



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

SIMULAČNÍ MODELOVÁNÍ STOKOVÉ SÍTĚ PŘI APLIKACI PRVKŮ PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

SIMULATION MODELING OF THE SEWER NETWORK WHEN APPLYING ELEMENTS FOR RAINWATER
MANAGEMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Filip Vondráček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství obcí
Student: **Bc. Filip Vondráček**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

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

Simulační modelování stokové sítě při aplikaci prvků pro hospodaření s dešťovou vodou

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce bude zaměřena na řešení problematiky hospodaření s dešťovou vodou (HDV) v urbanizovaném území s dopady na hydrauliku stokové sítě. Student provede rešerši z dané problematiky. Získané informace aplikuje při řešení studie stokové sítě s aplikací prvků HDV, resp. modro-zelené infrastruktury (MZI) ve vybrané části obce. Při zpracování diplomové práce bude využit program SWMM (LID).

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem diplomové práce bude vypracování rešeršní části a technické zprávy z problematiky hospodaření s dešťovou vodou (HDV) v urbanizovaném území s dopady na hydrauliku stokové sítě. Součástí práce bude výkresová dokumentace dle požadavků vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené literatury a podklady:

- [1] PRICE, R., VOJINOVIC Z. Urban Hydroinformatics: Data, Models and Decision Support for Integrated Urban Water Management. IWA Publishing, 2011. ISBN: 9781780401362
- [2] WILLEMS, P., at al. Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems, IWA Publishing, 2012. ISBN: 9781780401256
- [3] GUO, J. C.Y. Urban hydrology and hydraulic design, Highlands Ranch: Water Resources Publications, LLC., 2006.
- [4] LARRY W. MAYES. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9.

[5] STRÁNSKÝ, D. a kol. Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. MŽP. In mzp.cz [online]. 2019 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z WWW: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/\\$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf)

[6] Platné normy k dané problematice.

[7] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení DP.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 20. 3. 2023

L. S.

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na způsoby hospodaření s dešťovou vodou (HDV). V úvodu rešerše je uvedena platná legislativa týkající se dané problematiky v České republice. Poté je zde stručné seznámení s historií a hospodařením s dešťovou vodou ve světě. Hlavní část rešerše tvoří seznámení se způsoby HDV v našich podmínkách. Další část práce je technická zpráva, ve které je popsáno vytvoření modelu stokové sítě ve vybrané lokalitě s aplikací poznatků o HDV z rešerše.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hospodaření s dešťovou vodou, simulační model stokové sítě, stoková síť, Storm Water Management Model, SWMM

ABSTRACT

The master's thesis focuses on methods of stormwater management. The introductory part of the research provides an overview of the current legislation related to this issue in the Czech Republic. Following that, there is a brief introduction to the history and stormwater management worldwide. The main section of the research acquaints the reader with methods of stormwater management in our conditions. Another part of the thesis is a technical report, describing the creation of a stormwater network model in a selected location with the application of insights into stormwater management from the research.

KEYWORDS

Stormwater management, simulation model of sewer system, sewer system, Storm Water management model, SWMM

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VONDRÁČEK, Filip. *Simulační modelování stokové sítě při aplikaci prvků pro hospodaření s dešťovou vodou*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Simulační modelování stokové sítě při aplikaci prvků pro hospodaření s dešťovou vodou* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2024

Bc. Filip Vondráček
autor

Rád bych poděkoval doc. Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za jeho čas při konzultacích a cenné připomínky při vypracování závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a.s. za poskytnutí podkladů pro vypracování praktické části diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	CÍLE PRÁCE	12
3	HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU	13
3.1	Legislativa v České republice	13
3.1.1	Zákon č. 254/2001 Sb. vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)	13
3.1.2	Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).....	14
3.1.3	Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území	14
3.1.4	Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby.....	15
3.1.5	Zákon č. 89/2012 Sb. občanský zákoník.....	15
3.2	Normy v České republice	16
3.2.1	ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod.....	16
3.2.2	TVN 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami	17
3.2.3	ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod.....	17
3.2.4	ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích	18
3.3	Historie hospodaření s dešťovou vodou	18
3.4	Hospodaření s dešťovou vodou ve světě.....	19
3.5	Odvádění dešťových vod v ČR.....	21
3.6	Nový přístup Hospodaření s dešťovými vodami (HDV)	23
3.7	Znečištění srážkové vody	25
3.8	Předčištění srážkové vody.....	27
3.8.1	Zachycení hrubých nečistot	27
3.8.2	Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu	28
3.8.3	Gravitační separace látek - vsakování	28
3.8.4	Mechanická filtrace	29
3.8.5	Filtrace přes adsorpční materiál.....	29
3.8.6	Kombinace zařízení.....	29
3.8.7	Gravitační separace látek – zaústění do povrchových vod.....	30
3.8.8	Filtrace.....	32
3.9	Vsakování srážkových vod	32

3.9.1	Geologické poměry	33
3.9.2	Předčištění srážkové vody.....	34
3.9.3	Odstupové vzdálenosti.....	34
3.9.4	Plošné vsakování.....	35
3.9.5	Vsakovací zařízení bez regulovaného odtoku	36
3.9.6	Vsakovací zařízení s regulovaným odtokem.....	40
3.10	Retence srážkových vod.....	42
3.10.1	Předčištění srážkové vody.....	43
3.10.2	Retenční objekty s regulovaným odtokem.....	43
3.11	Zelené střechy.....	46
3.12	Nakládání se srážkovou vodou v rámci budov.....	48
3.12.1	Požadavky na kvalitu vody	48
3.12.2	Úprava dešťové vody.....	48
3.12.3	Technické řešení	49
4	MODEL STOKOVÉ SÍTĚ ČÁSTI OBCE NECHANICE.....	51
4.1	Technická zpráva.....	51
4.1.1	Celkový popis území.....	51
4.1.2	Popis zájmové lokality	51
4.1.3	Popis stávající stokové sítě	53
4.1.4	Program SWMM.....	54
4.1.5	Vstupní parametry výpočtu v programu SWMM.....	56
4.1.6	Návrhové stavy vybrané lokality	62
4.1.6.1	Stávající stav – výpočty	64
4.1.6.2	Stávající stav – výsledky	65
4.1.6.3	Stávající stav – závěr	70
4.1.6.4	Plánovaný rozvoj – výpočty.....	73
4.1.6.5	Plánovaný rozvoj – výsledky.....	75
4.1.6.6	Plánovaný rozvoj – závěr.....	80
4.1.6.7	Aplikace prvků HDV – výpočty.....	83
4.1.6.8	Aplikace prvků HDV – výsledky.....	90
4.1.6.9	Aplikace prvků HDV – závěr.....	95
4.1.7	Shrnutí návrhových stavů vybrané lokality	98
5	ZÁVĚR.....	100
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	102
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	109

SEZNAM TABULEK	113
SEZNAM PŘÍLOH	115
SUMMARY	116

1 ÚVOD

Příroda ve světě v posledních stoletích prošla a stále prochází velkou změnou. Změnou, kterou má na svědomí urbanizace. Vlivem masivní urbanizace dochází k potlačení přírody a jejich důležitých funkcí na úkor výstavby nových měst, průmyslových komplexů, infrastruktury atd. Všechny zmíněné lidské výtvořiny mají jedno společné, a to je přeměna zelených ploch na nepropustné plochy, které způsobují zvýšený povrchový odtok srážkových vod. Zvýšení povrchového odtoku ve městech má za následek přesáhnutí kapacity stávající stokové sítě, což může vést k bleskovým povodním, zvýšení znečištění povrchových vod a pokles hladiny podzemní vody v krajině.

Právě těmto negativním vlivům se snaží zabránit postupy hospodaření s dešťovou vodou (HDV). Pomocí vsakovacích objektů se voda dostává do podloží i v centrech měst. Retenční objekty mohou tvořit zajímavé krajinné prvky, které svou funkcí chrání obyvatele před povodněmi. Se srážkovou (dešťovou) vodou můžeme hospodařit i v rámci domácností. Pokud si nainstalujeme v rámci své domácnosti systém pro nakládání se srážkovou vodou, ušetříme peníze za vodné a snížíme potenciální povrchový odtok z naší nemovitosti. Zelené střechy mohou být nejen zajímavý architektonický prvek, ale také zadržují srážkovou vodu a vegetační pokryv podporuje výpar srážkové vody, která se vrací do oběhu a tím ochlazuje místní mikroklima. Kombinací zmíněných prvků ve městech můžeme dosáhnout udržitelného stavu při budoucím rozvoji. Hospodaření s dešťovou vodou je už zakotveno v naší legislativě a tím pádem by se stav v budoucnu neměl zhoršovat, ale naopak zlepšovat.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je vypracovat rešeršní část a technickou zprávu z problematiky hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném území s dopady na hydrauliku stokové sítě. Nejdříve je důležité shrnout legislativu v České republice, která se zabývá problematikou HDV a následně popsat metody a způsoby, které legislativa vyžaduje a jak se dostat k udržitelnému stavu HDV. Než dojdeme k návrhu vhodných prvků HDV, je potřeba stručně shrnout kvalitu srážkových vod, způsoby předčištění a poté přiblížit konkrétní prvky HDV.

V praktické části je cílem aplikovat poznatky z rešerše na modelu stokové sítě ve městě Nechanice, kde se dle územního plánu chystá výstavba nových domů. V tomto případě je třeba vytvořit dynamický model stávající stokové sítě a provést analýzu, jak se nově vzniklá zástavba projeví na hydraulice stokové sítě. Výsledkem praktické části by měla být ukázka, jak může aplikace vybraných prvků HDV pozitivně ovlivnit kapacitu stokové sítě při dešťové srážce.

3 HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

3.1 LEGISLATIVA V ČESKÉ REPUBLICE

V České legislativě se hospodařením s dešťovou vodou v době psaní této diplomové práce zabývá hned několik zákonů a vyhlášek. Od 1.1.2024 vychází v platnost nový stavební zákon č. 283/2021 Sb., do kterého bude několik z níže uvedených vyhlášek zapracováno a původní vyhlášky budou zrušeny.

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

Ustanovení § 5 odst. 3 vodního zákona ve znění novely č. 544/2020 Sb., říká:

„Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání je stavebník povinen podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním odpadních vod kanalizací k tomu určenou. Není-li kanalizace v místě k dispozici, odpadní vody se zneškodňují přímým čištěním s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních. V případě technické neproveditelnosti způsobů podle vět první a druhé lze odpadní vody akumulovat v nepropustné jímce (žumpě) s následným vyvážením akumulovaných vod na zařízení schválené pro jejich zneškodnění. Dále je stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážková voda“) akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.“ [1]

Tento odstavec tedy říká, že nejen při nové stavbě, ale i při rekonstrukci musí stavebník vyřešit odtok srážkových vod jedním z uvedených způsobů – akumulace, vsakování, výpar, zdržení a řízené odvádění nebo kombinací těchto způsobů.

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

Podle ustanovení § 80 odst. 3 písm. e) stavebního zákona:

„Rozhodnutí o změně využití území ani územní souhlas nevyžadují úpravy pozemků, které mají vliv na schopnost vsakování vody, provedené na pozemku rodinného domu nebo na pozemku stavby pro rodinnou rekreaci, které souvisí nebo podmiňují bydlení nebo rodinnou rekreaci, neslouží ke skladování hořlavých látek nebo výbušnin, není v rozporu s územně plánovací dokumentací, a plocha části pozemku schopného vsakovat dešťové vody po jejich provedení bude nejméně 50 % z celkové plochy pozemku rodinného domu nebo stavby pro rodinnou rekreaci.“ [2]

Toto ustanovení se ovšem nevztahuje na území s archeologickými nálezy nebo na záměry, pro které je potřeba doložit závazné stanovisko k posouzení vlivů záměru na životní prostředí a na záměry, které se nachází ve zvláště chráněných územích. [2]

V novém stavebním zákoně č. 283/2021 Sb. platném od 1.1.2024 je tento odstavec přesunut do § 214, ale jeho znění zůstává stejné. [3]

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

Ustanovení § 20 odst. 5 písm. c) uvedené vyhlášky říká:

„Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno hospodaření se srážkovými vodami jejich

- 1. akumulací s následným využitím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky,*
- 2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich akumulace s následným využitím, vsakováním nebo výparem není možná, nebo*
- 3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.“ [4]*

Jedná se tedy o trochu podrobnější rozepsání podmínek již zmíněných ve vodním zákoně viz předchozí podkapitola 3.1.1.

S příchodem nového stavebního zákona č. 283/2021 Sb. platného od 1.1.2024 bude vyhláška č. 501/2006 Sb. zrušena a zakomponována do § 140 stavebního zákona. [3]

Dále ustanovení § 21 odst. 3 uvedené vyhlášky:

„Vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno [§ 20 odst. 5 písm. c)], jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě

- a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,*
- b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.“ [4]*

Tento paragraf není zahrnut do nového stavebního zákona a je zrušen s platností vyhlášky č. 501/2006 Sb. [3]

3.1.4 Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Tato vyhláška v § 6 odst. 4 říká:

„Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.“ [5]

Toto ustanovení říká v podstatě to stejné, co § 5 odst. 3 ve vodním zákoně viz podkapitola 3.1.1.

Zmíněný paragraf není rovněž zahrnut do nového stavebního zákona a je zrušen s platností vyhlášky č. 268/2009 Sb. [3]

3.1.5 Zákon č. 89/2012 Sb. občanský zákoník

V občanském zákoníku v § 1013 odst. 1 je uvedeno:

„Vlastník se zdrží všeho, co působí, že odpad, voda, kouř, prach, plyn, pach, světlo, stín, hluk, otřesy a jiné podobné účinky (imise) vnikají na pozemek jiného vlastníka (souseda)

v míře nepřiměřené místním poměrům a podstatně omezují obvyklé užívání pozemku; to platí i o vnikání zvířat. Zakazuje se přímo přivádět imise na pozemek jiného vlastníka bez ohledu na míru takových vlivů a na stupeň obtěžování souseda, ledaže se to opírá o zvláštní právní důvod.“ [6]

V § 1019 občanského zákoníku jsou rozvedena práva vlastníka pozemku, kterému ze sousedního pozemku přitéká např. voda. Také práva vlastníka pozemku, který potřebuje přítok vody na svůj pozemek, ale soused tomu brání:

„1) Vlastník pozemku má právo požadovat, aby soused upravil stavbu na sousedním pozemku tak, aby ze stavby nestékala voda nebo nepadal sníh nebo led na jeho pozemek. Stéká-li však na pozemek přirozeným způsobem z výše položeného pozemku voda, zejména pokud tam pramení či v důsledku deště nebo oblevy, nemůže soused požadovat, aby vlastník tohoto pozemku svůj pozemek upravil.

(2) Je-li pro níže položený pozemek nutný přítok vody, může soused na vlastníku výše položeného pozemku požadovat, aby odtoku vody nebránil v rozsahu, ve kterém vodu sám nepotřebuje.“ [6]

3.2 NORMY V ČESKÉ REPUBLICE

3.2.1 ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Jak již název napovídá, norma popisuje vsakování srážkových vod jako jeden ze způsobů hospodaření s dešťovými vodami. Jsou zde uvedeny hlavní zásady pro návrh, stavbu a provoz vsakovacích zařízení. Norma dopodrobna rozebírá geologický průzkum, který je zásadní pro návrh vsakovacích zařízení. Dále je zde popsána jakost srážkových vod, které je a není možné vsakovat. V návaznosti na jakost jsou uvedeny způsoby předčištění. Dále norma uvádí potřebné odstupové vzdálenosti od ostatních objektů, potřebné výpočty pro dimenzování vsakovacích objektů a příklady objektů pro vsakování. Na závěr jsou zde podmínky jejich provozování a údržby. Norma dále uvádí, že pokud nelze dodržet podmínky pro návrh vsakovacího zařízení, je třeba dodržet ČSN EN 752, ČSN 75 6101 a požadavky provozovatele stokové sítě a jiných odpovídajících správců. [7]

3.2.2 TVN 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Tato norma popisuje způsoby, jak je možné se vypořádat se srážkovými vodami přímo na pozemku v urbanizovaném území. V úvodu jsou popsány všechny možnosti a podmínky, kdy lze využít určitý způsob HDV. Norma uvádí, že hlavním způsobem, jak řešit povrchový odtok je vsakování. Dále norma popisuje konkrétní objekty HDV, podmínky pro jejich návrh a způsoby předčištění srážkové vody. Je zde také zmínka o zelených střechách a o akumulaci a využívání srážkové vody. Norma popisuje podmínky pro provoz a údržbu jednotlivých objektů HDV. V přílohách najdeme rozbor znečištění srážkových vod, způsoby předčištění pro různé typy ploch a různé způsoby HDV a schémata objektů HDV. [8]

3.2.3 ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod

Norma ČSN EN 16941-1 je českým překladem evropské normy EN 16941-1:2018. Tato norma popisuje využívání srážkových vod jako jednu z alternativ hospodaření s dešťovými vodami. Nejdříve norma určuje požadavky pro navrhování jednotlivých částí – z jakých ploch lze sbírat srážkovou vodu a jakou bude mít srážková voda kvalitu, jaké použít předčištění. Poté rozebírá, jaké navrhovat akumulační nádrže, kam je umístit, z jakého materiálu, vodotěsnost a bezpečnostní prvky nádrže. Dále se norma zabývá návrhem čerpadla – zda použít ponorné, či neponorné čerpadlo. Důležitým upozorněním je, že v žádném případě nesmí být propojen systém s pitnou vodou se systémem rozvodů upravené srážkové vody. Dále je v normě uveden postup pro dimenzování akumulačních nádrží ze sběrné plochy, úhrnu srážek a součinitele výtěžnosti svěrné plochy (součinitel odtoku). Norma popisuje, kam je vhodné umístit akumulační nádrž vzhledem k ostatním budovám, hladině podzemní vody apod. Na závěr je zde popsáno označení potrubí pro rozlišení pitné a nepitné vody a poté požadavky na údržbu zařízení. [9]



Obr. 3.1. Vlevo „pitná voda“, vpravo „nepitná voda“ [9]

3.2.4 ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích

Norma ČSN 75 6780 doplňuje a zpřesňuje některé požadavky z norem ČSN EN 16941-1 a ČSN EN 16941-2. Tato norma popisuje způsoby, jak lze nakládat s šedými a srážkovými vodami v rámci budov a přilehlých pozemků, jak takové vody jímat a jak upravovat jejich kvalitu pro další použití. Dále je zde popsán provoz a údržba těchto zařízení. Na konci normy je uvedeno, jak využívat teplo z šedých vod. V přílohách najdeme technologická schémata různých zařízení. [54]

3.3 HISTORIE HOSPODAŘENÍ S DĚŠŤOVOU VODOU

Hospodaření s dešťovými vodami zajímá lidskou populaci už několik tisíc let. Naši předkové potřebovali stejně jako my dnes vodu na pití, umývání, zalévání. Přibližně 2000 let př. n. l. na území Indie, Mezopotámie, Číny a dnešního Izraele se používaly různé způsoby hospodaření s dešťovými vodami. Na území dnešního Izraele obyvatelé odváděli dešťovou vodu z úbočí kopců a skal do velkých podzemních nádrží. Naopak v Indii lidé používali systémy s nádobami na střeších svých obydlí. Některé tyto střešní systémy používají v Indii do dnes. [10]



Obr. 3.2. Střešní systém pro zachytávání dešťové vody v Indii [10]

Kolem roku 600 př. n. l. bylo ve starověkém Římě vybudováno několik odtokových kanálů nejen pro dešťovou vodu. Nejimpozantnější stavbu mají na kontě právě

Římané, kteří vybudovali v dnešním Istanbulu architektonicky impozantní podzemní nádrž na dešťovou vodu o objemu 80 000 m³. V polovině 19. století nabralo na popularitě kvůli průmyslové revoluci a urbanizaci odvádění odpadních vod ve velkých evropských městech z důvodu ochrany před záplavami a zabránění šíření nemocí jako byla např. cholera. Začalo tedy ve velkém budování stokových sítí. Tyto stokové sítě byly z drtivé většiny jednotné – odvádění dešťové a splaškové vody dohromady. Jejich úkolem bylo sesbírat splašky a dešťové vody a co nejrychleji je odvést mimo centrum města do recipientu. Později nejprve přes čistírny odpadních vod a až poté do recipientu. Spousta těchto jednotných systémů je stále v provozu v historických centrech měst. [10] [11]

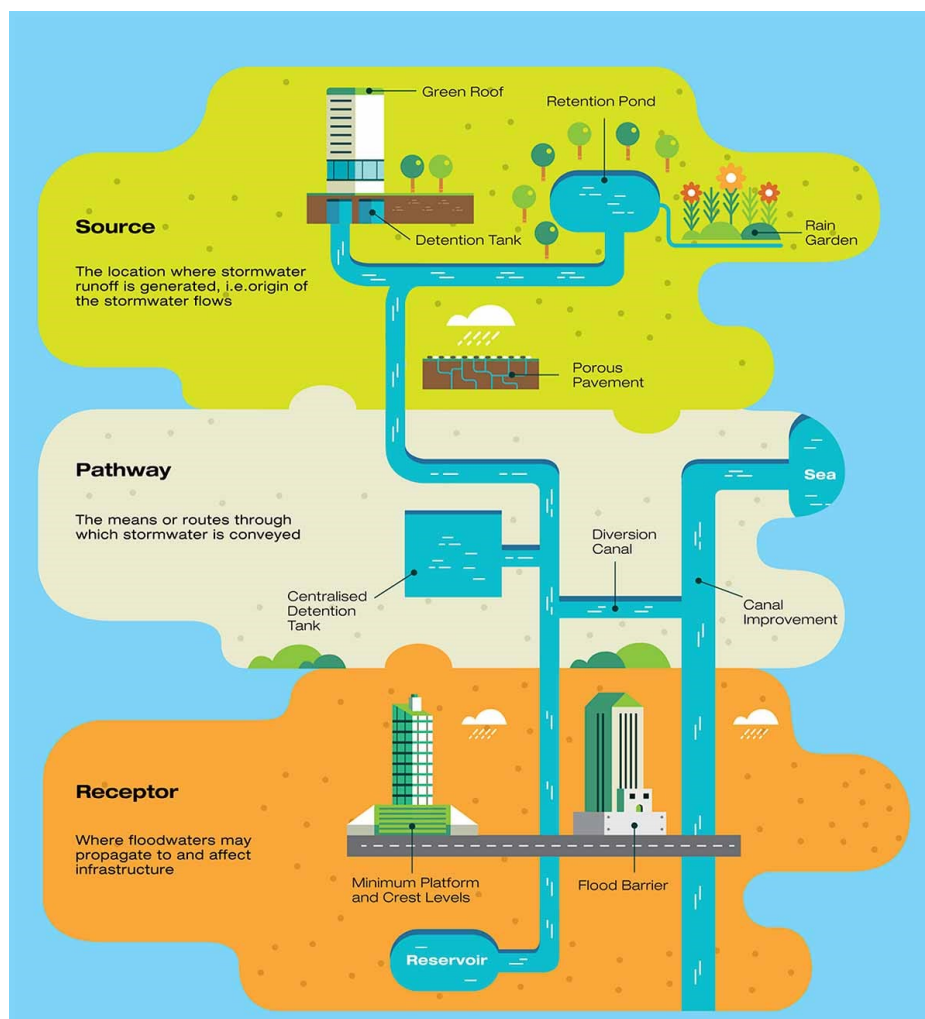


Obr. 3.3. Nádrž na dešťovou vodu Yerebatan – Istanbul [12]

3.4 HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU VE SVĚTĚ

V USA se hospodaření s dešťovými vodami na federální úrovni zabývá vládní organizace EPA – United States Environmental Protection Agency neboli Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států. Ta byla vládou pověřena skrze The Clean Water Act (CWA) neboli Zákon o čistotě vody, aby se zabývala problematikou srážkového odtoku. Agentura tedy mimo jiné vytvořila National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) neboli Národní systém pro eliminaci vypouštěného znečištění. Tento systém se zabývá srážkovými vodami a řeší jejich vsakování spíše v zájmu eliminace znečištění vzniklým při smyvu

některých povrchů a jejich následné ovlivnění povrchových vod. Prvky hospodaření s dešťovými vodami jsou v rámci nařízení EPA tedy brány primárně jako ochrana povrchových vod před znečištěním povrchových vod a až sekundárně jako prvky, které pomáhají udržet vodu v krajině, zlepšují životní prostředí a v urbanizovaném území a chrání před záplavami. Případné konkrétní regulace povrchového odtoku mají na starost lokální orgány státní správy v rámci Low Impact Development (LID). [13]



Obr. 3.4. Schématické vyjádření přístupu k HDV v Singapuru [15]

Zajímavým příkladem ze světa je Singapur. Singapur je relativně plochý tropický ostrov v Asii, který se potýká se srážkami v podobě monzunů, bouřkové linie ze Sumatry a jiné. Během posledních dekad zde proběhla masivní urbanizace. Z 1,6 milionu obyvatel v roce 1960 na necelých 5,5 milionu obyvatel v roce 2022. Dnes patří Singapur mezi státy s nejhustějším zalidněním na světě. To vedlo k ústupu

zeleně ve prospěch zpevněných ploch a došlo tak k extrémnímu zvýšení povrchového odtoku. Představitelé museli začít včas jednat a přišli s přístupem, který nazvali „Source-Pathway-Receptor“ neboli „Zdroj-Cesta-Příjemce“. Zdrojem je myšlen zdroj povrchového odtoku; cestou je myšleno, kudy je tento odtok veden a příjemce je oblast, kde může tento odtok negativně působit. Ve zdroji je žádoucí budování prvků HDV v podobě např. retenčních nádrží, zelených střech, dešťových zahrad atd. Od roku 2014 jsou zde všichni, kdo staví nové budovy nebo rekonstruuji stávající budovu, povinni implementovat prvky HDV na těchto stavbách. V rámci vedení odtoku se rozšiřují a prohlubují povrchové odtokové kanály i se zvětšuje podzemní stoková síť. Když nepomůžou ani tyto dvě předchozí opatření je důležité vědět, kdo je příjemce. Příjemce musí být připraven, a proto jsou zaváděny podmínky pro různé budovy např. zvýšené vstupy do budov, protipovodňové bariéry atd. S tímto přístupem vláda Singapuru věří, že je možné dosáhnout udržitelného hospodaření s dešťovou vodou. [14] [15]

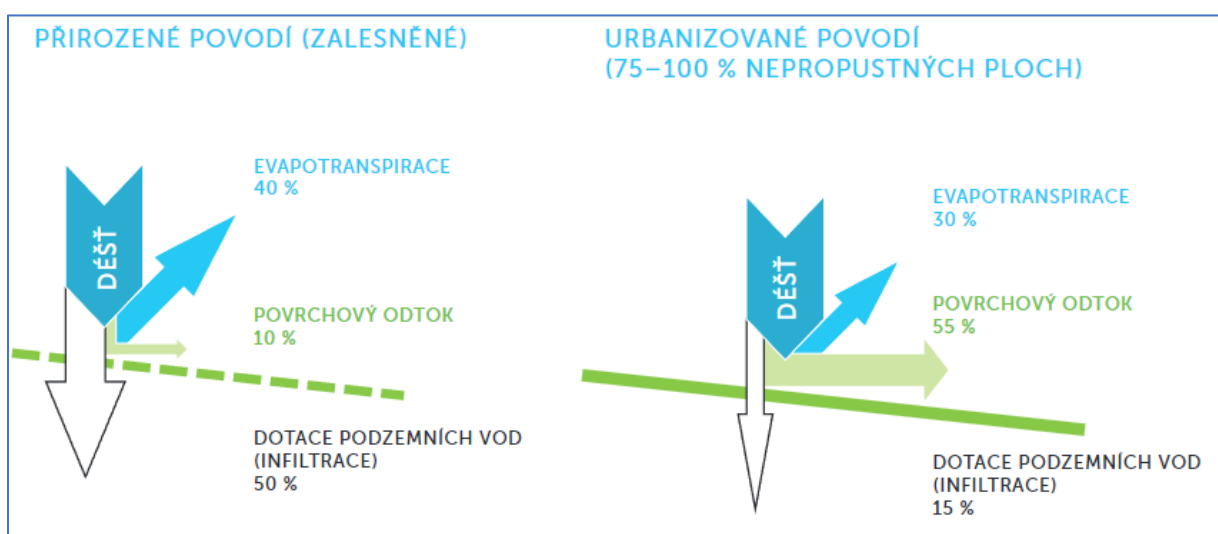


Obr. 3.5. Příklad zelené střechy jedné z budov v Singapuru [16]

3.5 ODVÁDĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD V ČR

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.4., tak v České republice případně Československu tomu v historii nebylo jinak. Vlivem velké urbanizace území docházelo a stále dochází ke změně zelených propustných ploch na plochy tzv. šedé, které jsou nepropustné. Obrácený postup, tedy změna šedých ploch na zelené, je ve městech

poměrně vzácný. Tento trend vede k extrémnímu zvýšení povrchového odtoku ve městech, protože přirozené zelené plochy jsou při srážce schopny vsáknout až 50 % objemu dešťové vody, 40 % objemu vody poté tvoří výpar a pouze 10 % objemu vody odteče po povrchu. Oproti tomu aglomerace města, která může být tvořena ze 75-100 % nepropustných ploch, při dešťové srážce dokáže přirozeně vsáknout cca 15 % objemu vody do podloží, 55 % tvoří povrchový odtok a 30 % objemu vody tvoří výpar. V centrech měst, kde se může podíl nepropustných ploch blížit až ke 100 %, je rozdíl povrchového odtoku oproti přirozenému povodí v řádech vyšších desítek procent. [17]



Obr. 3.6. Porovnání chování dešťové srážky v přirozeném a urbanizovaném povodí [17]

Podnebí České republiky je v poslední době proměnlivé. Za poslední dvě dekády jsme byli svědky mimořádně vodných roků 2002, 2010, 2013, 2020 a naopak i velmi suchých roků 2003, 2015 a 2018. Naše území je závislé na srážkách, protože žádná řeka nám vodu nepřináší, a tak je déšť jediný povrchový zdroj vody. Roste také teplota, takže můžeme předpokládat častější výskyt sucha, který povede ke snížení hladiny podzemní vody. Na podzemní vodě je závislá významná část obyvatelstva i průmyslu. Ke zvyšování hladiny podzemní vody nepomáhá ani momentální způsob zemědělství a lesnictví, který způsobuje rychlejší odtok a nižší infiltraci vody do půdy. [19] [20]

Do nedávna byl způsob odkanalizování měst a obcí velmi jednoduchý. Veškerá srážková voda byla přivedena do jednotné nebo dešťové kanalizace a co nejrychleji

odvedena mimo povodí do nějaké vodoteče. Tento způsob lze použít pro omezenou míru zastavěnosti obce, ale pro velké aglomerace s velkým množstvím nepropustných ploch je ekonomicky a ekologicky nerozumný. Pro zvládnutí průtoků, které můžou v městech vzniknout, je potřeba vybudovat dostatečně kapacitní kanalizaci a dostatek odlehčovacích komor, což představuje velkou počáteční investici a také velké provozní náklady. Odlehčovací komory mohou pomoci zvládnout velké dešťové průtoky, ale dochází zde k ředění splaškových vod, které jsou poté vypouštěny přímo do recipientu. To může mít při dlouhodobém zatížení vodoteče trvalé následky na životní prostředí. Další problém je, že nárazový odtok vzniklý při srážce pouze „přepošleme“ po proudu recipientu dále, a to může vést k povodním v níže položených oblastech. Částečným řešením je osazení centralizovaných retenčních nádrží na odlehčovací stoky mezi kanalizací a recipient, které vyřeší problém s nárazovým průtokem a lze tak ochránit níže položené oblasti. Bohužel to nevyřeší problém s tím, že se srážková voda nevsákne do půdy v místě, kde spadla a dochází k vysoušení půdy a poklesu hladiny podzemní vody. To stejné platí pro dešťovou kanalizaci, která sice nemusí nutně ohrožovat životní prostředí v okolí recipientu splaškovým znečištěním, ale také je zde riziko povodní v níže položených oblastech a pokles hladiny podzemní vody. [17]

3.6 NOVÝ PŘÍSTUP HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI (HDV)

Předchozí kapitola 3.5 se jmenovala odvádění dešťových vod, protože se s dešťovou vodou dříve nijak npracovalo a zacházelo se s ní jako s problémem, kterého se chceme zbavit. V této kapitole bude rozveden přístup, který spočívá v hospodaření s dešťovou vodou a zacházení s ní jako s cenným zdrojem. Hlavním smyslem HDV je napodobit přirozený hydrologický režim lokality, než došlo k její přeměně na urbanizované území. Pouze tímto způsobem můžeme dosáhnout udržitelného rozvoje měst a obcí. Jak toho docílit? Docílit toho lze tak, že se budou srážkové vody zpracovávat přímo na pozemku, na který dopadnou. Dojde zde k redukci a transformaci odtoku srážkové vody a zároveň se na tom svými prostředky podílí majitel nemovitosti, jelikož je prvek HDV součástí jeho nemovitosti. Preferované způsoby jsou vsakování spjaté s výparem nebo retencí. To je první základní pravidlo hospodaření s dešťovou vodou. Druhé základní

pravidlo je, že v žádném případě nesmí dojít ke smíchání splaškové vody a dešťové vody. Kdyby došlo ke smíchání, není možné kontaminovanou vodu zasakovat ani vypařovat nebo používat pro domácí účely. Třetí základní pravidlo HDV se týká množství odtoku srážkových vod ze zastavěného pozemku, které by mělo odpovídat povrchovému odtoku nezastavěného zeleného pozemku, což je cca 10 % objemu vody srážkové vody viz Obr. 3.6. Jednotná kanalizace je brána pouze jako poslední možné řešení, když podmínky v dané lokalitě neumožňují žádnou příznivější variantu HDV. [17]

Druhy zástavby včetně jejich charakteristiky a možnosti řešení HDV dle publikace např. od Hlavínek a kolektiv [18]:

