



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**KAPKOVÁ ZÁVLAHA PARKOVÝCH PLOCH
V POLYFUNKČNÍM OBJEKTU S VYUŽITÍM DEŠŤOVÉ
VODY**

DRIP IRRIGATION OF PARK AREA IN MULTIFUNCTIONAL OBJECT WITH RAINWATER RE-
USE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Stanislav Kabátek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Stanislav Kabátek
Název	Kapková závlaha parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťové vody
Vedoucí práce	Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- BÖSE, Karl-Heinz. Dešťová voda: pro dům a zahradu. Ostrava: HEL, 1999. ISBN 80-86167-08-9.
- VRÁNA, J. Dimenzování zařízení pro využití šedé a dešťové vody. In 16. mezinárodní konference Sanhyga Piešťany 2011. TZB SvF STU Bratislava, 2011, s. 77-82.
- ŠÁLEK, Jan. Závlahové stavby. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0497-3.
- HLAVÍNEK, Petr, Petr PRAX a Jiří KUBÍK. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, c2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- KULHAVÝ, František a Zbyněk KULHAVÝ. Navrhování hydromelioračních staveb. Praha: ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-83-2.
- TŮMA, Jan. Zavlažujeme zahradu: moderní hospodaření s vodou. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0083-2.
- TNV 75 4310 Závlahová zařízení pro mikrozávlahy
TNV 75 4307 Závlahová zařízení podrobná pro postřik

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude z části koncipována jako literární rešerše v oblasti znovu využití dešťových vod. Rozebrány zde budou možnosti čištění a opětovného využití pro závlahu případně zasakování. Dále se rešerše zaměří na oblast kapkové závlahy.

Druhou částí práce bude aplikace získaných poznatků pro vypracování studie komplexního řešení hospodaření s dešťovou vodou v polyfunkčním objektu v areálu Praha - Florenc. Bude vypracován návrh akumulace, čištění a využití dešťových vod pro závlahu okrasných a prkových ploch. Studie bude obsahovat jak textovou, tak výkresovou část v rozsahu dle pokynů vedoucího diplomové práce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

ABSTRAKT

Cílem této práce je navrhnout závlahový systém parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťových vod. K vyřešení bylo využito poznatků získaných v průběhu studia. Řešením je závlahový systém skládající se z kapkové závlahy doplněné závlahou postřikem, který pro svůj provoz využívá dešťovou vodu. V případě jejího přebytku je voda zneškodněna pomocí vsakovacích bloků umístěných na pozemku. Přínosem této práce je ukázat, že návratnost investice je v podobných případech přijatelná, a především, že je tato investice přínosem k odpovědnosti k přírodním zdrojům.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dešťová voda, závlahy, kapková závlaha, vsakování, využití dešťových vod

ABSTRACT

The aim of this work is to design an irrigation system of park areas in a multifunctional object using rainwater. The knowledge obtained during the study was used to solve the problem. The solution is an irrigation system consisting of drip irrigation supplemented with a sprinkler irrigation system that uses rainwater for its operation. In the event of excess of rainwater, the water is disposed of by means of infiltration blocks located on the land. The benefit of this work is to show that the return on investment is acceptable in similar cases and, above all, that this investment contributes to responsibility for natural resources.

KEYWORDS

Rainwater, irrigation, drip irrigation, infiltration, reuse of rainwater

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Stanislav Kabátek *Kapková závlaha parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťové vody*. Brno, 2020. 88 s., 13 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Kapková závlaha parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťové vody* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8. 1. 2020

Bc. Stanislav Kabátek

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Kapková závlaha parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťové vody* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8. 1. 2020

Bc. Stanislav Kabátek

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucí své bakalářské práce paní Ing. Evě Hyánkové, Ph.D. za poskytnuté materiály a věcné rady při zpracovávání této diplomové práce. Dále také děkuji své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia plně podporovali.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	CÍLE PRÁCE	12
3	ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA	13
3.1	Druhy odpadních vod	13
3.1.1	Splaškové odpadní vody	13
3.1.2	Šedá voda	14
3.1.3	Černá voda.....	14
3.1.4	Provozní voda	14
3.1.5	Bílá voda.....	14
3.1.6	Užitková voda.....	15
3.1.7	Povrchová voda	15
3.1.8	Srážkové vody	15
3.1.9	Srážkové povrchové vody.....	15
3.2	Využití dešťových vod	16
3.2.1	Zachycení.....	17
3.2.2	Složení a kvalita dešťových vod.....	18
3.2.3	Akumulace	20
3.2.4	Využití.....	21
3.3	Závlahy.....	23
3.3.1	Dělení – typy závlah dle účelu.....	24
3.3.2	Zdroje vod pro závlahu.....	31
3.3.3	Úprava dešťových vod pro závlahu	33
3.4	Závlaha postřikem	36
3.4.1	Popis systému závlahy postřikem.....	36
3.4.2	Výhody a nevýhody závlahy postřikem.....	37
3.5	Kapková závlaha	38
3.5.1	Popis systému kapkové závlahy.....	40
3.5.2	Typy kapkovačů	40
3.5.3	Uložení kapkovací hadice	41
3.5.4	Rozsah navlažení	41

3.5.5	Úprava vody pro kapkovou závlahu.....	41
3.5.6	Výhody a nevýhody kapkové závlahy.....	42
4	STUDIE ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU	44
4.1	Popis lokality a stávající stav.....	44
4.1.1	Plochy vhodné pro sadové úpravy.....	46
4.1.2	Srážkové poměry.....	47
4.1.3	Geologické poměry.....	47
4.1.4	Hydrogeologické poměry.....	48
4.2	Základní výpočty a analýzy.....	49
4.2.1	Odtok dešťových vod ze střechy a terasy řešeného objektu	49
4.2.2	Redukovaná odvodňovaná plocha.....	51
4.2.3	Návrhová potřeba vody	51
4.3	Návrh akumulční nádrže	53
4.4	Návrh závlahového systému	54
4.4.1	Koncepce sadových úprav.....	54
4.4.2	Návrh postřikovacích trysek	55
4.4.3	Návrh kapkovacích hadic.....	59
4.4.4	Návrh potrubí	61
4.4.5	Rozdělení sekcí.....	70
4.4.6	Harmonogram závlah.....	71
4.4.7	Skutečná potřeba vody	71
4.4.8	Návrh čerpadla	72
4.4.9	Bilance vody	73
4.4.10	Návrh řídicí jednotky	73
4.5	Návrh vsakovacího zařízení.....	74
4.5.1	Určení koeficientu vsakování.....	74
4.5.2	Výpočet vsakovací plochy.....	75
4.5.3	Výpočet vsakovaného odtoku.....	75
4.5.4	Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení	75
4.5.5	Výpočet doby prázdnění vsakovacího zařízení.....	76
4.5.6	Výpočet objemu vsakovacího zařízení dle programu výrobce ASIO	77
4.5.7	Porovnání výsledků ručního výpočty s výsledky programu výrobce ASIO	78
4.5.8	Návrhové parametry vsakovacího zařízení	78

4.6	Rekapitulace funkce systému	79
4.7	Ekonomické zhodnocení systému z hlediska spotřeby vody.....	79
4.8	Odhadované náklady systému	80
4.9	Přibližná návratnost.....	80
4.10	Zhodnocení studie závlahového systému.....	81
5	ZÁVĚR	82
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	83
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	87
	SEZNAM PŘÍLOH	88

1 ÚVOD

V současné době se jako civilizace nacházíme na rozhraní. Stále více si uvědomujeme, že naše spotřební chování není dále udržitelné, ale zároveň je pro nás nepředstavitelné vzdát se současného komfortu. V posledních letech začínáme cítit vliv dlouhých období sucha, následované silnějšími povodněmi, a to postupně vede k nedostatku nebo problémům se zásobováním vodou, které vedou ke zhoršení komfortu. Historicky si lidé vždy uvědomovali, že zajištění stability dodávek této základní suroviny je pro fungování jakéhokoliv společenství zásadní. Voda je jednou ze základních potřeb člověka a jedna z nejdůležitějších látek pro existenci života na Zemi.

Od pradávna se lidstvo snaží manipulovat s vodními toky, budovat vodní kanály (jak pro závlahu, tak jako dopravní cesty), budovat sítě pro zásobování a odvádění vody od obyvatelstva, a to vždy pomohlo zvýšit komfort a vyvinutost civilizace. Díky velkým vodním dílům jsme se naučili plánovat zásobování vodou na dlouhá období dopředu.

Nyní se díky působení klimatických změn nacházíme v místě, kdy je třeba přehodnotit, jak s vodou hospodaříme. V posledních letech se i v Česku častěji setkáváme s čím dál většími problémy s dodávkou vody. Důkazem je spousta oblastí, kde je v letních obdobích vyhlášen zákaz napuštění bazénů nejen z vodovodu, ale na některých místech i z vodních toků. Počet těchto oblastí se každoročně zvyšuje a zároveň se zavádí i jiné druhy omezení využití vody. Velké množství států se s tímto setkává dlouhodobě a jejich problémy se v současnosti prohlubují – u několika měst již hrozí úplné zastavení dodávek vody, označované jako „Water Day Zero“.

Proto je třeba přemýšlet komplexně, jak zvyšovat komfort, ale zároveň snížit naši spotřebu. Závlahy jsou jednou z oblastí, kde lze snadno při použití modernějších technologií dosáhnout velkých úspor vody při současném zvyšování komfortu. Správně provedené závlahy dokážou ušetřit náklady, a výrazně podpořit správný růst rostlin, a ty již ze své podstaty pomáhají stabilizovat projevy sucha nebo povodní a podílí se na čištění našeho ovzduší. Inspirovat se můžeme ve spoustě světových měst, kde se díky správně sadbě a péči o rostliny nejen lépe dýchá, ale kde se také daleko lépe snáší současné teplotní extrémy.

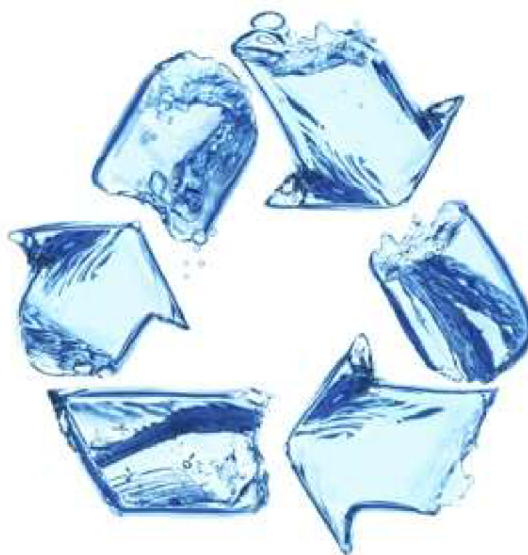
2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je navrhnout závlahu parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťových vod. Teoretická část práce se věnuje využití dešťových vod pro závlahu obecně. Nejprve rozdělí druhy vod jako takové a popíše jejich možnosti využití nebo zneškodnění. Dále popíše závlahy jako jednu z částí využití dešťových vod, nejprve obecně – jaké jsou druhy závlah a jaké je jejich vhodné využití, možné zdroje vody pro závlahu, její kvalita a úprava. Následně obecně vysvětlí princip závlahy postřikem, a poté se zaměří detailněji na kapkovou závlahu. Tímto teoretická část připraví znalosti potřebné ke správnému vyřešení praktické části.

Praktická část se věnuje konkrétní studii závlahového systému parkových ploch na pozemku nově budovaného polyfunkčního objektu v Praze. Nejprve zanalyzuje stávající stav, lokalitu a možnosti návrhu zavlažovacího systému, následně detailně popíše samotný návrh. Dle koncepce sadových úprav navrhne korespondující způsob závlahy, včetně návrhu akumulární nádrže, dimenzí potrubí a čerpadla. Ke zneškodnění dešťových vod v případě velkých dešťů nebo v zimním období, kdy se závlahový systém nepoužívá, navrhne vsakovací zařízení. Nakonec ekonomicky zhodnotí přínos využívání dešťové vody na tomto konkrétním případě, odhadne náklady na jeho realizaci a vypočítá návratnost.

3 ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA

V této části diplomové práce se budu věnovat problematice nakládání s odpadními vodami, dešťovými vodami a závlahami obecně. Popíšu, jak se vody dělí, jak se dají upravit a dále využít. Vybuduji tím základy pro pochopení a vyřešení praktické části – studie závlahového systému v polyfunkčním objektu.



