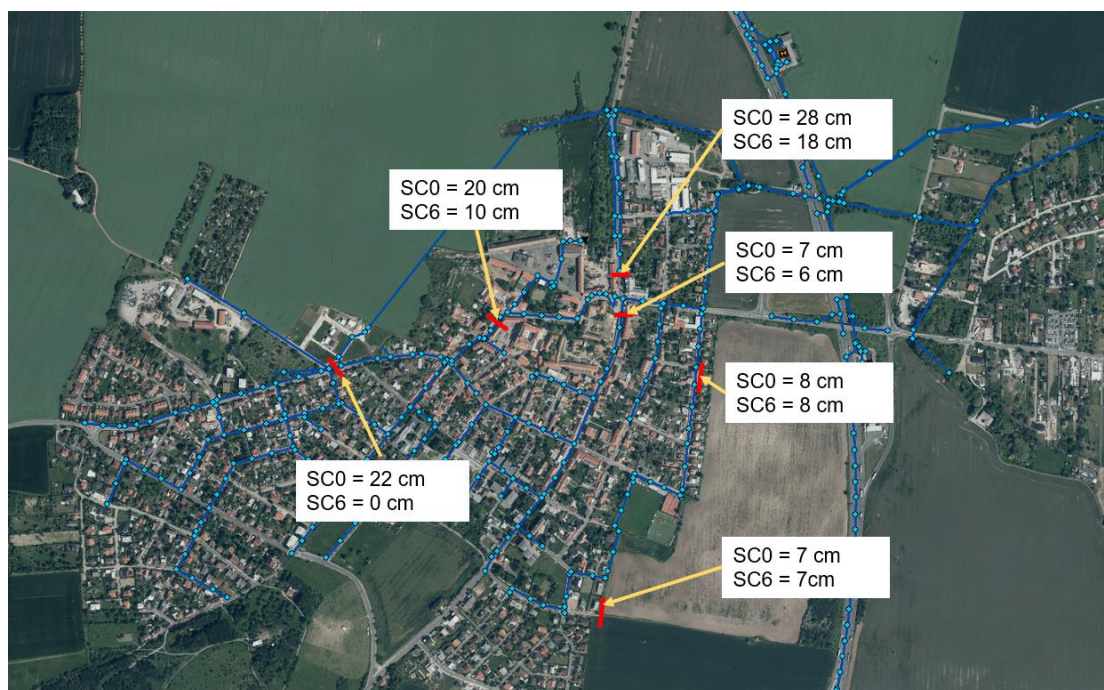
Obrázek 61 Umístění opatření v prostoru „pod“ křižovatkou ulic Ďáblická x U Parkánu



Obrázek 62 Směry toku umístění opatření v prostoru „pod“ křižovatkou ulic Ďáblická x U Parkánu

10.2. Posouzení scénáře v simulačním modelu

V důsledku navržených úprav v povodí v kombinaci s technickými úpravami na stokové síti došlo k razantní eliminaci rozlivu srážko odpadní vody v povodí MČ Ďáblice. Vybudováním nouzových cest odtoku bude zabezpečen bezpečný převod extrémních přívalových srážek intravilánem MČ. Efekt opatření je možno dokladovat na snížení hloubky hladiny v konkrétních profilech řešeného území. V rámci obrázku (Obrázek 63) jsou uvedeny jednotlivé hloubky hladin při srážce 14.8.2020 a po návrhu opatření dle doporučeného scénáře řešení.



Obrázek 63 Výška hladin - srážka 14.8.2020

Eliminace rozlivu resp. míra ochrany území intravilánu MČ Ďáblice je následně zobrazena na následujícím obrázku (Obrázek 64).



Obrázek 64 Doporučený scénář - vizualizace rozlivu extrémní srážky (modrá) a původního rozlivu stavu z 14.8.2020 (žlutá)

Na obrázku (Obrázek 64) je znázorněna žlutou barvou simulace stávajícího stavu během přívalové srážky ze dne 14.8.2020 a nad touto vrstvou je v odstínech modré barvy znázorněn efekt opatření analyzovaných v rámci daného scénáře. Tento efekt je patrný v místech žluté barvy, tj. v místech, kde navržená opatření již nezpůsobí záplavu. V místech modrých ovšem k záplavě dochází i při těchto opatřeních.

Lze tedy konstatovat, že doporučený scénář řešení přináší požadovanou změnu v chování průchodu extrémní srážky územím MČ Ďáblice. Cenou za toto řešení je vybudování nouzových cest odtoku. Po dobu trvání extrémní přívalové srážky je nutné strpět omezení v podobě zatopení koridorů srážko odpadní vodou.

10.3. Odhad investičních nákladů

Odhad investičních nákladů na realizaci opatření ve doporučeného scénáře řešení (SC 6) byl proveden na základě rozkladu investic do dílčích bloků prací a za použití jednotkových cen pro rok 2020.