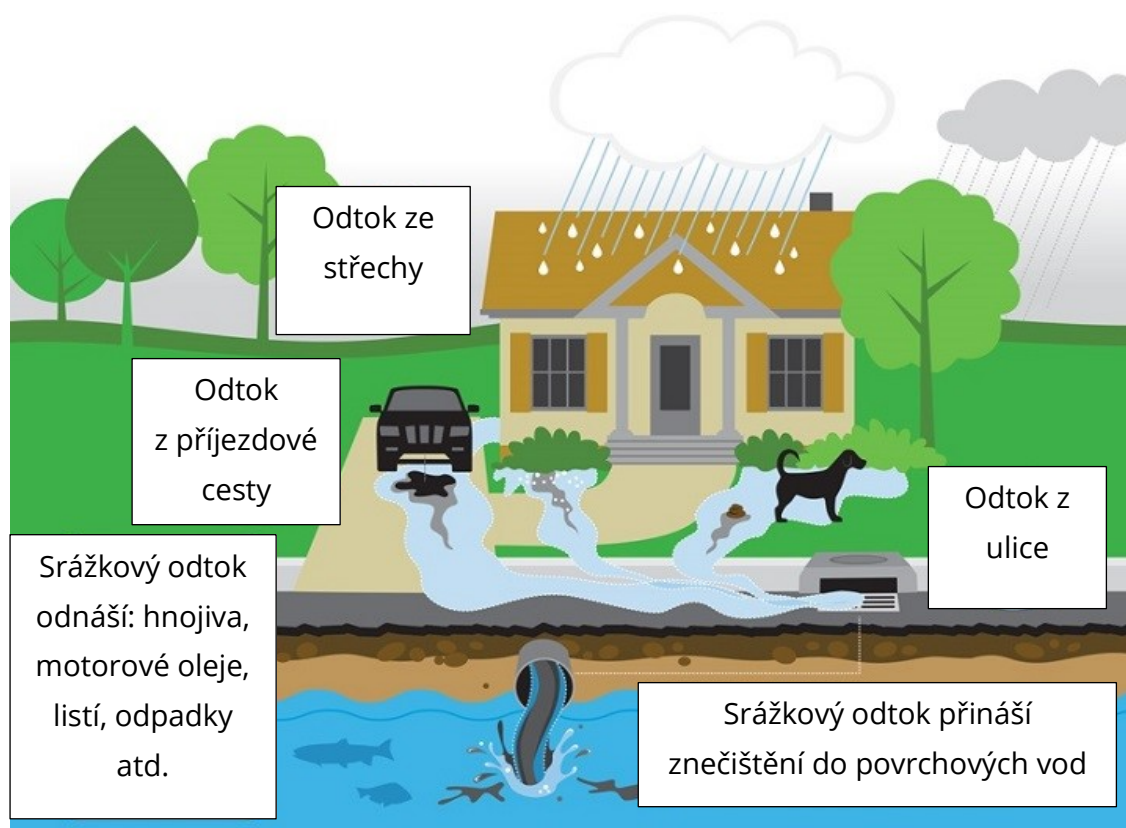
Tab. 3.1. Charakteristika zástavby a možnost řešení HDV dle typu zástavby

Typ zástavby	Charakteristika zástavby	Možnost řešení HDV
Centra měst	Velké množství zastavěných a zpevněných ploch, až 100 %	Akumulační nádrže srážkových vod pro využití v rámci budov, zelené střechy
Městské obytné a smíšené oblasti	Oblasti kolem centra měst, 60-80 % zpevněných ploch, možnost výskytu zelených ploch - parky	Stejně jako předchozí + náhrada nepropustných povrchů v parcích lépe propustným materiálem
Městské obytné oblasti	Bloková zástavba, řadové domy, menší zahrady, parky, 50-80 % zpevněných ploch	Stejně jako předchozí + vsakování v rámci zahrad
Zástavba rodinných domů	Rodinné domy, větší zahrady, cca 20 % zpevněných plochy	Stejně jako předchozí + větší objekty vsakování, retenční nádrže
Obchodní a průmyslové oblasti	Velké množství zastavěných a zpevněných ploch - znečištěných ploch, 80-95 % zpevněných ploch	Velmi znečištěná voda - do kanalizace mimo - nelze aplikovat HDV, méně znečištěná voda - vsakování přes vegetační vrstvu nebo jiný způsob předčištění
Novostavby	Při plánování výstavby je nutné počítat s výstavbou jakéhokoli způsobu HDV - vyžadováno legislativou	Všechny způsoby HDV jsou možné - závislé na geologických podmínkách v lokalitě - vsakování nejvhodnější varianta

3.7 ZNEČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÉ VODY

Člověk by si mohl myslet, že dešťová voda je čistá, protože je přírodního původu. Už při průchodu atmosférou přichází srážkové vody ke kontaktu s chemickými látkami a CO_2 v ovzduší. Srážková voda před kontaktem s povrchem dosahuje kyselého pH přibližně 5,6. Sloučeniny síry vznikající spalováním fosilních paliv – oxid siřičitý SO_2 , sirovodík H_2S a sloučeniny dusíku z mikrobiální denitrifikace – oxid dusný N_2O , oxid dusnatý NO , oxid dusičitý NO_2 a sloučeniny chloru ze spalování plastů při reakci s vodou ve vzdušném prostředí vytváří kyselinu sírovou H_2SO_4 , kyselinu dusičnou HNO_3 a kyselinu chlorovodíkovou HCl . Zdrojem zásaditých látek v dešťové vodě je vypařování vody z hnojiv s amonnými ionty a uhličitany z přirozeného prostředí. Dále dešťovou vodu ovlivňují těžké kovy ze spaloven a průmyslu, organické látky v podobě výfukových plynů a fosfor a amonné ionty z rostlinných živin. Tento typ znečištění je velmi závislý na ročním období – v zimním období se více topí, což vede ke zvýšení emisí v ovzduší. [8] [18]

Další znečištění srážkových vod po dopadu na povrch a následném povrchovém odtoku z určité plochy je uvedeno v Tab. 3.2. [8]



Tab. 3.2. Druhy znečištění z příslušných odtokových ploch dle TNV 75 9011

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění BSKs	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy	
Střechy	vegetační extenzivní									
	vegetační intenzivní									
	inertní									
	s plochou z neošetřených kovových částí do 50 m ²									
	s plochou z neošetřených kovových částí 50 m ² až 500 m ²									
	s plochou z neošetřených kovových částí více než 500 m ²									
Zatrávněné plochy										
Komunikace pro chodce a cyklisty										
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)									
	frekventovaná (osobní auta + autobusy)									
	nákladní auta									
Pozemní komunikace	málo frekventované (vjezdy k domům)									
	středně frekventované									
	vysoce frekventované									
Manipulační plochy										
Komunikace v zemědělských areálech										
			- neznečištěná srážková voda - mírně znečištěná srážková voda - středně znečištěná srážková voda - vysoce znečištěná srážková voda - příklad neznečištěná AŽ mírně znečištěná							

3.8 PŘEDČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÉ VODY

Pro srážkový odtok je typický tzv. efekt „prvního splachu“, což znamená, že největší látkové znečištění je přibližně v prvních 1 - 3 mm deště, jelikož dochází v bezdeštném období k usazení a vzniku znečištění vlivem koroze povrchu. Pokud se těchto prvních pár milimetrů deště oddělí zpravidla rovnou do kanalizace, dojde k výraznému snížení znečištění v odtoku. [18]

Procesy předčištění srážkové vody se dělí podle publikace např. od Hlavínek a kolektiv následovně [18]:

Tab. 3.3. Procesy předčištění srážkové vody

Proces	Popis	Omezení
Sedimentace	Usazování částic znečištění - množství znečišťujících látek ve vodě ve formě částic -> zachytávání rozpuštěných látek spolu s částicemi znečištění	Turbulence vody na přítoku i odtoku z objektu -> zamezit víření usazeného znečištění
Filtrace	Mechanické vázání částic znečištění na materiálu filtru - vysoká účinnost při odstraňování nerozpuštěných látek	Zanášení filtračního materiálu - klesá účinnost filtrace
Adsorpce	Pomocí elektrostatických a kovalentních sil - vázání těžkých kovů na výměnících iontů -> výměna adsorbovaných kationtů za půdní kationty	2 druhy adsorpce - specifická = silnější, nespecifická = slabší - může dojít k pohybu částic a jejich uvolnění do půdy
Chemické procesy	Rozpuštěný kyslík odbourává oxidy a hydroxidy kovů (a jiné těžko rozpadající látky) za omezeného vzniku sulfidů těžkých kovů	Je potřeba dostatek rozpuštěného kyslíku
Biologické procesy	Houby a bakterie přeměňují škodlivé látky na anorganické látky - kombinace s mechanickými procesy	Dostatek kyslíku v půdě; těžké kovy ve velkých koncentracích mohou trvale poškodit rostliny

Konkrétní způsoby předčištění srážkových vod při vsakování dle TNV 75 9011:

3.8.1 Zachycení hrubých nečistot

Vtokové mřížky, česle, síta a lapače listí se používají jako první stupeň čištění a slouží jako ochrana dalších stupňů nebo ochrana už přímo pozemních vsakovacích objektů. Mohou být samostatné nebo součástí sběrného zařízení srážkové vody. [8]

3.8.2 Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu

Tento způsob může fungovat jako hlavní předčištění nebo jako sekundární dočištění srážkových vod. Používá se při vsakování plošném, v průlezích, vsakovacích nádržích nebo kombinacích těchto systémů. Probíhají zde procesy filtrace, adsorpce, chemické a biologické procesy popsané v této kapitole. Svrchní vrstva nepodléhá speciální ochraně – součást zařízení. Svrchní vrstvu je třeba sledovat a při její kontaminaci ji případně vyměnit. Nutné parametry svrchní vrstvy pro správnou funkci: optimálně 30 cm humusové krycí vrstvy (min. 20 cm); cca 10 % jílu; min. 3 % humusu, pH 6-9; hydraulická vodivost $K = 10^{-4}$ až 10^{-5} m/s. Parametry pro spodní vrstvu půdy jsou: optimálně 50 cm písčitojílovité půdy (min. 30 cm); 10 % až 35 % jílu; méně než 1 % humusu. (% - hmotnostní zlomek) [8]



Obr. 3.8. Odlučovač lehkých kapalin AS-TOP [21]

3.8.3 Gravitační separace látek - vsakování

Gravitační separace látek se aplikuje v sedimentačních nádržích, kde dochází k usazování kalu, hlíny, písku nebo posypových látek a snižuje se obsah těžkých kovů a organických sloučenin. Pomocí norných stěn se v sedimentačních objektech zachycují plovoucí látky. Osazují se jako předčištění u podzemních vsakovacích zařízení. Je nutné je pravidelně vyklízet, aby se zamezilo nežádoucí víření a vnos zachyceného kalu. Odlučovače lehkých kapalin odstraňují kapaliny s hustotou menší než 950 kg/m^3 . Jedná se o pohonné hmoty, maziva, ředidla, tuky, oleje apod. Odlučovače mají kalový (usazování kalu, bahna a písku), odlučovací (odloučení lehké kapaliny) a některé i absorpční prostor (dočištění pomocí filtru –

rozpuštěné a dispergované kapky lehkých kapalin). Používají se pro předčištění povrchového odtoku z parkovišť, pozemních komunikací a manipulačních ploch v průmyslových areálech. [8]

3.8.4 Mechanická filtrace

Mechanická filtrace se používá pro zachycení nerozpuštěných látek na pískovém nebo štěrkovém filtračním materiálu nebo na geotextilii, ale také lze adsorbovat rozpuštěné látky na porostlých a zemních filtrech. Důležité je předřadit sedimentaci, aby nedocházelo k rychlému zanášení filtru. Dle očekávaného zatížení se určují návrhové parametry: filtrační rychlost max 15 m/h; štěrková krycí vrstva – velikost částic 4 až 8 mm, tloušťka 10 cm; filtrační vrstva z vymývaného štěrku – velikost částic 2 až 4 mm, tloušťka 50 cm; štěrková vsakovací vrstva – velikost částic 16 – 32 mm – tloušťka 25 cm; mezi vrstvami geotextilie z polypropylenu, polyethylenu nebo polyesteru. Filtry porostlé například rákosím mají výhodu, jelikož zde dochází také k biologickému čištění a není nutná pravidelná výměna filtračního koláče. [8]

3.8.5 Filtrace přes adsorpční materiál

Jedná se o velmi účinný způsob odstranění znečištění pomocí adsorpčních materiálů v podobě: aktivního uhlí, zeolity, granulované hydroxidy železa a hliníku a adsorbenty olejů. Aktivní uhlí adsorbuje těžké kovy, minerální oleje, ropné látky organické látky a podporuje mikrobiální rozklad znečištění. Zeolity adsorbují minerální oleje, ropné látky, těžké kovy. Nesmí se používat u pozemních komunikací, protože sůl způsobuje uvolnění těžkých kovů ze zeolitu. Granulované hydroxidy železa a hliníku velmi dobře adsorbují těžké kovy. Nutné předsazení sedimentace a mechanické filtrace pro ochranu adsorbentu. Tento typ filtrace se používá pro dočištění po mechanickém předčištění, ale je možné ho předřadit před povrchové plošné vsakování pro zvýšení ochrany půdy a podzemní vody. [8]

3.8.6 Kombinace zařízení

Účinnost předčištění srážkové vody lze zvýšit následujícími kombinacemi těchto objektů: filtrace + průsak půdou; sedimentace + průsak půdou; vsakování přes více vrstev; sedimentace + filtrace + průsak půdou. [8]

Tab. 3.4. Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování dle TNV 75 9011

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

Konkrétní způsoby předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod dle TNV 75 9011:

3.8.7 Gravitační separace látek – zaústění do povrchových vod

Pro předčištění odtoku z menších ploch se používají kalové jímky a pro odtok z větších ploch se používají dešťové usazovací nádrže. Pro retenční nádrže se zásobním objemem a mokřady je nutno předřadit kalovou jímku, kvůli eliminaci

jejich zanášení. V nádržích a mokřadech dochází k usazování sedimentů a biologickému čištění. Vírové separátory jsou nevhodné pro vody z komunikací, protože zde dochází k emulgaci ropných látek. Odlučovače lehkých kapalin je možné zařadit před i za dešťovou nádrž. Ovšem preferuje se umístění před dešťovou nádrž kvůli rozpustnosti minerálních olejů ve vodě. [8]

Tab. 3.5. Způsoby předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod dle TNV 75 9011

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozp. sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatří k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Gravitační separace látek	Kalové jímky	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné	nevhodné	nevhodné
	Usazovací nádrže	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné	nevhodné	nevhodné
	Dešťové nádrže	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné	nevhodné	nevhodné
	Hydrodynamické odlučovače	vhodné	podmínečně vhodné	podmínečně vhodné	spíše nevhodné	nevhodné	nevhodné
	Odlučovače lehkých kapalin	vhodné	vhodné	podmínečně vhodné	vhodné	nevhodné	nevhodné
Sedimentace a biologické čištění	Retenční nádrže se zásobním objemem, mokřady	podmínečně vhodné	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	spíše nevhodné	vhodné	vhodné
Mechanická filtrace	Pískové a štěrkové filtry	vhodné	vhodné	podmínečně vhodné	spíše nevhodné	nevhodné	podmínečně vhodné
	Geotextilie	vhodné	vhodné	podmínečně vhodné	spíše nevhodné	nevhodné	nevhodné
Filtrace a biologické čištění	Pískové a štěrkové filtry porostlé vegetací	podmínečně vhodné	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	spíše nevhodné	vhodné	vhodné
	Průlehy - rýhy	podmínečně vhodné	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	Retenční půdní filtry	podmínečně vhodné	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	ve spojení s dalšími opatřeními	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	vhodné	vhodné	nevhodné
	Zeolity	ve spojení s dalšími opatřeními	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	vhodné	podmínečně vhodné	nevhodné
	Hydroxidy železa a hliníku	ve spojení s dalšími opatřeními	ve spojení s dalšími opatřeními	vhodné	spíše nevhodné	nevhodné	nevhodné
	Adsorbenty olejů	nevhodné	nevhodné	nevhodné	vhodné	nevhodné	nevhodné
		vhodné	- vhodné				
		podmínečně vhodné	- podmínečně vhodné				
		spíše nevhodné	- spíše nevhodné				
		nevhodné	- nevhodné				
		ve spojení s dalšími opatřeními	- ve spojení s dalšími opatřeními				

3.8.8 Filtrace

Pro předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod se používají filtry, které jsou utěsněny nepropustnými fóliemi vůči okolním půdám. Jak již bylo zmíněno v předchozí podkapitole 3.8.4., jako filtrační materiál se používají písky a štěrky, na kterých se zachycují hrubé i jemné nerozpuštěné látky. Dále je možné využít filtry porostlé vegetací, systémy průlehů a rýh a retenční půdní filtry, které jsou vhodné pro zachycení jemných částic, dochází zde k biologickému rozkladu organických látek a adsorpci rozpuštěných látek. Při další infiltraci dochází k vázání těžkých kovů a organického znečištění. Je vhodné chránit filtry předřazeným sedimentačním zařízením. [8]

3.9 VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

Jak bylo již zmíněno v kapitole 3.6, nejlepším způsobem hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném prostředí je její vsakování do půdy, protože je to opatření udržitelné. Nejen že dojde k vyřešení problému s vysokým povrchovým odtokem, ale také je srážková voda dodána do podloží, čímž dotujeme podzemní vodu, která může být vlivem urbanizace v deficitu. Objekty vsakování srážkových vod mohou mimo jiné působit jako zajímavý architektonický prvek a narušit tím jednotvárnost městské zástavby. [17]

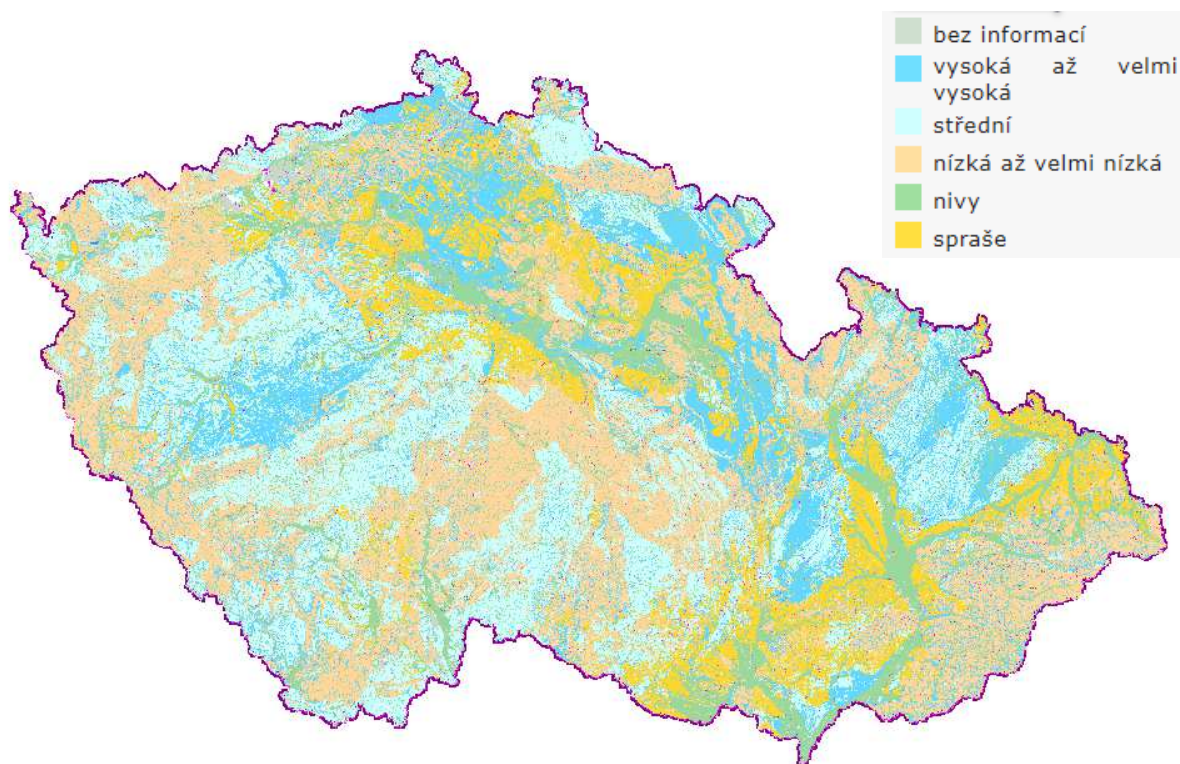
Tab. 3.6. Vsakovací koeficient pro jednotlivé zeminy dle DWA-A 138

Zemina	Koeficient vsaku kv [m/s]
hrubozrnný štěrk	10^{-1} až 5×10^{-3}
jemně až středně zrnité štěrky	3×10^{-2} až 5×10^{-4}
písečný štěrk	10^{-2} až 10^{-4}
hrubozrnný písek	4×10^{-3} až 10^{-4}
středně zrnitý písek	10^{-3} až 6×10^{-5}
jemnozrnný písek	4×10^{-4} až 6×10^{-6}
hlinitý písek, písčité hlína	$7,5 \times 10^{-5}$ až 5×10^{-8}
hlína	5×10^{-6} až 10^{-10}
jílovitá hlína	4×10^{-6} až 10^{-10}
hlinitý jíl	10^{-8} až 10^{-10}

3.9.1 Geologické poměry

Před vlastním návrhem konkrétních vsakovacích objektů je nutné provést důkladný geologický průzkum, zda je v dané lokalitě vůbec možné vsakovat srážkové vody. Geologický průzkum spojuje zkoumání hydrogeologie, inženýrskogeologických a geotechnických poměrů zájmové lokality. Výsledkem je koeficient vsaku, který značí vhodnost horninového prostředí. [7]

V rámci geologického průzkumu se stavby dělí na: nenáročné (redukováná odvodňovaná plocha <200 m²) a náročné stavby (redukováná odvodňovaná plocha >200 m²). Dále se dělí i přírodní poměry na: jednoduché (monotónní geologická stavba ve vertikálním i horizontálním směru; zemina skupiny V.1 a V.4; hladina podzemní vody je nenapjatá 2 m a hlouběji pod terénem) a složité (rozdílné materiály podloží; skupiny V.2, V.3, V.5 a V.6; v území hydrogeologické kolektory; hladina podzemní vody napjatá nebo méně než 2 m pod terénem; ochranné pásmo vodního zdroje, ohrožení vodního zdroje pro individuální zásobování; inundační území; chráněná oblast přirozené akumulace vod nebo tvorby minerálních vod; sesuvy půdy; svahové deformace; území s výskytem ekologické zátěže; průměrný úhel svahu > 15°). [7]



Obr. 3.9. Mapa vsakovacích poměrů ČR [23]

Geologický průzkum se dělí na: orientační (nenáročné stavby, jednoduché poměry; lze nahradit informací z mapy vsakovacích poměrů), podrobný (náročné stavby nebo složité poměry; získání podkladů pro přesný návrh vsakovacího zařízení), doplňkový (všechny druhy staveb, pro jednoduché poměry a nenáročnou stavbu lze použít mapa vsakovacích poměrů), analýza rizika při realizaci vsakování (případ ohrožení vodního zdroje; případně vyžádání orgánu státní správy). [7]

3.9.2 Předčištění srážkové vody

Norma ČSN 75 9010 udává pro vsakování 2 druhy srážkových vod. Srážková povrchová voda přípustná, která nepředstavuje riziko z hlediska znečištění půdy a ohrožení kvality podzemní vody. Tento druh srážkové vody je tvořen odtokem obecně z přírodních zelených ploch, střech o redukované ploše menší než 200 m², teras, vjezdů a příjezdů k rodinným domům nebo garážím, komunikací pro pěší a cyklisty. Pro tento typ srážkové vody není třeba navrhovat speciální předčištění, postačí pouhé objekty pro zachycení splavenin. Srážková povrchová voda podmínečně přípustná, která svým obsahem specifického znečištění může představovat nebezpečí pro podzemní i povrchovou vodu, toto znečištění je možné snížit nebo odstranit pomocí vhodného předčištění nebo jiných způsobů. Pro tento druh srážkové vody se jedná o odtok z těchto ploch: střechy o redukované ploše větší než 200 m², letištní plochy (runway), pozemní komunikace pro motorová vozidla, parkoviště osobních automobilů a autobusů, komunikace v průmyslových a zemědělských areálech. U tohoto druhu srážkových vod je možné provádět vsakování pouze při instalaci vhodného systému předčištění. Plochy, které mohou vykazovat větší znečištění není vhodné vsakování a jejich povrchový odtok musí být odveden pro příslušné stokové sítě. [7]

3.9.3 Odstupové vzdálenosti

Při návrhu umístění vsakovacího zařízení se musí brát ohled na okolní stavby, aby nedošlo k poškození těchto staveb. Při infiltraci srážkové vody dochází ke zvýšení hladiny podzemní vody, která by mohla narušit statiku staveb nebo podzemní část stavby. Základová spára vsakovacího objektu by měla být minimálně 1 m nad maximální hladinou podzemní vody. Vsakovací zařízení nesmí být umístěno blízko studny pro zásobování pitnou vodou. Odstupová vzdálenost od study je určena na základě geologického průzkumu. [7]

3.9.4 Plošné vsakování

Plošné vsakování je nejjednodušší způsob vsakování srážkových vod. V rámci HDV je v našem zájmu ponechat co nejvíce nezpevněných ploch s vegetačním pokryvem, které mohou přirozeně vsakovat. [17]

Nezpevněné plochy - Využívá se zde přirozeného způsobu, kdy půda s vegetačním pokryvem infiltruje srážkovou vodu do půdy. Jelikož se jedná o opatření náročné na plochu, lze využít zpevněných ploch, které se již nevyužívají a mohou být přeměněny zpět na nezpevněné. Krycí vrstva obsahující velké množství humusu čistí srážkovou vodu. Při horších parametrech vsakování je možné tyto plochy doplnit drenážními prvky. [17]

Propustné zpevněné plochy - Propustné zpevněné plochy jsou kombinací zpevněného prvku, který tvoří hlavní nosnou kostru a nezpevněného prvku tvořící spáry nebo výplň mezi zpevněnými prvky. Lze také využít zpevněné prvky z propustných nebo polopropustných materiálů. Tyto prvky se obecně instalují na plochy vyžadující určitý způsob zpevnění, ale nejsou tolik zatěžovány. Konkrétně se jedná o např. zatravněné šterkové plochy, zatravnovací dlažby, dlažba s pískovými spárami, propustný asfalt a beton. [17]

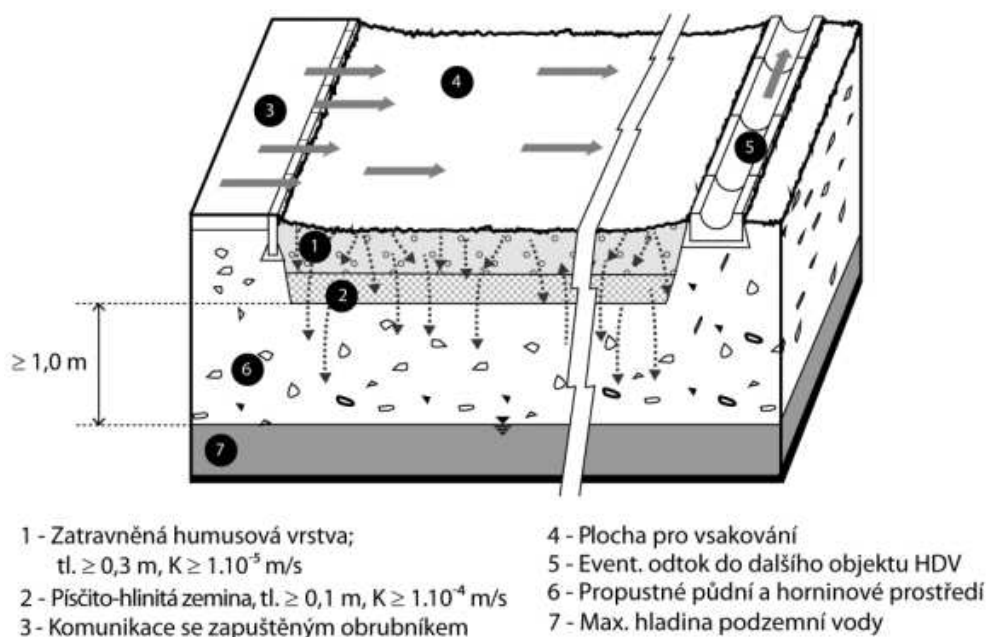


Obr. 3.10. Parkoviště s kombinací nezpevněné a zpevněné propustné plochy [24]

3.9.5 Vsakovací zařízení bez regulovaného odtoku

Tyto objekty se navrhují pro všechny typy běžných ploch, kde nejsou žádná omezení na základě hydrologických podmínek a nehrozí kontaminace půdy a podzemní vody. [17]

Plošné vsakování – Do vsakovacího zařízení, které je umístěno v mírné terénní prohlubni natéká srážková voda z okolních zpevněných ploch. Jelikož tento objekt nemá retenční objem, musí být jeho plocha přibližně 20 % zpevněné plochy, ze které voda přitéká. Vhodné použití u liniových staveb a parkovišť. [17]



Obr. 3.11. Objekt plošného vsakování [8]

Vsakovací průleh – Vsakovací průleh je zařízení pro povrchové vsakování, který na rozdíl od objektu plošného vsakování má zásobní prostor, ve kterém se určité množství vody může před vsáknutím zdržet. Maximální výška hladiny v průlehu je 30 cm. Niveleta dna průlehu by měla být v rovině pro rovnoměrnou distribuci srážkové vody. Nároky na místo jsou menší cca 7 – 20 % zpevněné odvodňované plochy. Jsou vhodné pro všechny typy zpevněných povrchů. [17]



Obr. 3.12. Vsakovací průleh [55]



Obr. 3.13. Vsakovací nádrž [56]

Vsakovací nádrž – Obdobným zařízením jako je vsakovací průleh je vsakovací nádrž. Vsakovací nádrž má větší zásobní prostor a je ještě méně náročná na místo než vsakovací průleh. Je dobré instalovat předřazené usazovací zařízení se zachycením plovoucích nečistot. Tímto způsobem je možné zmenšit míru zanášení dna nečistotami, které zpomalují vsakování. Potřebuje cca do 7 % plochy zpevněné plochy, na které se tvoří povrchový odtok zaústěný do této nádrže. Nejčastěji se jedná o semicentrální zařízení – odtok z více objektů a typů povrchů. Vhodné použití pro větší odvodňované území a všechny typy zpevněných povrchů. [17]

Vsakovací rýha – Jedná se o hloubenou rýhu vyplněnou štěrkovým materiálem. Díky hloubce rýhy je možné vsakování do půdních vrstev s lepšími infiltračními vlastnostmi a využití zásobního prostoru. Niveleta dna rýhy by měla být v jedné rovině, aby byla vsakovaná voda rovnoměrně distribuována po celé délce rýhy. Vsakovací rýha může mít povrchový nebo podzemní přítok. Pokud je využit podzemní přítok musí se na vtoku osadit kalová jímka a revizní šachta. Na protější straně je vhodné instalovat proplachovací šachtu. Vsakovací rýhy je vhodné umístit do lokalit s omezenými prostorovými podmínkami např. obvod parkovišť. [17]



Obr. 3.14. Vsakovací rýha s plošným přítokem [8]



Obr. 3.15. Vsakovací rýha s podzemním přítokem v procesu výstavby [55]

Podzemní prostory vyplněné štěrkem nebo bloky – Jedná se o podobný princip jako u vsakovací rýhy. Podzemní prostory jsou vyplněny štěrkem nebo plastovými vsakovacími bloky. Vsakovací bloky jsou většinou z plastu a mají přibližně 3x větší absorpční schopnost než klasická štěrková drenáž. Bloky jsou také velmi odolné, takže umožňují zátěž nákladní dopravou. Před tento typ vsakování je vhodné umístit kalovou jímku nebo jiný vhodný prvek předčištění. Vhodné použití je v územích s omezenými prostorovými podmínkami. [17] [25]



Obr. 3.16. Skládání vsakovacího bloku AS-RIGOFILL v praxi [25]

Vsakovací šachta – Vsakovací šachty jsou objektem bodového podzemního vsakování a používají se pro vsakování pouze z pár typů ploch. Plochy extenzivních vegetačních střech jsou přípustné, plochy ze střech a teras z inertních materiálů a střech z neošetřených kovových materiálů do 50 m² jsou považovány za přípustné zpravidla po zařazení vhodného předčištění. Vsakování pomocí šachty by nemělo být navrhováno za účelem překonání málo propustných vrstev podloží, které chrání podzemní vodu. Šachty se budují z betonových skruží minimálně DN1000 nebo mohou být i plastové. Mají podzemní přítok potrubím nebo drenáží. Na dně je umístěna filtrační vrstva. Šachty mohou vsakovat pouze dnem přes silnější filtrační vrstvu nebo dnem s filtrační vrstvou a stěnami, přičemž na stěnách musí být umístěna také filtrační vrstva v podobě např. filtračního vaku. [8] [18]



Obr. 3.17. Plastová vsakovací šachta [26]

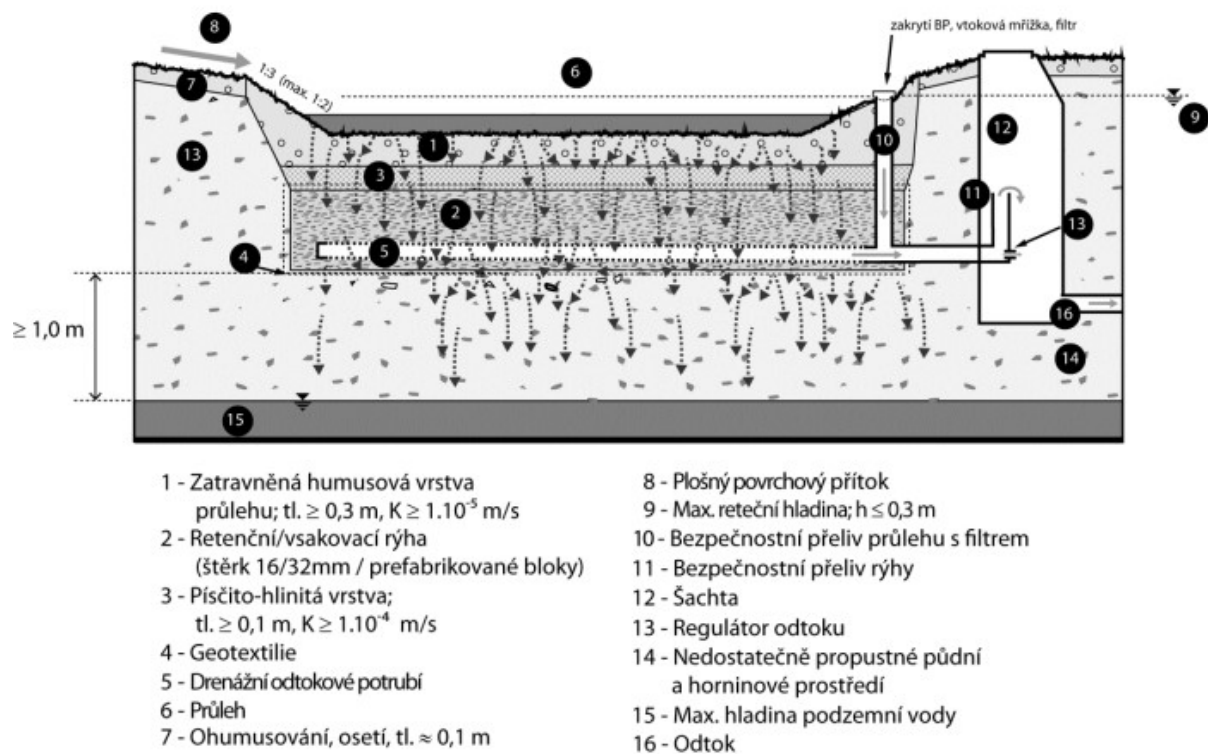
3.9.6 Vsakovací zařízení s regulovaným odtokem

Tento typ zařízení lze využít stejně jako vsakovací zařízení bez regulovaného odtoku, ale je zde možnost využití v podmínkách, kde má půda horší vsakovací schopnosti. V blízkosti těchto zařízení musí být možnost, kam zaústit regulovaný

odtok z bezpečnostního přelivu. Mezi tyto možnosti patří povrchové vody nebo kanalizace. V případě povrchových vod nesmí dojít k ohrožení jejich jakosti. [17]

Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem – Jak už název napovídá, jedná se o objekt, který je kombinací vsakovacího průlehu a rýhy. Pod zatravněným průlehem se nachází rýha vyplněná štěrkovým materiálem nebo vsakovacími bloky. Tímto způsobem lze docílit lepší infiltrace v lokalitách, které nemají tak dobré vsakovací parametry. Na obou prvcích jsou osazeny bezpečnostními prvky pro odvedení přebytečné vody, která nestíhá vsakovat. Bezpečnostní přelivy jsou zaústěny do šachty, která nevsáknutou vodu odvádí do stokové sítě nebo do povrchových vod. Je důležité zamezit vniknutí nečistot do bezpečnostních přelivů.