Obr. 1 Znovuvyužití vod [13]

3.1 DRUHY ODPADNÍCH VOD

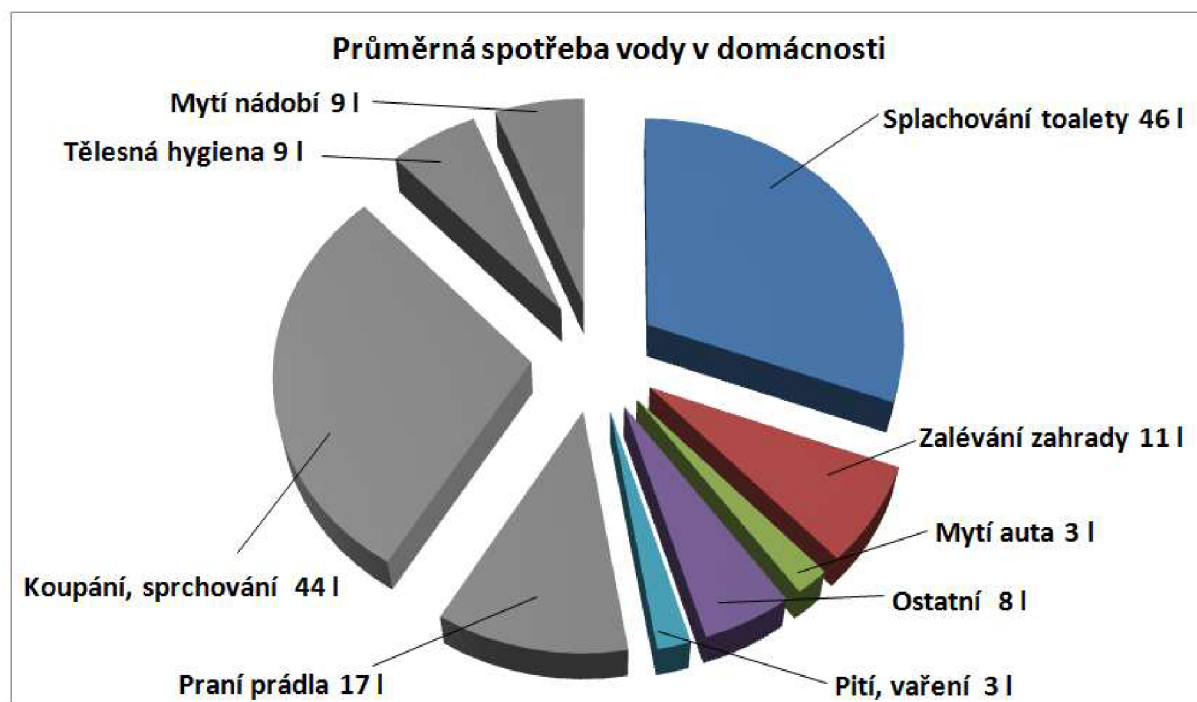
Kromě klasických povrchových nebo podzemních zdrojů vody vznikají vlivem člověka, klimatu nebo jinými vlivy pro nás v současnosti převážně nežádoucí vody z důvodu znečištění, které může být tvořeno rozpuštěnými, nerozpuštěnými látkami, ale i tepelným znečištěním nebo radiací. Tyto vody dělíme následovně [8]:

3.1.1 Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou vody obecně od obyvatelstva, obsahují vody z kuchyní, prádel, toalet. Kromě splašků obsahuje v případě jednotné kanalizační sítě i dešťovou vodu ze srážek případně oplachové vody z čištění komunikací.

3.1.2 Šedá voda

Jedná se o splaškové vody neobsahující moč a fekálie. Jsou to vody ze sprch, van, výlevek, umyvadel. Šedou vodu je možné po úpravě použít jako provozní (bílou) vodu například pro splachování nebo zalévání zahrad. Na obrázku 2 je šedou barvou znázorněno jaký poměr vody využívané v domácnosti je možné označit jako šedou vodu.



Obr. 2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti [11]

3.1.3 Černá voda

Splaškové odpadní vody obsahující fekálie a moč. Zpravidla se nijak nevyužívají a pouští se do kanalizační sítě, kde jsou pak pomocí čistírny odpadních vod zlikvidovány.

3.1.4 Provozní voda

Voda upravovaná pro různé účely, kvalita a jakost odpovídá způsobu využití. Upravuje se nejčastěji filtrací nebo změkčováním. Je zásobována oddílným vnitřním vodovodem.

3.1.5 Bílá voda

Provozní voda vzniká úpravou šedé vody. Požadavky na jakost nejsou tak vysoké jako na vodu pitnou.

3.1.6 Užitková voda

Voda vyhovujícím hygienickým požadavkům dle normy, nesmí se používat pro pití a přípravu potravin. Je hygienicky nezávadná, používá se na mytí, koupání nebo jiné výrobní účely. Může pocházet z jakéhokoliv zdroje, pokud splňuje kritéria.

3.1.7 Povrchová voda

Povrchové vody přirozeně se vyskytující na Zemi. Protékají řekami po povrchu nebo přirozenými dutinami pod povrchem. Je to veškerá voda v mořích, jezerech, rybnících. Pouze okolo 3 % celkových povrchových vod je vhodných jako pitná voda [9].

3.1.8 Srážkové vody

Vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu [10]. V podstatě to znamená, že jde o všechnu vodu, která nedopadla na zemský povrch nebo střechu budovy. Dle zákona č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon) se srážkové vody po dopadu na zemský povrch stávají povrchovými vodami, po zásaku vodami podzemními.

3.1.9 Srážkové povrchové vody

Jedná se o srážkové vody, které se nevsákly a musí být odváděny z povrchu terénu nebo budov odvodňovacím systémem. Tyto vody budou využívány v rámci této diplomové práce.

3.2 VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

K závlahám se dešťová voda používala od pradávna. Nejstarší dochované důkazy můžeme najít už ve starověkém Egyptě okolo 5. tisíciletí před našim letopočtem, kde již využívali každoroční záplavovou vodu, která vznikla vlivem sezónních dešťů, k závlahám. V Číně v té době využívali vodní kola, a v současnosti se zde také nachází nejstarší stále funkční zavlažovací systém Dujiangyan, který slouží už více než 2200 let. Život lidí a prosperita civilizací byla na dešťové vodě přímo závislá.

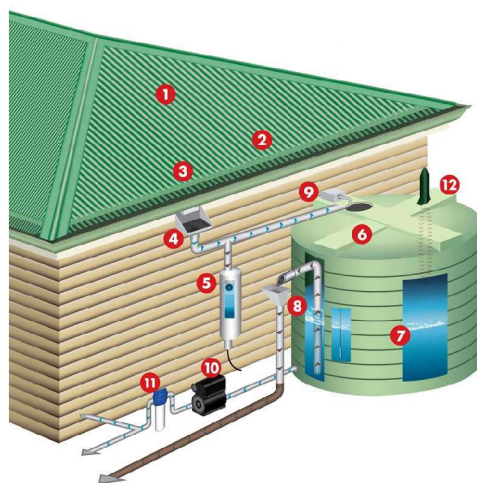
V dnešní době se opět snažíme využívat dešťovou vodu více nejen na závlahy, na které je díky svému charakteru vhodná, ale také ke splachování záchodů, praní, údržbu a dalších mnoho využití.

Závlahy jsou v současnosti používány na 20 % z celkové světové obdělávané půdy, a tato zavlažovaná plocha produkuje 40 % z celkově vyrobeného jídla. Důležitost závlah dále ukazuje Asie, kde je zavlažováno 89 % půdy, a na které se sklídí 78 % plodin ze světové produkce [5].

V České republice se závlahy nacházejí pouze na 3,6 % zemědělských ploch a od přelomu tisíciletí prakticky nové až na výjimky nepřibývají. Umístěny jsou především ve srážkově nevyrovnaných oblastech, které jsou ale zároveň nejproduktivnější [4]. V porovnání se světem je evidentní, že je nutné se závlahám daleko více věnovat. Na našem území není v průměrném roku naplněna vláhová potřeba rostlin a zároveň je nutné se připravit na možné dlouhotrvající období sucha.

3.2.1 Zachycení

Zachycení dešťové vody je nutným předpokladem při uvažování o jejím využití. Množství zachycené vody rozhoduje, zda je vůbec rozumné dešťovou vodu využívat. V případě malého množství dešťové vody se nemusí vyplatit ji vůbec využívat – náklady na vybudování systému mohou převyšovat úspory, které lze dosáhnout. K zamyšlení je potom i potřeba zdrojů k výrobě takového zařízení a jeho součástí, které jsou takto neúčelně spotřebovány. Proto je vždy nutné prvně uvažovat, zda má smysl o využívání dešťové vody vůbec uvažovat.



Obr. 3 Příklad systému pro zachycování dešťových vod [22]

Primární údaj, který je třeba brát v úvahu je průměrné roční množství srážek. Některé suché oblasti můžou možnost využití dešťových vod vyloženě vylučovat.

Další klíčovou roli v množství zachycené dešťové vody hraje velikost plochy, na které můžeme dešťovou vodu zachytávat. Typicky se jedná o střechy, zpevněné plochy nebo komunikace a parkoviště (zde pozor na znečištění).

Dalším faktorem je materiál povrchu a případně jeho sklon. Tyto parametry určují procentuální podíl, kolik vody může být z povrchu odvedeno. Také mají zásadní vliv na kvalitu odteklé vody.

Po zachycení je vhodné dešťovou vodu upravit – nejčastěji postačí filtrace. Kvalitě a čištění dešťových vod se podrobněji věnuje kapitola 3.3.3 a 3.3.4 podrobněji.

Neméně důležité je zamyslet se nad potřebou vody pro naše konkrétní využití. Při potřebě velkého množství vody nemusí být využívání dešťové vody účelné. Vždy je nezbytné provést analýzu, zda je využívání dešťových vod pro naše účely výhodné.

3.2.2 Složení a kvalita dešťových vod

Atmosféra je plná velkého množství různých látek, které ovlivňují její složení. Převážně se jedná o látky nějakým způsobem dešťovou vodu znečišťující – díky samočisticí schopnosti atmosféry (látky nahromaděné za bezdeštné období v atmosféře se dostávají do dešťové vody). V případě velkého znečištění pak může docházet například k nežádoucím kyselým deštům.

Složení dešťových vod také ovlivňuje množství rozpuštěných a nerozpuštěných látek v atmosféře. Také při kontaktu dešťové vody s povrchem dochází k přenosu látek, typicky znečišťujících.

Pro určení znečištění dešťové vody je důležitá délka bezdeštného období, intenzita srážek, objem dešťového odtoku, vlastnosti povrchů, se kterým voda přijde do kontaktu a v neposlední řadě také pesticidy, trus ptáků, nežádoucí látky uvolňující se ze střech a okapů.

Při uvažování o využití dešťových vod je toto všechno nutno brát v potaz a přizpůsobit návrh lokalitě.

Chemické složení dešťové vody

V současnosti kyseliny a kyselinotvorné látky z antropogenní činnosti (kyselina sírová, dusičná, chlorovodíková) převažují nad zásaditými látkami pocházejícími z přirozeného prostředí (uhličitan vápenatý a hořečnatý, amoniakální dusík) [26].

Zdrojem těchto kyselin bývají sloučeniny síry (zejména SO_2 a H_2S) a dusíku (N_2O , NO , NO_2) vznikající převážně spalováním fosilních paliv. Sloučeniny chloru často vznikají spalováním PVC. Zásadité látky vznikají v zemědělství (amonné ionty ve hnojivech) nebo jsou původem z přirozeného prostředí (uhličitan). Mezi ostatní látky v dešťové vodě patří těžké kovy (průmysl, spalovny), organické látky (výfukové plyny motorových vozidel) a rostlinné živiny (fosfor, amonné ionty) [26].

V současnosti jsou (alespoň v Evropě) velmi přísné limity na vypouštění znečišťujících látek do ovzduší a moderní průmysl disponuje velmi účinnými systémy pro likvidaci těchto látek ze spalin – díky tomu už nesetkáváme s kyselými dešti tolik, jako dříve například na severu Česka.

Znečištění z atmosféry

S největším znečištěním se setkáme po dlouhém bezdeštném období, kdy dochází k samočisticím procesům v atmosféře.

Během deště dochází k vymývání látkového znečištění ze vzduchu a zároveň k čištění atmosféry. Znečištění dešťové vody tedy závisí na místě, kde déšť spadne, avšak kouřové spaliny se mohou dostávat i do vyšších vrstev atmosféry a vítr je může zanést daleko od znečištění [8].

Atmosféra přenáší mnoho různých znečištění, jejich původ vysvětluje předchozí kapitola.

Znečištění vzniklé kontaktem s povrchem

Kvalitu vody ovlivňuje i materiál povrchu, na který dopadne. Nejčastěji se jedná o střešní krytiny, zpevněné plochy (asfalt, dlažba) nebo travní plochy. Znečištění je charakteristické druhem povrchu, na který déšť dopadl. Například může dojít ke znečištění dešťové vody odtokem ze střechy, která obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků (CO_2 a SO_2) a proměnlivý podíl organických látek, jako jsou pyl, klacíky, listí, ptačí trus, prach a choroboplodné zárodky. Opotřebením stavebních částí, ať už vlivem vody, slunce, mrazu a deště se uvolňují částičky krytin střech, cihel, betonu, kovů, barev, asfaltu, skla apod. Tyto částice tvoří značnou část znečištění v dešťovém odtoku [8].

Biologické znečištění

V dešťové vodě můžeme nalézt bakterie typu *Escherichia coli*, koliformní bakterie a enterokoky. Nejčastěji je najdeme ve vzorcích odebraných krátce po dešti. Dále to jsou patogeny *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, *Vibrio*, *Salmonella*, *Shigella* a *Pseudomonas*.

Koncentrace těchto bakterií je však daleko menší než v povrchové vodě. Vyšší koncentrace mikroorganismů se běžně vyskytují v první vlně dešťové vody a úroveň kontaminace se snižuje během trvání deště. Významné snížení mikrobiální kontaminace v období dešťů můžeme docílit umytím sběrné plochy čistou dešťovou vodou z akumulací nádrže [27].

3.2.3 Akumulace

Většina využití dešťových vod vyžaduje nějakou formu akumulace. Velikost akumulace závisí, jestli a jak budeme dešťovou vodu využívat.

Často se setkáme s požadavkem stavebního úřadu na likvidaci dešťových vod na pozemku a není v plánu dešťovou vodu nijak využívat. Pokud na pozemku nejsou dostatečné vsakovací schopnosti, potom musíme akumulovat a postupně vypouštět stanovené množství. V tomto případě postačí menší akumulární nádrž pro pokrytí určitého období deště, abychom neporušili nařízení stavebního úřadu.

Pokud avšak chceme dešťovou vodu dále využívat, potom je již často potřeba akumulární nádrže většího objemu (případně soustavu nádrží) Například u rodinných domů je nutné objem akumulární nádrže navrhovat tak, aby odpovídala několikadenní spotřebě domu. Navíc akumulární nádrž plní funkci jedné části čištění dešťových vod – dochází v ní k sedimentaci (usazování).



Obr. 4 Ukázka instalace nádrže na dešťovou vodu na pozemku rodinného domu na jižní Moravě [25]

Akumulární nádrže se vyrábí z různých materiálů dle potřeb, nejčastěji se setkáme s nádržemi z plastu. Tvary jsou různorodé, u větších projektů se setkáme i s akumulárními nádržemi jako součástí stavby.