Cena opatření na povodí v podobě dočasných ochranných povrchových retencí je zpracována v následující tabulce (Tabulka 7).

Umístění v MČ Ďáblice	Opatření na povodí	Investiční náklady bez DPH
severní část	Poldr	15.4 mil Kč
	úprava terénu	4.8 mil Kč
západní část	úprava terénu	11.8 mil Kč
jiho - východní část	Poldr	19.6 mil Kč
	úprava terénu	3.0 mil Kč
Celkem		54.7 mil Kč

Odhad nákladů - projekt VRV (dle PVS)		29.1 mil Kč
---------------------------------------	--	-------------

Celkem		83.8 mil Kč
--------	--	-------------

Tabulka 7 Vyčíslení investičních nákladů pro doporučený scénář.

Celková odhadovaná cena opatření pro doporučený scénář řešení se tedy pohybuje okolo částky 84 milionů korun. Nejvýznamnější investiční položkou je v tomto případě výstavba ochranných povrchových retenčních prostor a k nim přidružených objektů.

11. Závěry a doporučení

Zhotovitel studie připravil koncepční návrh a zpracoval šest scénářů možného řešení problémů spojených s odpojením a převodem dešťových vod v povodí MČ Ďáblice. Zpracované scénáře obsahovaly jednak navržená technická opatření v povodí a jednak kombinaci navržených technických opatření na kanalizaci a v povodí. Scénáře byly zpracovány do podoby simulačního modelu a následně byly na těchto modelech posouzeny srážko-odtokové charakteristiky v zájmovém povodí. Na základě maximální míry ochrany jednak při extrémních srážkách tak při srážkách s nižší N-letostí byl k realizaci doporučen jeden scénář a to scénář SC 6. Pro tento scénář řešení byl proveden odhad investičních nákladů.

Na základě provedených prací je proto možné předložit následující závěry studie:

- a. Prvky pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV) neřeší, resp. nejsou vůbec schopny zajistit ochranu MČ Ďáblice před extrémní přívalovou srážkou,
- b. Ochrana MČ Ďáblice před extrémními přívalovými srážkami je možná za předpokladu vybudování nouzových cest odtoku – dešťových koridorů,
- c. Navržené nouzové cesty odtoku – dešťové koridory jsou cesty (prostory) v intravilánu MČ, do kterých je v doporučeném scénáři řešení koncentrován průtok vody územím.
- d. Po dobu trvání extrémní přívalové srážky bude dešťovým koridorem protékat srážko-odpadní voda,
- e. Nouzové cesty odtoku – dešťové koridory by měly být promítnuty do územně analytických podkladů a následně do platné územně plánovací dokumentace MČ Ďáblice,
- f. V rámci architektonicko - urbanistického konceptu rozvoje MČ Ďáblice je důležité akceptovat a následně zahrnout definované nouzové cesty odtoku do dílčích realizačních projektů,
- g. S ohledem na hybnost proudu je nutné jednak zvážit umístění a způsob osazení městského mobiliáře stejně tak pohyb osob, techniky v prostoru dešťových koridorů při extrémní přívalové srážce.
- h. V rámci architektonicko - urbanistického řešení celého koridoru je nezbytné zvažovat možnost **negativního spolupůsobení** jednotlivých prvků.

Zhotovitel studie si dovoluje předložit závěrečná doporučení v následujících bodech:

- a. Mratínský potok je přirozená svodnice odvádějící většinu dešťové vody z území. Jeho kapacitnost je podstatnou limitou řešení odvodu dešťových vod. Z tohoto důvodu zpracovatel navrhuje navázat na zpracovanou studii v podobě vypracování posouzení dopadu odvodnění MČ Ďáblice na stávající a budoucí kapacitu Mratínského potoka,
- b. Zhotovitel doporučuje řešit bezpečný průchod dešťových vod Mratínským potokem jako celkem. V rámci tohoto přístupu by mělo být řešeno:
 - Návrh povrchových retencí s postupným vypouštěním do Mratínského potoka včetně odvodnění Cínovecké ulice a kapacity mostků,

- Zajištění bezpečného průchodu dešťových vod Mratínským potokem ve vztahu k N-letým vodám,
 - Zohlednění rozvojových ploch MČ Ďáblice (dle platné územně plánovací dokumentace) a dále plánované výstavby severního obchvatu HMP.
- c. Řešení bezpečného průchodu dešťových vod Mratínským potokem je nezbytné koordinovat s projektem severního okruhu HMP.

Studie byla zpracována firmou AQUAPROCON s r.o. v listopadu 2021.

12. Přílohy

- A. Mapa rozlivu zátopy v důsledku přívalového deště dne 14.8.2020
- B. Mapa rozlivu zátopy přívalového deště dle navrženého scénáře SC 6
- C. Srovnávací mapa eliminace rozlivu zátopy dne 14.8.2020 dle scénáře SC 6