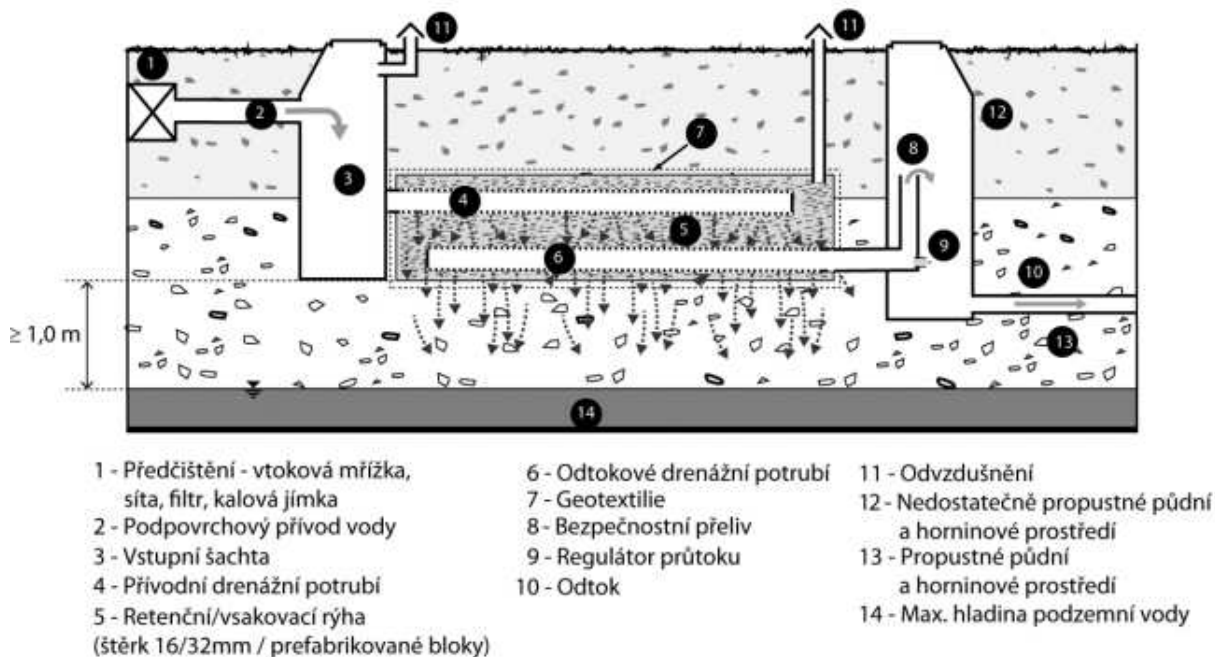
[8] [17]



Obr. 3.18. Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem [8]

Vsakovací nádrž s regulovaným odtokem – Vsakovací nádrž s regulovaným odtokem je v podstatě stejné zařízení jako klasická vsakovací nádrž pouze s tím rozdílem, že objekt bezpečnostního přelivu je doplněn o odtok do kanalizace nebo do povrchových vod. Bezpečnostní přeliv musí být ochráněn před vniknutím znečištění. [8]

Vsakovací rýha s regulovaným odtokem – Opět se jedná o obdobné zařízení jako klasická vsakovací rýha pouze zakončená regulátorem odtoku. [8]



Obr. 3.19. Vsakovací rýha s podzemním přítokem a regulovaným odtokem [8]

3.10 RETENCE SRÁŽKOVÝCH VOD

Pokud se po provedení geologického průzkumu dojde k závěru, že není možné v daném území vsakovat srážkovou vodu, je nutné použít objekty pro retenci srážkových vod. Retence srážkových vod eliminuje špičkový odtok srážkové vody z území a chrání tak stokovou síť i povrchové vody před překročením jejich kapacity. Retenční objekty jsou nádrže s dostatečně velkým zásobním prostorem, které se během srážky plní a po doběhu srážky dojde k jejich pozvolnému vypouštění do stokové sítě nebo recipientu. Musí být vybaveny dostatečně kapacitním bezpečnostním přelivem, který musí být schopen převést vyšší průtoky, než je návrhový průtok způsobený srážkou. Proveditelnost je omezená vzdáleností nádrží od místa napojení na stokovou síť nebo vyústěním do povrchových vod. Při následném vypouštění nesmí dojít k ohrožení jakosti vody příjemce. Pro dosažení co nejvíce přírodě blízkého stavu je dobré navrhovat povrchové nádrže se zatravněnými břehy. Dojde tak i k podpoře evapotranspirace a vzhledu krajiny. [8] [17]

3.10.1 Předčištění srážkové vody

Pro plochy, u kterých se očekává nízké znečištění nemusí být instalovány žádné prvky předčištění. Pro parkoviště a pozemní komunikace je doporučena instalace jednoduchého mechanického předčištění a zařízení na odloučení lehkých kapalin. Pro plochy s vyšším znečištěním je nutné zařadit půdní filtry nebo filtraci přes adsorpční materiál. K uvolnění těžkých kovů může dojít při odvádění srážkových vod z kovových neošetřených střech s plochou větší než 500 m² a je třeba navrhnout zařízení pro adsorpci těžkých kovů. [8]

Tab. 3.7. Tabulka s orientačním znečištěním na základě odvodňované plochy dle TNV 75 9011

Typ plochy	Míra znečištěných srážkových vod	
Vegetační střechy Střechy z inertních materiálů Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 50 m ² Komunikace pro chodce a cyklisty Málo frekventovaná parkoviště osobních automobilů Málo frekventované pozemní komunikace (vjezdy k domům)	Plochy jsou seřazeny od nejméně znečištěné po nejvíce znečištěnou	nízká
Střechy s plochou neošetřených kovových částí 50 m ² až 500 m ² Středně frekventované pozemní komunikace Frekventované parkoviště (osobní auta + autobusy)		střední
Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ² Vysoce frekventované pozemní komunikace Manipulační plochy Komunikace zemědělských areálů Parkoviště nákladních aut		vysoká

3.10.2 Retenční objekty s regulovaným odtokem

Suchá retenční dešťová nádrž (poldr) – Suchý poldr je prohloubená část krajiny s vegetačním porostem, která je v případech sucha využívána např. jako louka a při příchodu velkého kulminačního průtoku dojde k naplnění jejího zásobního prostoru srážkovou vodou. Po skončení srážky je odtok z nádrže regulován. Dojde tak k výraznému snížení kulminačního odtoku. Decentrální poldry mohou připomínat svými parametry průleh. Pro zmenšení přitékajícího znečištění je dobré umístit na vtoku oddělené usazovací prostory. [17] [18]



Obr. 3.20. Suchá retenční dešťová nádrž (poldr) [27]



Obr. 3.21. Betonová podzemní retenční nádrž [58]

Podzemní retenční dešťová nádrž – Jedná se o vodotěsnou nádrž z betonu, plastu nebo plastových boxů umístěnou pod úrovní terénu. Může být tvořena i potrubím o velkém průměru. Používají se k zachycení a krátkodobé akumulaci dešťové vody tam, kde není možné umístit povrchovou retenční nádrž. Dešťovou vodu z těchto nádrží je možné po náležitém vyčištění dále využívat. Je dobré na vtoku osadit oddělený usazovací prostor a regulátor odtoku umístit do nejnižšího místa nádrže.

[8] [17] [18]

Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem – Tento typ nádrže se používá hlavně na místech, kde vyžadujeme plnění estetické a rekreační funkce. Nádrž má stálou hladinu nadržení. Zásobní prostor, který transformuje povodňovou vlnu je mezi hladinou stálého nadržení a bezpečnostním přelivem. Opět je zde vhodné umístit oddělený usazovací prostor na vtoku do nádrže. Regulátor odtoku je umístěn na úrovni hladiny stálého nadržení. [8] [17]



Obr. 3.22. Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem v Plzni [28]

Umělé mokřady – Umělé mokřady jsou podobně jako retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem mělké nádrže se stálým nadržením, které pomocí vodních rostlin mohou biologicky čistit srážkovou vodu. Mohou také mimo jiné zlepšovat vlhkostní podmínky dané lokality. I zde je vhodné umístit oddělený usazovací

prostor na vtoku do nádrže. Regulátor odtoku je umístěn na úrovni hladiny stálého nadržení. [8] [17]



Obr. 3.23. Umělý mokřad [57]

3.11 ZELENÉ STŘECHY

Zelené střechy nebo také vegetační střechy patří mezi prvky hospodaření s dešťovou vodou. V podstatě se jedná o uměle vytvořené zahrady na střechách budov. Vegetační střechy jsou už nějakou dobu v Evropě zavedené a hojně užívané nejen díky legislativním požadavkům. Naopak v Severní Americe tato technologie stále čeká na výraznější zájem lidí. [29]

Existují dva druhy zelených střech – intenzivní a extenzivní. Intenzivní vegetační střecha je přizpůsobena pro růst větších rostlin s rozsáhlejším kořenovým systémem, jako jsou např. keře a menší stromky. Tento druh střechy potřebuje větší vrstvu substrátu a tím pádem i více zatěžuje střešní konstrukci. Extenzivní vegetační střecha je určena pro nenáročnou rostlinu např. sukulenty, netřesky apod., tudíž stačí pouze malá vrstva substrátu, která tolik střešní konstrukci nezatíží. Rostliny použité právě na tomto druhu zelené střechy nevyžadují téměř

žádnou údržbu, oproti tomu extenzivní střechy mohou být, kvůli použitým rostlinám nazývány střešními zahradami a je třeba o ně pečovat. Zatížení střešní konstrukce je jeden z hlavních rozhodujících faktorů při návrhu zelené střechy. Extenzivní zelená střecha může při plném nasycení srážkovou vodou vážit 80 – 180 kg/m². Intenzivní střecha může při plném nasycení vážit až 400 – 900 kg/m². [30]



Obr. 3.25. Extenzivní střecha [vlastní]

Obr. 3.24. Intenzivní střecha [31]

Výhod zelených střech je hned několik. Hlavní výhodou veřejného charakteru, která nás zajímá po stránce hospodaření s dešťovou vodou je, že zelené střechy dokážou během deště zadržet určité množství srážkové vody, která se následně díky evapotranspiraci vrátí do koloběhu vody. V létě dokáží zadržet 70-90 % vody ze srážky a v zimě 25–40 % vody ze srážky. Zelené střechy také pomáhají v létě snížit teplotu ve městech. Vegetace pohlcuje sluneční záření, které by dopadalo na tmavou střešní krytinu, kde by se přeměnilo na teplo. Ve velkých městech s horší kvalitou vzduchu pomáhají s čištěním vzduchu, jelikož zachytávají prachové částice a smog. Vegetace přeměňuje díky fotosyntéze CO₂ na kyslík. Poskytují zlepšení estetiky urbanizovaného území. Zelené prvky krásně vyčnívají v „šedém“ městě a např. různým podnikatelům mohou do obchodu nebo do firmy přivést nové

zákazníky pouze na základě vizuální nevšednosti. Intenzivní zelené střechy poskytují lidem nové možnosti při designování obyvatelné střechy v centru města. Pro vlastníka nemovitosti se zelenou střechou je určitě důležitým pozitivem, že vegetační pokryv snižuje náklady na regulaci teploty. Jednoduše řečeno – v zimě zelená střecha zadržuje teplo v budově, v létě budovu chrání před horkem. [29]

3.12 NAKLÁDÁNÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU V RÁMCI BUDOV

Využívání dešťové vody pro různé účely se také řadí mezi způsoby hospodaření s dešťovou vodou. V rámci budov lze nahradit až 50 % spotřeby pitné vody dešťovou vodou. Majitel budovy tedy může ušetřit až 50 % nákladů na pitnou vodu, což představuje dobrou návratnost investice. Dalším bonusem v rámci HDV je zadržení srážkového odtoku z nepropustné plochy a vypuštění do stokové sítě po využití této vody, což může trvat delší dobu. Dešťová voda se používá tam, kde není potřeba vysoká kvalita vody – splachování toalety, zalévání zahrady, praní prádla, mytí auta a údržba ploch kolem budovy. [32]

3.12.1 Požadavky na kvalitu vody

Investor, který by chtěl využívat dešťovou vodu pro tyto účely, musí ovšem počítat s instalací dvojích rozvodů vody v budově. V žádném případě totiž nesmí dojít k smíchání pitné vody a dešťové vody. To by mohlo způsobit ohrožení kvality pitné vody a následné ohrožení zdraví uživatele pitné vody. Při zadržování srážkové vody v nádržích nesmí dojít k únikům a případné kontaminaci podzemní vody. [9] [18]

3.12.2 Úprava dešťové vody

Při využívání dešťové vody pouze na zalévání zahrady nebo mytí auta a údržby ploch kolem budovy, tak stačí použít pouze zařízení pro zachytávání hrubých nečistot před akumulací nádrží. Pokud je potřeba lepší odstranění znečištění z vody je možné použít filtrace nebo sedimentace. Sedimentace může probíhat v předřazené sedimentační nádrži nebo v samotné akumulací nádrži. Pro filtraci se používají různé typy filtrů např. filtrační podokapový hrnec, okapový filtr nebo košíčkový filtr. Pokud chceme dosáhnout ještě lepší kvality vody můžeme použít jeden ze způsobů hygienizace vody – UV záření nebo dávkování chloru. [18] [32]



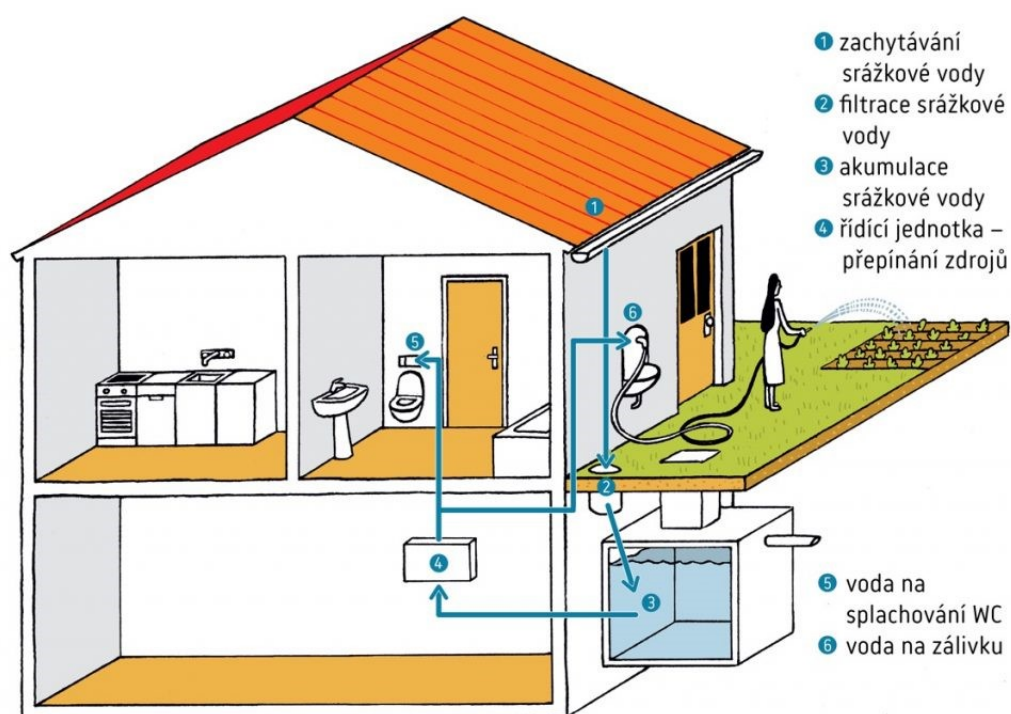
Obr. 3.26. Filtrační šachta s vyjímatelným filtračním košíkem [33]

3.12.3 Technické řešení

Celý systém funguje tedy tak, že na střechu budovy dopadá srážková voda, která s největší pravděpodobností putuje do okapu a dešťovými svody přes různé způsoby čištění do podzemní akumulací nádrže. Akumulační nádrž může být plastová, betonová, sklolaminátová nebo ocelová. Volba nádrže závisí na geologických podmínkách a hladině podzemní vody v dané lokalitě. Optimální velikost dešťové nádrže se počítá z předpokládané bezdeštné doby (cca 3 týdny) a produkce srážkových vod. Produkce srážkových vod vychází z plochy střechy a srážkového úhrnu. Nádrž je vybavena bezpečnostním přelivem. Nádrž je také třeba udržovat, takže je doporučeno čištění minimálně jednou za rok. Voda do systému je odebírána čerpadlem z prostoru hladiny. V budově jsou instalovány speciální rozvody pouze pro dešťovou vodu. Celý systém je řízen speciální řídicí jednotkou. [9] [32]

V rámci budov lze využívat také kombinované zařízení pro využití šedé a srážkové vody. Akumulační nádrž pro vyčištěnou šedou vodu a pro srážkovou vodu musí být oddělené. Nádrž ale musí být pro případ nedostatku šedé vody propojené kvůli doplňování srážkové vody do nádrže na vyčištěnou šedou vodu. V nádrži na

šedou vodu musí totiž být zajištěn dostatek vody na splachování, zalévání apod. Doplnění vody v nádrži může být případně řešeno i pitnou vodou. Obě nádrže musí mít bezpečnostní přeliv, který může být zaústěn do splaškové kanalizace, kterou jsou odváděny splašky do veřejné kanalizace. Srážková voda přitékající do nádrže na srážkovou vodu musí být dostatečně předčištěna. [54]



Obr. 3.27. Schéma systému využívání srážkové vody v rodinném domě [34]

4 MODEL STOKOVÉ SÍTĚ ČÁSTI OBCE NECHANICE

4.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

4.1.1 Celkový popis území

Město Nechanice se nachází v Královéhradeckém kraji, cca 15 km vzdušnou čarou západně od Hradce Králové. Katastrální výměra města činí 2799 ha. K 1.1.2022 bylo v Nechanicích přihlášeno k trvalému pobytu 2349 obyvatel. Město leží v nadmořské výšce 239 m n.m. [35]

Ze severu na jihozápad obtéká Nechanice řeka Bystřice. V západní části města se nachází ČOV, která vypouští vyčištěnou vodu do této řeky. V okolí řeky Bystřice je vymezeno záplavové území pro průtoky Q5, Q20 a Q100. Žádné z těchto území nezasahuje do intravilánu obce. [36] [37]

Nechanice se nachází v geologické soustavě český masiv. Podloží severu města je tvořeno nezpevněným sedimentem fluvialního původu z kvartéru - písek, štěrk. Podloží v centru města je také tvořeno nezpevněným sedimentem z kvartéru, ale tentokrát deluviálního původu - písčito-hlinitý až hlinito-písčité sediment. Východní a jižní část Nechanic je tvořeno zpevněným sedimentem marinního původu z křídly v podobě vápnitého jílovce, slínovce a vápnitého prachovce. Město se nenachází na poddolovaném území. [38]

Dle územního plánu je v Nechanicích velké spektrum ploch. V severní části obce se nachází plochy smíšeného obytné městského charakteru. Tato zástavba postupně směrem na jih přechází do ploch určených pro bydlení v rodinných domech městského a příměstského charakteru. Je zde i několik ploch zeleně na veřejném prostranství a ploch občanského vybavení. Relativně v jádru obce se nachází plocha výroby a skladování – lehký průmysl. [39] [40]

4.1.2 Popis zájmové lokality

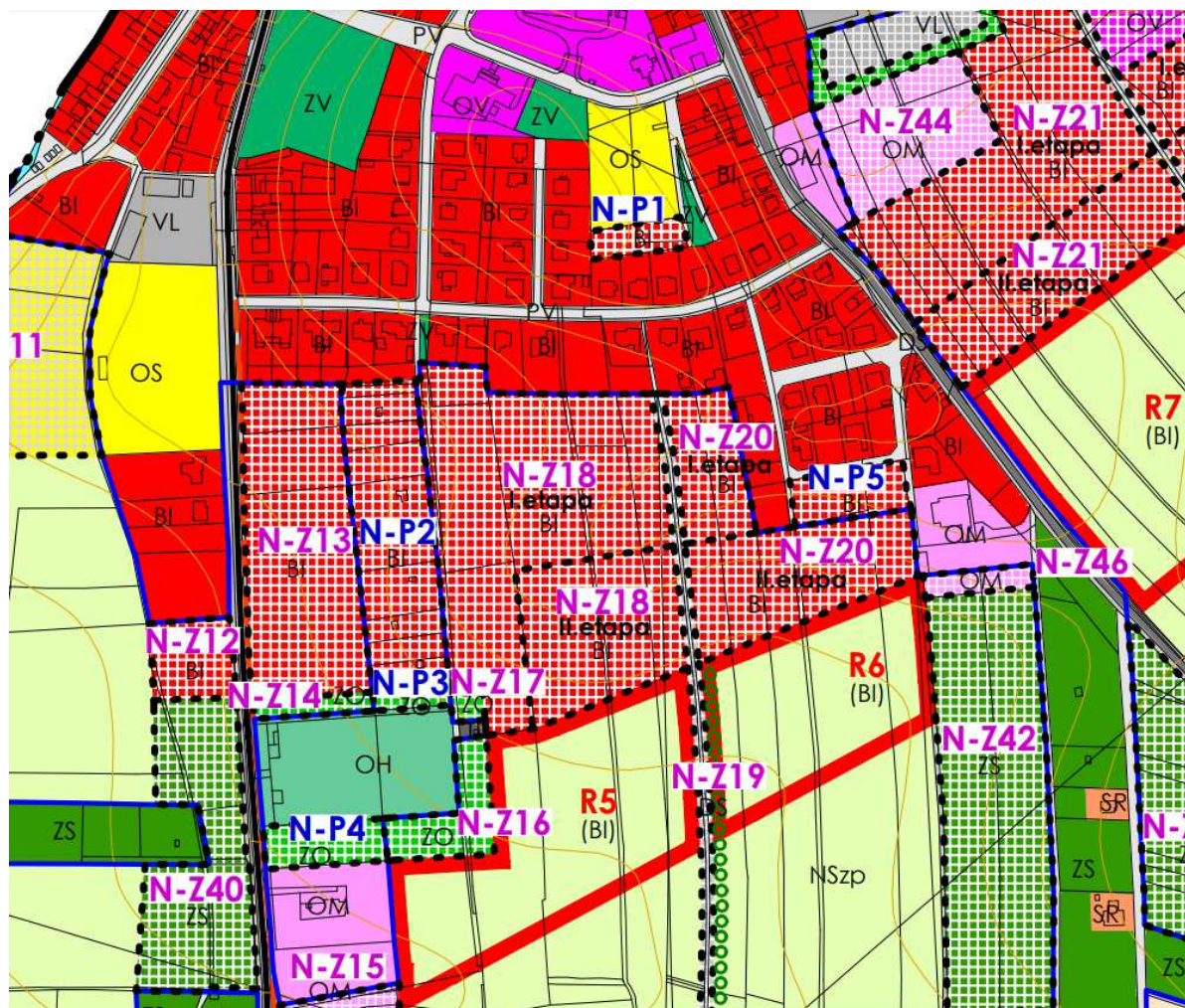
Pro zpracování modelu stokové sítě byla vybrána jižní část města Nechanice. Zájmová lokalita je ohraničena ze severu ulicí Vaňhalova, ze západu ulicí Novopackého, z východu ulicí Hrádecká, jižní hranice zájmové lokality je tvořena hranicí intravilánu obce. Území je z velké části určeno k bydlení v rodinných domech městského a příměstského charakteru. Dále je zde několik veřejných

zelených ploch v podobě Štrosových sadů, menších parků a dětských hřišť. Poměrně rozsáhlá je zelená plocha okolo léčebny návykových nemocí a kulturního domu v severní části lokality. Na východě zájmové oblasti je areál prodeje stavebnin, který představuje významnou odtokovou plochu, jelikož je celá plocha areálu pokryta betonovými panely. Podobně je tomu na severozápadě zájmové lokality, kde se nachází průmyslový areál, který částečně přispívá svou odtokovou plochou do vybrané části stokové sítě. [41]



Obr. 4.1. Zájmová lokalita [41]

Tato oblast byla vybrána hlavně z toho důvodu, že se zde dle územního plánu předpokládá s výstavbou odhadem 70 rodinných domů v jižní části obce. Jedná se o plochy N-Z12, N-Z13, N-P2, N-Z18 a N-Z20. Necelá polovina z plánovaných domů je již postavena na plochách N-Z12, N-Z13, N-Z18 a N-P2 včetně napojení na stávající dopravní infrastrukturu. [39] [40]



Obr. 4.2. Výřez územního plánu města Nechanice – plánovaný rozvoj – jih obce [39]

4.1.3 Popis stávající stokové sítě

Stávající stoková síť je v zájmové rozdělena na dvě části. Ve staré zástavbě se jedná o gravitační jednotnou stokovou síť a v nové zástavbě je již vybudována gravitační stoková síť oddílná – zvlášť dešťové a splaškové vody.

Jednotná stoková síť ve staré zástavbě je tvořena betonovými trubami v rozmezí vnitřních průměrů 300 až 600 mm. Tuto stokovou síť lze v podstatě rozdělit na dvě větve – západní a východní. Východní větev začíná profilem DN 400 v ulici Hrádecká přítokem z ulice Rašínova (DN 300). Dále je zde přítok DN 300 z části ulice Za Kulturním domem, kde poté stoka v jedné ze šachet přechází do profilu DN 600. Poté je do stoky zaústěna část kanalizace DN 300 z ulice Raabova. Následně stoka DN 600 v ulici Hrádecká pokračuje až na křižovatku s ulicemi Vaňhalova a Školská. Právě ze Školské ulice je přítok v podobě potrubí DN 400.

Po soutoku dochází ke změně profilu na DN 500 a stoka pokračuje ulicí Vaňhalova, kde je poslední přítok DN 400 do této větve z ulice Raabova a následně Smetanova. Tato východní větev je zakončena soutokem se západní větví na Malém náměstí v křižovatce ulic Vaňhalova, Novopackého a Račany. Nejbližší konec západní větve prochází ulicí Za Kulturním domem. Jsou zde dva kolmé přítoky DN 300 ze stejnojmenných ulic. Téměř v celé ulici vede v betonových troubách DN 300, ale těsně před křižovatkou s ulicí Novopackého dochází k rozšíření na DN 400. V křižovatce ulic Novopackého a Za Kulturním domem je do jednotné stoky napojen výtlak splaškové kanalizace z nové zástavby. Jednotná stoka pak pokračuje v troubě DN 500 ulicí Novopackého s jedním přítokem DN 300 u Štrosových sadů až k soutoku s východní větví na Malém náměstí.

Splašková stoková síť v nové zástavbě (ulice Jižní a Zahradní) je gravitační z polypropylenového potrubí ultra-rib DN 250 vyjma jednoho úseku DN 200. Dle svahovitosti lokality je vedena ze severovýchodu na jihozápad. V jihozápadním rohu je umístěna čerpací stanice o čerpaném množství 5 l/s. Výtlak (polyetylen DN 100) je poté zaústěn do jednotné stoky v křížení ulic Novopackého a Za Kulturním domem.

Dešťová kanalizace v ulicích Jižní a Zahradní je z polypropylenového potrubí ultra-rib DN 300. V ulici Novopackého od křižovatky s ulicí Za Kulturním domem až ke hřbitovu je dešťová kanalizace také provedena z polypropylenového potrubí ultra-rib DN 300. Od hřbitova až po vyústění poblíž zahradnictví do vodoteče je stejné potrubí, ale o vnitřním průměru průměru 400 mm. [50]

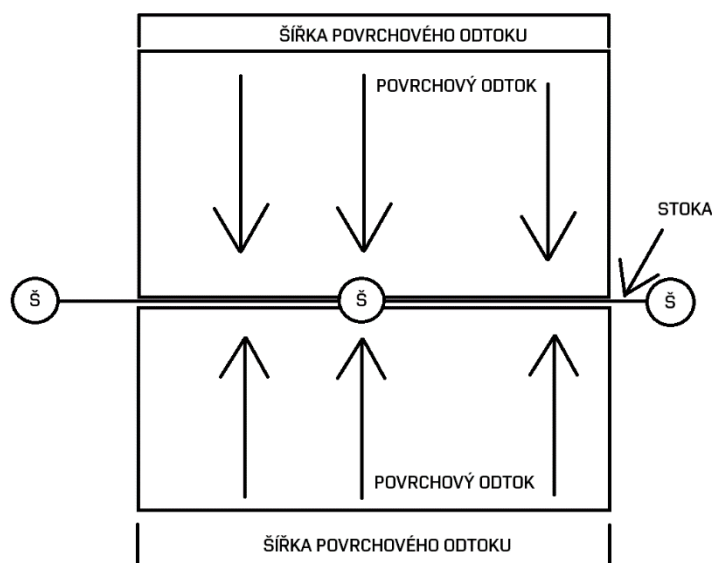
4.1.4 Program SWMM

Program „Storm Water Management Model“ (SWMM) neboli „Model pro hospodaření s dešťovou vodou“ vytvořila americká vládní organizace United States Environmental Protection Agency (EPA). Tento software pro plánování, analýzu a vytváření srážkového odtoku je volně dostupný. V rámci tohoto programu lze pracovat s objekty HDV jako jsou např. zelené střechy, vsakovací rýhy apod. SWMM obsahuje také běžné objekty na stokové síti jako jsou např. uliční vpusti, čerpací stanice, šachty, výusti apod. [42]

Pro hydraulickou analýzu nabízí SWMM dvě metody – dynamickou vlnu nebo kinematickou vlnu. Analýza pomocí dynamické vlny poskytuje nejpřesnější výsledky, protože používá kompletní Saint-Venantovy rovnice. Tato metoda dokáže počítat se zpětným vzduťím, kapacitou potrubí, ztrát na vtoku a výtoku, tlakovým prouděním apod. V kombinaci s výpočtem plnění šachet a průtokem v potrubí může být metoda dynamické vlny použita pro každou stokovou síť. Problémem je přesnost výsledků při dlouhodobém časovém modelování. Pro dosažení co největší přesnosti je třeba použít velmi malé časové kroky, které při dlouhodobém časovém modelování mohou významně ovlivnit trvání výpočtu. [43]

Analýza pomocí kinematické vlny používá rovnice kontinuity společně se zjednodušenou formou momentových rovnic pro každou troubu. Nedokáže pracovat se zpětným vzduťím a ostatními jevy, které byly zmíněny u analýzy pomocí dynamické vlny. Tato metoda se používá pro dlouhodobé časové analýzy, kde není kladen takový důraz na přesnost výsledku. [43]

Povrchový odtok z určité plochy je daný hned několika parametry – plocha, procento nepropustné plochy, šířka odtokové plochy, sklon odtokové plochy, Manningův součinitel drsnosti materiálu a retenční schopnost materiálu. Plocha je rozloha odtokové plochy. Procento nepropustné plochy vychází z poměru mezi nepropustnou částí plochy a celkovou odtokovou plochou. Šířka odtokové plochy je vyjádření délky odtokové plochy ve směru (v našem případě) potrubí stokové sítě viz Obr. 4.3. [44]



Obr. 4.3. Šířka povrchového odtoku [vlastní]

Sklon odtokové plochy je brán ve směru odtoku. Manningův součinitel drsnosti se zadává pro propustnou a nepropustnou část odtokové plochy. Retenční schopnost materiálu je vyjádření objemu, který musí být naplněn, než dojde k povrchovému odtoku na propustné i nepropustné odtokové ploše. [44]

4.1.5 Vstupní parametry výpočtu v programu SWMM

Při skládání modelu v programu SWMM je dobré začít šachtami a potrubím. Zaměřené šachty a potrubí byly poskytnuty v podobě GISových dat společností Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a.s. K zaměřeným objektům stokové sítě byly dodány i ostatní parametry těchto objektů – nadmožská výška dna a terénu šachty, délky, průměry, tvar a materiál potrubí. Tato data byla zpracována nejdříve v programu QGIS, kdy došlo k vyfiltrování nepotřebných dat a následně pomocí pluginu „generate_swmm_inp“ byla potřebná data převedena na projekt v programu SWMM. Tímto způsobem byla z poskytnutých dat složena stoková síť vybrané lokality ve městě Nechanice.