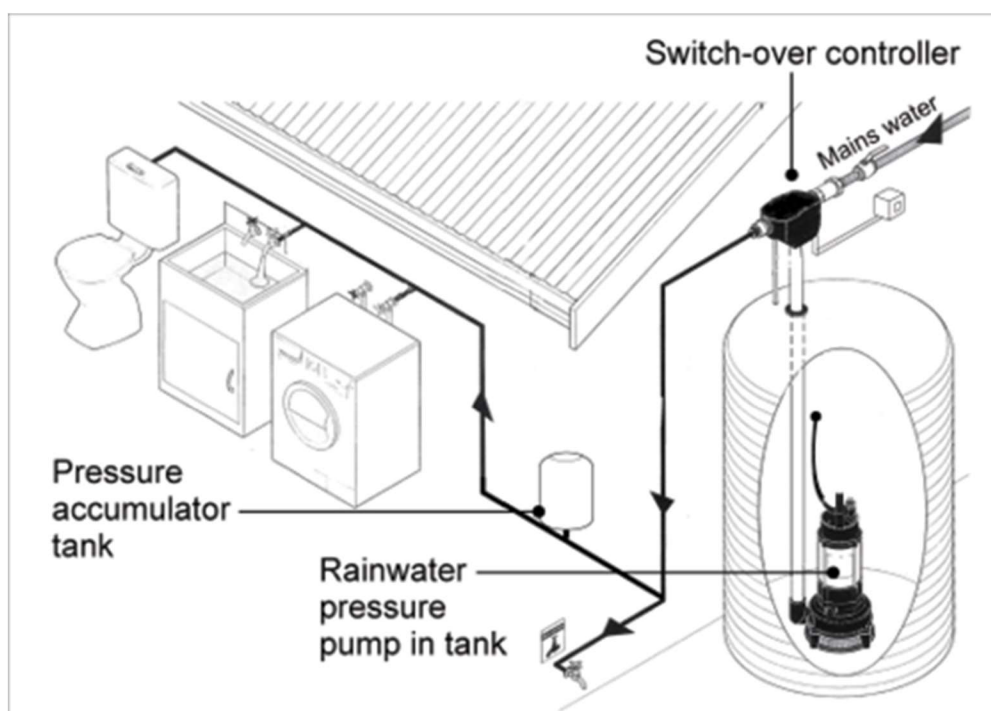
3.2.4 Využití

Průměrná spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele se v České republice pohybuje okolo $100 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Uvažuje se, že až 50 % této vody může být nahrazeno vodou dešťovou. Při různých činnostech nejsou nároky na jakost vody stejné. Například při vaření a osobní hygieně je nezbytně nutné použít pitnou vodu. Naopak při praní nebo splachování lze výhodně využít vodu dešťovou [14].

Praní

Pro praní se dešťová voda jeví jako ideální, hlavně díky své měkkosti. Ta způsobuje snadnější rozpouštění pracího prostředku a neusazuje se vodní kámen. Není tak nutné používat změkčovače.

Německá firma Miele nabízí pračky se dvěma oddělenými přípojkami na vodu. Nabízená pračka je sama schopna řídit proces praní, a to tak, že při předpírce, hlavním praní a prvním máchání využívá právě dešťovou vodu, teprve až při posledním máchání pak vodu pitnou. Podle výsledku dlouhodobé studie Státního hygienického ústavu v Brémách nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi praním prádla v pitné vodě a v dešťové vodě [8].



Obr. 5 Příklad zapojení zařizovacích předmětů s využitím dešťové vody [20]

Splachování

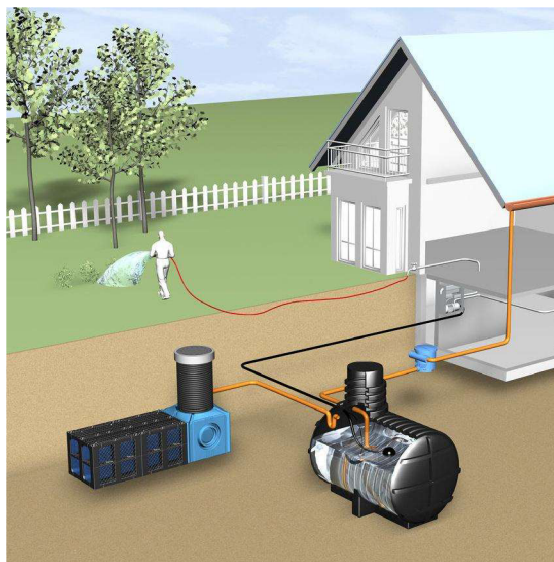
Splachování s dešťovou vodou je z hlediska velmi vysokých úspor pitné vody jedno z nejzajímavějších využití. Splachování zaujímá největší část z průměrné spotřeby vody v domácnosti. Úspory jak ekonomické, tak ekologické vybízejí k tomuto využití. Není vyžadována voda vysoké jakosti, a navíc z důvodu měkkosti dešťové vody nedochází k přílišnému usazování vodního kamene.

Údržba

Mezi údržbové práce, pro které je vhodná dešťová voda patří mytí aut, úklid a podobné. Často není požadována vysoká jakost a u některých činnostech je potřeba velké množství vody, díky čemuž je využití dešťové vody vhodné z hlediska úspor.

Vsakování

Často se setkáváme s požadavkem stavebního úřadu na minimalizaci vypouštění dešťových vod do kanalizace, požaduje se vsakování na pozemku. Vsakování má pozitivní vliv na povodňové průtoky v tocích a doplňuje zásoby podzemní vody, které se celosvětově zmenšují a tím dopomáhá k zadržování vody v krajině [8].



Obr. 6 Schéma vsakovacího zařízení s využitím dešťové vody [21]

Závlaha

Závlahu, jako jedno ze zajímavějších využití dešťových vod, detailněji popisuje následující kapitola.

3.3 ZÁVLAHY

Závlahy patří spolu s odvodňováním a ochranou půdy mezi základní prvky používané při zodpovědném hospodaření. Závlahou se rozumí dodávání vody k rostlinám. Konkrétní účel závlahy může být různý (např. protimrazová, hnojivá) a dle účelu se zpravidla volí i způsob (k rostlině, na povrch rostliny). Nejčastěji se setkáme se závlahou doplňkovou, která slouží k doplnění vláhové potřeby rostlin.



Obr. 7 Závlahový systém [1]

V České republice není v průměrném roku naplněna vláhová potřeba většiny polních plodin, proto je vhodné s ohledem na častější výskyt sucha věnovat závlahám větší pozornost. Pěstování náročných rostlin (brambory, chmel, zelenina) se bez závlah neobejde, v dlouhodobě suchých oblastech (jižní Morava, střední Čechy) je nutné zavlažovat i méně náročné rostliny.

3.3.1 Dělení – typy závlah dle účelu

Při výběru vhodného typu závlahy je nutné zvážit, co je cílem, kterého chceme dosáhnout. Často je třeba s ohledem k plánovanému výsledku použít kombinace typů závlah.

Doplňková

Doplňková závlaha slouží k doplnění vláhové potřeby vody. Proto se vyskytuje nejčastěji a pro její využívání jsou dostupné prověřené zkušenosti. V principu jde o dopravu vody ke konkrétní rostlině. Dodává se ve vegetačním období (duben až říjen), výjimečně při nedostatku zimní vláh v předvegetačním období.

V mírných oblastech závlaha doplňuje potřebné množství vláh, avšak v suchých oblastech může krýt celou vláhovou potřebu. Velikost závlahy závisí na mnoha faktorech (často kombinovaných) – nedostatečné nebo nevhodně rozdělené srážky, teplota vzduchu, vlhkost ovzduší, rychlost a povaha větrů, nepříznivé sklonitostní, půdní nebo hydrologické poměry [4].

Doplňková závlaha může využít rozmanité druhy vod, které nezpůsobí poškození půdy nebo rostlin. Jako ideální se jeví voda dešťová, protože rostlinstvo zavlažuje přirozeně už z principu, případně povrchová voda s dostatkem kyslíku. Důležitá je také vhodná teplota vodního zdroje.

Při návrhu doplňkové závlahy je nutná podrobná analýza zavlažované oblasti a výpočet potřebného vláhového množství. Výpočet je podrobně popsán v ČSN 750434.

V následující tabulce můžeme vidět na pokusu závlahy brambor, že samotná závlaha má stěžejní vliv na jejich výnos. Varianta 1 je bez závlahy, dále jsou varianty zvolené postupně 60 %, 65 % a 70 % celkové využitelné kapacity. Výnos brambor se zvýšil o 30-60 % v porovnání s variantou bez závlahy [6].

No fertigation with irrigation		
Variant	Yield (t.ha ⁻¹)	Increase (%)
1	26.4	--
2	38.2	44.5
3	43.2	53.8
4	40.6	63.7

Obr. 8 Zvýšení výnosu brambor při použití doplňkové závlahy [6]

Hnojivá

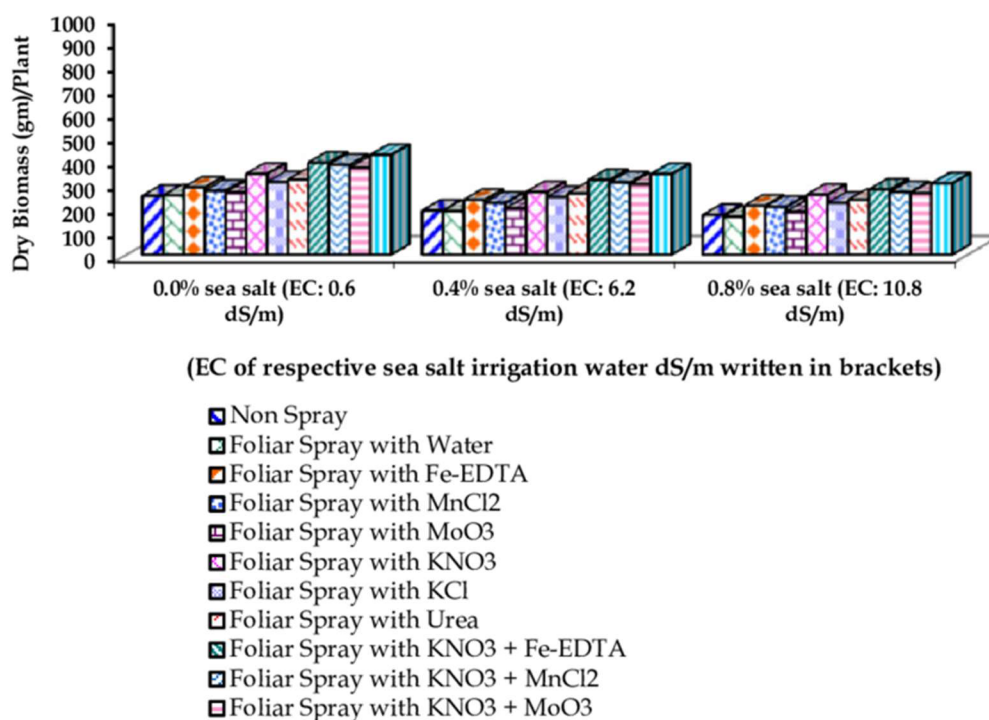
Pro správné fungování metabolismu a fotosyntézy v rostlinách jsou potřeba dva druhy živin: makronutrienty a mikronutrienty.

Makronutrienty jsou dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a síra. V rostlinách se obvykle vyskytují v množství 1000ppm. Obvykle se nacházejí v půdě, avšak v případě jejich nedostatku je možné je dodávat pomocí závlah.

Mikronutrienty jsou železo, mangan, bor, měď, molybden, zinek a křemík. V rostlinách se obvykle vyskytují v množství 500ppm, vysoké koncentrace ale mohou být pro rostliny toxické. Některé mikronutrienty již přirozeně voda obsahuje (v závislosti na zdroji vody). Z analýzy lze zjistit, které je nutné pro optimální růst rostlin nutné přidávat. Z důvodu jejich toxicity je vhodné v pravidelných intervalech sledovat jejich množství, aby nedocházelo k zvyšování jejich množství [2].

Kombinace hnojivé a doplňkové závlahy umožňuje snížit náklady na klasické hnojení a dosáhnout optimálního růstu rostlin.

Na obrázku níže můžeme vidět, jak ovlivňuje dávkování různých nutrientů pomocí závlahy postřikem hmotnost biomasy (osa y).



Obr. 9 Hmotnost suché biomasy při dávkování různých živin závlahou postřikem [3]

Zvláštní

Závlahy lze využít mimo dodání vody k mnoha dalším účelům. Mezi nejčastěji používané se řadí následující zvláštní závlahy.

Oteplovací závlaha:

Jak již název naznačuje, tato závlaha využívá vodu o vyšší teplotě, než je teplota půdy. Omezuje se tím působení mrazů a tím se podpoří vývoj rostlin a zlepší teplotní stav půdy, který vede k chemickým a mikrobiálním procesům v půdě.

Ve výjimečných případech u některých rostlin lze využít i k ochlazení půdy a vegetace.

Pro oteplovací závlahu jsou kvůli své teplotě vhodné vody z řek a nádrží, případně odpadní vody. Nevhodné jsou naopak podzemní vody [4].

Ozdravovací nebo dezinfekční závlaha:

Ozdravovací nebo dezinfekční závlaha se používá k ochraně proti škůdcům a chorobám. Pole se zaplaví vodou v zimě nebo začátkem jara, následně voda zmrzne a způsobí úhyn škůdců.

Ve vegetačním období lze silnějším postřikem ve správný čas zabránit nebo zpomalit vývoj dalších škůdců.

K likvidaci plísní lze použít postřik dezinfekčními roztoky.

Jako užitečná se také jeví závlaha odpadními vodami, kdy se půda čistí a zároveň dochází ke hnojení [4].