Součinitel drsnosti betonového potrubí byl zvolen dle Manninga $n = 0,014$. Pro plastové potrubí byl zvolen součinitel drsnosti $n = 0,008$. [45]

V zájmové lokalitě se nachází dva uzávěrové profily s označením „UP1“ a „UP2“. Uzávěrový profil 1 pro jednotnou stokovou síť je umístěn na úseku „3519“ DN 500 v křižovatce ulic Novopackého a Račany v severozápadním rohu zájmové lokality. Tento uzávěrový profil byl vybrán na základě analýzy stokové sítě, ze které vyplývá, že právě v tomto místě dochází ke spojení jednotných stok staré zástavby ve vybrané lokalitě.

Uzávěrový profil 2 se nachází na jihu lokality v místě, kde dešťová kanalizace ústí do vodoteče. Do tohoto uzávěrového profilu, tvořeného plastovou troubou ultra-rib DN 400, je svedena srážková vody tvořící povrchový odtok v nové zástavbě.

Pro sledování chování stokové sítě bylo vybráno 7 úseků. Úseky označené jako „DP19“ a „DP27“ jsou tvořeny plastovým potrubím ultra-rib DN 300 a jsou umístěny na dešťové kanalizaci v lokalitě s plánovaným rozvojem. Tyto úseky byly vybrány pro znázornění změny průtoku po výstavbě dalších rodinných domů a následné aplikaci prvků HDV. Dalším sledovaným prvkem na dešťové kanalizaci je úsek „DP12“ z plastového potrubí ultra-rib DN 400, který se nachází těsně před

uzávěrovým profilem „UP2“. Úsek „3421“ DN 300 byl vybrán pro sledování změny odtoku srážkové vody ze střechy přilehlého kulturního domu před a po aplikaci prvků HDV. Tento úsek nebude nijak ovlivněn novou výstavbou. Úsek „3413“ DN 500 na jednotné betonové stoce se nachází za výtlačkem čerpací stanice, do které je zaústěna splašková kanalizace z lokality s budoucím rozvojem a z obce Kunčice. Další úsek je „3527“ DN 500 na východní větvi, který nebude nijak ovlivněn novou výstavbou na jihu zájmové lokality, ale při aplikaci prvků HDV ve staré zástavbě bude sledována změna průtoku. Měření na jednotné stokové síti je zakončeno úsekem „3519“ DN 500 těsně před uzavěrovým profilem „UP1“

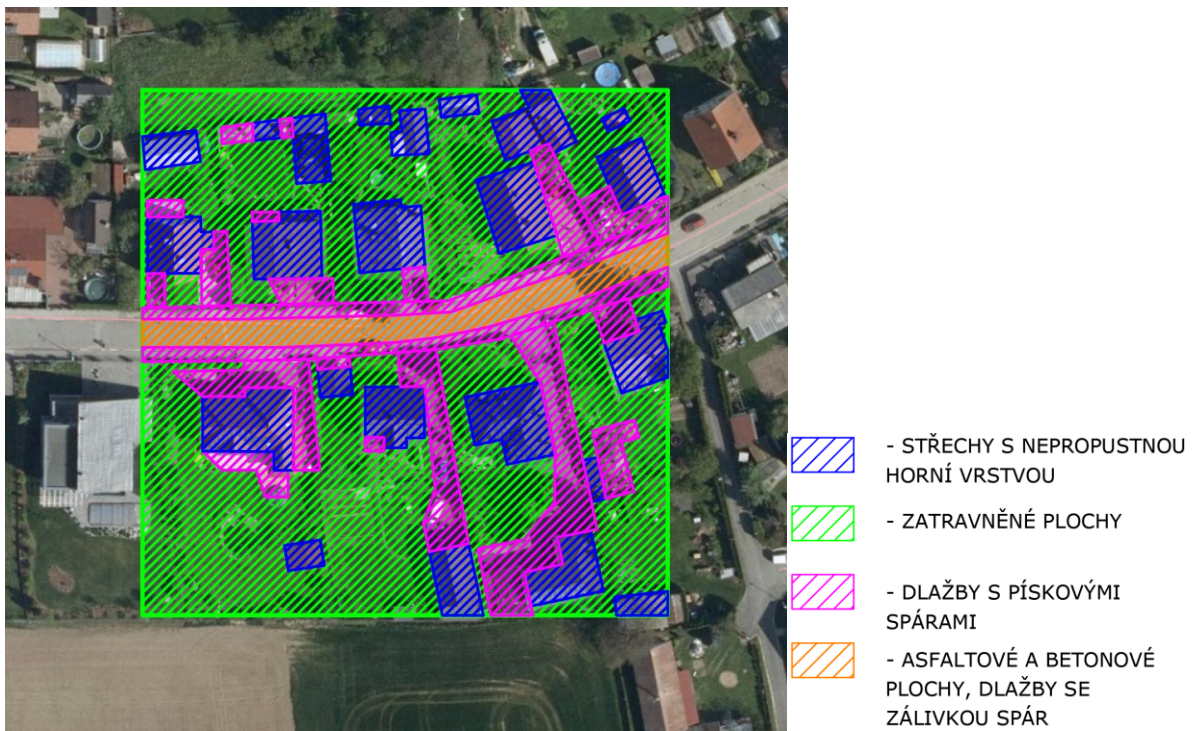


Obr. 4.4. Mapa stokové sítě s umístěním sledovaných úseků

V rámci zpracování odtokových ploch byly vytvořeny dva vzorové jednotkové hektary pro různé typy zástavby. V severní části obce byla zvolena oblast se zástavbou řadových domů tvořící vnitroblok se zahradami. V jižní části obce byla vybrána oblast s typickou zástavbou rodinných domů se zahradami.



Obr. 4.5. Vzorový jednotkový hektar 1 – sever obce



Obr. 4.6. Vzorový jednotkový hektar 2 – jih obce

Po dosazení ploch a odpovídajících součinitelů odtoku dle tabulky ČSN 75 6101 byl vypočítán průměrný odtokový součinitel pro obě oblasti.

Tab. 4.1. Průměrný odtokový součinitel – vzorový jednotkový hektar 1

Povrch	Barva	Plocha [m ²]	ψ	Redukovaná plocha [m ²]
Domy	modrá	3172.32	1	3172.32
Dlažba	fialová	1607.72	0.6	964.63
Zeleň	zelená	5219.96	0.1	522.00
	Σ	10000	0.47	4658.95

Tab. 4.2. Průměrný odtokový součinitel – vzorový jednotkový hektar 2

Povrch	Barva	Plocha [m ²]	ψ	Redukovaná plocha [m ²]
Domy	modrá	2094.61	1	2094.61
Dlažba	fialová	1973.08	0.6	1183.85
Zeleň	zelená	5380.58	0.1	538.06
Silnice	oranžová	551.65	0.8	441.32
	Σ	10000	0.43	4257.84

Program SWMM pro výpočet povrchového odtoku z území potřebuje znát poměr nepropustných ploch k celkové ploše. Určování procenta nepropustné plochy bylo pro každou odtokovou plochu provedeno individuálně vzhledem k typu plochy dle ortofoto podkladní mapy. Pro výpočet procenta nepropustných ploch zastavěných odtokových ploch byly využity právě vzorové jednotkové hektary viz Obr. 4.5 a Obr. 4.6. a došlo se k těmto výsledkům:

Tab. 4.3. Výpočet procenta nepropustné plochy pro vzorový jednotkový hektar 1

Povrch	Barva	Plocha [m ²]	Σ Nepropustná plocha [m ²]	% nepropustné plochy
Domy	modrá	3172.32	4780.04	47.80
Dlažba	fialová	1607.72		
Zeleň	zelená	5219.96		
	Σ	10000		

Tab. 4.4. Výpočet procenta nepropustné plochy pro vzorový jednotkový hektar 2

Povrch	Barva	Plocha [m ²]		
Domy	modrá	2094.61		
Dlažba	růžová	1973.08		
Zeleň	zelená	5380.58		
Silnice	oranžová	551.65	Σ Nepropustná plocha [m ²]	% nepropustné plochy
	Σ	10000	4619.34	46.19

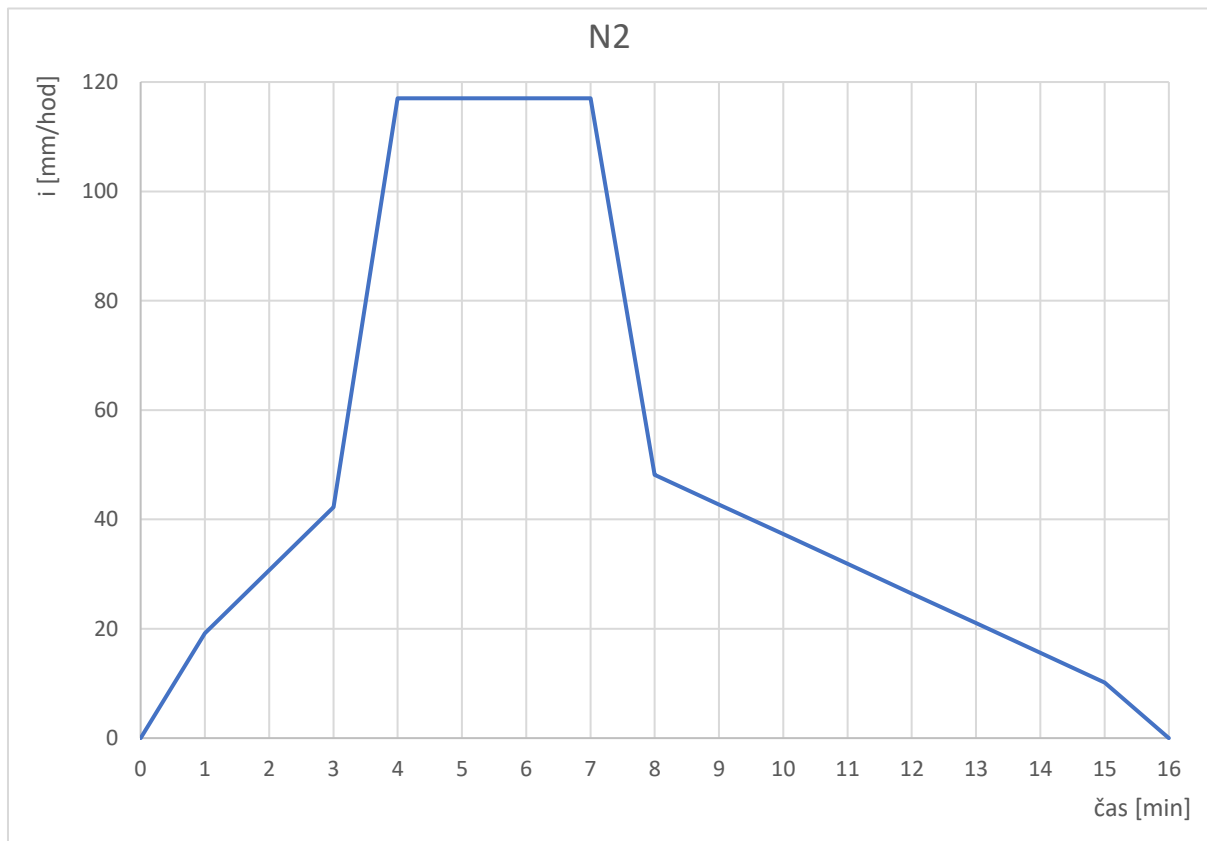
Pro každou odtokovou plochu bylo odhadem určen Manningův součinitel drsnosti pro propustnou a nepropustnou plochu. Pro propustnou plochu byla dle tabulky v manuálu programu SWMM zvolena hodnota pro upravovaný travní porost $n = 0,45$, který se nachází na většině propustných ploch. Pro nepropustnou plochu byla dle manuálu zvolena hodnota $n = 0,015$. Kolem této hodnoty se pohybuje většina zpevněných povrchů jako např. střešní tašky, asphalt, betonová dlažba apod. [44]

Retenční schopnost materiálu pro propustnou plochu byla dle manuálu programu SWMM zvolena 2,5 mm. Pro nepropustnou plochu bylo zvoleno 6,4 mm. Podle typu materiálu nepropustných ploch bylo určeno, že 80 % těchto ploch nebude mít retenční schopnost. [44]

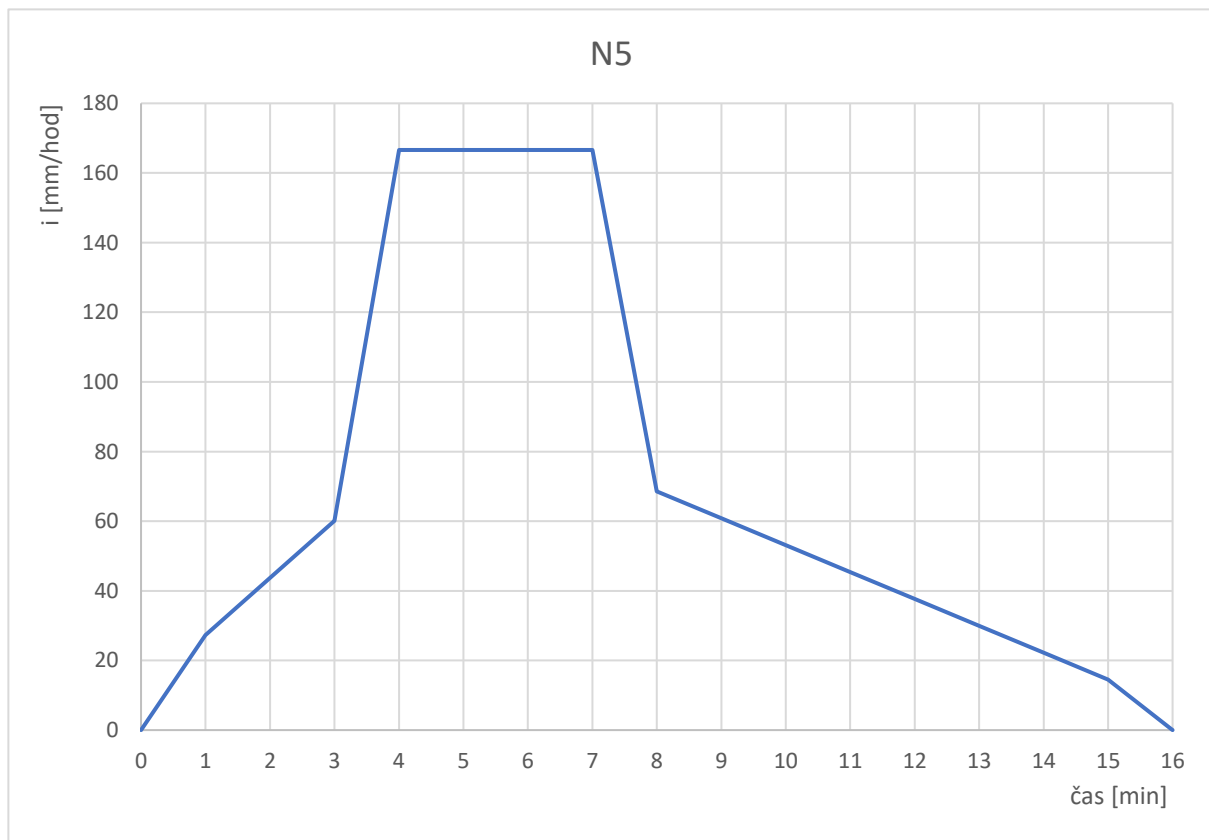
Časové řady pro dvouletý, pětiletý a dvacetiletý Šifaldův návrhový déšť pro Nechanice viz Obr. 4.7., Obr. 4.8. a Obr. 4.9. také poskytla společnost Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a.s.

Časové kroky výpočtu jsou nastaveny na 1 minutu a záznam výsledků probíhá 48 hodin.

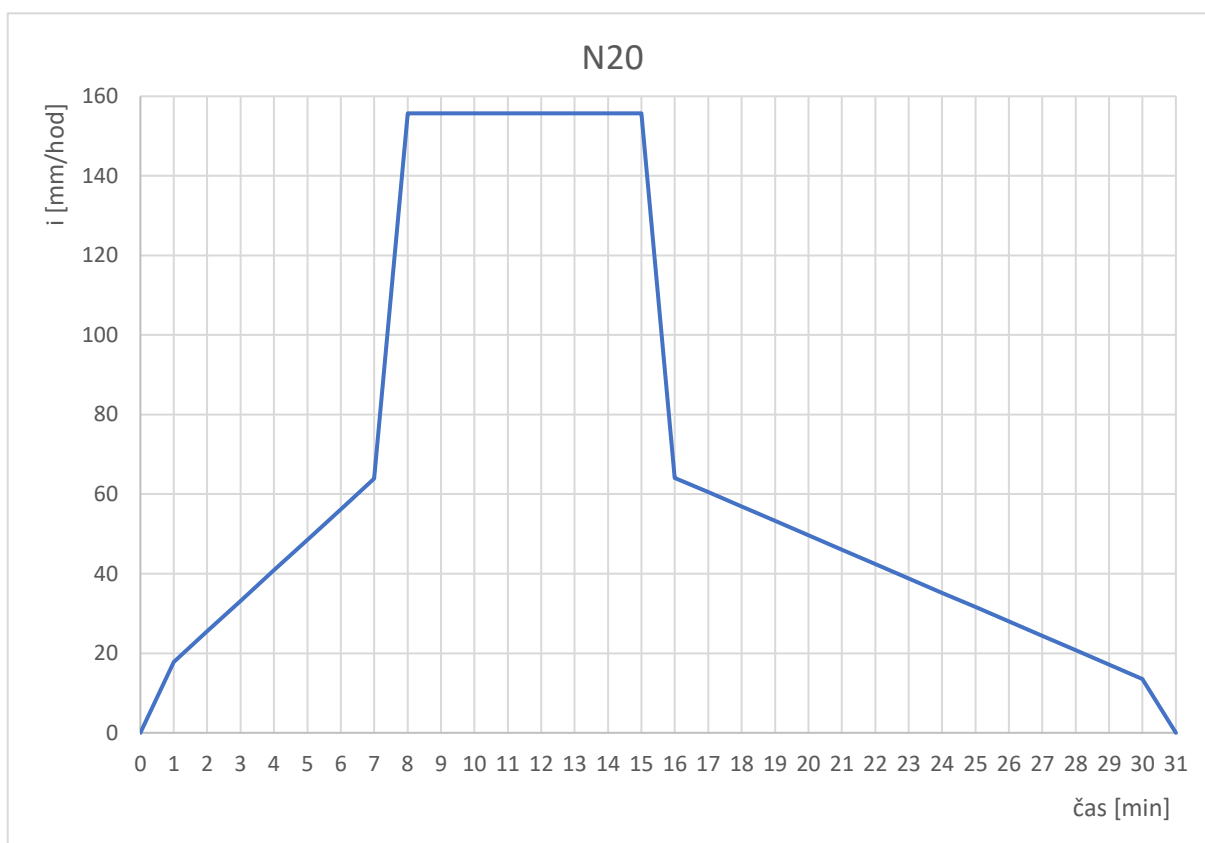
Uvedené vstupní parametry výpočtů jsou stejné pro všechny výpočtové stavy (stávající stav, plánovaný rozvoj, aplikace prvků HDV), pokud není před výpočtem uvedeno jinak.



Obr. 4.7. Časový průběh dvouletého návrhového deště



Obr. 4.8. Časový průběh pětiletého návrhového deště



Obr. 4.9. Časový průběh dvacetiletého návrhového deště

4.1.6 Návrhové stavy vybrané lokality

Vybraná lokalita byla rozdělena dle příslušného typu kanalizace – stará zástavba (jednotná kanalizace) a nová zástavba (oddílná kanalizace – dešťová a splašková kanalizace). Pro novou i starou zástavbu byly řešeny 3 návrhové stavy – stávající stav, plánovaný rozvoj, aplikace prvků HDV. Pro každý návrhový stav byly provedeny výpočty pro 3 návrhové deště – N2, N5 a N20.

V rámci stávajícího stavu je snahou, co nejlépe popsat aktuální podmínky dle dostupných podkladů bez veškerých prvků HDV ve vybrané lokalitě. Pravděpodobně se zde nachází prvky HDV, ale vzhledem k nedostatku podkladů není možné s nimi počítat. Není tedy možné říci, že výsledky modelů přesně reprezentují odtokové poměry vybrané lokality. Přesnějších výsledků by bylo možné dosáhnout provedením měření na vybraném úseku stokové sítě a následnou kalibrací modelu pomocí výsledků měření. Model stávajícího stavu není

kalibrován a tím pádem i ostatní modely, které vychází z tohoto modelu, také nejsou kalibrovány.

Model lokality s plánovaným rozvojem vychází z modelu stávajícího stavu, který byl doplněn o rozvojové lokality dle územního plánu. Jak již bylo zmíněno v 4.1.2 jedná se převážně o plochy N-Z18 a N-Z20. Na těchto plochách by mělo vyrůst přibližně dalších 40 rodinných domů. Na plochách N-Z12, N-Z13, N-Z18 a N-P2 stojí již 30 domů, se kterými je počítáno v modelu stávajícího stavu, ale stále se zde nachází volné stavební parcely, které budou velmi pravděpodobně zaplněny dalšími rodinnými domy. Tyto rodinné domy budou podobné architektury, tudíž je možné využít stejných parametrů odtokových ploch jako u předchozího modelu. Počet domů, rozdělení parcel a počet domů vznikl odhadem po vzoru již realizovaných domů v této lokalitě. V tomto modelu se také nenachází prvky HDV.

Model aplikace prvků HDV vychází z modelu plánovaného rozvoje, kdy jsou pro tento model aplikovány prvky HDV blíže popsané v kapitole 4.1.6.7.



Obr. 4.10. Pohled na nezastavěnou plochu N-Z18 a N-Z20, kde v budoucnu budou rodinné domy [vlastní]

4.1.6.1 Stávající stav – výpočty

Pro složení modelu stávajícího stavu bylo využito vstupních parametrů zmíněných v kapitole 4.1.5. Aby model stávajícího stavu byl kompletní, je třeba doplnit splaškové průtoky od obyvatel. Splaškové průtoky se v programu SWMM modelují zadáním konkrétního splaškového přítoku pro danou šachtu. Norma ČSN 75 6101 doporučuje použít data z měření. Pokud není dostupné měření, což v tomto případě platí, tak norma doporučuje se řídit vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). [47]

Příloha č.12 této vyhlášky uvádí směrná čísla roční potřeby vody pro různé objekty, které lze využít i pro výpočet množství vypouštěných odpadních vod bez měření. Bylo stanoveno, že rodinný dům obývají průměrně čtyři lidé.

Tab. 4.5. Vzorový výpočet splaškového přítoku do jednoho z uzlů

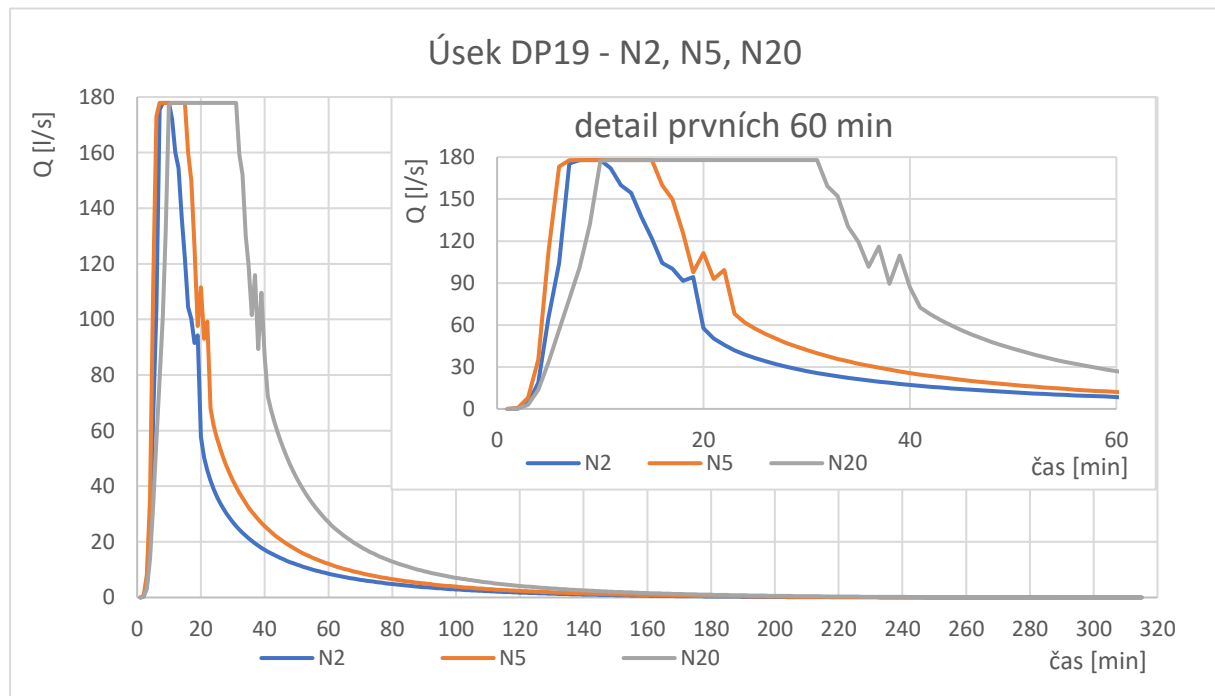
Rodinné domy			Pozn.
potřeba vody	35	[m ³ /rok/osoba]	dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.
počet domů	10	[-]	
počet osob	40	[-]	počet domů x 4 osoby/dům
výpočet	1400	[m ³ /rok]	počet osob x potřeba vody
	0.160	[m ³ /hod]	
	0.044	[l/s]	
Kulturní dům			
kapacita KD	208	[-]	dle odboru kultury MěÚ Nechanice [48]
potřeba vody	1	[m ³ /rok/místo]	dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.
výpočet	208	[m ³ /rok]	kapacita KD x potřeba vody
	0.024	[m ³ /hod]	
	0.007	[l/s]	
Léčebna návykových nemocí			
počet lůžek	56	[-]	dle tiskové zprávy zdravi.euro.cz [49]
potřeba vody	50	[m ³ /rok/lůžko]	
výpočet	2800	[m ³ /rok]	
	0.320	[m ³ /hod]	
	0.089	[l/s]	

Výsledek			
Σ připojených obyvatel	304	[-]	
Σ průtoků	0.503	[m ³ /hod]	
součinitel hodinové nerovnoměrnosti	3.5	[-]	dle ČSN 75 6101
splaškový přítok	1.761	[m³/hod]	
	0.489	[l/s]	výsledná hodnota do SWMM

Stejný výpočet byl použit pro určení splaškového přítoku pro ostatní uzly stokové sítě ve vybrané lokalitě. Výpočet je stejný pro jednotnou i pro pouze splaškovou kanalizaci.

4.1.6.2 Stávající stav – výsledky

Úsek DP19:



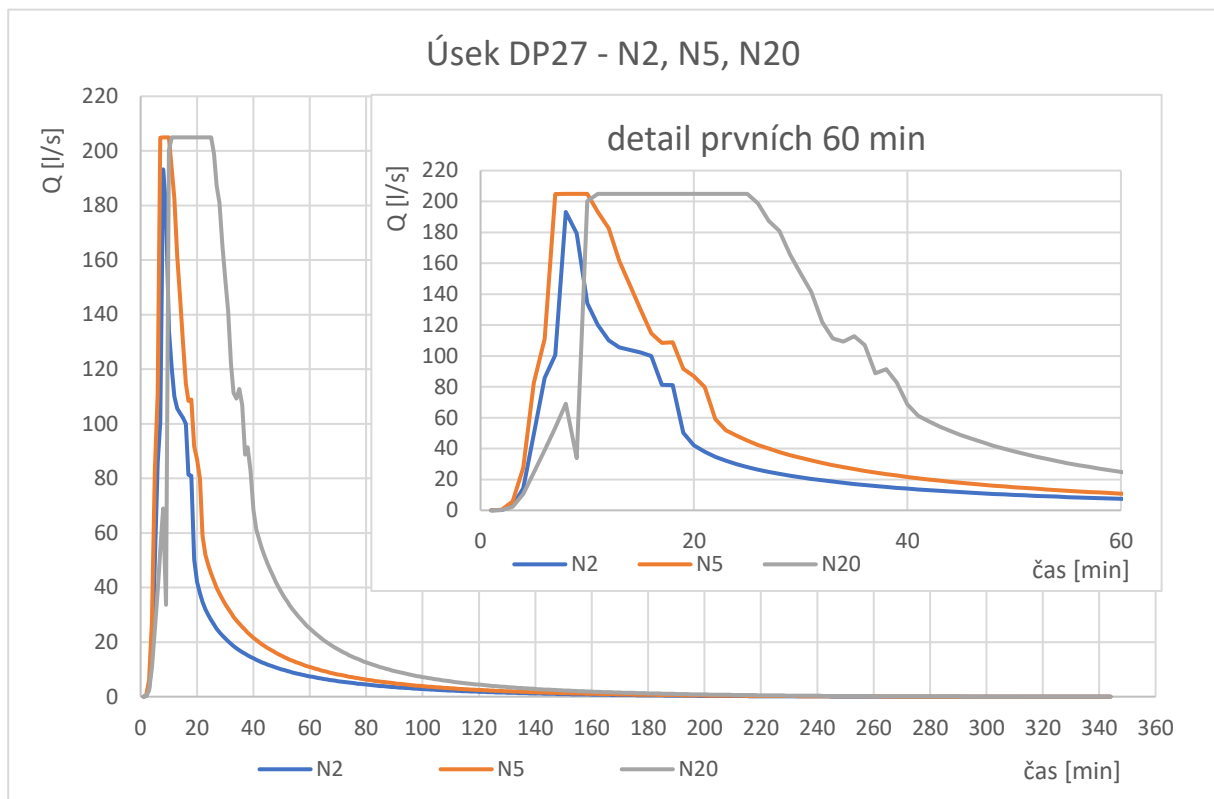
Obr. 4.11. Průtokové křivky úseku DP19 – stávající stav

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 9 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Úsek DP27:



Obr. 4.12. Průtokové křivky úseku DP27 – stávající stav

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 193,2 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 205 l/s.

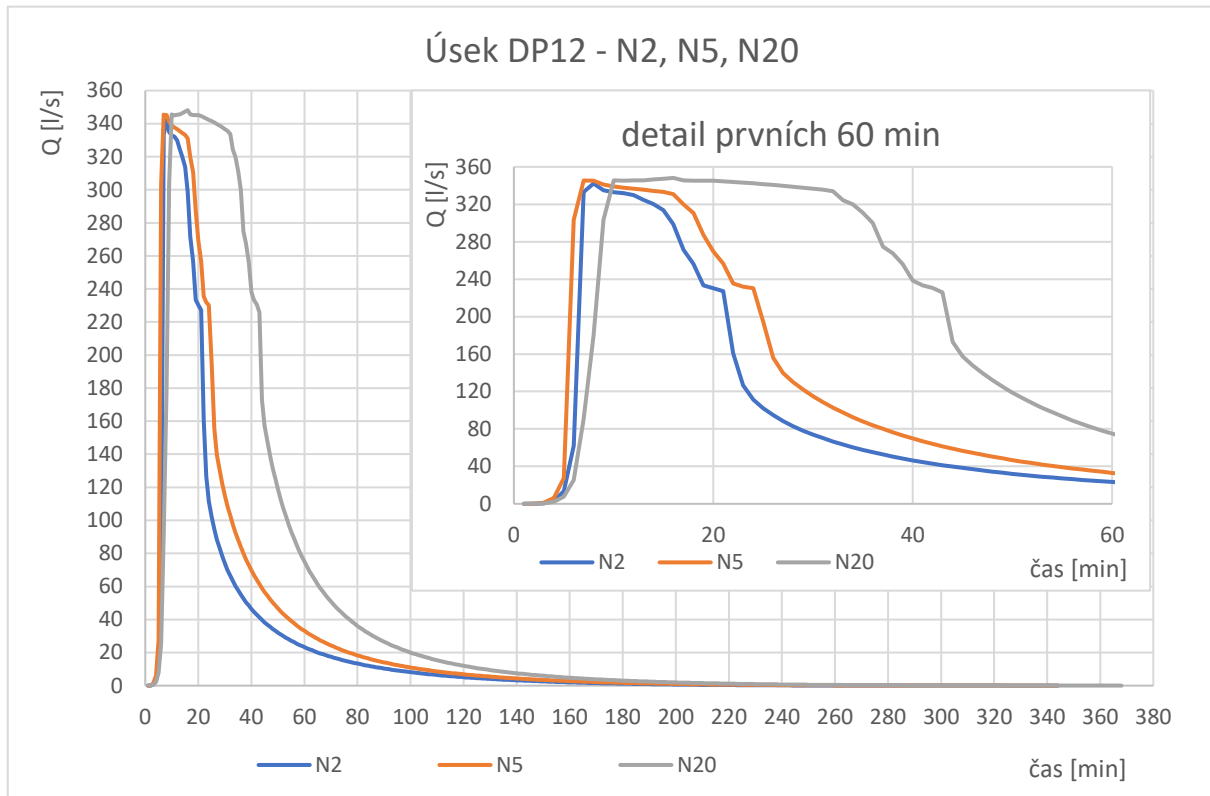
Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok dosáhl hodnoty 205 l/s.