Protimrazová zálaha:

Vzhledem ke klimatickému vývoji v posledních letech, především působením nebezpečných pozdních jarních mrazů, získává protimrazová zálaha na popularitě.

Povrch rostlin se při postřiku obaluje ledovým krytem a při jeho vzniku je uvolňováno skupenské teplo. Postřik je nutné provádět bez přerušování, z toho vyplývají vyšší nároky (až desetinásobně) na vodní zdroj a kapacitu zálahového systému v porovnání s doplňkovou zálahou. Rizikem může být výpadek dodávky elektrické energie nebo porucha systému zavlažování, případně nedostatek vody z vodního zdroje.

Protimrazovou zálahu lze použít až do $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, avšak vhodné je se pohybovat maximálně okolo $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4].



Obr. 10 Listy chráněné vrstvou ledu [12]

Klimatizační závlaha

Klimatizační závlaha upravuje teplotu a vlhkost v přízemní vrstvě nad zavlažovanými plodinami a tím řeší problémy nejen se suchou půdou, ale i se suchým vzduchem, který zpomaluje, někdy i zastavuje fotosyntézu (u většiny plodin se fotosyntéza zastavuje při 30 až 35 °C) a to snižuje výnos plodin [4].

Princip klimatizační závlahy spočívá v zavlažení přízemní vrstvy vzduchu, povrchu půdy a povrchu rostlin. Následným výparem se rostliny ochlazují a chladnější vzduch se mísí s teplejším. Vrstva promíchaného vzduchu tvoří vhodné mikroklima v suchých letech nebo v aridních oblastech.

Při návrhu klimatizační závlahy je nutné počítat s tím, za jakou dobu se voda vypaří z povrchu rostlin. Také je nutné zohlednit, zda je zdroj vody pro závlahy dostatečný.

Systemy klimatizačních závlah často řeší současně i závlahu doplňkovou.

Aerosolová (disperzní) závlaha

Aerosolová závlaha je vhodná pro suché a horké dny. Princip spočívá v jemném rozptýlení částic vody. Spotřeba vody v porovnání s doplňkovou závlahou je přibližně 10x menší [X]. Aerosolovou závlahu nelze použít pro dodávku doplňkové závlahy, je tedy výhodnější spojit aerosolovou závlahu s doplňkovou – to řeší impulzní závlaha.



Obr.11 Aerosolová (disperzní) závlaha [23]

Impulzní závlaha

Impulzní závlaha funguje na principu pravidelně se opakujících malých dávek vody pomocí postřikovače, kterými současně upravuje vlhkost i teplotu nad zavlažovanými plodinami. Interval závisí na intenzitě výparu. Výhodou oproti použití pouze doplňkové závlahy je nevysychání vrchní vrstvy rostliny.

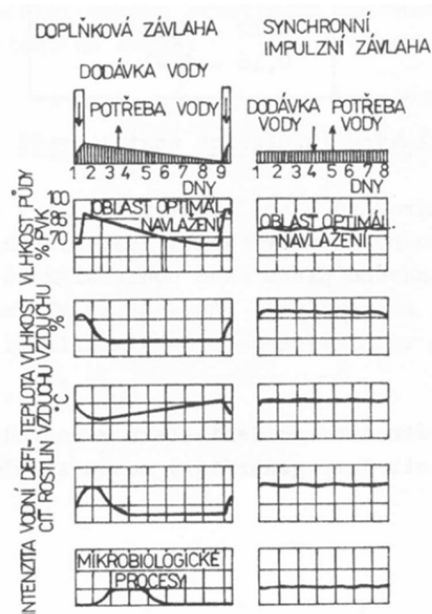
Plodina	0–30 cm	30–60 cm	60–90 cm	90–120 cm	120–150 cm	nad 150 cm
cukrovka	61 %	19 %	12 %	8 %	–	–
brambory	57 %	24 %	15 %	6 %	–	–
obilniny	65 %	15 %	11 %	9 %	–	–
vojtěška	47 %	15 %	15 %	12 %	8 %	3 %

Obr. 12 Odběr vody v % zemědělskými plodinami z různých vrstev půdního horizontu [4]

V současnosti se objevují zavlažovací děla, což jsou impulzní postřikovače s dostřikem 50–70 m. Toho se dosahuje stlačeným vzduchem pod postřikovačem [4].

Synchronní impulzní postřik

Synchronní postřik dokáže nepřerušeně zavlažovat celé vegetační období dle vláhové potřeby. Postřikovače reagují na základě snížení tlaku v rozvodné síti – opakuje se plnění nádrže a krátký postřik. Regulace tlaku probíhá pomocí čerpací stanice, která se řídí podle časového plánu nebo čidel. Výhodou je možnost výměny vadného postřikovače během chodu systému, a také lze navrhovat menší průměry potrubí [4].



Obr. 13 Vybrané charakteristiky při periodické doplňkové závlaze a impulzním synchronním postřiku [4]

Osvěžující závlaha

Osvěžující závlaha je jedním z prvních systému klimatizačních závlah. Její princip spočívá v zavlažování malými dávkami v suchých dnech. Vhodná je především u rostlin citlivých na krátkodobé zvýšení teploty a pokles relativní vlhkosti [4].

Umělá mlha

Závlaha pomocí umělé mlhy je vytvořena pomocí husté sítě nadzemního potrubí, na kterém se pomocí jemných dýz a tlaku vody vytváří umělá mlha. Potrubí ale zavazí zemědělské mechanizaci a pořizovací náklady jsou vysoké, tudíž se nehodí pro velké plochy [4].



Obr. 14 Umělá mlha [24]

3.3.2 Zdroje vod pro závlahu

Vodní zdroj je jeden z nejdůležitějších aspektů při navrhování závlahového systému. Zvýšená potřeba vody a zároveň potřeba vyššího tlaku vyžaduje důkladné zvážení kapacity dostupného zdroje. Následující rozdělení uvažuje vhodnost pro závlahu parkových ploch. Někdy je potřeba provést rozbor vody, převážně u vrtaných studní [18].

Studny

Kopané:

Kopané studny mají většinou velkou vydatnost vody. Kvalita vody bývá dobrá, proto nevyžadují akumulaci ani filtraci a lze z nich čerpat vodu rovnou do závlahového systému.

Vrtané:

Vrtané studny většinou nemají dostatečnou vydatnost. Problémem může být nasávání jemných částic, především písku z okolí vrtu. Jeho abraze poškozuje čerpadlo a další prvky závlahového systému. Proto se většinou voda přečerpává do akumulační nádrže a až následně do závlahového systému.

Povrchové zdroje

Potoky, řeky nebo nádrže se využívají v případě velkých závlahových systémů. Vody je velké množství, ale bývá problém s biologickým znečištěním a následnou nákladnou filtrací. Zároveň je třeba vybudovat například břehový jímací objekt.



Obr. 15 Odběr vody pro závlahu [19]

Vodovodní řad

Velká výhoda využívání vody z vodovodního řadu je její vysoká kvalita a nevyžaduje tedy speciální úpravu. Problémem může být zajištění dostatečného tlaku. Někdy je nutné nainstalovat posilovací čerpadlo na vodovodní řad. Vodárny toto nerady povolují. Dalším negativem je cena vody. Doporučuje se instalovat podružný vodoměr, není nutné platit stočné. Vhodné pro menší plochy.

Akumulovaná

Akumulovaná voda je v mnohých případech – jako v této diplomové práci nutné řešení. Typicky jde o kombinace vod z různých zdrojů a pokud se používá dešťová voda, vždy. Voda se dále akumuluje a poté čerpá do závlahového systému. Nevýhodou jsou náklady na vybudování akumulací nádrže. Naopak ale akumulací nádrž slouží jako usazovací a tím funguje jako jeden z prvků čištění.

V současnosti se často (hlavně ve městech) setkáme s požadavkem stavebního úřadu na pozdržení dešťové vody z důvodu regulace množství vody přitékající na čistírnu odpadních vod a tím se zabrání jejímu zahlcení. V těchto případech se musí vybudovat retenční nádrž a přímo se nabízí současně uvažovat o nějakém způsobu využívání dešťové vody.

Umístění akumulací nádrže musí respektovat hygienické požadavky (detailněji kapitola 3.3.3) a musí zohlednit prostorové možnosti řešeného objektu. Musíme se zamyslet i nad únosností konstrukcí, pokud akumulací nádrž umísťujeme uvnitř objektu. Někdy se můžeme setkat s tím, že není finančně možné nádrž vůbec umístit. Je dobré toto vše brát v potaz ještě před samotným návrhem.

3.3.3 Úprava dešťových vod pro závlahu

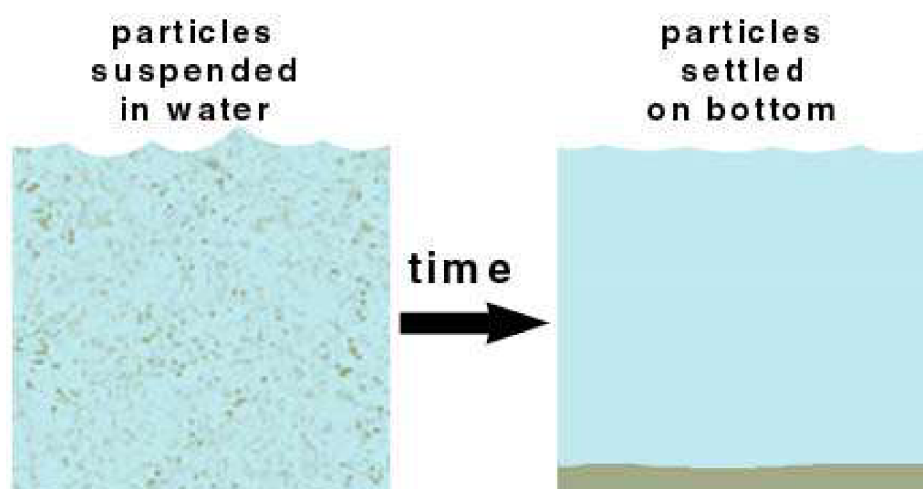
Ve většině případů dešťová voda nevyžaduje speciálních úprav. Je důležité brát v potaz, že používáním dešťové vody nesmí v žádném případě dojít k ohrožení zdraví nebo ke kontaminaci životního prostředí. Při použití na závlahu nemusíme filtrovat (kromě mikrozávlah, kde hrozí ucpání kapkovačů), musíme ale zabezpečit, aby se do akumulací nádrže nedostávalo listí nebo jiné větší nečistoty. Naopak při využití například pro praní je již nutné dešťovou vodu upravovat. Vždy je nezbytné dodržovat požadavky všech prvků systému využívání dešťové vody a dle toho přizpůsobit samotný návrh.

Sedimentace

Sedimentace je nejzákladnější proces úpravy vody. Sedimentací se oddělují tuhé částice (přírodní, vzniklé koagulací – shlukováním částic) od kapalně fáze. Usazování probíhá pomocí gravitace. Po usazení vzniká sediment, často označovaný jako kal.

Sedimentace dokáže z vody odstranit až 90 % suspendovaných látek. Účinnost tohoto procesu je závislá především na tvaru a velikosti částic a na rychlosti proudění vody. Zatímco hrubé suspendované látky se odstraňují snadno, jemné suspendované látky sedimentují pomalu a účinnost sedimentace je nižší [29].

Proces sedimentace probíhá dle obecných fyzikálních zákonů. Při sedimentaci na částice působí tři základní síly – tíha, vztlak a odpor prostředí. Tíha a vztlak jsou konstantní a odpor prostředí závisí na hustotě kapaliny, její viskozitě, tíhovém zrychlení, tvaru částice a jejich rozměrech a zvyšuje se s rychlostí klesání. Kapalně prostředí klade značně větší odpor částicím nepravidelného tvaru než částicím kulovým [30].

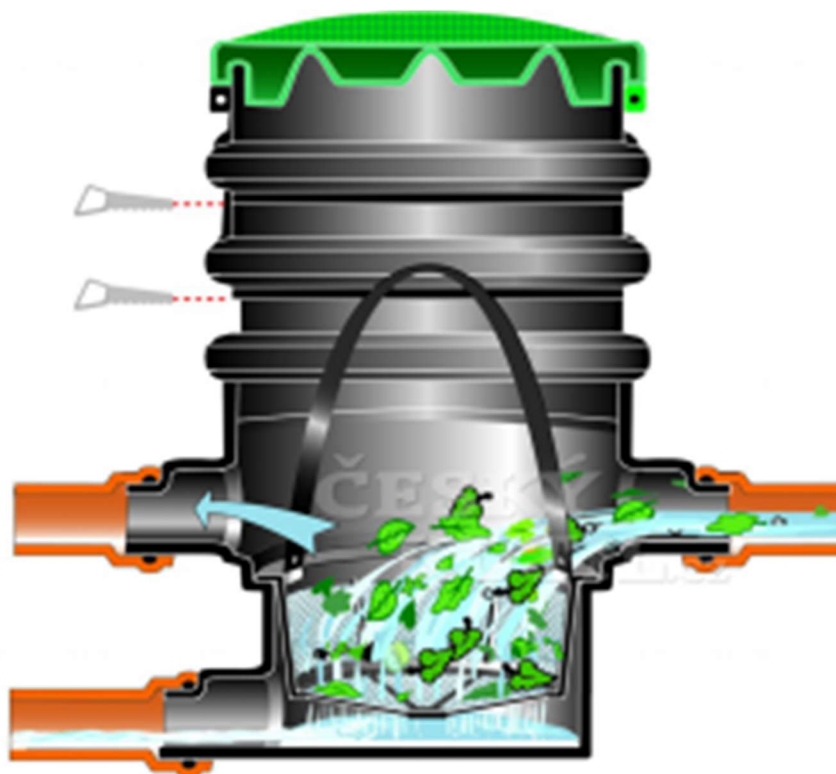


Obr. 16 Proces sedimentace [31]

Filtrace

Filtraci lze zajistit interním nebo externím filtrem. Interní filtry jsou uvnitř nádrže, mají jeden přítok a jeden odtok, nabízejí možnost připojit přepadový odtok přebytečné vody. Externí filtry jsou samostatné filtrační šachty umístěné mezi jímku a okapový svod. Umožňují napojení více větví svodného systému, v případě samočisticích filtrů mají odtok přebytečné vody do kanalizace.

Pro využití v zahradě se používá filtrační závěsný koš přímo pod nátok do nádrže. Nevýhodou je, že když se filtrační košík zaplní nečistotami a není vyprázdněn, voda i s nečistotami přetéká do nádrže. Pro využití vody v domácnosti je potřeba dokonalejší filtrace vody pomocí podzemní filtrační šachty. Filtrační šachta se napojuje mezi okapový svod a nádrž a zpravidla umožňuje spojení dvou větví okapových svodů. Po přefiltrování vody umožní odtok čisté vody do nádrže, případně odtok přebytečné vody a nečistot do kanalizace. Je možné ji nastavit podle hloubky uložení potrubí pomocí teleskopického poklopu [8].



Obr. 17 Příklad filtru [32]

Odlučování lehkých kapalin

Pokud zachytáváme dešťovou vodu z komunikací, parkovišť nebo jiných ploch, kde hrozí kontaminace ropnými látkami, musíme tyto lehké kapaliny zachytit. Zařízení zachycující ropné látky odborná veřejnost nazývá LAPOL. I v případě vypouštění do kanalizačního systému je toto zařízení nezbytné. Na následujícím obrázku můžeme vidět schéma odlučovače lehkých kapalin.

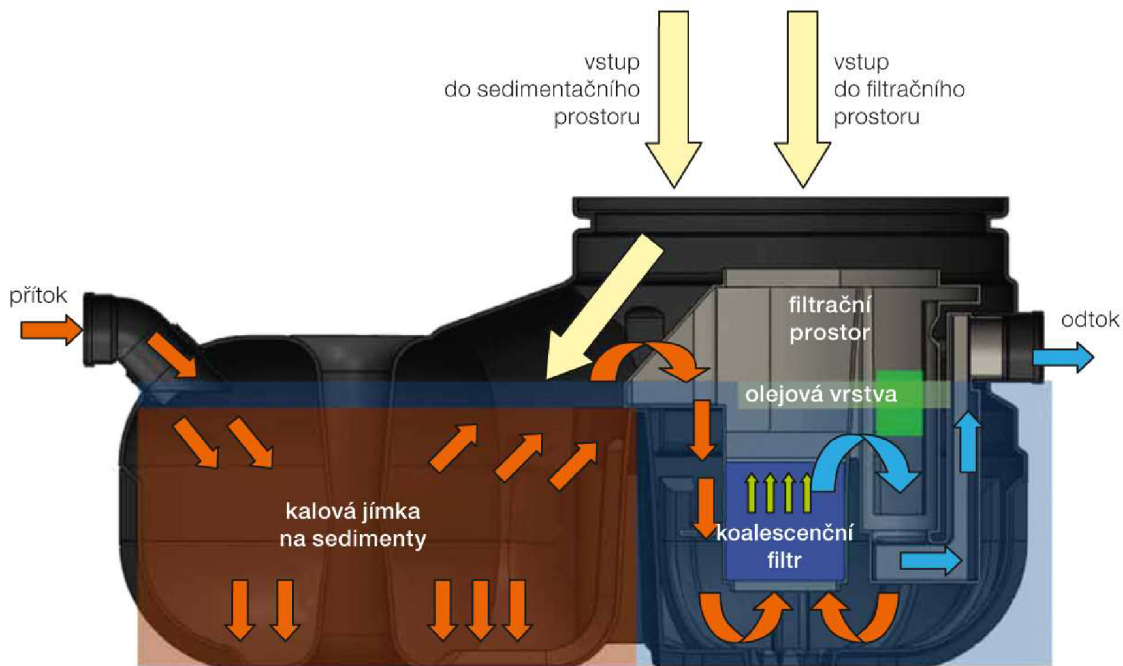


Schéma průtoku vody přes odlučovač ropných látek s koalescencí

Obr. 18 Schéma odlučovače lehkých kapalin [33]

Požadavky na akumulaci

Aby nedocházelo ke znovuznečištění (převážně mikroorganismy), je nezbytné dodržet některé zásady. Je třeba zabránit kontaktu s přímým slunečním zářením a tím zabránit zvyšování teploty, které vede k růstu mikroorganismů. Vhodné je akumulační nádrž umístit do suterénu nebo případně pod terén.

Dešťovou vodu z hygienických důvodů není vhodně akumulovat déle než 21 dnů [34].

3.4 ZÁVLAHA POSTŘÍKEM

Závlaha postřikem je metoda zavlažování, která napodobuje déšť. Díky tomu ji lze použít i pro členitý terén a je vhodná pro většinu plodin. Spolu s kapkovou závlahou patří mezi nejvyvinutější a nejpoužívanější systémy závlah. Voda je potrubím dopravovaná nejčastěji pomocí čerpadel, poté je rozstříknuta do vzduchu a zavlažuje celý povrch pomocí malých kapek.



Obr. 19 Závlaha postřikem [Ronco Irrigation]

3.4.1 Popis systému závlahy postřikem

Typicky se systém skládá z následujících prvků:

- Čerpadlo
- Hlavní a vedlejší potrubní řady
- Postřikovače

Závlaha postřikem je variabilní, lze ji použít pro malé i velké pozemky, můžeme ji ovládat ručně nebo použít automatický závlahový systém a díky rozmanitosti druhů postřikovačů a jejich průtoků je lze použít pro většinu plodin.

System závlahy postřikem je vždy nutné detailně navrhnut, aby došlo k vykrytí všech částí pozemku, které chceme zavlažovat nebo abychom naopak nezavlažovali místa, která zavlažovat nechceme. Také závlaha postřikem není příliš rovnoměrná. Na obrázku níže můžeme vidět, jak množství závlahy se vzdáleností od postřikovače klesá.



Obr. 20 Množství závlahy s rostoucí vzdáleností [28]

Z tohoto důvodu musí postřikovače pracovat v blízkosti, aby se jejich zavlažovaná plocha překrývala. Z pravidla by překrytí mělo být alespoň 65 % zavlažovanému průměru – toto určuje vzdálenosti postřikovačů od sebe [28].

3.4.2 Výhody a nevýhody závlahy postřikem

Největší výhodou závlahy postřikem je jednoduchost systému – relativně nízké náklady na pořízení a určitá mobilita systému. Další výhodou je možnost použití pro různé typy plodin a rozmanitosti terénu.

Největší nevýhodou závlah postřikem je, že kapky ve vzduchu odfoukne i menší vítr, a to prudce snižuje účinnost závlahy. Vítr a vysoké teploty také zvyšují evapotranspiraci a tím negativně ovlivňují závlahu. Další nevýhodou může být větší potřeba vody a také vyššího tlaku. To zvyšuje náklady na čerpání a provoz systému. Také tím vzniká riziko, kdy při opotřebení prvků nelze zaručit dostatečný tlak na postřikovači. Moderní postřikovače již disponují samočisticím mechanismem (pomocí změny tlaků) a díky tomu se již nesetkáváme tolik s jejich ucpáváním.

3.5 KAPKOVÁ ZÁVLAHA

Dle současných předpokladů bude do roku 2050 na naší planetě 10 miliard lidí, díky tomu a také z důvodu klimatických změn klesne podíl plochy úrodné půdy na člověka o 20 %. Zároveň se voda stává ve stále více oblastech nedostatkovou komoditou. Závlahy jsou jednou z oblastí, kde lze dosáhnout vysokých úspor a zároveň vyšších výnosů plodin při využití správně zvolené technologie. Proto se kapková závlaha stává v současnosti využívanější než dříve, a to převážně v oblastech postižených klimatickou změnou nejvíce. Její využití je ovšem přínosné i v oblastech s dostatečným vodním režimem.



Obr. 21 Detail kapkovací hadice [17]

Kapková závlaha je nejefektivnější způsob závlahy a dodávání živin. Doručuje vodu a živiny přímo ke kořenovému systému rostliny (v případě zvláštních závlahových systémů i na jiná místa) a to v přesném množství, jaké rostlina potřebuje ke svému správnému růstu. Díky tomu dochází k úsporám vody pro závlahu, nedochází k nadužívání hnojiv a omezuje se používání pesticidů [15]. Udržováním přesného množství vody, vlhkosti a živin pro každou rostlinu dokáže kapková závlaha dosáhnout až 90 % účinnosti na rozdíl od 75 % účinnosti závlahou postřikem nebo 60 % účinnosti při využití povrchové závlahy [16].



Obr. 22 Pole zavlažované kapkovou závlahou, Peru [16]

Příkladem může být projekt Niger Irrigation Program (NIP) firmy Netafim podporovaný fondem Pilot Program for Climate Resilience (PPCR), který financuje projekty pro pomoc oblastem klimatickou změnou nejvíce ohrožených. Projekt byl realizován v Nigeru, v oblasti Sahel. Tato oblast se otepluje 1,5krát rychleji než světový průměr, teploty zde přes den přesahují 45° Celsia. 80 % úrodné půdy degradovalo a prohlubuje se tak nedostatek jídla v oblasti. Firma Netafim nainstalovala kapkovou závlahu na parcely od 250 m² až 2500 m². Závlahová čerpadla využívají sluneční energii. Přes počáteční komplikace s odborností obsluhy, dostupnosti náhradních dílů a absence plánování produkce plodin se podařilo stabilizovat zemědělství v oblasti a nyní můžeme vidět rajčata, ibiškovce, moringu, papayu, papriky, vodní melouny. To vše při snížení původní spotřeby vody až o 55 %. Vše postupně vede ke zvyšování příjmů populace v oblasti a řeší komplikace s nedostatkem jídla [17].

3.5.1 Popis systému kapkové závlahy

Typicky se systém skládá z následujících prvků:

- Čerpadla nebo tlakový systém
- Filtrační zařízení (v závislosti na použitém vodním zdroji)
- Systém dávkování živin (pokud je využíván)
- Regulátor tlaku
- Potrubí a kapkovací potrubí
- Ovládací a bezpečnostní ventily
- Řídící jednotka

V současné době existuje mnoho různých prvků kapkové závlahy, převážně z důvodu její variability použití. Vždy je nutný návrh přizpůsobit plánovanému využití. Prvky systému závisí především na topografii terénu, velikosti zavlažované plochy, vlastnostech půdy, potřebné filtrační kapacity apod. [16].

3.5.2 Typy kapkovačů

Kapkovače můžeme rozlišovat dle umístění kapkovačů na kapkovací hadici. Typ vybíráme vždy dle konkrétního použití. Někdy může být vhodné využít kombinaci obou typů.

On-line

On-line kapkovací hadice jsou z výroby bez kapkovačů a vyžadují jejich manuální instalaci. Díky tomu lze vodu dovést přesně na místa potřeby. Výhodou je využití při různém rozmístění rostlin. Další výhodou je možnost regulovat průtoky kapkovačů dle instalovaného kapkovače – i na stejné hadici. Nevýhodou je pracnost při instalaci kapkovací hadice.

In-line

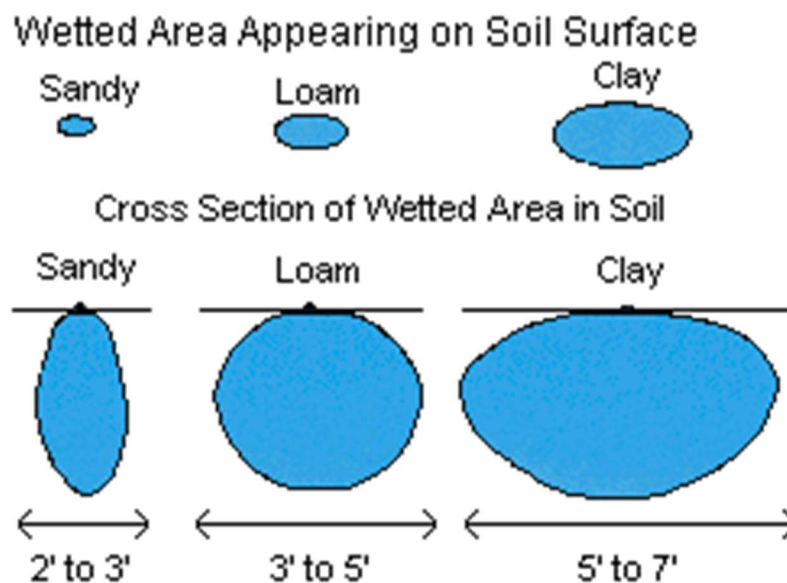
V případě in-line kapkovacích hadic jsou kapkovače v hadici zabudovány již z výroby. Kapkovače mají pevně danou rozteč a hodí se tak pro přesně rozmístěné rostliny. Výhodou je snadná instalace a použití. Zároveň jsou vhodné pro velké plochy. Nevýhodou je, že není možné měnit parametry kapkovačů nebo jejich rozteč.

3.5.3 Uložení kapkovací hadice

Kapkovací hadice se nejčastěji ukládají na povrch zeminy v blízkosti zavlažované rostliny. Často se setkáme i s kapkovací hadicí vedenou na vodících drátech nad terénem. V některých případech je možné kapkovací hadice vést pod terénem. Uložení volíme dle zavlažované rostliny. Hadice bývají z odolných materiálů, je možné přezimování (bez vody v systému). Důležité je zabránit ucpání kapkovačů menšími částicemi.

3.5.4 Rozsah navlažení

Na rozdíl od povrchové závlahy nebo závlahy postřikem kapková závlaha zavlažuje pouze částí půdy kolem kořenové zóny rostliny. Díky tomu využívá až o 30 % menší množství vody než ostatní metody. Vzor je také závislý na druhu půdy [37].