Úsek DP12:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 342,2 l/s.

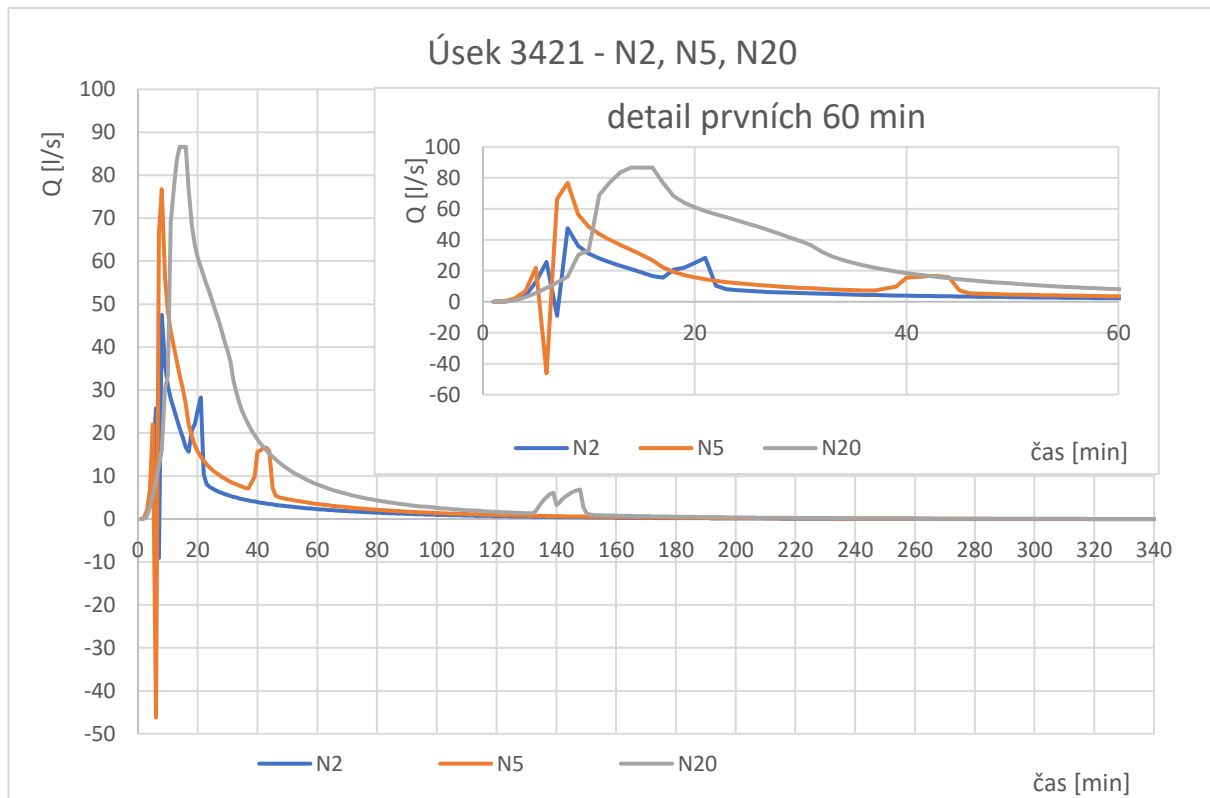
Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 7 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 345,5 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 348,2 l/s.



Obr. 4.13. Průtokové křivky úseku DP12 – stávající stav

Úsek 3421:



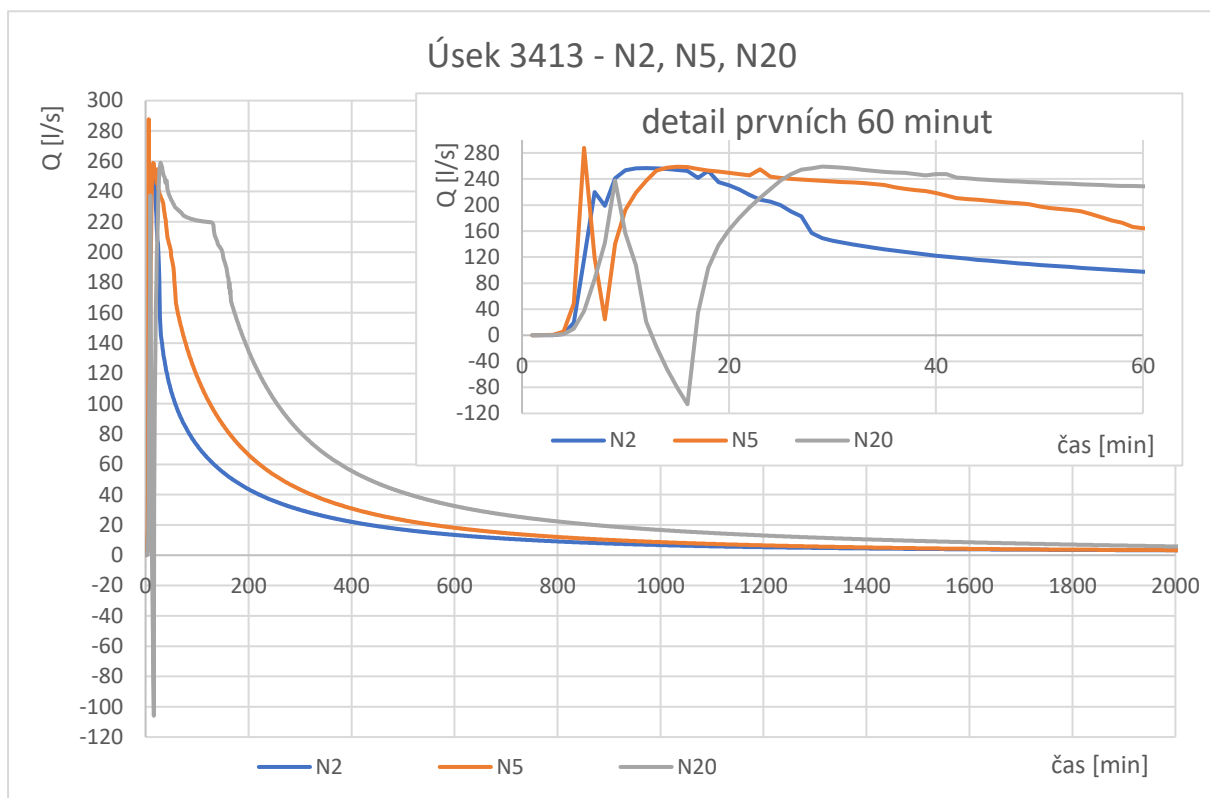
Obr. 4.14. Průtokové křivky úseku 3421 – stávající stav

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 47,5 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 76,8 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 86,6 l/s.

Úsek 3413:



Obr. 4.15. Průtokové křivky úseku 3413 – stávající stav

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 12 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 256,7 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 6 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 287,7 l/s.

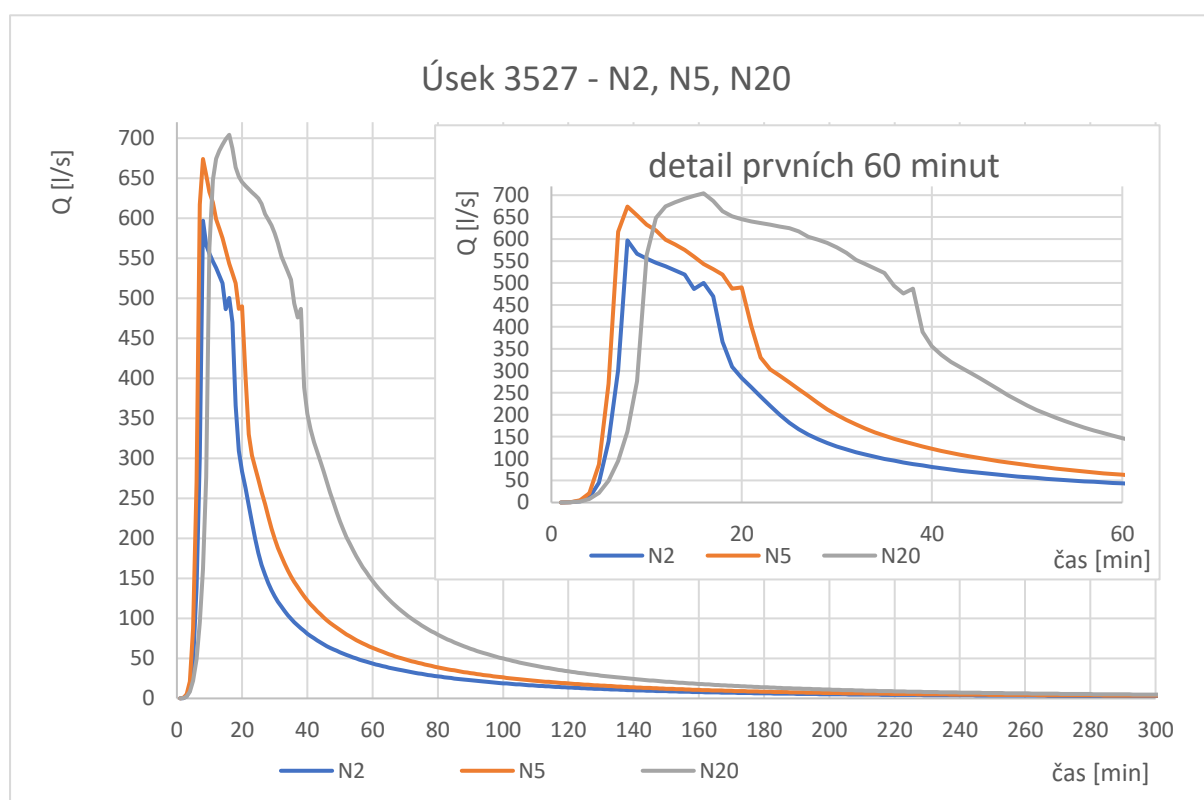
Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 29 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 259 l/s.

Úsek 3527:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 596,9 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 674 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 704,3 l/s.



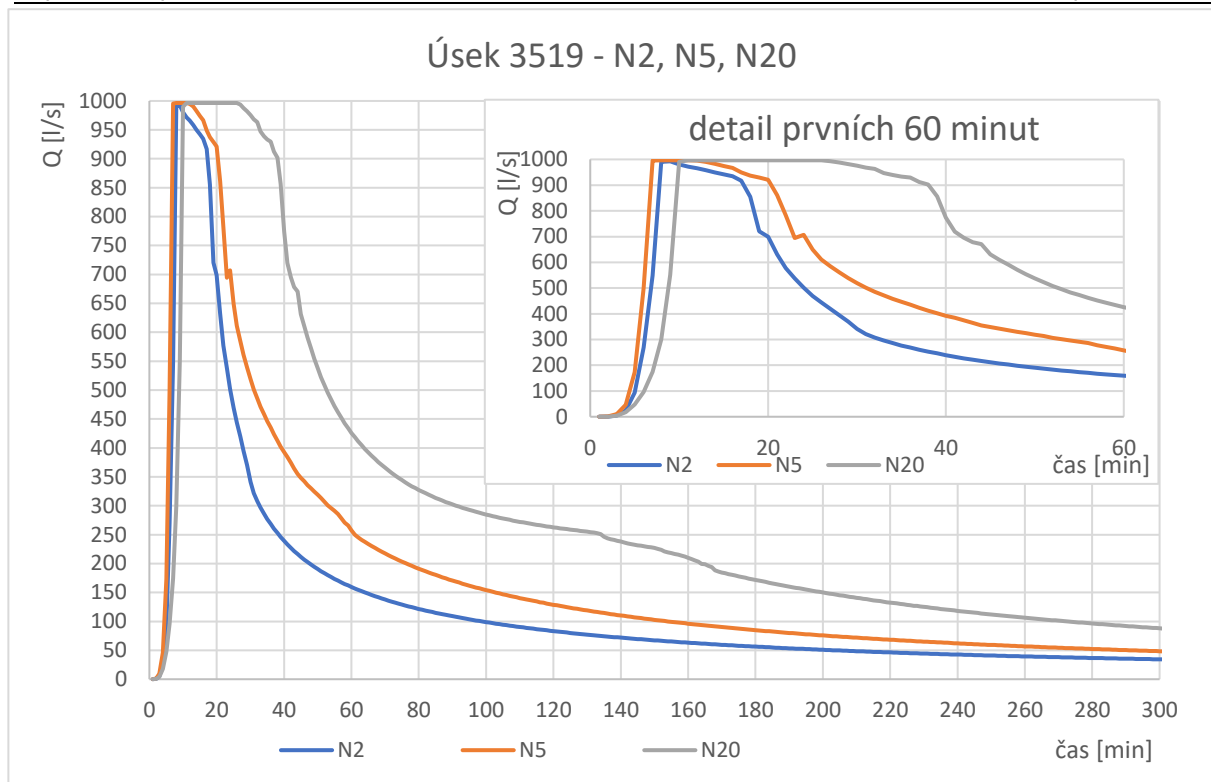
Obr. 4.16. Průtokové křivky úseku 3527 – N2, N5, N20

Úsek 3519:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 9 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 992,6 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 996,5 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 996,5 l/s.



Obr. 4.17. Průtokové křivky úseku 3519 – stávající stav

4.1.6.3 Stávající stav – závěr

V rámci modelu stávajícího stavu byly zjištěny maximální průtoky pro jednotlivé sledované úseky při zatížení zájmové lokality návrhovými dešti.

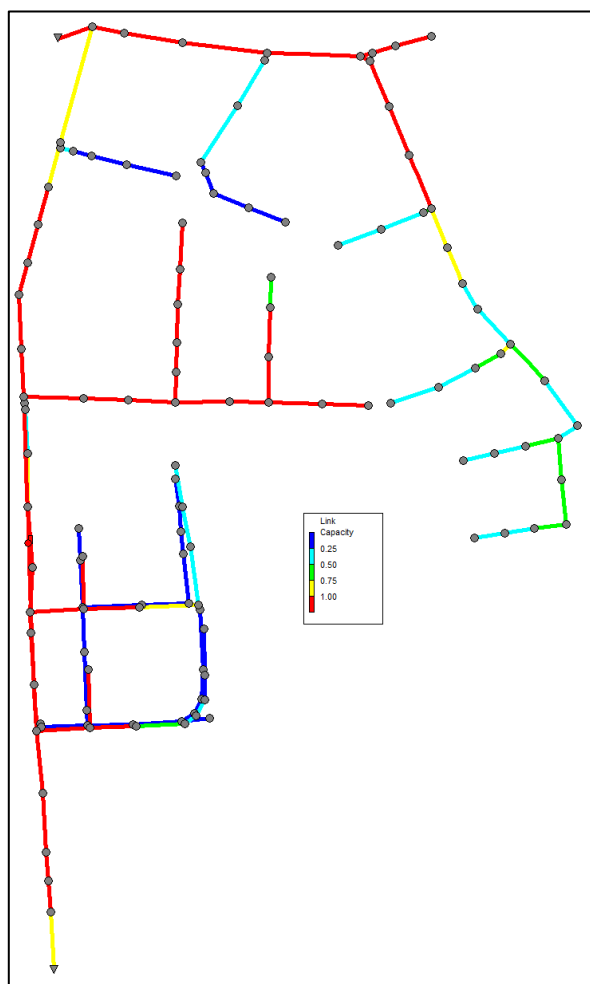
Tab. 4.6. Maximální průtoky a časy pro vybrané úseky – stávající stav

úseky	max Q [l/s]			čas max Q [min]		
	N2	N5	N20	N2	N5	N20
Nová zástavba - dešťová kanalizace						
DP19	177.9	177.9	177.9	9	8	11
DP27	193.2	205	205	8	8	11
DP12	342.2	345.5	348.2	8	7	16
Stará zástavba - jednotná kanalizace						
3421	47.5	76.8	86.6	8	8	16
3413	256.7	287.7	259	12	6	29
3527	596.9	674	704.3	8	8	16
3519	992.6	996.5	996.5	9	8	11

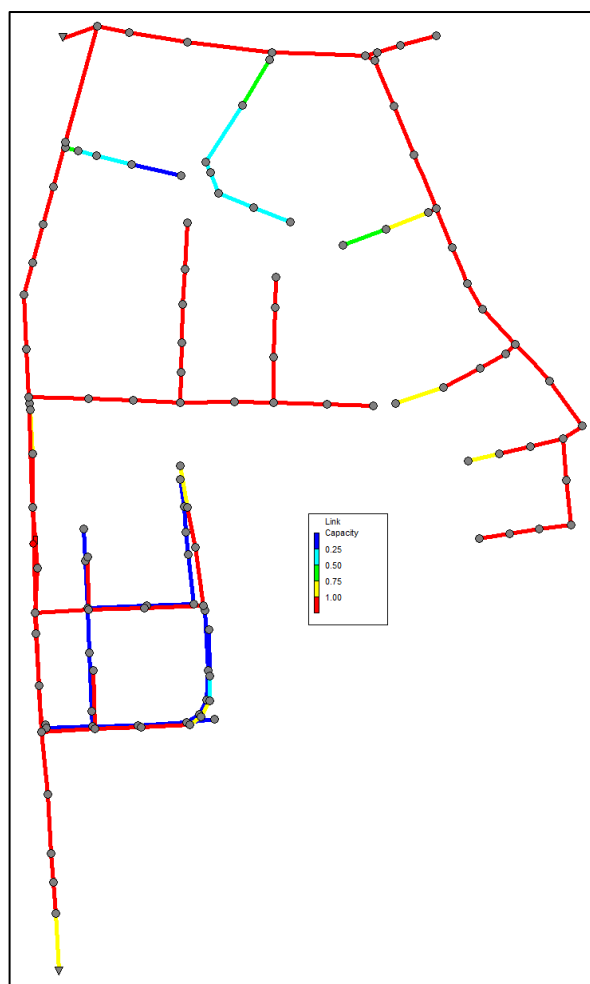
Časy, při kterých došlo k maximálnímu průtoku ve vybraných úsecích jsou různé pro každý návrhový déšť. Pro dvouletý návrhový déšť došlo k maximálnímu průtoku v časovém rozmezí od 8 do 12 minut. Pro pětiletý déšť došlo

k maximálnímu průtoku v časovém rozmezí od 6 do 8 minut. Pro dvacetiletý déšť došlo k maximálnímu průtoku v časovém rozmezí od 11 do 29 minut.

Z grafického zobrazení kapacity stokové sítě ve vybrané lokalitě obecně vyplývá, že při všech návrhových deštích dochází v nejnepříznivějších podmínkách (časech) k překročení kapacity potrubí stokové sítě, což způsobuje nežádoucí tlakové proudění viz Obr. 4.18., Obr. 4.19. a Obr. 4.20. Červené úseky znamenají 100 % kapacitu trouby. Jediné úseky, které nepřevyšují kapacitu potrubí, jsou koncové úseky. Je důležité připomenout, že model není kalibrován a nejsou zde brány v potaz žádné prvky HDV, které se ve vybrané lokalitě pravděpodobně nachází. Prvky HDV se s největší pravděpodobností nachází na jihu lokality, kde je nová zástavba. Dále je třeba říci, že za UP1 je umístěno odlehčení, tudíž nelze konstatovat, že by veškerý průtok proudil na místní čistírnu odpadních vod.



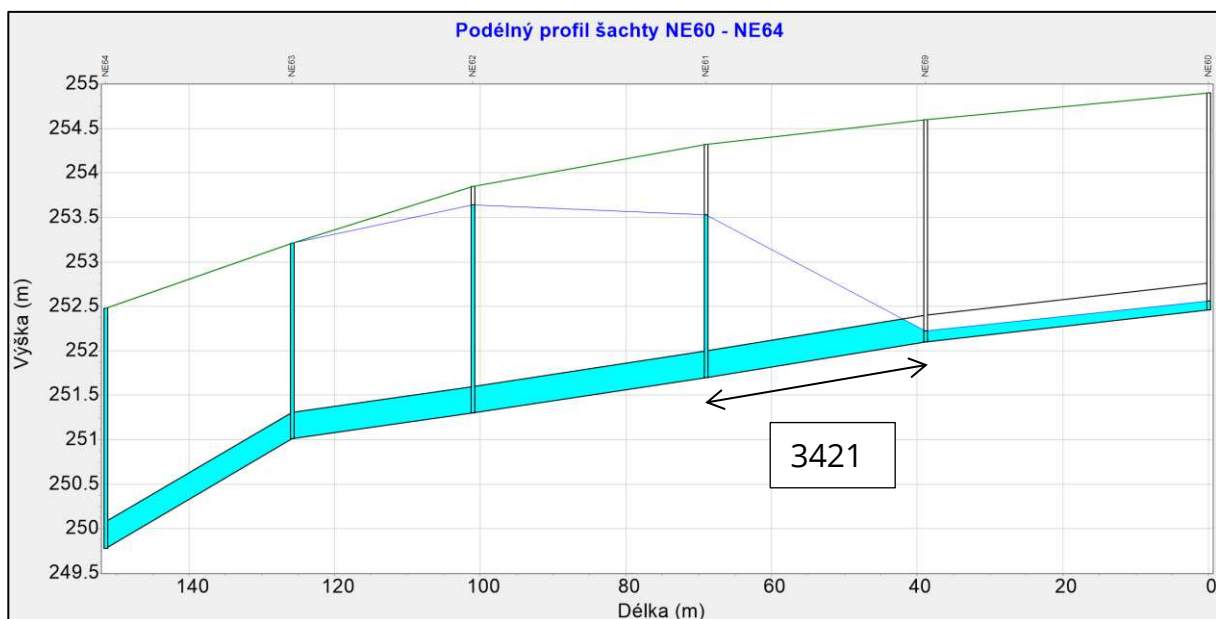
Obr. 4.18. Kapacita potrubí stokové sítě při N2, 10. minuta



Obr. 4.19. Kapacita potrubí stokové sítě při N5, 10. minuta



Obr. 4.20. Kapacita potrubí stokové sítě při N20, 15. minuta



Obr. 4.21. Podélný profil obsahující úsek 3421 - N2, 7. minuta

Na Obr. 4.14 a Obr. 4.15 jsou na průtokové křivce vidět záporné hodnoty. Tyto záporné hodnoty průtoku jsou v programu SWMM způsobeny opačným směrem proudění v úseku, které je způsobeno zaplněním potrubí a následným zpětným vzduťím viz Obr. 4.21.

4.1.6.4 Plánovaný rozvoj – výpočty

Pro rozvojovou lokalitu byla vytvořena oddílná stoková síť, která byla napojena na stávající oddílnou stokovou síť v nové zástavbě. Dešťová kanalizace bude, po vzoru stávající dešťové kanalizace, v celé lokalitě tvořena polypropylenovým potrubím ultra-rib DN 300 a na stávající dešťovou kanalizaci se napojuje v šachtě D23 na slepém konci ulice Jižní. Splašková kanalizace se napojuje ve stejném místě na již připravený slepý konec DN 200 v šachtě NE576 stávající splaškové kanalizace. Splašková kanalizace je v celé lokalitě s budoucím rozvojem z polypropylenového potrubí DN 200, jelikož připravené napojení je právě o vnitřním průměru trouby 200 mm.

Splaškové přítoky do kanalizace pro vybrané uzly byly vypočítány stejným způsobem zobrazeným v Tab. 4.5.



Obr. 4.22. Výřez z modelu plánovaného rozvoje pro znázornění odtokových ploch a stokové sítě

Dále se dle Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Královéhradeckého kraje počítá s vybudováním oddílné stokové sítě v obci Kunčice. Splašková kanalizace svede

splašky na sever obce, kde bude umístěna čerpací stanice, jejíž výtlak vedený podle komunikace směrem na Nechanice bude zaústěn do stávající splaškové kanalizace poblíž čerpací stanice na jihu Nechanic. Kunčice se nachází přibližně 2 km jižně od Nechanic. K 1.1.2022 zde žilo 385 obyvatel. [35]

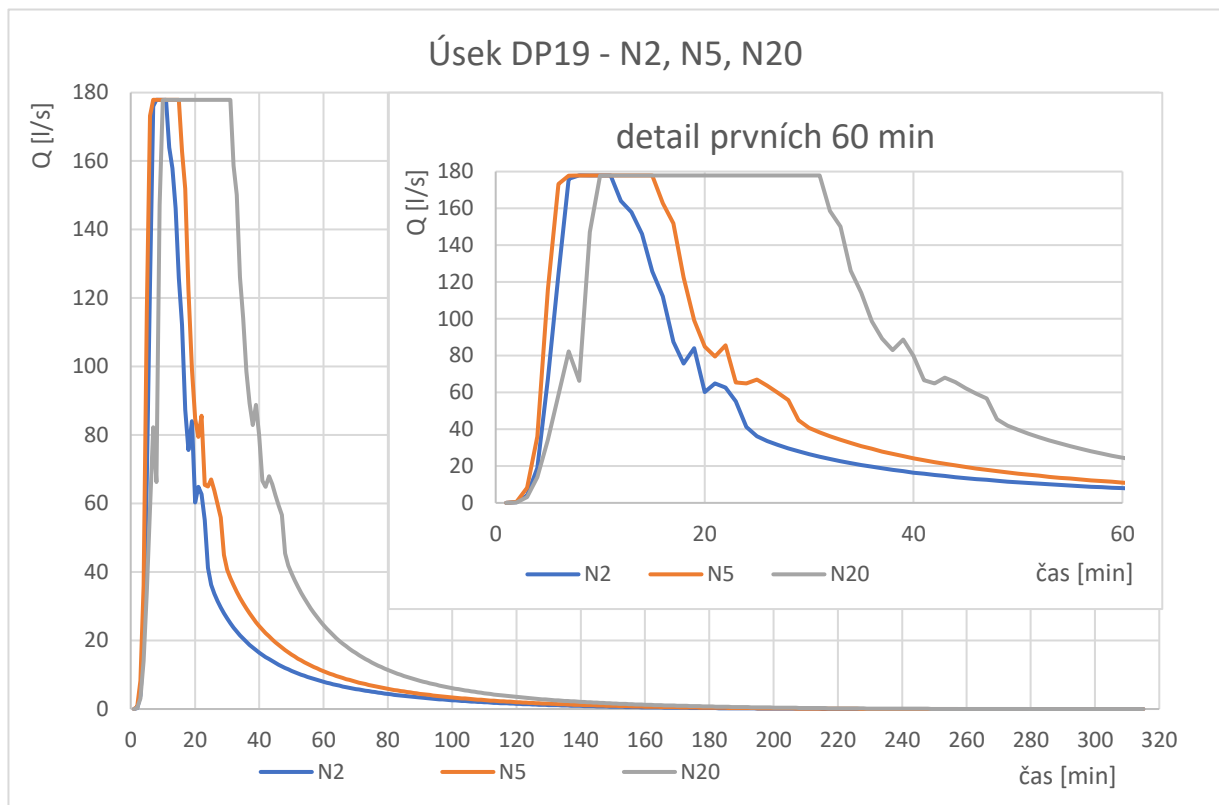
Tab. 4.7. Výpočet splaškového přítoku z obce Kunčice do stávající stokové sítě v obci Nechanice

Rodinné domy			Pozn.
potřeba vody	35	[m ³ /rok/osoba]	dle vyhlášky č. 428/2001 Sb. [46]
počet obyvatel	385	[-]	dle ČSÚ [35]
výpočet	13475	[m ³ /rok]	počet osob x potřeba vody
	1.538	[m ³ /hod]	
	0.427	[l/s]	
Restaurační zařízení			
potřeba vody	80	[m ³ /rok/pracovník]	dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.
mytí nádobí	60	[m ³ /rok/pracovník]	dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.
počet pracovníků	5		odhad
výpočet	700	[m ³ /rok]	(potřeba vody+mytí nádobí)*počet pracovníků
	0.080	[m ³ /hod]	
	0.022	[l/s]	
Výsledek			
Σ připojených obyvatel	400	[-]	odhad na základě počtu obyvatel a velikosti restauračního zařízení
Σ průtoků	1.618	[m ³ /hod]	
součinitel hodinové nerovnoměrnosti	3.5	[-]	dle ČSN 75 6101
splaškový přítok	5.664	[m³/hod]	
	1.57	[l/s]	výsledná hodnota do SWMM

Sledované úseky na stokové síti ve vybrané lokalitě zůstávají stejné jako u předchozího modelu stávajícího stavu – DP19, DP27, DP12, 3421, 3413, 3527, 3519. Jejich umístění viz Obr. 4.4.

4.1.6.5 Plánovaný rozvoj – výsledky

Úsek DP19:



Obr. 4.23. Průtokové křivky úseku DP19 - plánovaný rozvoj

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 9 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

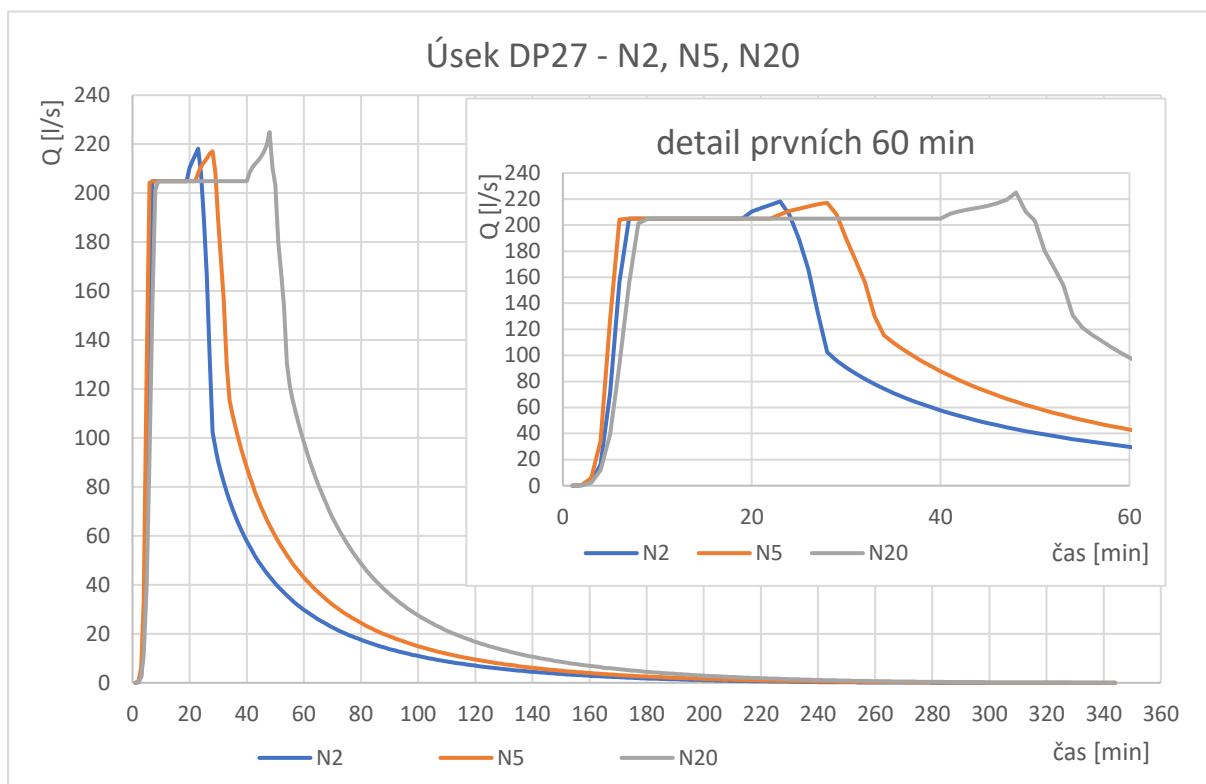
Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Šachta DP27:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 23 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 218,2 l/s.

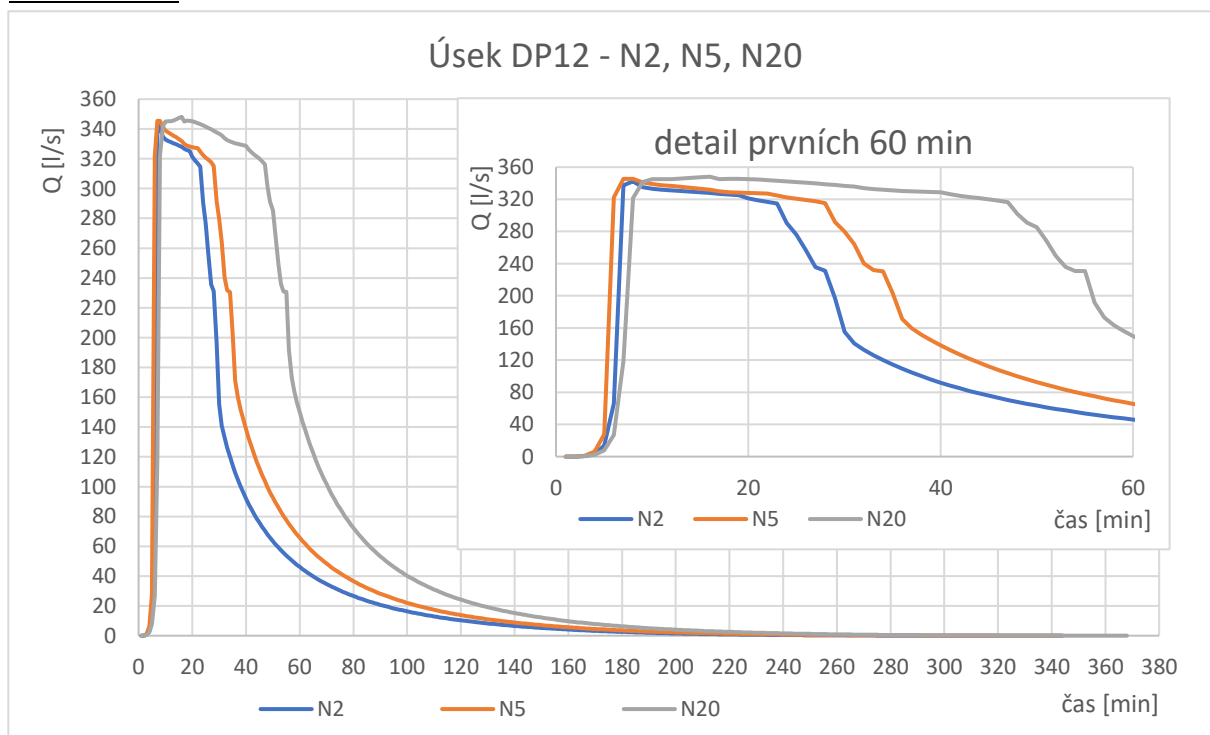
Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 28 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 217,1 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 48 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 225 l/s.