Obr. 23 Rozsah navlažení kapkové závlahy pro různé materiály (písek, hlína, jíla) [38]

3.5.5 Úprava vody pro kapkovou závlahu

Přestože dešťová voda z pravidla úpravy v případě využití pro závlahu nepotřebuje, při využití kapkové závlahy je nutné zajistit filtraci, aby nedocházelo k ucpávání hadic nebo kapkovačů. Do systému kapkové závlahy by se neměly dostat částice větší jak 0,1 mm. Detailní požadavky na filtraci najdeme v technické specifikaci výrobce. Nejčastěji se setkáme s diskovými filtry nebo jemnými síťovými filtry. Filtr nesmíme zapomenout pravidelně čistit.

3.5.6 Výhody a nevýhody kapkové závlahy

Jednou z největších výhod kapkové závlahy je efektivní využívání vody. Správně navržená kapková závlaha minimalizuje ztráty povrchovým odtokem nebo evaporací prakticky na nulu. Snížením množství vody také klesají náklady na produkci plodin. Další výhodou může být omezení působení škůdců, v hlavní řadě houbových onemocnění. Výraznou výhodou je také možnost plánování závlahy tak, aby přesně odpovídala potřebám rostlin, a tím lze dosáhnout vyšších výnosů plodin. Stejně jako u vody, živiny a jiné chemické ošetřující látky mohou být aplikovány přesně podle potřeb dané rostliny a snižuje se tak jejich používané množství. Tím, že jsou živiny nebo pesticidy dávkovány přímo ke kořenovému systému rostlin nedochází ke zbytečnému odplavování do přírody. Zajímavou výhodou je i variabilita systému, kdy lze kapkovou závlahu navrhnout na různě tvarovaný terén i pro rozmanité vlastnosti půdy, například slané nebo písčité půdy, kde ostatní druhy závlah často provází komplikace. Tam se kapková závlaha osvědčila a lze díky ní pěstovat citrusy, olivy, jablka a zeleninu [16]. Kapková závlaha není příliš závislá na počasí, narozdíl od postřiku jí nevaří silný vítr, a ani nízké teploty nejsou při správném použití překážkou.



Obr. 24 Kapková závlaha olivovníku, Peru [16]

Nevýhodou může být vyšší pořizovací cena, která avšak přímo závisí na charakteristikách navrhovaného systému. V případě nenáročného terénu a vhodného zdroje vody pro zálahu může být cena podobná například postřikovým systémům, ale s daleko vyšší účinností. Naopak při nevhodném zdroji vody může cenu systému zálahy ovlivňovat náročnost filtrace zdrojové vody (nebo přímo její cena v případě odběrů z vodovodního řadu). Další z nevýhod může být zanášení nebo posun kapkovačů (například při přívalovém dešti), případně mechanické poškození hlodavci nebo jinými zvířaty a také ostatní technikou jako jsou traktory nebo jiná mechanizace [16].

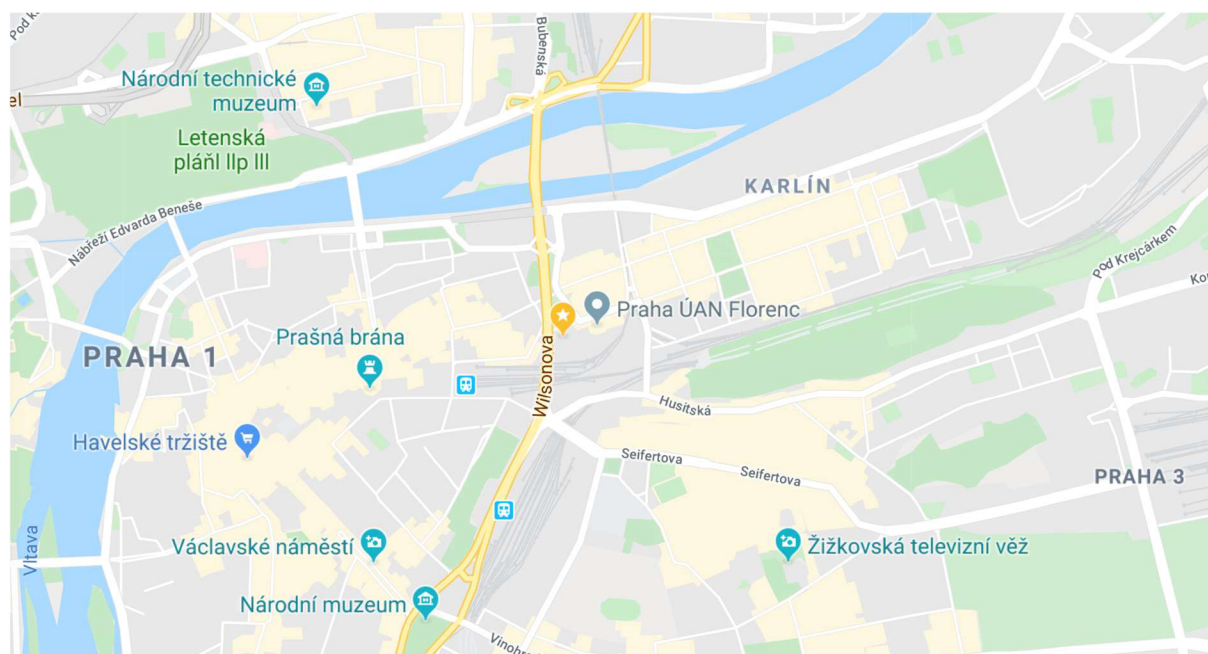
4 STUDIE ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

V praktické části této diplomové práce provedu analýzu vybrané lokality a samotného řešeného objektu a na vhodných plochách navrhnu závlahový systém sadových úprav. Jako zdroj vody využiji dešťovou vodu, v případě dlouhých bezdeštných období doplňovanou vodou z vodovodního řadu. Následně zhodnotím, zda se v tomto případě vyplatí dešťovou vodu využívat.

4.1 POPIS LOKALITY A STÁVAJÍCÍ STAV

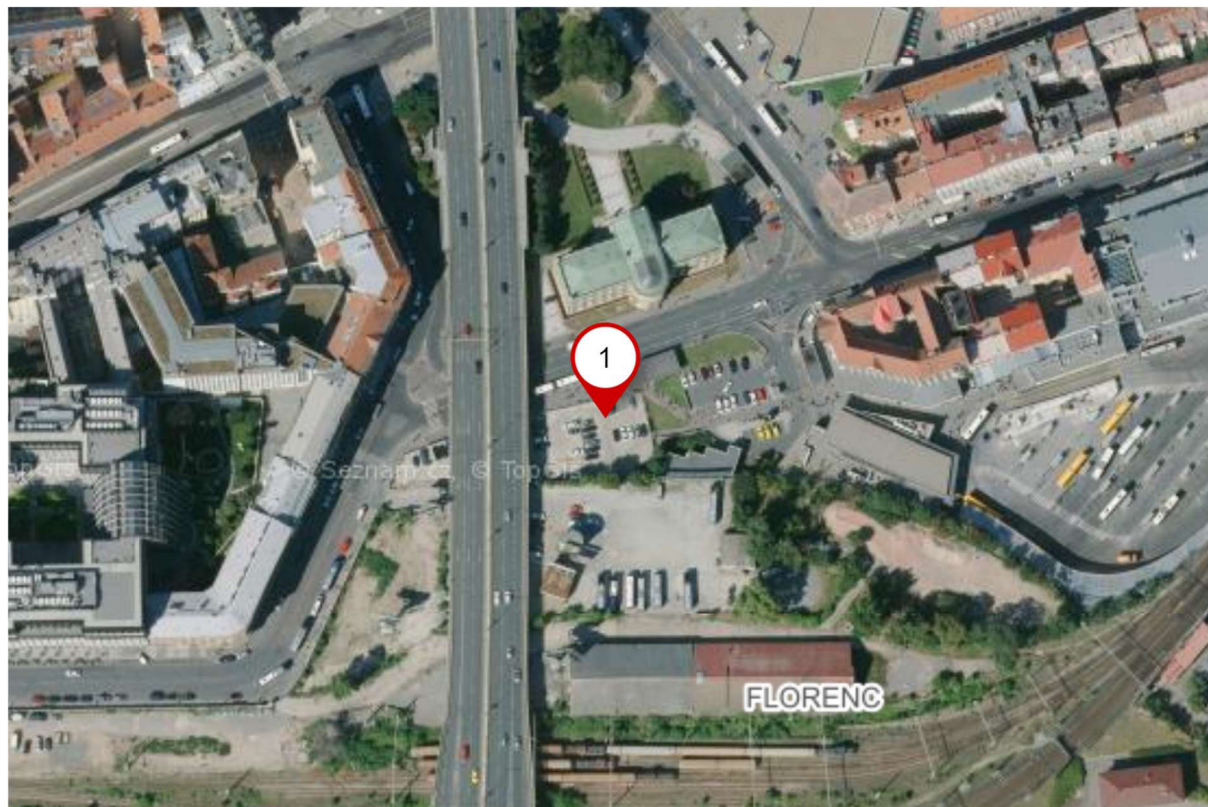
Řešená lokalita se nachází na území Prahy 8 – západní nevyužitá plocha autobusového nádraží Praha – Florenc. Jedná se o volné prostranství mezi novou odbavovací halou autobusového nádraží a křižovatkou komunikací Na Florenci a Křížíkova.

Zájmové území je ohraničeno na severozápadě ulicemi Křížíkova a Na Florenci, v jihovýchodní části odbavovací halou autobusového nádraží, stávající zástavbou a výstupy z metra mezi budovami v ulici Křížíkova. Na západní části území omezuje mostní konstrukce magistrály (výškově). Na západní části se nachází opěrná zeď zvýšené úrovně drážních ploch Českých drah. Na obrázku níže je řešená lokalita označena hvězdičkou.



Obr. 25 Lokalita řešeného území [Google Maps]

Převážnou část pozemku tvoří plocha stávajícího parkoviště. S výstavbou haly autobusového nádraží Florenc bylo upraveno bezprostřední okolí – zahuštění keřových výsadeb a stromy podél zdi v jižní části pozemku. Dřeviny ovšem nebude možné zachovat. Na následujícím obrázku můžeme vidět letecký pohled na řešenou lokalitu.



Obr. 26 Ortofoto řešeného území [Mapy.cz]

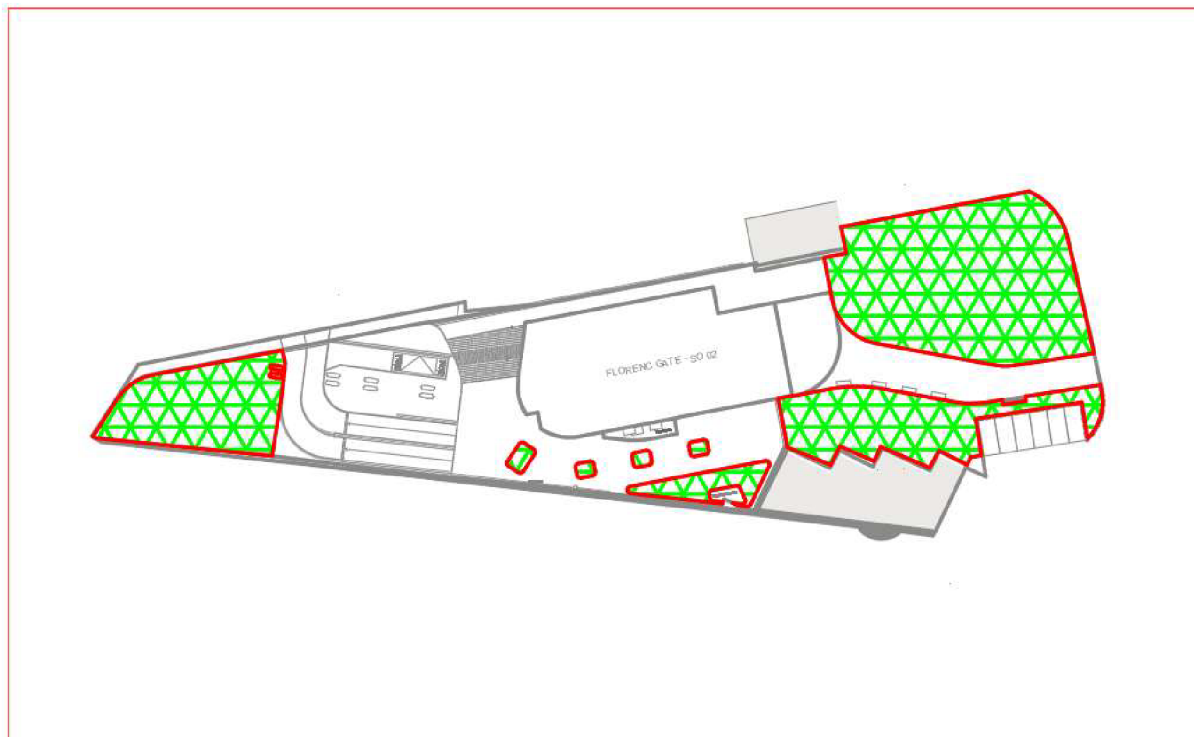
Řešené území se nachází v Památkové rezervaci v hlavním městě Praze (PPR). Pro stavební činnost jsou tedy stanoveny podmínky – musí se dbát architektonických vztahů ke kulturním památkám a jejich souborům, navazovat na jejich objemovou a prostorovou skladbu i prostředí a dotvářet jejich celky.

Lokalita se také nachází v památkové zóně Praha 8 – Karlín. Dále se zde nachází různá další ochranná pásma, nepodstatná pro řešení této práce.

Navržená stavba se nenachází v záplavovém území, napojení na dopravní infrastrukturu odpovídá stávajícímu vjezdu povrchového parkoviště.