Obr. 4.25. Průtokové křivky úseku DP27 – plánovaný rozvoj

Úsek DP12:



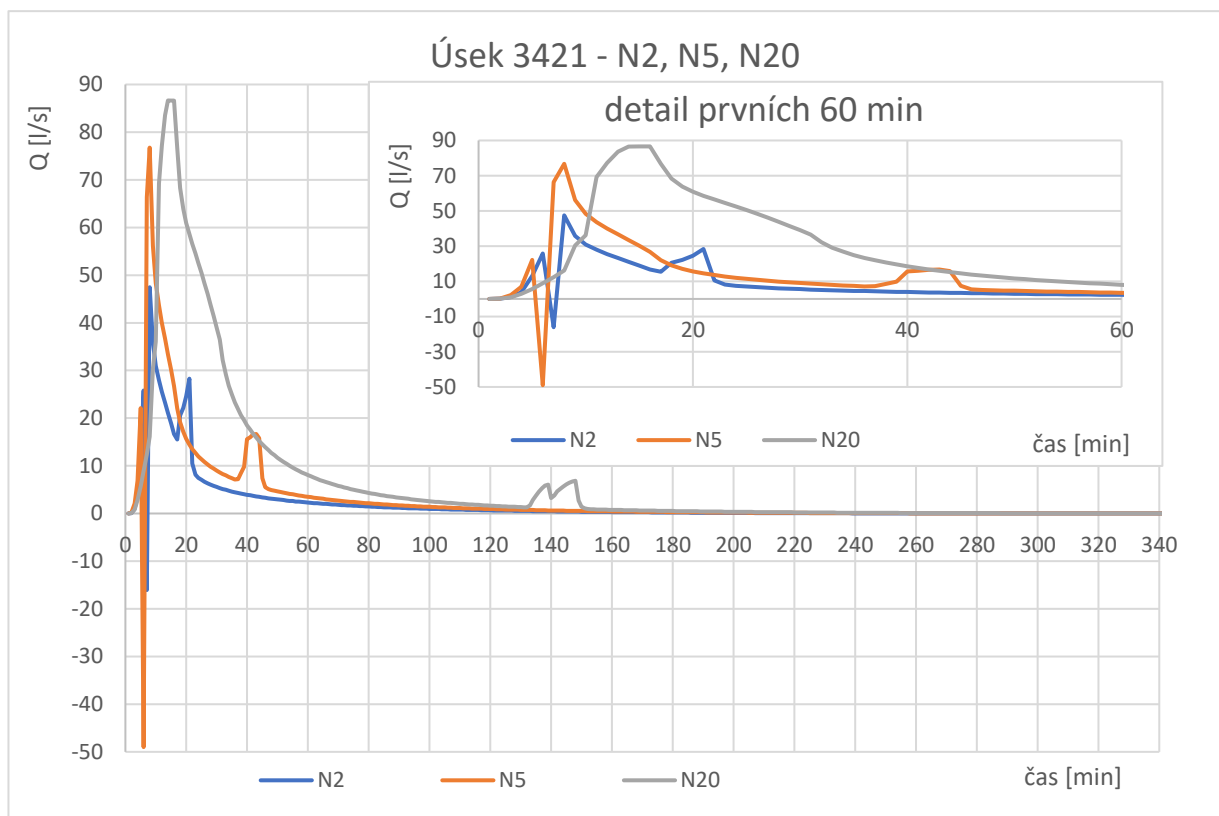
Obr. 4.26. Průtokové křivky úseku DP12 – plánovaný rozvoj

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 342,2 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 7 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 345,5 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 348,1 l/s.

Úsek 3421:



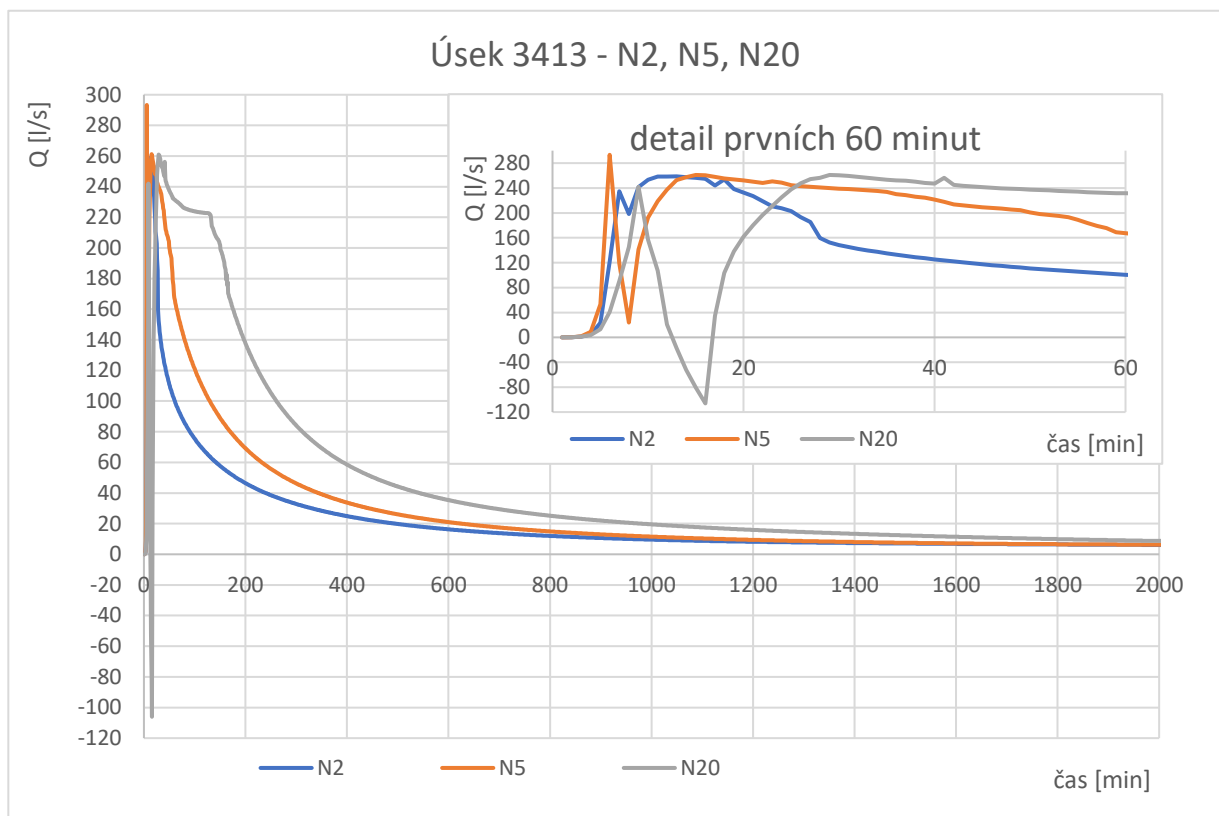
Obr. 4.27. Průtokové křivky úseku 3421 – plánovaný rozvoj

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 47,5 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 7 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 76,8 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 15 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 86,6 l/s.

Úsek 3413:



Obr. 4.28. Průtokové křivky úseku 3413 – plánovaný rozvoj

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 13 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 258,7 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 6 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 293,3 l/s.

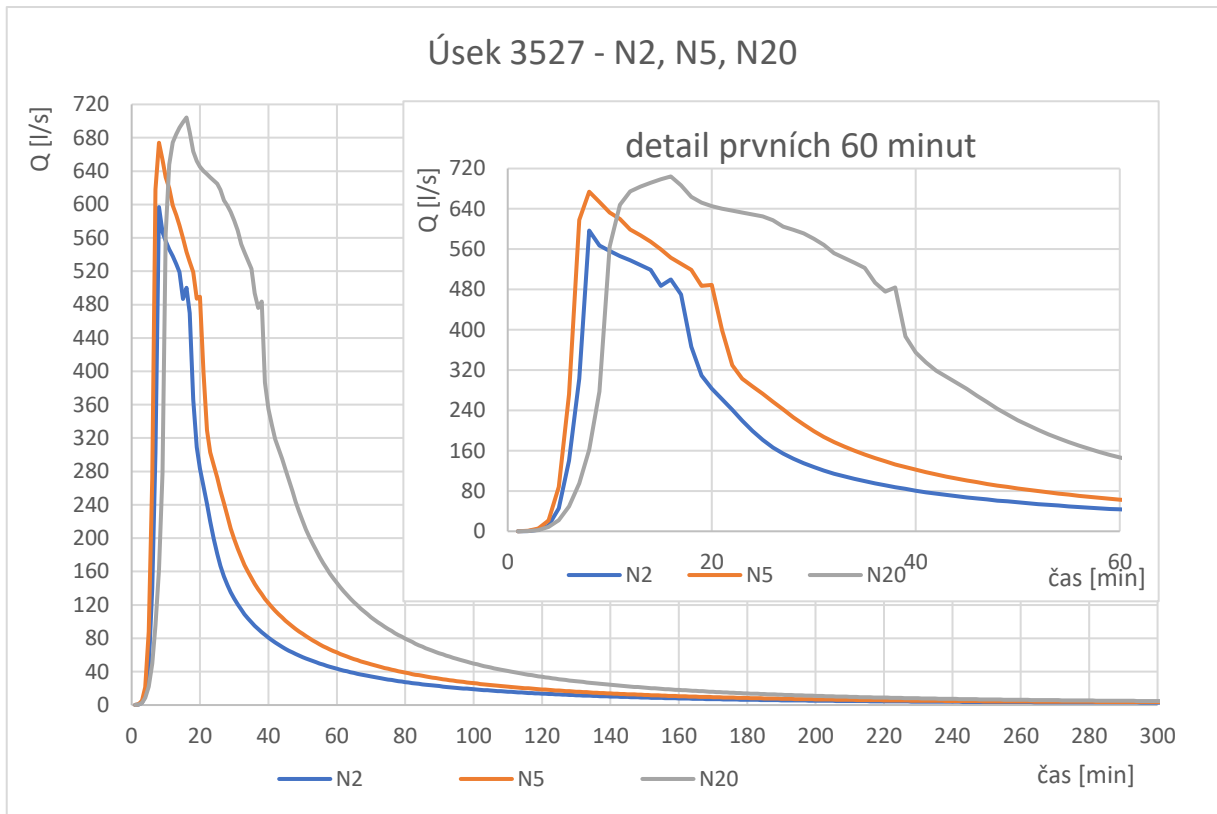
Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 29 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 261 l/s.

Úsek 3527:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 596,9 l/s.

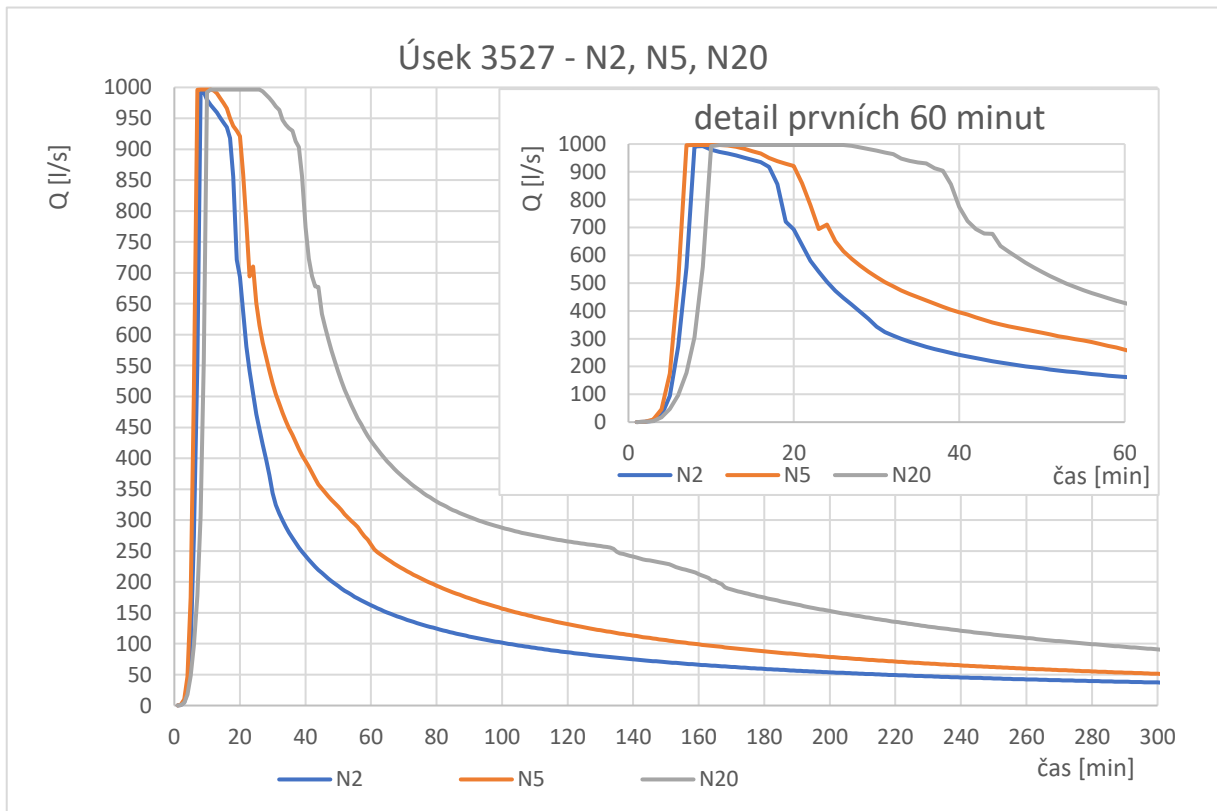
Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 674 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 704,3 l/s.



Obr. 4.29. Průtokové křivky úseku 3527 – plánovaný rozvoj

Úsek 3519:



Obr. 4.30. Průtokové křivky úseku 3519 – plánovaný rozvoj

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 9 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 992,6 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 996,5 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 996,5 l/s.

4.1.6.6 Plánovaný rozvoj – závěr

V rámci modelu pro plánovaný rozvoj bylo zjištěno, že pro dvouletý a pětiletý návrhový déšť nastane maximální průtok v rozmezí od 8 do 28 minut od začátku deště v závislosti na sledovaném úseku. Dle parametrů dvacetiletého návrhového deště, který místo 15 minut trvá 30 minut, dojde k maximálnímu odtoku v rozmezí od 11 do 48 minut od začátku deště.

Tab. 4.8. Maximální průtoky a časy pro vybrané úseky – plánovaný rozvoj

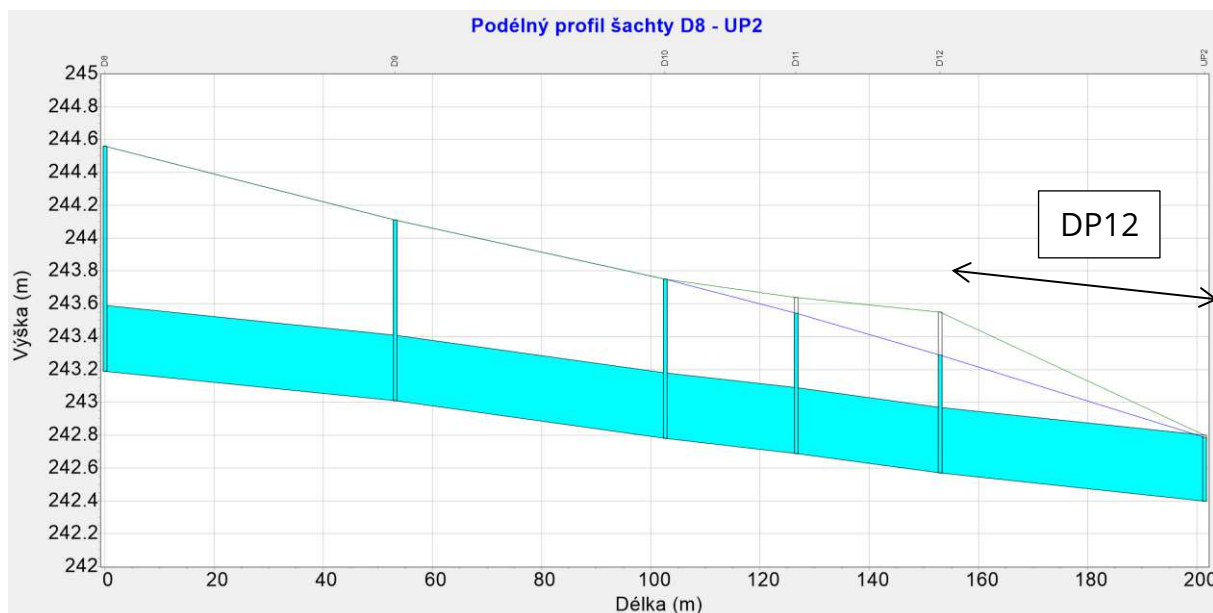
úseky	max Q [l/s]			čas max Q [min]		
	N2	N5	N20	N2	N5	N20
Nová zástavba - dešťová kanalizace						
DP19	177.9	177.9	177.9	9	8	11
DP27	218.2	217.1	225	23	28	48
DP12	342.2	345.5	348.1	8	7	16
Stará zástavba - jednotná kanalizace						
3421	47.5	76.8	86.6	8	8	15
3413	258.7	293.3	261	13	6	29
3527	596.9	674	704.3	8	8	16
3519	992.6	996.5	996.5	9	8	11

Z Tab. 4.9. vyplývá, že v úseku DP19 nedošlo k žádné změně v maximálním průtoku ani v čase, kdy k tomuto průtoku dojde. Už při dvouletém návrhovém dešti dochází k plnému zaplnění kapacity potrubí v tomto úseku nehledě na výstavbu několika dalších domů. V úseku DP27 došlo k nárůstu maximálních průtoků pro všechny návrhové deště, protože tímto úsekem protéká veškerý dešťový odtok z lokality, kde má vyrůst přibližně 40 rodinných domů. Pro úsek DP12, který je těsně před uzávěrovým profilem, nedojde k žádné změně v maximálním průtoku ani v čase, kdy k němu dojde, protože úsek je v daných

podmínkách zaplněn v plné kapacitě viz Obr. 4.31. Úseku 3421 se z důvodu jeho umístění plánovaná výstavba nijak nedotkne. V úseku 3413 dojde ke zvýšení maximálního průtoku, protože je zde zaústěn výtlak z čerpací stanice, která nyní zajišťuje odvádění splašků pro zvýšené množství rodinných domů v rozvojové lokalitě a také splašky z obce Kunčice. Úseku 3527 se z důvodu jeho umístění plánovaná výstavba nedotkne. V úseku 3519 nedojde ke zvýšení průtoku, protože pro úsek je v daných podmínkách využita plná kapacita potrubí.

Tab. 4.9. Porovnání maximálních průtoků se stávajícím stavem

úseky	Stávající stav						Plánovaný rozvoj						Nárůst průtoku oproti stáv. st.		
	max Q [l/s]			čas max Q [min]			max Q [l/s]			čas max Q [min]			Q [l/s]		
	N2	N5	N20	N2	N5	N20	N2	N5	N20	N2	N5	N20	N2	N5	N20
Nová zástavba - dešťová kanalizace															
DP19	177.9	177.9	177.9	9	8	11	177.9	177.9	177.9	9	8	11	0	0	0
DP27	193.2	205	205	8	8	11	218.2	217.1	225	23	28	48	24.9	12.2	20
DP12	342.2	345.5	348.2	8	7	16	342.2	345.5	348.1	8	7	16	0	0	0
Stará zástavba - jednotná kanalizace															
3421	47.5	76.8	86.6	8	8	16	47.5	76.8	86.6	8	8	15	0	0	0
3413	256.7	287.7	259	12	6	29	258.7	293.3	261	13	6	29	2	5.6	1.9
3527	596.9	674	704.3	8	8	16	596.9	674	704.3	8	8	16	0	0	0
3519	992.6	996.5	996.5	9	8	11	992.6	996.5	996.5	9	8	11	0	0	0



Obr. 4.31. Podélný profil obsahující úsek DP12 – N5, 7. minuta



Obr. 4.32. Kapacita potrubí stokové sítě při N2, 10. minuta



Obr. 4.33. Kapacita potrubí stokové sítě při N5, 8. minuta

Pokud jde o kapacitu potrubí stokové sítě, tak pro plánovaný rozvoj nedošlo k výraznějším změnám viz Obr. 4.32., Obr. 4.33. a Obr. 4.34., protože stoková síť byla již při stávajícím stavu v daných úsecích přetížena z hlediska kapacity potrubí. Tmavě modré úseky v nové zástavbě znázorňují, že splašková kanalizace má i po napojení dalších domů dostatečnou kapacitu. To stejné platí o čerpací stanici, která dle předaných podkladů by měla být schopna čerpat 5 l/s a po napojení nové zástavby a obce Kunčice se její maximální čerpané množství pohybuje kolem 3,8 l/s. Opět bych rád připomněl, že se jedná o nekalibrovaný model bez prvků HDV pro stávající i plánovanou zástavbu, tudíž se nejedná o přesnou interpretaci podmínek v dané lokalitě.



Obr. 4.34. Kapacita potrubí stokové sítě při N20, 16. minuta

4.1.6.7 Aplikace prvků HDV – výpočty

Model aplikací prvků HDV vychází z předchozího modelu plánovaného rozvoje. Pro vybranou lokalitu bylo vybráno několik typů objektů HDV v závislosti na tom, zda se jedná o starou nebo novou zástavbu. Z důvodu špatných geologických poměrů pro vsakování byla pro novou zástavbu vybrána kombinace akumulčních nádrží pro využití srážkové vody v rámci nemovitosti a zelených střech. Zelené střechy se v této oblasti nenachází, a proto budou umístěny až na domech, které v budoucnu vzniknou.

Pro starou zástavbu byl vybrán způsob řešení HDV také pomocí akumulčních nádrží z důvodu špatných geologických poměrů ve velké části této oblasti. Ve staré zástavbě se nachází kulturní dům, jehož povrchový odtok ze střechy bude řešen pomocí vsakovací rýhy vyplněné štěrkem v přilehlém parku.

Pro každý dům v nové i staré zástavbě byly použity akumulární nádrže srážkové vody, pro které byl určen objem pomocí výpočtu dle „Metodiky výpočtu objemu akumulárních nádrží pro srážkové vody“, kterou zpracovalo České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. [52]

Tab. 4.10. Výpočet objemu akumulární nádrže dle metodiky

Roční bilance			Poznámka
VA	?	[m ³]	$VA = \min \left\{ \begin{matrix} V_{přít,a} \\ V_{potř,a} \end{matrix} \right\} * \frac{R}{365} = \min \left\{ \begin{matrix} V_{přít,a} \\ V_{potř,a} \end{matrix} \right\} * \Phi$
R	28	[dní]	doporučená hodnota
Φ	0.0767	[-]	hodnota pro zvolené R
ha	732	[mm]	pro Královéhradecký kraj
A	210	[m ²]	odhad dle zástavby
ψ _m	0.9	[-]	součinitel odtoku pro střešní tašky - většina ploch
η	0.9	[-]	doporučená hodnota souč. ztáty na filtru
V _{přít,a}	125	[m ³]	$V_{přít,a} = \frac{ha}{1000} * A * \psi_m * \eta$
V _{potř,os,d}	0.042	[m ³ /os/d]	Splachování WC 25 l/os/den, praní prádla 15 l/os/den, úklid domácnosti 2 l/os/den/
V _{potř,os,a}	61.3	[m ³]	$V_{potř,os,a} = v_{potř,os,d} * n * 365$
V _{potř,pl,d}	0.013	[m ³ /os/d]	voda potřebná pro zálivku, mytí auta, mytí okolí domu atd.
V _{potř,pl,a}	9.5	[m ³]	$V_{potř,pl,a} = v_{potř,pl,d} * n * 365$
V _{potř,a}	70.8	[m ³]	$V_{potř,a} = V_{potř,os,a} + V_{potř,pl,a}$
VA	5.43	[m ³]	$VA = V_{potř,a} * \Phi$
Objem nádrže	6	[m³]	zaokrouhlený objem akumulární nádrže

Objem nádrže se ve skutečnosti může pro každý dům lišit, dle individuálních požadavků vlastníků nemovitostí. V rámci modelu bylo však počítáno s uvedeným objemem akumulárních nádrží.

Dimenzování vsakovací rýhy pro řešení povrchového odtoku ze střechy kulturního domu a stanovení odstupové vzdálenosti od budov bylo provedeno dle výpočtu uvedeném v normě ČSN 75 9010. [7]

Tab. 4.11. Dimenzování vsakovací rýhy dle ČSN 75 9010

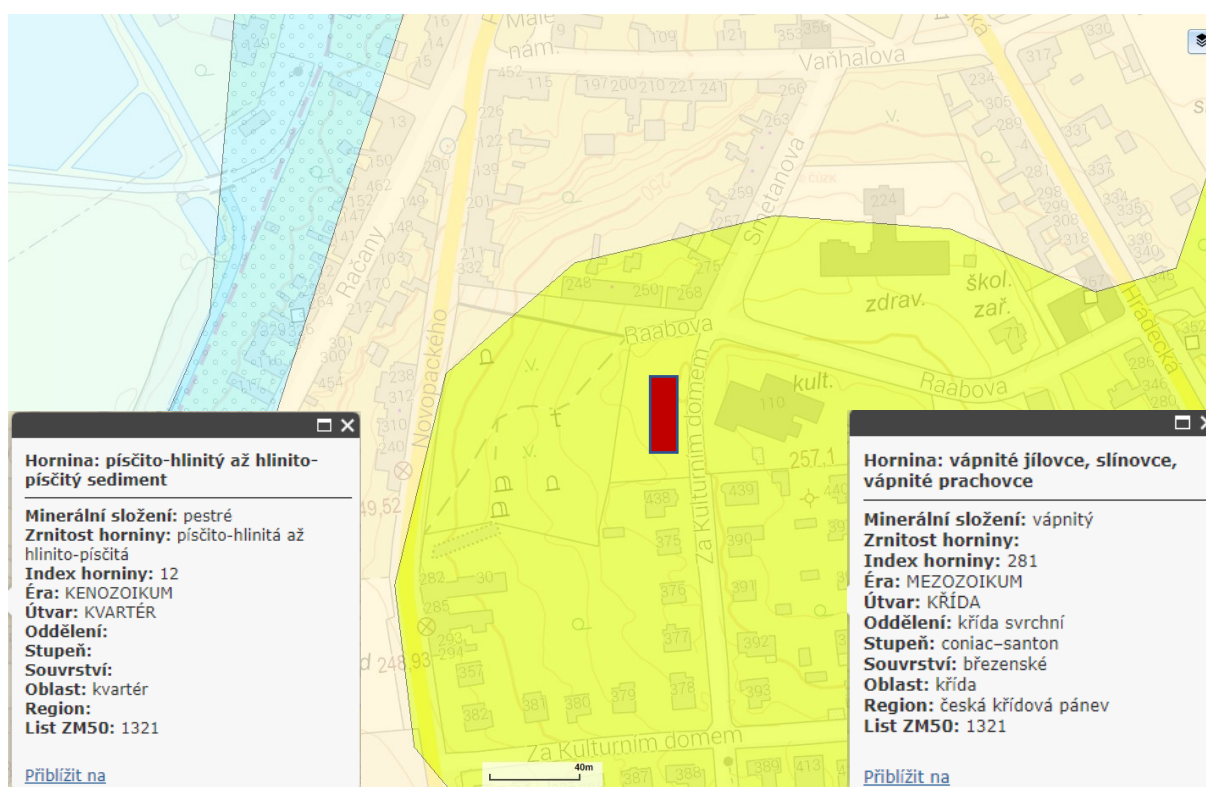
Dimenzování vsakovací rýhy			Poznámka
A_i	1000	[m ²]	plocha střechy KD
ψ_i	1	[-]	součinitel odtoku srážkových povrch. vod
n	1	[-]	počet odvodňovaných ploch
A_{red}	1000	[m ²]	$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i * \psi_i$
f	2	[-]	doporučuje se $f \geq 2$
kv	5E-06	[m/s]	koeficient vsaku dle Tab. 3.6
A_{vsak}	100	[m ²]	$A_{vsak} = (0,1 \text{ až } 0,2) * A_{red} \rightarrow 0,1$
Q_{vsak}	2.50E-04	[m ³ /s]	$Q_{vsak} = \frac{1}{f} * kv * A_{vsak}$
Vvz	36.40	[m ³]	$Vvz = \frac{hd}{1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * kv * A_{vsak} * tc * 60$
Tpr	40.44	[hod]	Tpr = Vvz/Qvsak < 72 hod -> vyhovuje

Tab. 4.12. Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení dle ČSN 75 9010

Doba trvání srážky [min]	Návrhové srážkové úhrny [mm]	Vvz [m ³]
5	8.9	8.83
10	14	13.85
15	16.9	16.68
20	18.6	18.30
30	21.1	20.65
40	22.9	22.30
60	25.4	24.50
120	29.7	27.90
240	34.1	30.50
360	41.8	36.40
480	42.4	35.20
600	43	34.00
720	43.7	32.90
1080	45.6	29.40
1440	46.8	25.20
2880	56.7	13.50
4320	62.1	-2.70

Tab. 4.13. Stanovení odstupové vzdálenosti od budov dle ČSN 75 9010

Stanovení odstupové vzdálenosti od budov			Poznámka
Y ₁	255	[m]	nadmořská výška max. hladiny vsakovací rýhy
Y ₂	252	[m]	nadmořská výška podlahy nejnižšího podlaží budovy
h	3	[m]	rozdíl Y ₁ -Y ₂
X ₁	6.93	[m]	$X_1 = \frac{h + 0,5}{15 * kv^{0,25}} + 2$
kv	5E-06	[m/s]	koeficient vsaku dle Tab. 3.6
X ₂	2	[m]	doporučená hodnota
X	8.93	[m]	X = X ₁ + X ₂ -> splněno



Obr. 4.35. Schématické umístění vsakovací rýhy vzhledem ke geologickým poměrům v dané lokalitě [53]

Pro přesnější dimenzování vsakovací rýhy by musel být v dané lokalitě proveden geologický průzkum popsany v normě ČSN 75 9010. Vsakovací rýha se nachází blízko rozhraní dvou geologicky rozdílných ploch. V rámci tohoto modelu byl

zvolen vsakovací součinitel pro lepší variantu geologických podmínek, které by mohly nastat – písčito-hlinitá až hlinito-písčitá zemina dle Tab. 3.6.

Parametry zelených střech nebyly určeny výpočtem. Návrhové parametry byly určeny dle dostupných informací od firem nabízejících instalaci zelených střech. V lokalitě nové zástavby bylo v rámci výpočtu instalováno 13 extenzivních zelených střech.

Do modelu aplikace prvků HDV tedy bylo přidáno 208 akumulčních nádrží o objemu 6 m^3 pro využití srážkové vody (138 stará zástavba, 70 nová zástavba). Dále pak 13 extenzivních zelených střech v nové zástavbě. Pro řešení povrchového odtoku srážkové vody ze střechy kulturního domu ve staré zástavbě byla přidána 1 vsakovací rýha.

Program SWMM v sobě obsahuje některé prvky HDV včetně vybraných akumulčních nádrží, zelených střech a vsakovací rýhy. Parametry těchto prvků, které byly dimenzovány podle nám známých norem a postupů však nelze jen tak zadat, je třeba se řídit parametry, jaké vyžaduje program SWMM. Pro zadání prvků HDV bylo použito zabudovaných LID controls.

Při zadávání parametrů akumulční nádrže se nejdříve zadá výška nádrže a zda se jedná o nádrž uzavřenou nebo otevřenou. Vzhledem k použití samonosné 6 m^3 podzemní nádrže o výšce 1,5 m a vnitřním průměru 2,25 m byla zadána výška nádrže 1500 mm a jedná se o nádrž uzavřenou. Dále se zadává odtokový koeficient příslušné nádrže. Jeho výpočet se odvíjí od rozměrů nádrže, požadovaného odtoku z nádrže a plochy ze které řešíme povrchový odtok. Dle normy TNV 75 9011 je hodnota specifického odtoku srážkových vod z pozemku 3 l/s/ha . Výpočet odtokového koeficientu akumulční nádrže je uveden v Tab. 4.14.

Exponent odtoku je zvolen pro kruhový otvor 0,5 dle manuálu SWMM. Odsazení odtoku ode dna nádrže 10 mm. Nádrž je osazena řídicí jednotkou, takže bylo nastaveno zpoždění odtoku o 6 hodin. Z důvodu bezpečnosti dojde k otevření odtoku, když hladina v nádrži dosáhne 1490 mm a k uzavření dojde při poklesu na 1200 mm, aby se mohla akumulovaná srážková voda využívat v rámci domácnosti. Pro tuto nádrž není nastavena žádná řídicí křivka.

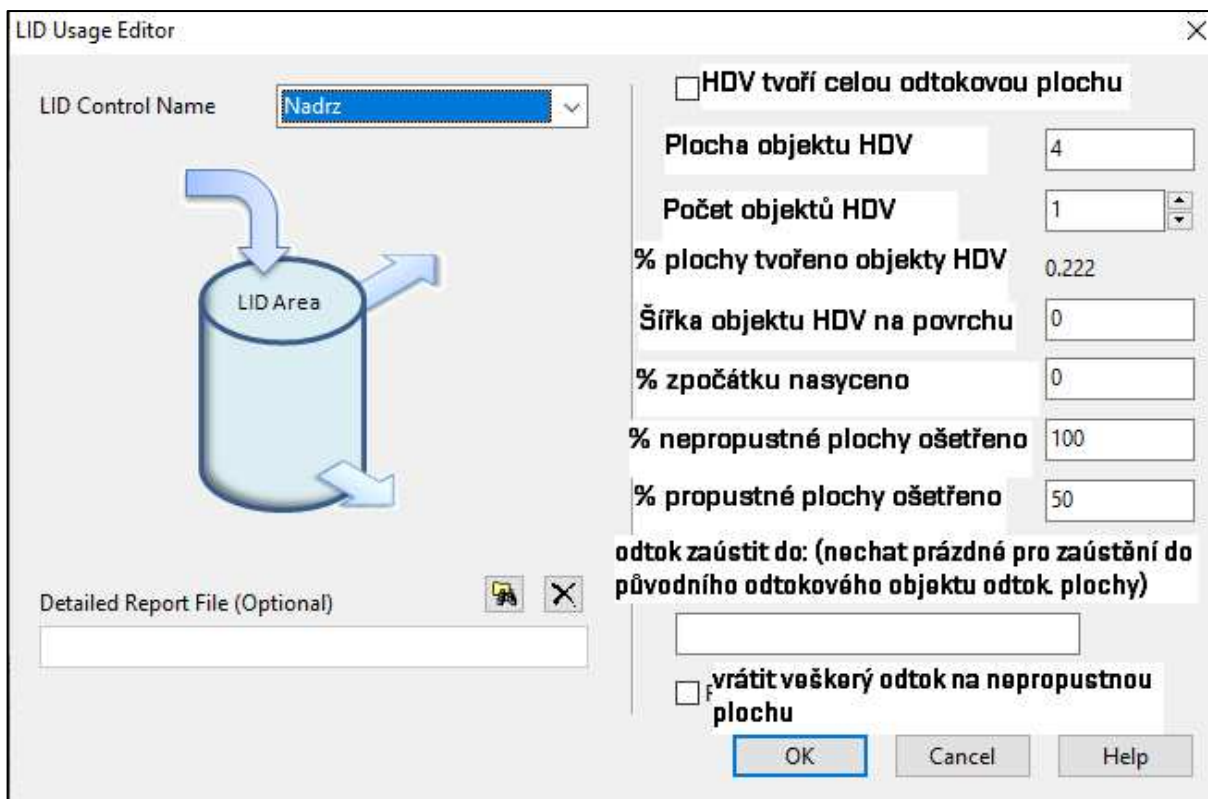
Tab. 4.14. Výpočet odtokového koeficientu vybrané akumulční nádrže pro program SWMM – LID Controls

Odtokový koeficient akumulční nádrže v SWMM		Poznámka
A	0.1 [ha]	vzorová plocha
max. odtok	3 [l/s/ha]	dle normy TNV 75 9011 [8]
max. odtok z nádrže	0.3 [l/s]	A*max. odtok
A _{nádrž}	4 [m ²]	dle parametrů nádrže
h	1.5 [m]	dle parametrů nádrže
V _{nádrž}	6 [m ³]	zvoleno -> A _{nádrž} *H _{nádrž} kontrola
t _{nádrž}	20000 [s]	doba prázdnění plné nádrže
1 mm vody v nádrži	4 [l]	
t _{1mm}	13.3 [s]	čas prázdnění 1 mm tedy 4 l
prázdnění nádrže = q	270 [mm/hod]	1 hod = 3600/t _{1mm}
n	0.5 [-]	dle kruhového otvoru odtoku
C	7 [-]	$q = C * h^n \rightarrow C = \frac{q}{h^n}$

Pro zelené střechy se zadává více parametrů. Nejdříve určujeme parametry povrchu zelené střechy – výška vrstvy vody na povrchu než dojde k jejímu odtoku: 50 mm; podíl vegetace na povrchu (např. listí apod.): 0 dle manuálu; Manningův součinitel drsnosti povrchu: 0,1 dle manuálu; sklon 2 %. Dále se zadávají parametry substrátové vrstvy – tloušťka: 80 mm; pórovitost: 0,46 dle manuálu; polní kapacita: 0,23 dle manuálu; bod vadnutí: 0,12 dle manuálu; vodivost: 15 mm/hod dle manuálu; sklon vodivosti: 10 dle manuálu; sací tlak: 89 mm dle manuálu. Poté se zadávají parametry drenážní vrstvy – tloušťka: 80 mm; mezerovitost: 0,8 dle manuálu; Manningův součinitel drsnosti: 0,1 dle manuálu.

Vsakovací rýha obsahuje kombinaci parametrů pro akumulční nádrž a zelenou střechu. Zadávají se tyto parametry – hloubka bermy: 50 mm; podíl vegetace: 0,1 dle manuálu; Manningův součinitel drsnosti: 0,45 dle manuálu; sklon: 1 %. Pro zásobní vrstvu se zadává – tloušťka zásobní vrstvy: 400 mm; poměr volných prostor: 0,75; koeficient vsaku: 18 mm/hod; koeficient ucpávání: 0. Parametry odtoku nebyly řešeny, vsakovací rýha není vybavena odtokem.

Takto nadefinované vstupní parametry jednotlivých objektů se pak přiřazují k jednotlivým odtokovým plochám, které chceme osadit zvolenými objekty HDV pomocí LID Usage Editor viz Obr. 4.36.



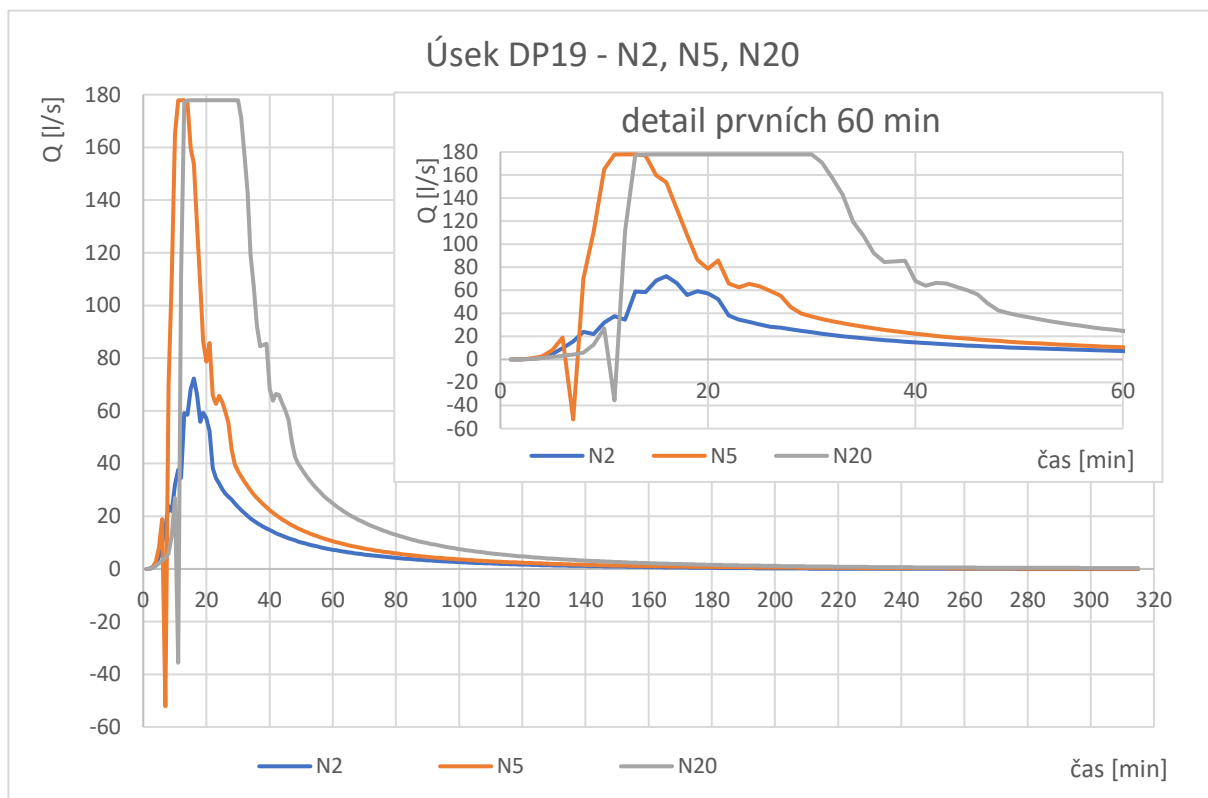
Obr. 4.36. Příklad nastavení odtokové plochy osazené akumulací nádrží

V LID Usage Editoru se tedy nastavují klíčové parametry, jak se bude určitý prvek chovat na konkrétní odtokové ploše. Toto nastavení obsahuje stejné parametry pro každý prvek HDV. Prvním nastavovaným parametrem je, zda prvek HDV zabírá celou plochu odtokové plochy. V případě akumulací nádrže není toto nastavení vybráno, ale v případě zelené střechy a vsakovací rýhy je vybrána možnost pro zabránění celé odtokové plochy, jelikož pro zelené střechy a vsakovací rýhu byly vytvořeny samostatné odtokové plochy na původních odtokových plochách. Rozloha původních odtokových ploch byla snížena o rozlohu zelené střechy nebo vsakovací rýhy. Následný odtok byl v případě zelené střechy zaústěn na odtokovou plochu, na které je tato zelená střecha umístěna. Plocha objektu HDV je pro akumulací nádrž 4 m² a jelikož se jedná o podzemní nádrž, tak šířka objektu na povrchu bude 0. Pro zelené střechy a vsakovací rýhu to bude šířka celé odtokové plochy. Procento počátečního nasycení je pro všechny objekty 0 %. Procento

nepropustné a propustné plochy, ze které bude sveden povrchový odtok srážkové vody se pro akumulční nádrže liší v závislosti na typu zástavby. Pro novou zástavbu rodinných domů to pro nepropustné plochy může být až 100 % a pro propustné plochy 50 %. Ve stávající zástavbě se nachází velké množství řadových domů, pro které hodnota pro nepropustné plochy klesá na 75 % kvůli technickému řešení odvádění srážkové vody ze střechy v části, která má sklon do přilehlé ulice. Pro zelené střechy je dobré nastavit obě hodnoty na 100 %. U zelených střech je provedeno zaústění odtoku ze střechy na příslušnou odtokovou plochu, na které se nachází. Pro takto nastavené prvky HDV v modelu je možné spustit výpočet.

4.1.6.8 Aplikace prvků HDV – výsledky

Úsek DP19:



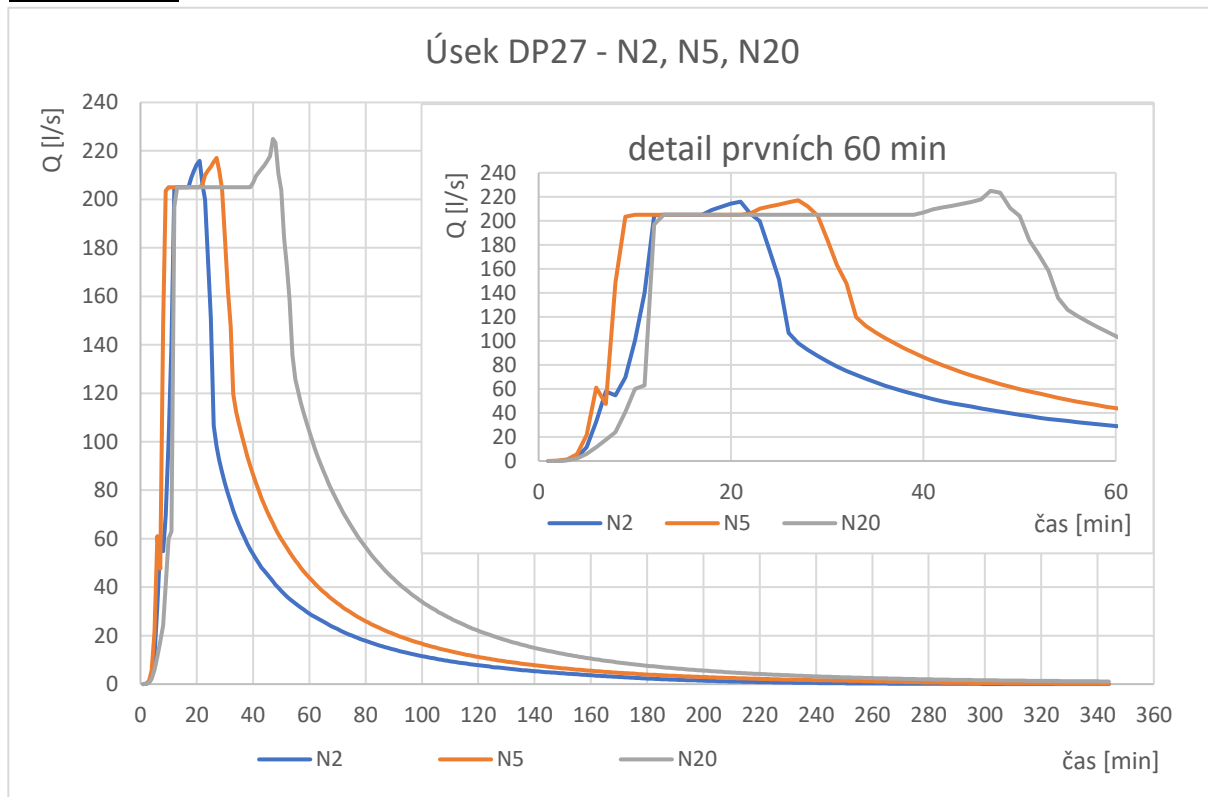
Obr. 4.37. Průtokové křivky úseku DP19 – aplikace prvků HDV

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 72,3 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 12 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 15 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 177,9 l/s.

Úsek DP27:



Obr. 4.38. Průtokové křivky úseku DP27 – aplikace prvků HDV

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 21 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 215,9 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 27 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 217,1 l/s.

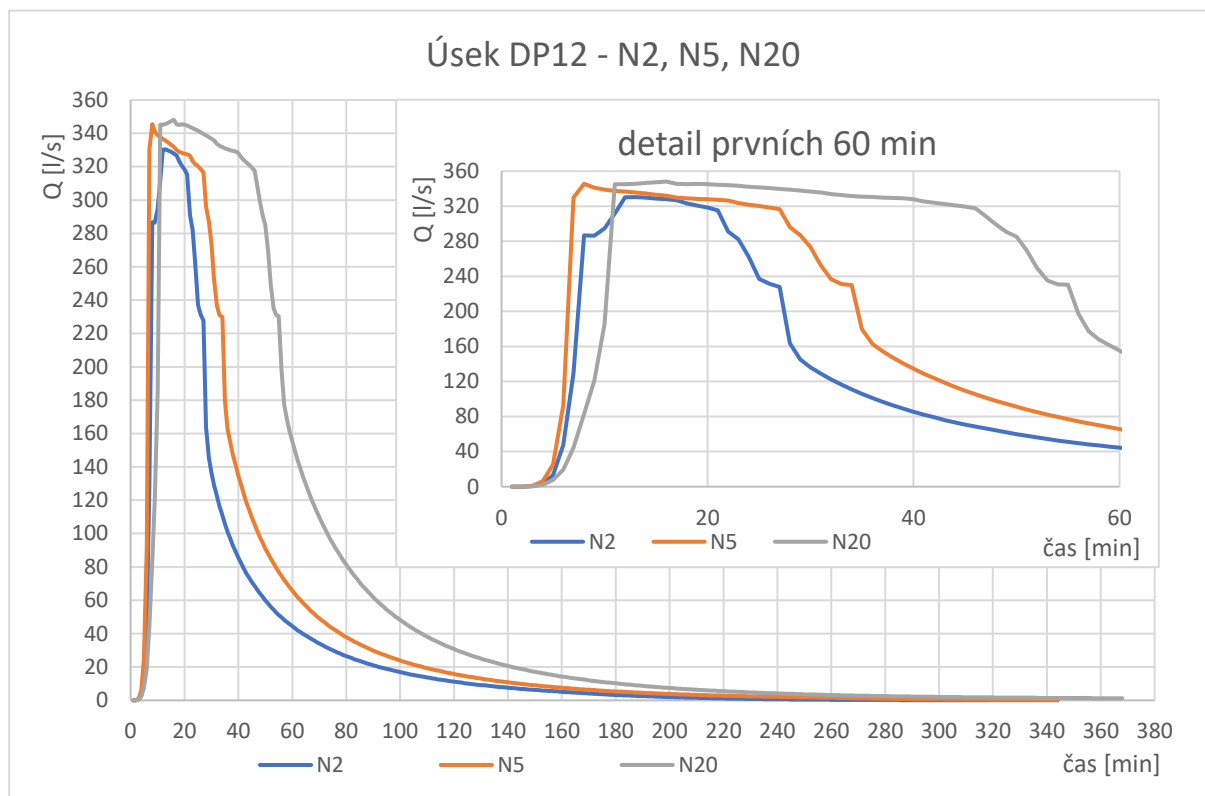
Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 47 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 225 l/s.

Úsek DP12:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 13 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 330,4 l/s.

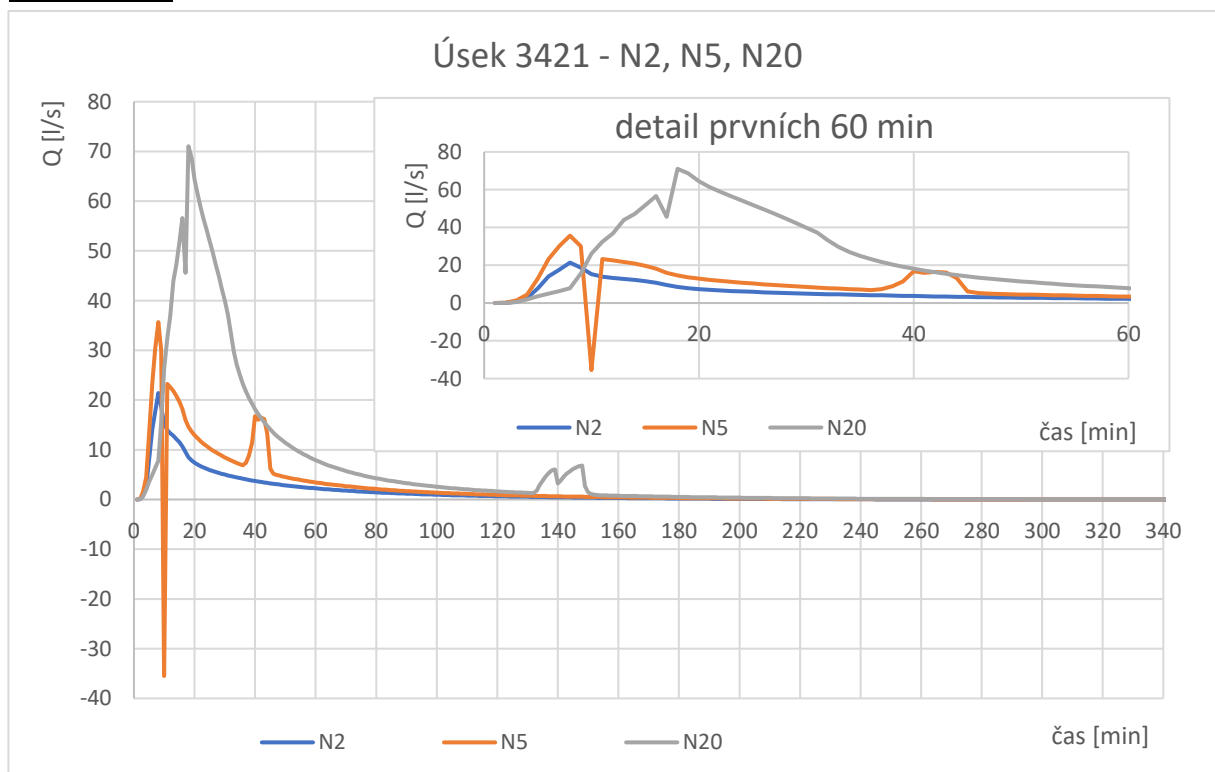
Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 345,5 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 348,1 l/s.



Obr. 4.39. Průtokové křivky úseku DP12 – aplikace prvků HDV

Úsek 3421:



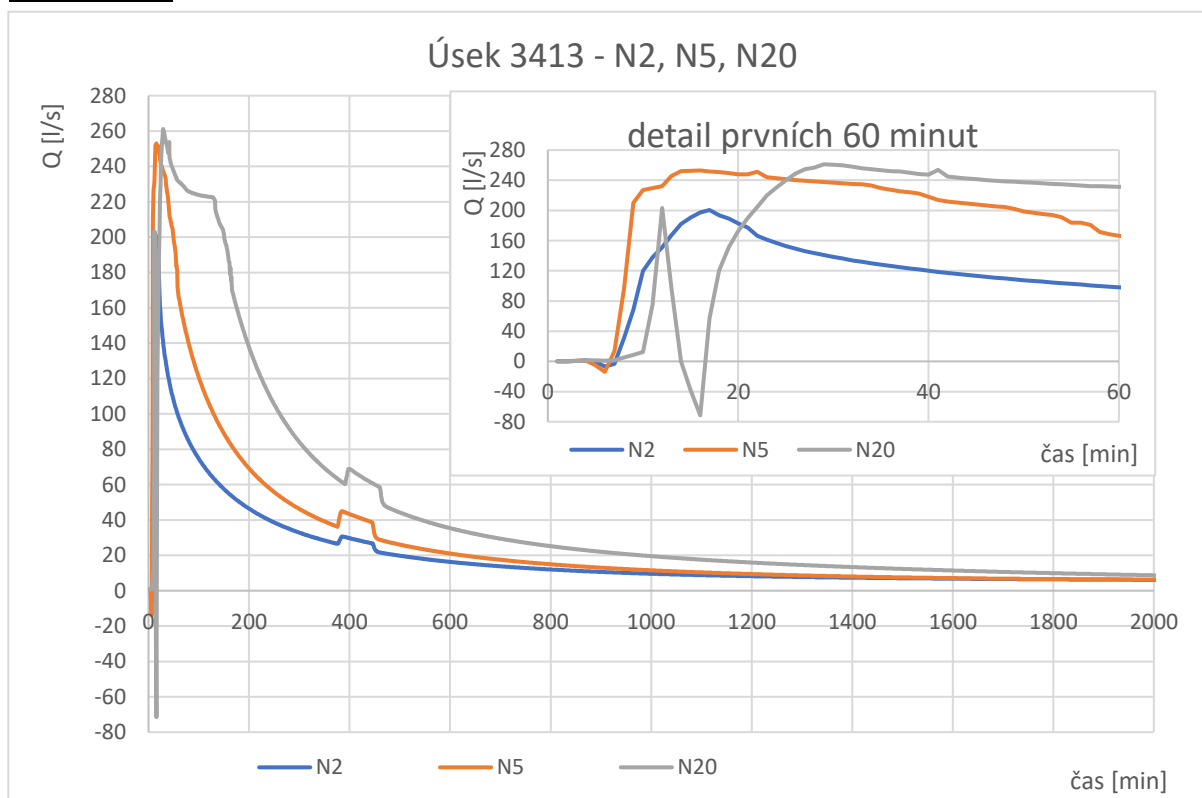
Obr. 4.40. Průtokové křivky úseku 3421- aplikace prvků HDV

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 21,4 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 8 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 35,7 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 18 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 71 l/s.

Úsek 3413:



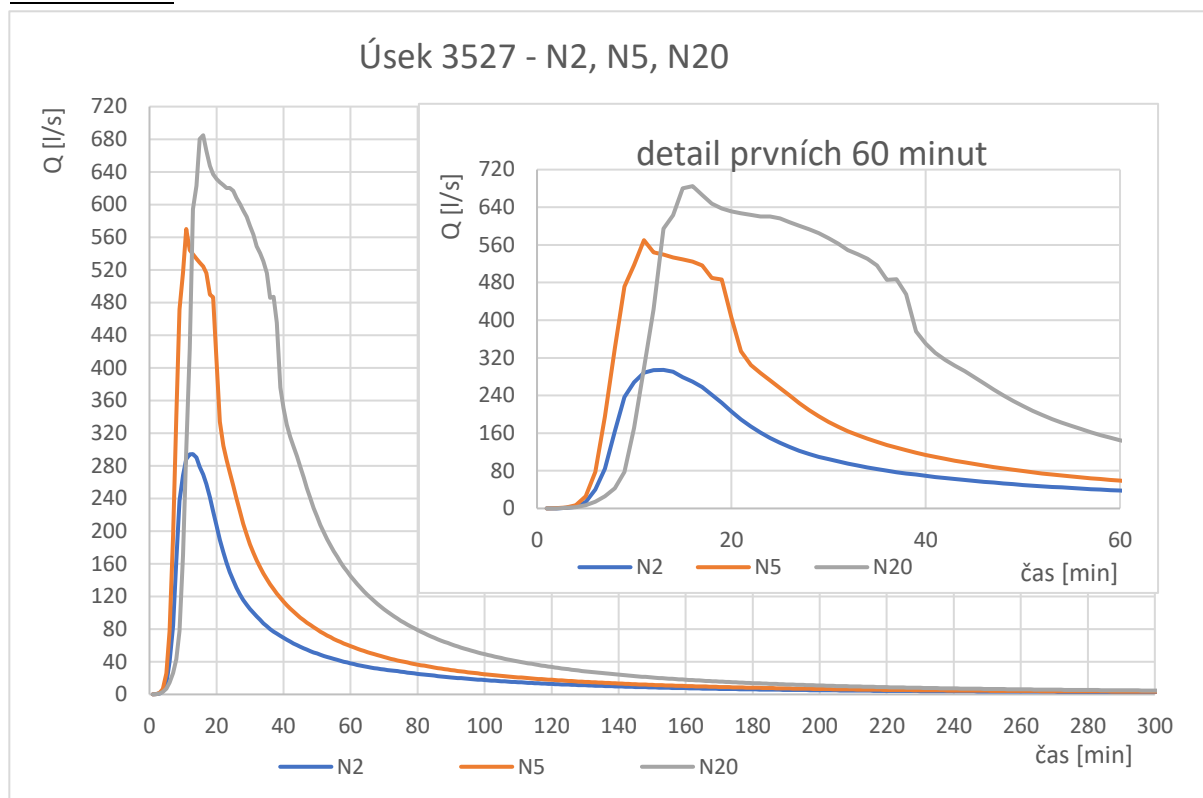
Obr. 4.41. Průtokové křivky úseku 3413 – aplikace prvků HDV

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 17 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 200,6 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 253 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 29 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 261,2 l/s.

Úsek 3527:



Obr. 4.42. Průtokové křivky úseku 3527 – aplikace prvků HDV

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 13 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 294,4 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 570 l/s.

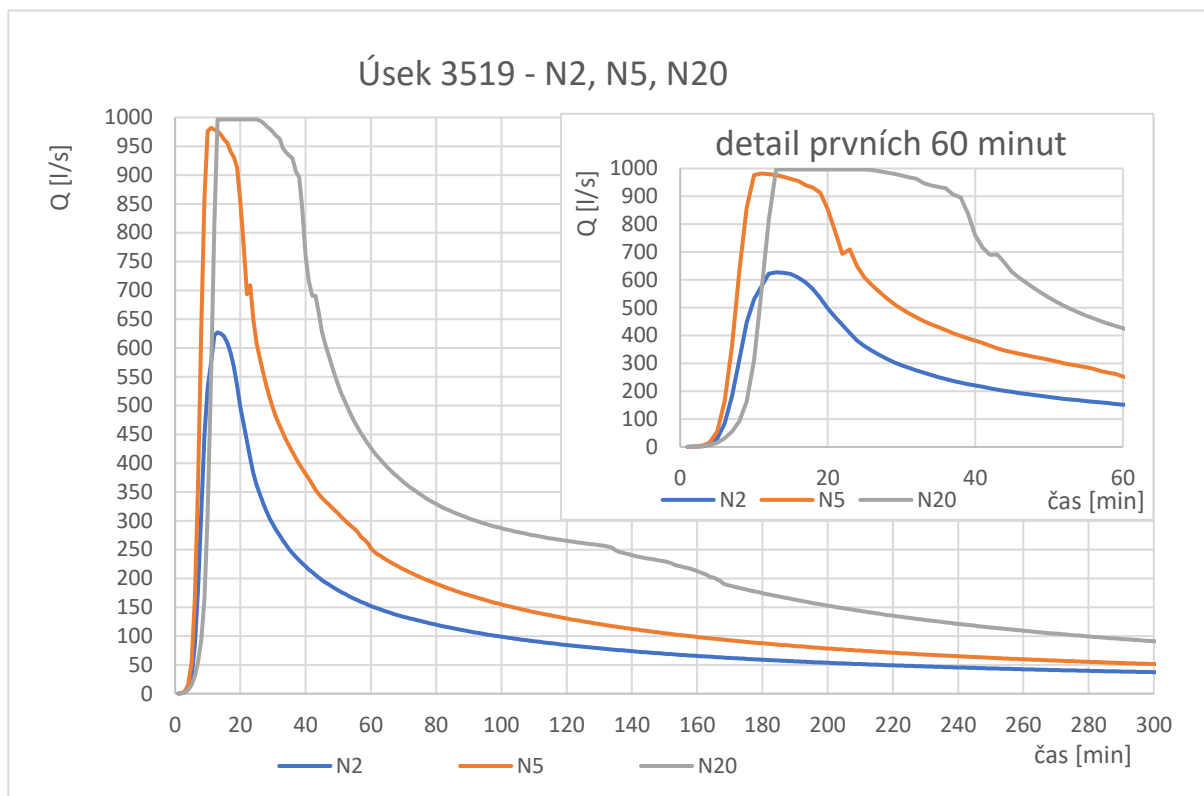
Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 16 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 684,9 l/s.

Úsek 3519:

Při dvouletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 13 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 627 l/s.

Při pětiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 11 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 982 l/s.

Při dvacetiletém návrhovém dešti nastal největší průtok po 14 minutách od začátku deště, kdy průtok v úseku dosáhl hodnoty 996,5 l/s.



Obr. 4.43. Průtokové křivky úseku 3519 – aplikace prvků HDV

4.1.6.9 Aplikace prvků HDV – závěr

V rámci modelu aplikace prvků HDV bylo zjištěno, že pro dvouletý a pětiletý návrhový déšť nastane maximální průtok v rozmezí od 8 do 27 minut od začátku deště v závislosti na sledovaném úseku. Dle parametrů dvacetiletého návrhového deště, který místo 15 minut trvá 30 minut, dojde k maximálnímu odtoku v rozmezí od 14 do 47 minut od začátku deště.

Tab. 4.15. Maximální průtoky a časy pro vybrané úseky – aplikace prvků HDV

úseky	max Q [l/s]			čas max Q [min]		
	N2	N5	N20	N2	N5	N20
Nová zástavba - dešťová kanalizace						
DP19	72.3	177.9	177.9	16	12	15
DP27	215.9	217.1	225	21	27	47
DP12	330.4	345.5	348.1	13	8	16
Stará zástavba - jednotná kanalizace						
3421	21.4	35.7	71	8	8	18
3413	200.6	253	261.2	17	16	29
3527	294.4	570	684.9	13	11	16
3519	627	982	996.5	13	11	14

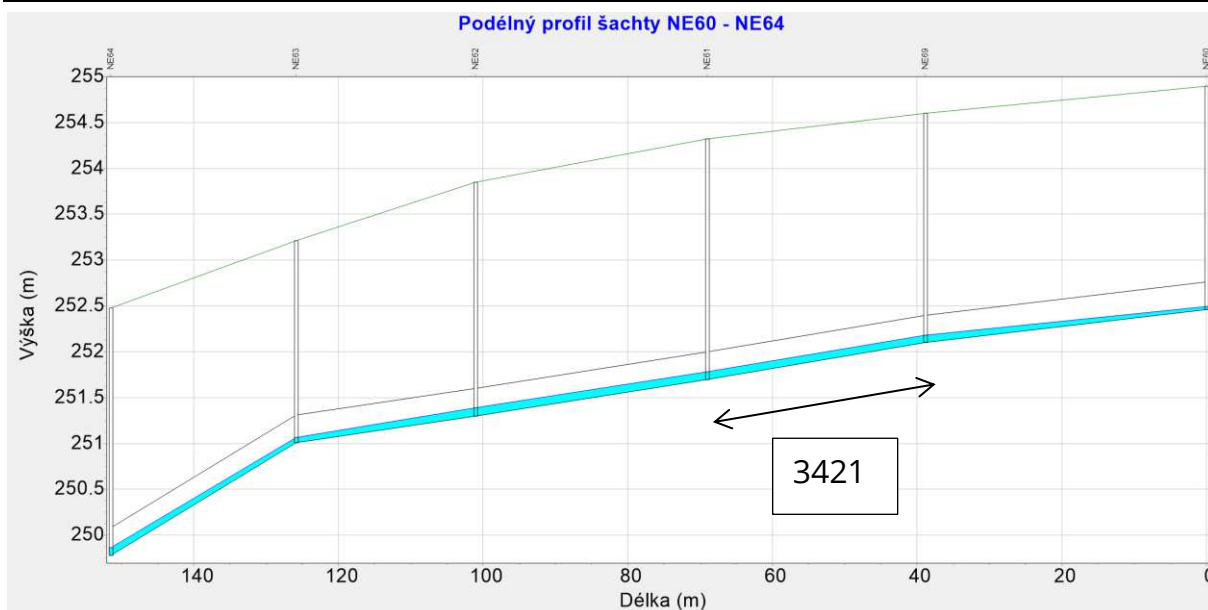
Tab. 4.16. Porovnání maximálních průtoků s plánovaným rozvojem

úseky	Plánovaný rozvoj						Aplikace prvků HDV						Pokles max. průtoků		
	max Q [l/s]			čas max Q [min]			max Q [l/s]			čas max Q [min]			Q [l/s]		
	N2	N5	N20	N2	N5	N20	N2	N5	N20	N2	N5	N20	N2	N5	N20
Nová zástavba - dešťová kanalizace															
DP19	177.9	177.9	177.9	9	8	11	72.3	177.9	177.9	16	12	15	106	0	0
DP27	218.2	217.1	225	23	28	48	215.9	217.1	225	21	27	47	2	0	0
DP12	342.2	345.5	348.1	8	7	16	330.4	345.5	348.1	13	8	16	12	0	0
Stará zástavba - jednotná kanalizace															
3421	47.5	76.8	86.6	8	8	15	21.4	35.7	71	8	8	18	26	41	16
3413	258.7	293.3	261	13	6	29	200.6	253	261.2	17	16	29	58	40	0
3527	596.9	674	704.3	8	8	16	294.4	570	684.9	13	11	16	303	104	19
3519	992.6	996.5	996.5	9	8	11	627	982	996.5	13	11	14	366	15	0

Při porovnání jednotlivých úseků v nové zástavbě Tab. 4.16. je vidět pokles maximálních průtoků při dvouletém návrhovém dešti. Pro pětiletý a dvacetiletý návrhový dešť nedošlo k žádnému poklesu, maximální průtok zůstal stejný jako v modelu pro plánovaný rozvoj, a dokonce i v modelu pro stávající stav. Opět je příčinou zaplněná kapacita potrubí při daných návrhových deštích ve vybraných úsecích. V úsecích „DP19“ a „DP12“ došlo k výraznému posunutí času, kdy dojde k maximálnímu průtoku v těchto úsecích.