4.1.1 Plochy vhodné pro sadové úpravy

Z koordinační situace lze vybrat plochy vhodné pro sadové úpravy a pro ně dále navrhnout odpovídající druh závlahy. Některé plochy vycházejí z architektonického návrhu (stromy na terase) a jejich pozice je tak daná. Na ostatních plochách je nutné navrhnout sadové úpravy s ohledem nejen na využití, ale také na vzhled a prostorové umístění. Na následujícím obrázku můžeme vidět plochy vhodné nebo určené k sadovým úpravám.



Obr. 27 Plochy pro sadové úpravy

Na těchto plochách navrhne dle koncepce sadových úprav navrhne trávnickové plochy doplněné plochami s okrasnými dřevinami. Následně navrhne závlahový systém kapkové závlahy v kombinaci s postřikovači.

4.1.2 Srážkové poměry

Před samotným výpočtem je nutné zjistit srážkové poměry v dané lokalitě. Vydatnost deště zjistíme z tabulky, kterou zpracoval Trupl koncem padesátých let. Zpracoval záznamy v 98 srážkoměrných stanic a vypočítal náhradní intenzity deště pro různé doby trvání a periodicity.

Řešené lokalitě nejbližší zpracovaná srážkoměrná stanice je Praha – Podbaba (VÚV). Dle normy ČSN 75 9010 se počítá s periodicitou 0,5 a době trvání deště 15 minut. Tato hodnota je v tabulce níže zvýrazněna tučně.

Tab. 1: Vydatnost deště Praha – Podbaba [zdroj: Trupl, 1958]

doba trvání deště t [min]	vydatnost deště [l/(s.ha)] za dobu t při periodicitě n						
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
5	120,0	180,0	230,0	283,0	354,0	407,0	457,0
10	78,4	125,0	163,0	205,0	260,0	304,0	345,0
15	57,8	93,4	126,0	160,0	206,0	240,0	276,0
20	45,0	74,2	101,0	130,0	170,0	199,0	230,0
30	31,7	53,4	74,5	96,8	127,0	150,0	175,0
40	24,6	42,2	59,2	77,6	103,0	122,0	143,0
60	17,2	30,1	42,8	56,4	75,6	90,3	106,0
90	12,0	21,3	31,5	41,1	55,2	66,2	77,4
120	9,3	16,7	24,3	32,5	43,9	52,8	62,1

4.1.3 Geologické poměry

Horniny skalního podloží se nacházejí přibližně 14–16 m pod povrchem území a představují ho bohdalecké ordovické souvrství, které patří mezi měkké horniny paleozoika barrandovského synklinoria. V nezvětralém stavu jsou to šedočerné jílovité břidlice místy s prachovitou příměsí.

Zeminy kvartérního pokryvu překrývají skalní podloží dle mocnosti navážek. Jeho hloubka se pohybuje přibližně mezi 3,5 a 8 m pod povrchem zájmového území. Jedná se o říční fluvialní sedimenty, nejsou homogenní, střídají se zcela nepravidelně jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru. Převážně jsou písčité, jemno až střednězrnné s různým obsahem

jemnozrnné příměsi, místa až s přechodem do písčitých hlín a s obsahem štěrkovité frakce od několika procent po 50 % a více, kdy přecházejí ve štěrky.

Navážky tvoří mohutnou, povrchovou vrstvu zastoupenou po celé lokalitě. Jsou různého stáří, od nejstarších po nedávno ukládané nad úrovní původního terénu většiny archivních sond. Dosahuje hloubky od 6,5 m do 11 m. Složením se jedná o hlinitopísčítý materiál, stavební suť, balvany hornin apod. Tyto materiály jsou polosoudržné a nesoudržné [Technická zpráva – Geologické a hydrogeologické poměry].

4.1.4 Hydrogeologické poměry

Význačná trvalá zvoděň je vázána na průlinový systém převážně pleistocénních písků a štěrků, při vyšších stavech vody ve Vltavě i dle polohy navážek. Vydátnost jednotlivých zdrojů je závislá na zrnitosti materiálu, mocnosti zvodně a morfologii říčního dna. Orientační čerpací zkoušky zjistily v písčítých štěrcích koeficient filtrace k_f v řádu 10^{-3} m/s až 10^{-4} m/s. Méně významná zvoděň je vázána na omezený puklinový systém zvětralých břidlic a rozevřené tektonické poruchy břidlic nezvětralých. Obě zvodně mezi sebou vzájemně komunikují.

Hladina podzemní vody je v terasových sedimentech přímo závislá na hladině vody v toku, který je od lokality vzdálen přibližně 500 m. Lze ji očekávat 9 až 11 m pod současným povrchem území (se sezónním výkyvem přibližně $\pm 0,5$ m) [Technická zpráva – Geologické a hydrogeologické poměry].

4.2 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY A ANALÝZY

Z výkresové dokumentace a údajů o poloze můžeme zjistit nebo vypočítat některé základní hodnoty. Tyto hodnoty dále můžeme využít k výpočtu nebo zohlednit při samotném návrhu závlahového systému, velikosti akumulární nádrže apod.

4.2.1 Odtok dešťových vod ze střechy a terasy řešeného objektu

Dle srážkových poměrů můžeme vypočítat povrchový odtok ze střechy a terasy řešeného objektu. Tento objemový průtok budeme zachytávat.

Objemový průtok dešťové vody se dle normy ČSN 75 9010 stanoví podle vztahu:

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \Psi_i \cdot i_i \quad (1)$$

kde Q_0 ... objemový průtok dešťové vody z ploch [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]

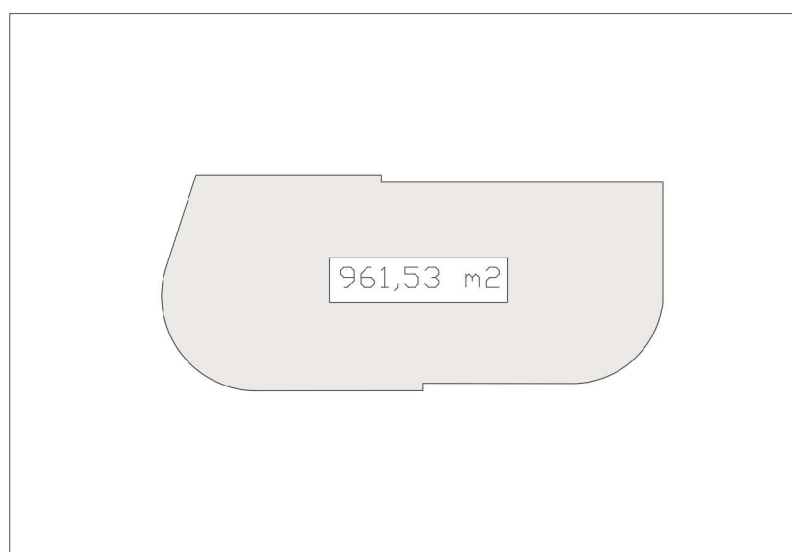
A_i ... půdorysný průmět odvodňované plochy [ha]

Ψ_i ... součinitel odtoku dešťové vody [-]

i_i ... průměrný úhrn srážek [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$]

Odvodňovaná plocha střechy:

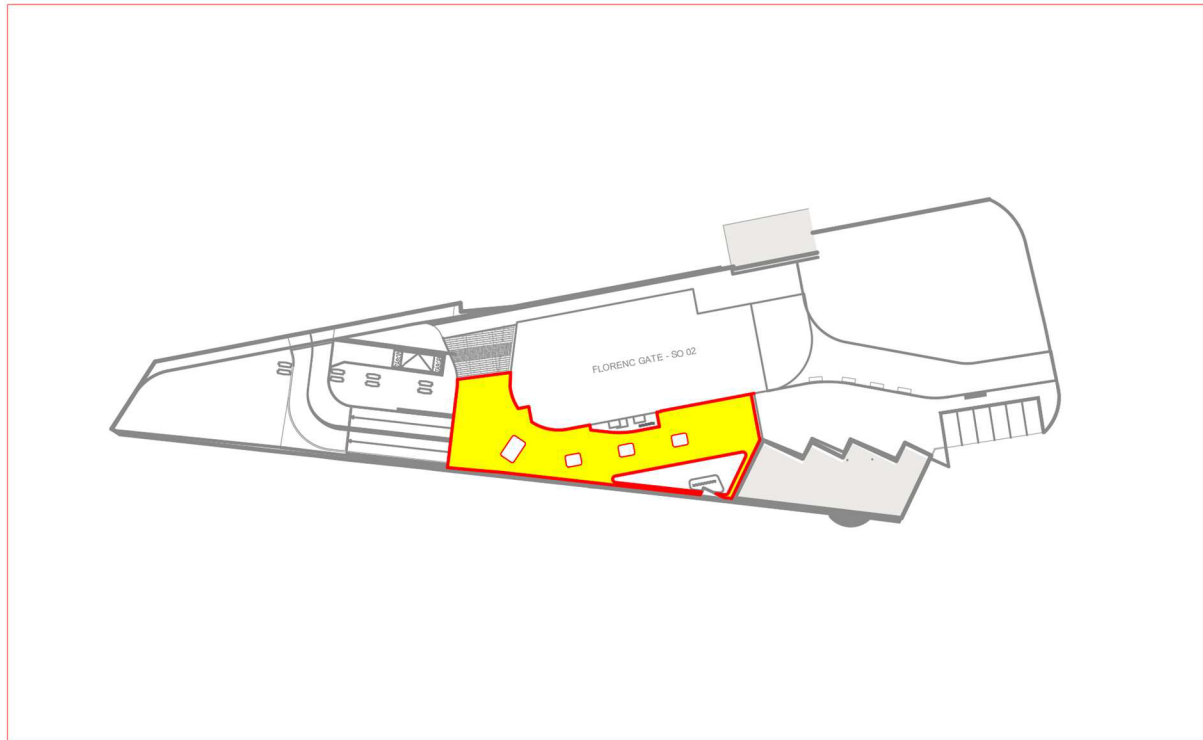
Odvodňovaná plocha střechy je dle výkresové dokumentace $961,53 \text{ m}^2$ a je graficky znázorněna na obrázku níže. Pro účely výpočtu je plocha převedena na $0,096 \text{ ha}$. Součinitel odtoku pro střechy je dle normy ČSN 75 9010 stanoven na $1,0$ (střechy s nepropustnou horní vrstvou). Sklon střechy je $1,9\%$. Na následujícím obrázku lze vidět tvar plochy střechy:



Obr. 28 Plocha střechy řešeného objektu

Odvodňovaná plocha terasy:

Dále se na objektu nachází terasa pokryta dlažbou. Tuto plochu je tedy nutné odvodnit a je možné dále dešťovou vodu zachytit a využívat. Plocha terasy je 413,60 m², tedy 0,041 ha. Součinitel odtoku pro dlažbu je dle ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod stanoven na 0,8. Sklon terasy je z důvodu odvodnění v rozmezí 1,8 – 2,1 %. Na následujícím obrázku můžeme vidět tvar plochy terasy:



Obr. 29 Plocha terasy řešeného objektu

Po dosazení do vzorce 1 (průměrný úhrn srážek je použit z tabulky v kapitole 4.1.2 Srážkové poměry) dostaneme povrchový odtok ze střechy a terasy řešeného objektu:

$$Q_0 = 0,096 \cdot 1,00 \cdot 160 + 0,041 \cdot 0,8 \cdot 160 = \mathbf{20,61 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}}$$

4.2.2 Redukovaná odvodňovaná plocha

Jedním z návrhových parametrů při navrhování objektů hospodaření s dešťovou vodou je redukovaná odvodňovaná plocha.

Redukovaná odvodňovaná plocha A_{red} , v m^2 se stanoví dle normy ČSN 75 9010 podle vztahu:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \Psi_i \quad (2)$$

kde A_i ... odvodňovaná plocha [m^2]

Ψ_i ... součinitel odtoku

Odvodňovaná plocha stejně jako součinitel odtoku zůstává z předchozí kapitoly. V tomto případě ale počítáme v metrech čtverečních.

$$A_{red} = 961,53 \cdot 1,00 + 413,60 \cdot 0,8 = \mathbf{1292,41 \text{ m}^2}$$

4.2.3 Návrhová potřeba vody

Z rozložení zavlažovaných ploch a jejich velikostí můžeme vypočítat kolik je potřeba dodat vody dle uvažované vegetace. Výpočet lze rozdělit na dvě části podle druhu závlahy, protože ten je zvolen dle vybrané vegetace. Vegetaci následně odpovídá vláhová potřeba. Po správném převedení jednotek dostaneme objem vody, který je nutný pro naplnění vláhových potřeb rostlin. Určení ploch dle vegetace podrobně v kapitole 4.4.1 Koncepce sadových úprav.