Ve staré zástavbě došlo k výraznému snížení maximálních průtoků na sledovaných úsecích při dvouletém návrhovém dešti. Při pětiletém návrhovém dešti došlo také ke zmenšení maximálních průtoků. Při dvacetiletém návrhovém dešti došlo ke zlepšení pouze na úsecích „3421“ a „3527“. V úsecích „3413“ a „3519“ nedošlo ke zmenšení maximálních průtoků opět vlivem zaplnění kapacity těchto úseků. Také lze vidět, že časy, kdy dojde k maximálním průtokům jsou posunuty dále od začátku deště téměř ve všech sledovaných úsecích.

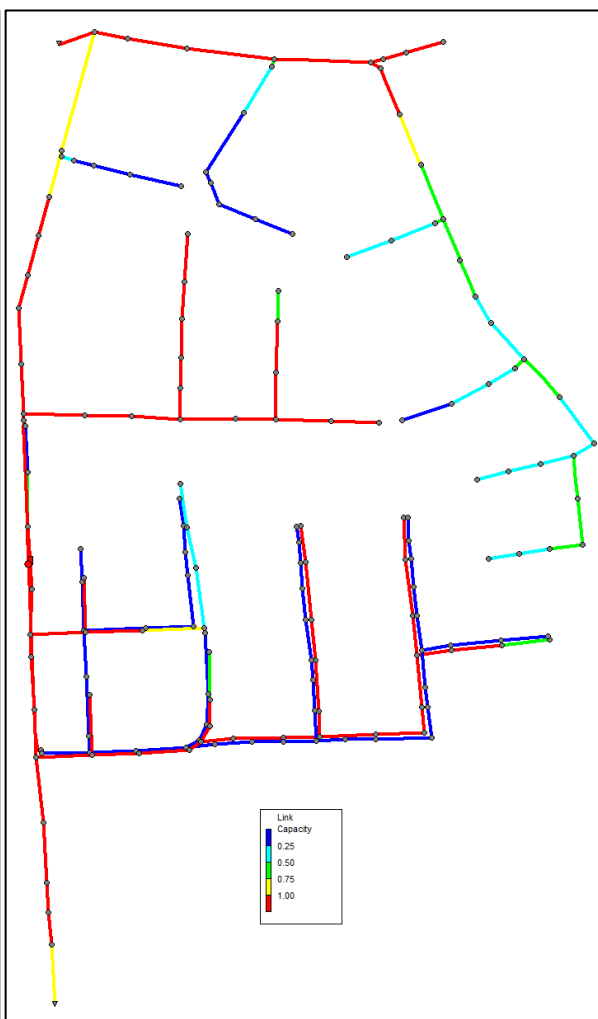
Na Obr. 4.44. je vykreslen stejný podélný profil ve stejném čase jako na Obr. 4.21. při dvouletém návrhovém dešti. Je vidět, že při aplikaci prvků HDV a ve stejných podmínkách nedochází v tomto úseku ke zpětnému vzduť a potrubí má dostatečnou kapacitu.



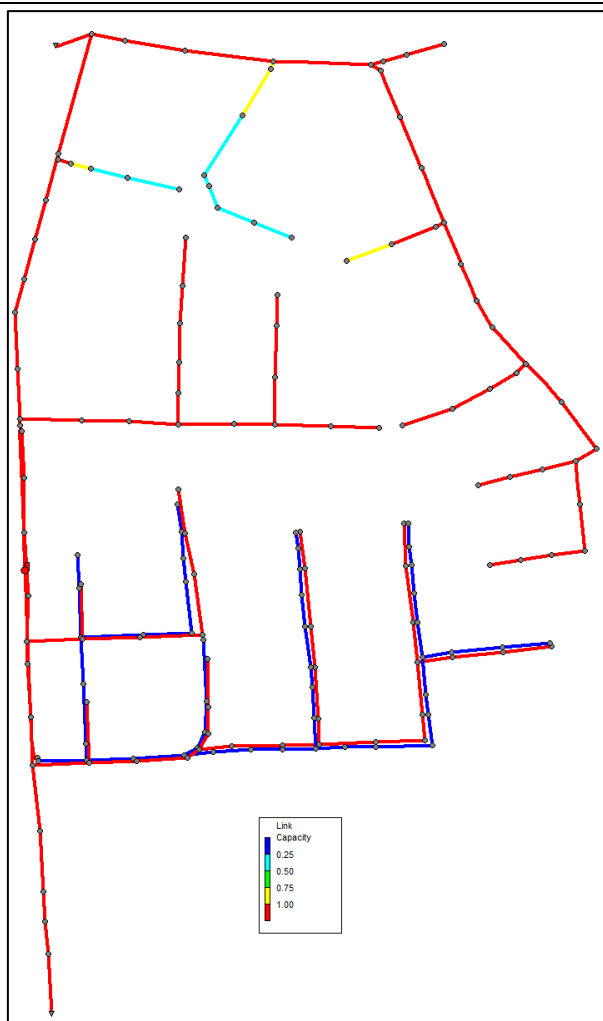
Obr. 4.44. Podélný profil obsahující úsek 3421 – N2, 7. minuta



Obr. 4.45. Kapacita potrubí stokové sítě při N2, 16. minuta



Obr. 4.46. Kapacita potrubí stokové sítě při N5, 14. minuta



Obr. 4.47. Kapacita potrubí stokové sítě při N20, 16. minuta

4.1.7 Shrnutí návrhových stavů vybrané lokality

Z výsledků nekalibrovaného dynamického modelu stávajícího stavu podle dostupných podkladů pro vybrané lokality v Nechanicích lze konstatovat, že pokud by se jednalo o skutečnou interpretaci stávajícího stavu, tak jednotná stoková síť ve staré zástavbě i dešťová kanalizace v nové zástavbě nemají dostatečnou kapacitu k odvedení povrchového odtoku z odtokových ploch.

K dalšímu zhoršení stávajícího stavu dojde po připojení plánované výstavby rodinných domů v nové zástavbě na dešťovou kanalizaci. To stejné platí pro určité úseky na jednotné stokové síti ve staré zástavbě po zaústění splaškových vod z nové zástavby a obce Kunčice, kde by v budoucnu měla být realizována oddílná stoková síť. Zhoršení stavu na jednotné stokové síti ovšem není tak výrazné jako

na dešťové kanalizaci. Splašková kanalizace a čerpací stanice na splaškové kanalizaci jsou dostatečně kapacitní pro zvládnutí plánovaného rozvoje.

V rámci aplikace prvků HDV na vybrané lokality bylo navrženo použití akumulčních nádrží pro využívání srážkové vody, zelených střech a vsakovací rýhy. Pro starou zástavbu bylo navrženo 138 akumulčních nádrží o objemu 6 m^3 , protože jsou zde z důvodu již provedené výstavby omezené možnosti pro dodatečné použití prvků HDV. Výběr prvků HDV se také odvíjí od geologických podmínek v dané oblasti, proto jsem se rozhodl pro akumulční nádrže. V části obce kolem kulturního domu a Štrosových sadů se nachází rozhraní dvou velmi geologicky rozdílných podloží, proto jsem navrhl použití vsakovací rýhy. Ve skutečnosti by musel být před tímto rozhodnutím proveden geologický průzkum, pro určení vhodnosti použití jakéhokoli vsakovacího zařízení. Tato aplikace prvků HDV ve staré zástavbě velmi zlepšila hydrauliku jednotné stokové sítě při dvouletém návrhovém dešti. Došlo k poklesu maximálních průtoků někdy o více jak 30 %. Při pětiletém návrhovém dešti je možné pozorovat určité zlepšení, ale není už tak výrazné. Při dvacetiletém návrhovém dešti došlo k minimálnímu zlepšení.

V nové zástavbě jsem se rozhodl pro použití 70 akumulčních nádrží o objemu 6 m^3 v kombinaci s několika zelenými střechami také z důvodu špatných geologických podmínek v dané lokalitě. Zde došlo ke snížení maximálních průtoků pouze pro dvouletý návrhový dešť. Pro ostatní návrhové deště nedošlo ke snížení maximálních průtoků vlivem malé kapacity dešťové kanalizace, na kterou jsou i přes instalaci prvků HDV napojeny velké plochy, které nejsou nijak ošetřeny a tvoří se zde velký povrchový odtok, který následně ústí do dešťové kanalizace.

Lze tedy konstatovat, že pro tento konkrétní případ nekalibrovaného modelu stokové sítě ve vybrané části města Nechanice je aplikace prvků hospodaření s dešťovou vodou účinná pouze pro dvouletý návrhový dešť. Pro deště s větší intenzitou nebo delším trváním nejsou použité prvky HDV dostatečně kapacitní, aby zvládly tak velký povrchový odtok.

5 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na seznámení s tématem hospodaření s dešťovou vodou a následné aplikace získaných poznatků na modelu stokové sítě v konkrétní lokalitě. Práce se skládá z rešerše a technické zprávy. V úvodu rešerše byla shrnuta platná legislativa a normy, které se zabývají tématem hospodaření s dešťovou vodou v České republice. Poté jsou zde uvedeny příklady, jak se nakládalo se srážkovou vodou v dávné historii a jak se s ní nakládá ve světě. Singapur je dobrým příkladem, jak lze systematicky vyřešit srážkové vody, kterým by se měli inspirovat i další země.

Větší část rešerše je věnována hospodaření s dešťovými vodami v našich podmínkách. Starý přístup odvádění srážkových vody co nejrychleji mimo území, na které srážka dopadla je zastaralý a v dnešních podmínkách, kdy dochází ke změnám klimatu, neudržitelný při postupné urbanizaci zelených ploch. Nový přístup hospodaření s dešťovými vodami se snaží řešení povrchového odtoku v urbanizovaném území přiblížit přírodnímu způsobu. Srážková voda tedy není odváděna, co nejrychleji mimo území, ale je vsakována, zadržena nebo využita v daném území a tím pádem se srážková voda dostává zpět do koloběhu vody.

Jak toho lze dosáhnout, je dále v rešerši také popsáno. Jsou zde uvedeny hlavní metody HDV včetně požadavků na kvalitu srážkové vody a jak této kvality dosáhnout. Dále jsou zde podrobněji popsány konkrétní objekty HDV, jak fungují a kdy je vhodné použít jaký objekt HDV.

Poznatky z rešerše jsou poté aplikovány v technické zprávě, která se zabývá modelováním stokové sítě ve městě Nechanice v Královéhradeckém kraji. Pro tento model byla vybrána pouze jižní část města, kde se v budoucnu chystá výstavba rodinných domů. Tato lokalita a část staré zástavby je popsána v úvodu zprávy. Dále jsou uvedeny základní informace o použitém modelovacím programu – Storm Water Management Model (SWMM). Při používání tohoto programu bylo poměrně složité zadávat námi známé a používané parametry pro modelování, protože se jedná o produkt americké vládní organizace United States Environmental Protection Agency (EPA) neboli česky Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států. Některé vstupní parametry nebylo možné dohledat a jejich vysvětlení v manuálech bylo nejasné. Pro používání tohoto

programu v našich podmínkách bych doporučil podrobný výzkum jednotlivých parametrů včetně přepočtu našich vstupů na programem požadované vstupy.

Pro vybranou lokalitu byly vytvořeny 3 modely – stávající stav, plánovaný rozvoj, aplikace prvků HDV. Modely nebyly kalibrovány, tudíž výsledky nemusí odpovídat realitě v této konkrétní lokalitě. V rámci aplikace prvků HDV byly použity akumulární nádrže pro využívání srážkové vody v domácnosti a vsakování pomocí vsakovací rýhy. Výsledky jednotlivých modelů jsou podrobněji popsány v kapitole 4.1.6.

Obecně lze říci, že zvolené prvky HDV, v mnou vytvořeném dynamickém modelu v programu SWMM vybrané lokality, jsou funkční a do jisté míry zlepšují hydrauliku stokové sítě. Pro dvouletý návrhový déšť tento model fungoval spolehlivě a došlo k výraznému zlepšení hydrauliky. Pro pětiletý a dvacetiletý návrhový déšť už došlo pouze k mírnému zlepšení, respektive žádnému zlepšení. Mnou zvolené prvky HDV jsou tedy dimenzovány na dvouletý návrhový déšť, který nemá takovou intenzitu jako pětiletý návrhový déšť nebo délku jako dvacetiletý návrhový déšť. Tento poznatek ovšem platí pouze pro tento model, protože výsledky se odvíjí od zadaných od vstupních parametrů při vytváření konkrétního modelu stokové sítě. Tyto parametry se v závislosti na konkrétní lokalitě mění.

Jak již bylo řečeno, implementace prvků HDV je v dnešní době velmi důležitá. Při nové výstavbě je řešení srážkových vod již vyžadováno legislativou, jejíž dodržování je kontrolováno státní správou. Implementace prvků HDV je u nově urbanizovaných ploch rychlá a účinná podle dnešních standardů. Ve staré zástavbě k zavedení opatření pro hospodaření se srážkovou vodou také dojde, ale bude to v mnohem delším časovém horizontu, protože majitelé nemovitostí nejsou povinni dodatečně zřizovat zařízení HDV. Tuto povinnost jim udělí příslušný stavební úřad až při provádění rekonstrukce nemovitosti, která vyžaduje stavební povolení. Ovšem v rámci obcí lze soukromé vlastníky motivovat finančně nebo obec může jít příkladem a na nemovitostech ve svém vlastnictví zřídit prvky HDV.

Přece jen voda je zde pro všechny a je v zájmu všech lidí na světě, aby byl v krajině dostatek vody a aby nás srážková voda neohrožovala v podobě přívalových povodní. Toho můžeme dosáhnout odbornou a systematickou výstavbou prvků HDV v urbanizovaném území.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonu (vodní zákon). In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254/zneni-20220201>
- [2] Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [3] Zákon č. 283/2021 Sb. Stavební zákon. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-283>
- [4] Vyhláška č. 501/2006 Sb. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>
- [5] Vyhláška č. 501/2006 Sb. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- [6] Zákon č. 89/2012 Sb. Občanský zákoník. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89>
- [7] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 44 s. Třídící znak 759010
- [8] TNV 75 9011. *Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., 2013, 44 s. Třídící znak 759011
- [9] ČSN EN 16941-1. *Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018, 36 s. Třídící znak 756781
- [10] *The History of Rainwater Harvesting* [online]. PerfectWater [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://4perfectwater.com/blog/history-of-rainwater-harvesting>

- [11] *Stormwater – an introduction* [online]. NIWA [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://niwa.co.nz/freshwater/stormwater-management/stormwater-an-introduction>
- [12] *Istanbul's Basilica Cistern reopens after restoration* [online]. Istanbul: Daily Sabah [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.dailysabah.com/arts/istanbuls-basilica-cistern-reopens-after-restoration/news>
- [13] *NPDES Stormwater Program* [online]. United States Environmental Protection Agency [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/npdes/npdes-stormwater-program>
- [14] *Managing Urban Runoff – Drainage Handbook 1st Edition* [online]. PUB, the national water agency [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://www.pub.gov.sg/-/media/PUB/PDF/managingUrbanRunoff.pdf>
- [15] *Drainage and flood protection* [online]. The National Climate Change Secretariat Singapore [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/drainage-and-flood-prevention/>
- [16] JOSON, Julia. *How Singapore is Pioneering the Way to Creating a Greener Urban Environment* [online]. ArchDaily [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/976437/how-singapore-is-pioneering-the-way-to-creating-a-greener-urban-environment>
- [17] VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ a Radim VÍTEK. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR* [online]. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/a-publikace-hdv/>
- [18] HLAVÍNEK, Petr, PRAX, Petr, KUBÍK, Jiří. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 80-86020-55-X.
- [19] *Územní srážky* [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2023-12-01]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>

- [20] *Vsakování srážkových vod – Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj, Odbor stavebního řádu [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: https://mmr.gov.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Methodika-vsakovani_srpe
- [21] *Odlučovače lehkých kapalin AS-TOP* [online]. ASIO spol. s r.o. [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/105.odlucovace-lehkych-kapalin-as-top~1>
- [22] *Zařízení pro předčištění srážkové vody AS-AKU FILTR* [online]. ASIO spol. s r.o. [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/102.zarizeni-pro-predcisteni-srazkove-vody-as-aku-filtr>
- [23] *Mapa potenciálního vsaku* [online]. Povodňový informační systém [cit. 2023-12-05]. Dostupné z: https://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/povis.dll?MU=001&MAP=5440
- [24] *Parkoviště ECORASTER* [online]. DOVA a.s. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.ecoraster.cz/parkoviste/>
- [25] *Vsakovací blok AS-RIGOFILL* [online]. ASIO spol. s r.o. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/99.vsakovaci-blok-as-rigofill>
- [26] *Vsakovací šachta samonosná 3 m³* [online]. Plastino, s.r.o. [cit. 2023-12-07]. Dostupné z: <https://www.plastino.cz/produkt/vsakovaci-sachta-samonosna-3m3/>
- [27] *Civil engineering explained: What is a dry pond?* [online]. Darrohn Engineering, LLC. [cit. 2023-12-07]. Dostupné z: <https://darrohnengineering.com/civil-engineering/civil-engineering-explained-what-is-a-dry-pond/>
- [28] *Povrchové retenční dešťové nádrže – zatím nevyužitá příležitost městské a příměstské krajiny* [online]. Ekolist.cz [cit. 2023-12-07]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/povrchove-retencni-destove-nadrze-zatim-nevyuzita-prilezitost-mestske-a-primestske-krajiny>
- [29] *About Green Roofs* [online]. Green Roofs for Healthy Cities – North America Inc. [cit. 2023-12-08]. Dostupné z: <https://greenroofs.org/about-green-roofs>

- [30] *Zelené střechy* [online]. Marie Vaculíková – Počítáme s vodou [cit. 2023-12-08]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/zelene-strechy/>
- [31] *Green Roof* [online]. Esri Canada [cit. 2023-12-08]. Dostupné z: <https://www.esri.ca/en-ca/about/sustainable-prosperity/green-roof>
- [32] *Dešťová voda a její využití* [online]. ASIO spol. s r.o. [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/destova-voda-a-jeji-vyuziti.1127>
- [33] *Universal-Filter 3 external suitable for pedestrian loading* [online]. Otto Graf GmbH [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://www.graf.info/en/rainwater-harvesting/filter/universal-filter-3-external/universal-filter-3-external-suitable-for-pedestrian-laoding.html>
- [34] *Využití dešťové vody: 5 tipů, jak dešťová voda pomůže* [online]. Michal Kraus - Zakra s.r.o. [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://www.zakra.cz/blog/5-tipu-na-vyuziti-destove-vody>
- [35] *Česká republika – obce v okrese: Hradec Králové* [online]. Český statistický úřad [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=MLO202201&z=T&f=TABULKA&katalog=33775&pvokc=101&pvoch=40568#w=>
- [36] *Nechanice – popis území* [online]. VOP Dolní Bousov spol. s r.o. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.vop-povodnovyportal.cz/povodnovy-plan/nechanice-373/popis-uzemi>
- [37] *Grafická část – Povodňový portál* [online]. VOP Dolní Bousov spol. s r.o. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.vop-povodnovyportal.cz/mapa/prohlizec#typ=0>
- [38] *Geovědní mapy 1:50 000* [online]. Česká geologická služba [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>

- [39] *Územní plán Nechanice – výkresová část* [online]. Magistrát města Hradec Králové, odbor hlavního architekta [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.hradeckralove.org/html/fsmedia/Odbor%20hlavního%20architekta/Územní%20plány%20obcí/Vydané%20územní%20plány/Nechanice/ÚP%20Nechanice%20-%20právní%20stav%20po%20vydání%20změny%20č.%201/Hlavní%20výkres.pdf>
- [40] *Územní plán Nechanice – textová část* [online]. Magistrát města Hradec Králové, odbor hlavního architekta [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.hradeckralove.org/html/fsmedia/Odbor%20hlavního%20architekta/Územní%20plány%20obcí/Vydané%20územní%20plány/Nechanice/ÚP%20Nechanice%20-%20právní%20stav%20po%20vydání%20změny%20č.%201/Textová%20část.pdf>
- [41] *Nechanice* [online]. mapy.cz [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=muni&id=2208&ds=1&x=15.6387846&y=50.2520360&z=13>
- [42] *Storm Water Management Model (SWMM)* [online]. United States Environmental Protection Agency [cit. 2023-12-11]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
- [43] *Storm Water Management Model Reference Manual, Volume II – Hydraulics* [online]. United States Environmental Protection Agency [cit. 2023-12-11]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100S9AS.PDF?Dockey=P100S9AS.PDF>
- [44] *Storm Water Management Model Reference Manual, Volume I – Hydrology (Revised)* [online]. United States Environmental Protection Agency [cit. 2023-12-11]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100NYRA.PDF?Dockey=P100NYRA.PDF>

- [45] *Drsnost potrubí* [online]. Vodovod.info [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <https://vodovod.info/index.php/extra/tabulky/196-drsnost-potrubi>
- [46] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 44 s. Třídící znak 756101
- [47] Vyhláška č. 428/2001 Sb. *Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428?text=428%2F2001>
- [48] *Odbor kultury MěÚ Nechanice* [online]. Město Nechanice [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.nechanice.cz/kultura-a-sport/kulturni-dum/odbor-kultury-meu-nechanice/>
- [49] *Léčebna návykových nemocí v Nechanicích slaví 20. výročí* [online]. Zdraví.euro.cz [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanky/lecebna-navykovych-nemoci-v-nechanicich-slavi-20-vyroci/>
- [50] *Kanalizační řád - Nechanice, Staré Nechanice, Lubno, Tůně, Suchá* [online]. Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a.s. [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.khp.cz/res/archive/224/227885.pdf?seek=1571223742>
- [51] *Obec Kunčice* [online]. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Královéhradeckého kraje [cit. 2023-12-16]. Dostupné z: <https://prvk.khk.cz/prvk/karty/nahled/163>
- [52] *Metodika výpočtu objemu akumulčních nádrží pro srážkové vody* [online]. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: https://opzp.cz/files/documents/storage/2022/06/27/1656330992_Metodika%20výpočtu%20objemu%20akumulačních%20nádrží_OPŽP%202021-2027_srážkový%20normál%201991-2020.pdf
- [53] *Geovědní mapy* [online]. Česká geologická služba [cit. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geo/>

- [54] ČSN 75 6780. *Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021, 40 s. Třídící znak 756780
- [55] *Component: Swales* [online]. Susdrain [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/swales-and-conveyance-channels/swales.html>
- [56] *Building a Gravel Infiltration Trench* [online]. Washington State University [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://ruralstormwater.wsu.edu/building-a-gravel-trench/>
- [57] *Constructed wetlands: Dealing with the stressors of modern society* [online]. Debating science [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://blogs.umass.edu/natsci397a-eross/constructed-wetlands-dealing-with-the-stressors-of-modern-society-2/>
- [58] *Betonová jímka DKH 6 m³ – 6000 l* [online]. Dešťovka.eu [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/betonova-jimka-dkh-6-m3-6000-l/>
- [59] *Stormwater Pollution* [online]. City of Urbana [cit. 2024-01-08]. Dostupné z: https://urbanaininois.us/Stormwater_Pollution

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1. Vlevo „pitná voda“, vpravo „nepitná voda“ [9]	17
Obr. 3.2. Střešní systém pro zachytávání dešťové vody v Indii [10]	18
Obr. 3.3. Nádrž na dešťovou vodu Yerebatan – Istanbul [12].....	19
Obr. 3.4. Schématické vyjádření přístupu k HDV v Singapuru [15]	20
Obr. 3.5. Příklad zelené střechy jedné z budov v Singapuru [16]	21
Obr. 3.6. Porovnání chování dešťové srážky v přirozeném a urbanizovaném povodí [17]	22
Obr. 3.7. Schéma vzniku znečištění srážkové vody [59]	25
Obr. 3.8. Odlučovač lehkých kapalin AS-TOP [21].....	28
Obr. 3.9. Mapa vsakovacích poměrů ČR [23].....	33
Obr. 3.10. Parkoviště s kombinací nezpevněné a zpevněné propustné plochy [24]	35
Obr. 3.11. Objekt plošného vsakování [8].....	36
Obr. 3.12. Vsakovací průleh [55]	37
Obr. 3.13. Vsakovací nádrž [56]	37
Obr. 3.14. Vsakovací rýha s plošným přítokem [8].....	38
Obr. 3.15. Vsakovací rýha s podzemním přítokem v procesu výstavby [55]	39
Obr. 3.16. Skládání vsakovacího bloku AS-RIGOFILL v praxi [25]	39
Obr. 3.17. Plastová vsakovací šachta [26].....	40
Obr. 3.18. Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem [8]	41
Obr. 3.19. Vsakovací rýha s podzemním přítokem a regulovaným odtokem [8]..	42
Obr. 3.20. Suchá retenční dešťová nádrž (poldr) [27].....	44
Obr. 3.21. Betonová podzemní retenční nádrž [58]	44
Obr. 3.22. Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem v Plzni [28]	45
Obr. 3.23. Umělý mokřad [57].....	46

Obr. 3.24. Intenzivní střecha [31].....	47
Obr. 3.25. Extenzivní střecha [vlastní]	47
Obr. 3.26. Filtrační šachta s vyjímatelným filtračním košíkem [33].....	49
Obr. 3.27. Schéma systému využívání srážkové vody v rodinném domě [34]	50
Obr. 4.1. Zájmová lokalita [41]	52
Obr. 4.2. Výřez územního plánu města Nechanice – plánovaný rozvoj – jih obce [39].....	53
Obr. 4.3. Šířka povrchového odtoku [vlastní]	55
Obr. 4.4. Mapa stokové sítě s umístěním sledovaných úseků.....	57
Obr. 4.5. Vzorový jednotkový hektar 1 – sever obce.....	58
Obr. 4.6. Vzorový jednotkový hektar 2 – jih obce.....	58
Obr. 4.7. Časový průběh dvouletého návrhového deště	61
Obr. 4.8. Časový průběh pětiletého návrhového deště.....	61
Obr. 4.9. Časový průběh dvacetiletého návrhového deště.....	62
Obr. 4.10. Pohled na nezastavěnou plochu N-Z18 a N-Z20, kde v budoucnu budou rodinné domy [vlastní].....	63
Obr. 4.11. Průtokové křivky úseku DP19 – stávající stav	65
Obr. 4.12. Průtokové křivky úseku DP27 – stávající stav	66
Obr. 4.13. Průtokové křivky úseku DP12 – stávající stav	67
Obr. 4.14. Průtokové křivky úseku 3421 – stávající stav.....	67
Obr. 4.15. Průtokové křivky úseku 3413 – stávající stav.....	68
Obr. 4.16. Průtokové křivky úseku 3527 – N2, N5, N20.....	69
Obr. 4.17. Průtokové křivky úseku 3519 – stávající stav.....	70
Obr. 4.18. Kapacita potrubí stokové sítě při N2, 10. minuta.....	71
Obr. 4.19. Kapacita potrubí stokové sítě při N5, 10. minuta.....	71

Obr. 4.20. Kapacita potrubí stokové sítě při N20, 15. minuta.....	72
Obr. 4.21. Podélný profil obsahující úsek 3421 – N2, 7. minuta.....	72
Obr. 4.22. Výřez z modelu plánovaného rozvoje pro znázornění odtokových ploch a stokové sítě.....	73
Obr. 4.23. Průtokové křivky úseku DP19 - plánovaný rozvoj.....	75
Obr. 4.24. Průtokové křivky úseku DP27 – plánovaný rozvoj.....	75
Obr. 4.25. Průtokové křivky úseku DP27 – plánovaný rozvoj.....	76
Obr. 4.26. Průtokové křivky úseku DP12 – plánovaný rozvoj.....	76
Obr. 4.27. Průtokové křivky úseku 3421 – plánovaný rozvoj.....	77
Obr. 4.28. Průtokové křivky úseku 3413 – plánovaný rozvoj.....	78
Obr. 4.29. Průtokové křivky úseku 3527 – plánovaný rozvoj.....	79
Obr. 4.30. Průtokové křivky úseku 3519 – plánovaný rozvoj.....	79
Obr. 4.31. Podélný profil obsahující úsek DP12 – N5, 7. minuta.....	81
Obr. 4.32. Kapacita potrubí stokové sítě při N2, 10. minuta.....	82
Obr. 4.33. Kapacita potrubí stokové sítě při N5, 8. minuta.....	82
Obr. 4.34. Kapacita potrubí stokové sítě při N20, 16. minuta.....	83
Obr. 4.35. Schématické umístění vsakovací rýhy vzhledem ke geologickým poměrům v dané lokalitě [53].....	86
Obr. 4.36. Příklad nastavení odtokové plochy osazené akumulací nádrží.....	89
Obr. 4.37. Průtokové křivky úseku DP19 – aplikace prvků HDV.....	90
Obr. 4.38. Průtokové křivky úseku DP27 – aplikace prvků HDV.....	91
Obr. 4.39. Průtokové křivky úseku DP12 – aplikace prvků HDV.....	92
Obr. 4.40. Průtokové křivky úseku 3421- aplikace prvků HDV.....	92
Obr. 4.41. Průtokové křivky úseku 3413 – aplikace prvků HDV.....	93
Obr. 4.42. Průtokové křivky úseku 3527 – aplikace prvků HDV.....	94
Obr. 4.43. Průtokové křivky úseku 3519 – aplikace prvků HDV.....	95

Obr. 4.44. Podélný profil obsahující úsek 3421 – N2, 7. minuta	97
Obr. 4.45. Kapacita potrubí stokové sítě při N2, 16. minuta	97
Obr. 4.46. Kapacita potrubí stokové sítě při N5, 14. minuta	97
Obr. 4.47. Kapacita potrubí stokové sítě při N20, 16. minuta	98

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1. Charakteristika zástavby a možnost řešení HDV dle typu zástavby	24
Tab. 3.2. Druhy znečištění z příslušných odtokových ploch dle TNV 75 9011	26
Tab. 3.3. Procesy předčištění srážkové vody	27
Tab. 3.4. Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování dle TNV 75 9011	30
Tab. 3.5. Způsoby předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod dle TNV 75 9011	31
Tab. 3.6. Vsakovací koeficient pro jednotlivé zeminy dle DWA-A 138.....	32
Tab. 3.7. Tabulka s orientačním znečištěním na základě odvodňované plochy dle TNV 75 9011	43
Tab. 4.1. Průměrný odtokový součinitel – vzorový jednotkový hektar 1	59
Tab. 4.2. Průměrný odtokový součinitel – vzorový jednotkový hektar 2	59
Tab. 4.3. Výpočet procenta nepropustné plochy pro vzorový jednotkový hektar 1	59
Tab. 4.4. Výpočet procenta nepropustné plochy pro vzorový jednotkový hektar 2	60
Tab. 4.5. Vzorový výpočet splaškového přítoku do jednoho z uzlů.....	64
Tab. 4.6. Maximální průtoky a časy pro vybrané úseky – stávající stav	70
Tab. 4.7. Výpočet splaškového přítoku z obce Kunčice do stávající stokové sítě v obci Nechanice.....	74
Tab. 4.8. Maximální průtoky a časy pro vybrané úseky – plánovaný rozvoj.....	80
Tab. 4.9. Porovnání maximálních průtoků se stávajícím stavem	81
Tab. 4.10. Výpočet objemu akumulární nádrže dle metodiky	84
Tab. 4.11. Dimenzování vsakovací rýhy dle ČSN 75 9010.....	85
Tab. 4.12. Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení dle ČSN 75 9010	85
Tab. 4.13. Stanovení odstupové vzdálenosti od budov dle ČSN 75 9010	86

Tab. 4.14. Výpočet odtokového koeficientu vybrané akumulční nádrže pro program SWMM – LID Controls	88
Tab. 4.15. Maximální průtoky a časy pro vybrané úseky – aplikace prvků HDV ...	95
Tab. 4.16. Porovnání maximálních průtoků s plánovaným rozvojem.....	96

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 – Situace stokové sítě s plánovaným rozvojem

SUMMARY

The thesis focused on acquainting with the topic of rainwater management and subsequent application of acquired knowledge to a stormwater network model in a specific location. The thesis consists of a research and a technical report. In the research, the reader was introduced to the current legislation and standards addressing rainwater management in the Czech Republic. Examples of historical and global rainwater management practices were then provided. The research further analyzed the old and new approaches to rainwater management, presenting ways to achieve sustainability in this context.

The insights from the literature review were applied in the technical report, which involved modeling a stormwater network in the town of Nechanice in the Hradec Králové Region. A part of the town, slated for future residential construction, was selected for this model. Generally, the chosen elements of Rainwater Harvesting and Utilization (HDV) in the dynamic model using the SWMM program in the selected area proved functional and improved the hydraulic performance of the stormwater network to some extent. For the biennial rainfall, the model worked reliably, significantly improving the hydraulic efficiency. However, for the quinquennial and vicennial design rainfalls, there was only a slight improvement or no improvement at all.

Parameters commonly used in stormwater network modeling in the Czech Republic differ from those required by the SWMM program, making their conversion complex due to the often unclear and hard-to-retrieve nature of these parameters.