Potřeba vody pro trávnickové plochy (závlaha postřikem)

Vláhová potřeba trávníků je 20-30 mm vody týdně. Z plochy zavlažovaných ploch a vláhové potřeby můžeme pomocí následujícího vzorce vypočítat měsíční potřebu vody:

$$V_t = \frac{(4 \cdot h_t) \cdot A_t}{1000} \quad (3)$$

Kde h_t ... týdenní závlahové množství trávníků

A_t ... zavlažovaná plocha trávníků

V_t ... měsíční potřeba vody pro trávnický

$$V_t = \frac{(4 \cdot 20) \cdot 997,70}{1000} = \mathbf{79,82 \text{ m}^3}$$

Potřeba vody plochy okrasných dřevin (kapková závlaha)

Vláhové množství pro okrasné rostliny se liší dle konkrétní rostliny, lze ale usoudit, že závlahové množství se pohybuje okolo 50 mm vody týdně, avšak najednou. Výpočet měsíční potřeby vody okrasných dřevin je obdobný jako u závlahy travníkových ploch podle vztahu:

$$V_o = \frac{(4 \cdot h_o) \cdot A_o}{1000} \quad (4)$$

Kde h_o ... týdenní závlahové množství okrasných dřevin

A_o ... zavlažovaná plocha okrasných dřevin

V_o ... měsíční potřeba vody okrasných dřevin

$$V_o = \frac{(4 \cdot 50) \cdot 371,10}{1000} = 74,22 \text{ m}^3$$

Celková potřeba vody

Celkovou potřebu vody vyjadřuje součet měsíčních potřeb pro travnaté rostliny a okrasné rostliny dle následující rovnice:

$$V_c = V_t + V_o \quad (5)$$

Kde V_c ... celková potřeba vody

V_o ... potřeba vody okrasných dřevin

V_t ... potřeba vody trávnicků

$$V_c = 79,82 + 74,22 = 154,04 \text{ m}^3$$

Pro rekapitulaci jsou shrnuty všechny hodnoty v následující tabulce:

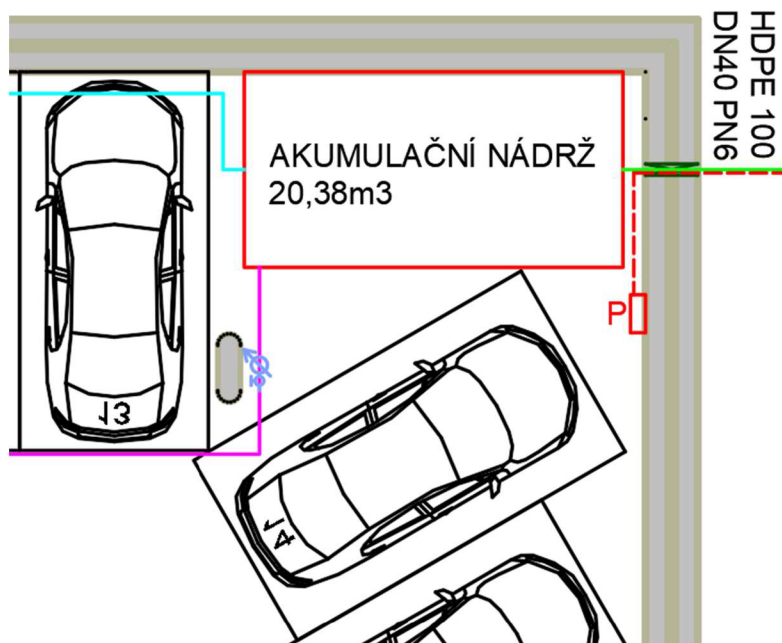
Tab. 2: Přehled hodnot potřeby vody

	Trávník	Okrasné dřeviny
Potřeba vody [mm.týden ⁻¹] =	20	50
Potřeba vody [mm.měsíc ⁻¹] =	80	200
Zavlažovaná plocha [m ²] =	997,70	371,10
Potřeba vody [m ³ .měsíc ⁻¹] =	79,82	74,22
Potřeba vody celkem [m ³ .měsíc ⁻¹] =	154,04	

4.3 NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

V tomto konkrétním případě je návrh akumulční nádrže omezen z hlediska místa uložení a dostupného prostoru. Protože uvažujeme o dalším využívání dešťové vody je vhodné akumulční nádrž navrhnout co největší s ohledem na delší období bez deště, a také dle potřeby vody závlahového systému. Objem nádrže je tedy největší možný, jaký dispozice dovoluje. Potřeba vody je poměrně vysoká, dešťovou vodu bude nutné doplňovat z vodovodního řadu.

Jako jediné vhodné místo pro umístění akumulční nádrže se jeví pravý horní roh prvního podzemního podlaží. Na tomto místě se již nepodařilo velikostně navrhnout parkovací místo, zároveň lze prostupem v obvodové stěně vyvést potrubí přímo k jedné ze zavlažovaných ploch a následně k dalším plochám.



Obr. 30 Umístění akumulční nádrže v 1PP

Samotná akumulční nádrž je navržena jako kombinace dvou kusů nádrží AS-Rewa 10ER ECO, které svým spojením poskytnou objem 20,38 m³. Rozměry nádrže jsou 5000x2580 mm. Tyto nádrže jsou již z výroby vhodné pro využití v závlahových systémech, umožňují tedy dopouštění vody z vodovodního řadu. Je vhodné umístit podružný vodoměr, nemusíme poté platit stočné za dopuštěnou závlahovou vodu. Pro případ velkých dešťů nebo pro zimní období, kdy se závlahový systém nepoužívá, je z akumulční nádrže dešťová voda čerpaná do vsakovacích bloků na západní straně pozemku.

4.4 NÁVRH ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Závlahový systém se bude skládat ze dvou závlahových systémů – pro závlahu trávnických ploch bude použita závlaha postřikem, ostatní výsadby budou zavlažovány vhodněji kapkovou závlahou.

4.4.1 Koncepce sadových úprav

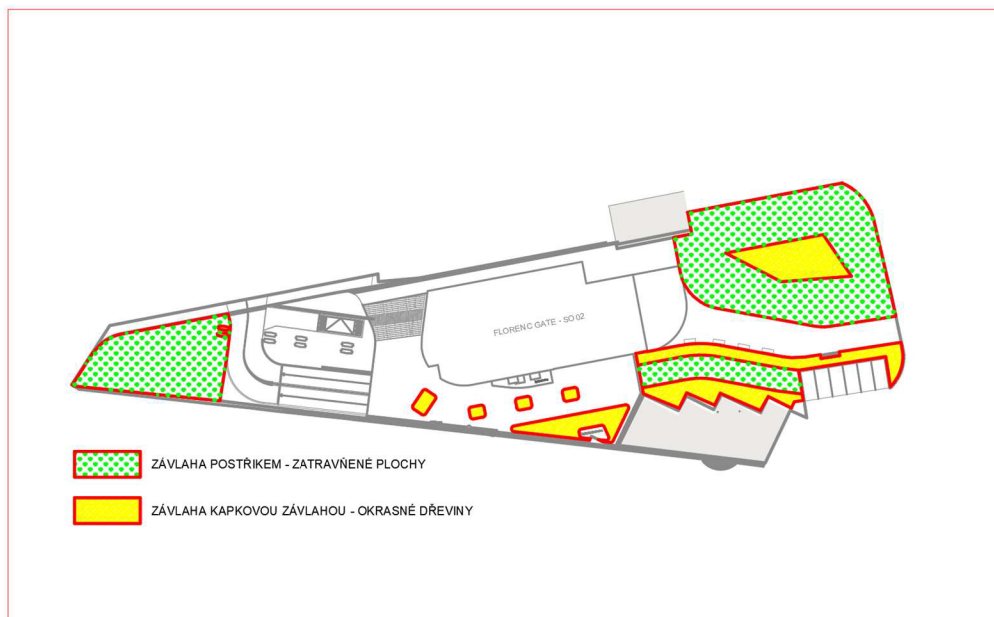
Koncepce sadových úprav vychází ze složité situace terénu. Pod velkou částí východní plochy se nachází stanice metra C Florenc. Nad západní částí vede mostní konstrukce magistrály a značná část území je tak zastíněna. Rozložení výsadeb tedy vychází z těchto omezení.

Nejzásadnější je východní plocha, která je rozdělena chodníkem, který zajišťuje přístup k autobusové hale. Vzhledem ke zvýšenému pohybu lidí je zde navrženo několik laviček a trávnické plochy s malou oblastí okrasných dřevin. Na druhé straně chodníku je navržen pás okrasných keřů v kombinaci s pásem trávniku. Okrasné keře v pásu za trávníkem zároveň schovávají nevzhledné povrchové prvky stanice metra.

Střední část se nachází na terase. V této části se budou nacházet pouze stromy, s výjimkou okrasných keřů okolo výdechu vzduchotechniky metra.

Na západní ploše bude trávník, který bude sloužit převážně estetické funkci.

Trávnickové plochy budou zavlažovány postřikem, zatímco okrasné dřeviny vhodněji kapkovou závlahou. Rozložení zavlažovaných ploch můžeme vidět na následujícím obrázku:



Obr. 31 Rozložení sadových úprav

4.4.2 Návrh postřikovacích trysek

Postřikovací trysky navrhují typu MP Rotator od výrobce Hunter. Tyto postřikovací trysky díky pokroku ve vývoji vynikají nízkou spotřebou vody – využívají rotaci proudů vody. Tím dosahují rovnoměrnějšího pokrytí vodou při menší spotřebě. Navíc je možné poloměr dostřiku regulovat až v rozmezí 25 %. Výrobce nabízí spoustu různých druhů dle provozního tlaku, velikosti poloměru dostřiku případně velikosti požadovaného úhlu dostřiku.

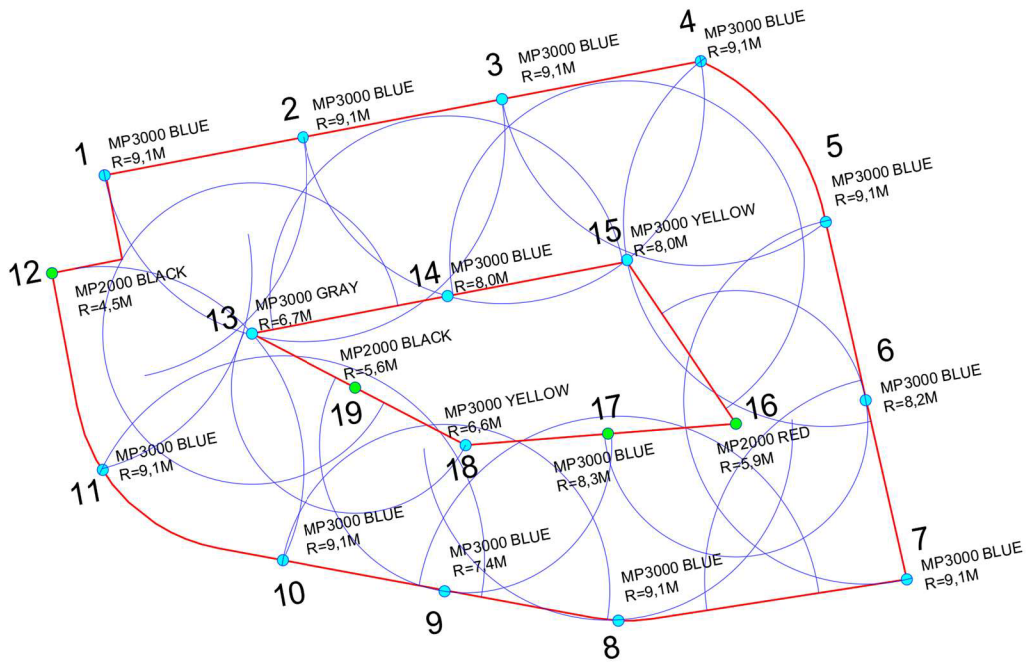


Obr. 32 Postřikovač MP Rotator [katalog výrobce Hunter]

Parametry postřikovacích trysek

Postřikovací trysky navrhujeme dle konkrétního místa použití. Úhel postřiku i poloměr dostřiku ovlivňují potřebný tlak vody. Pro přehlednost je řešené území rozděleno na 3 části, které jsou řešeny jednotlivě. Barvy postřikovacích trysek na obrázku odpovídají její modelové řadě.

Horní východní část (Z1):

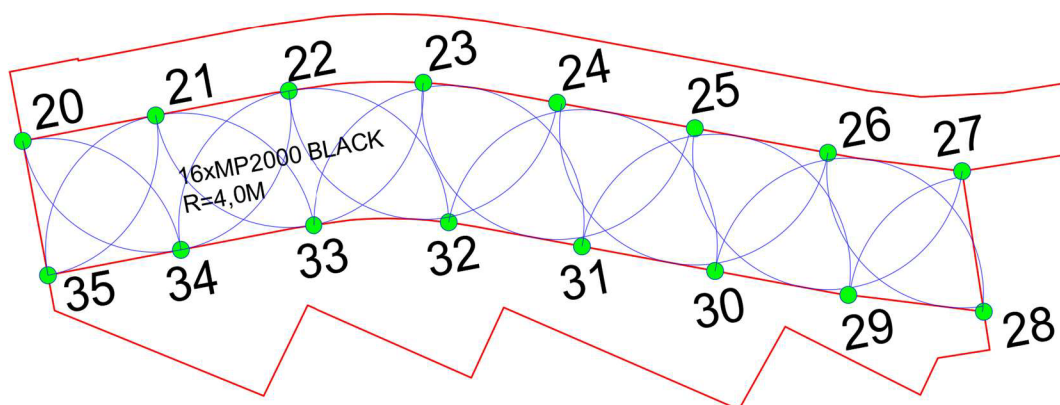


Obr. 33 Horní východní část (Z1) – postřikovací trysky

Tab. 3: Parametry postřikovacích trysek – horní východní část (Z1)

Číslo	Typ	Barva	Poloměr	Úhel	mm/h	bar	l/h
1	MP3000	BLUE	9,1	90	13	2,75	228
2	MP3000	BLUE	9,1	180	13	2,75	481
3	MP3000	BLUE	9,1	180	13	2,75	481
4	MP3000	BLUE	9,1	120	13	2,75	312
5	MP3000	BLUE	9,1	150	13	2,75	390
6	MP3000	BLUE	8,2	180	11	2,00	353
7	MP3000	BLUE	9,1	90	13	2,75	228
8	MP3000	BLUE	9,1	160	13	2,75	416
9	MP3000	BLUE	7,4	180	13	1,75	329
10	MP3000	BLUE	9,1	160	13	2,75	416
11	MP3000	BLUE	9,1	120	13	2,75	312
12	MP2000	BLACK	4,5	90	12	1,75	71
13	MP3000	GRAY	6,7	320	13	1,75	659
14	MP3000	BLUE	8,0	180	12	2,00	353
15	MP3000	YELLOW	8,0	250	12	2,00	651
16	MP2000	RED	5,9	300	12	2,75	333
17	MP3000	BLUE	8,3	180	12	2,00	373
18	MP3000	YELLOW	6,6	210	13	1,75	329
19	MP2000	BLACK	5,6	180	12	2,75	160
					Ø	12,6	

Dolní východní část (Z2):

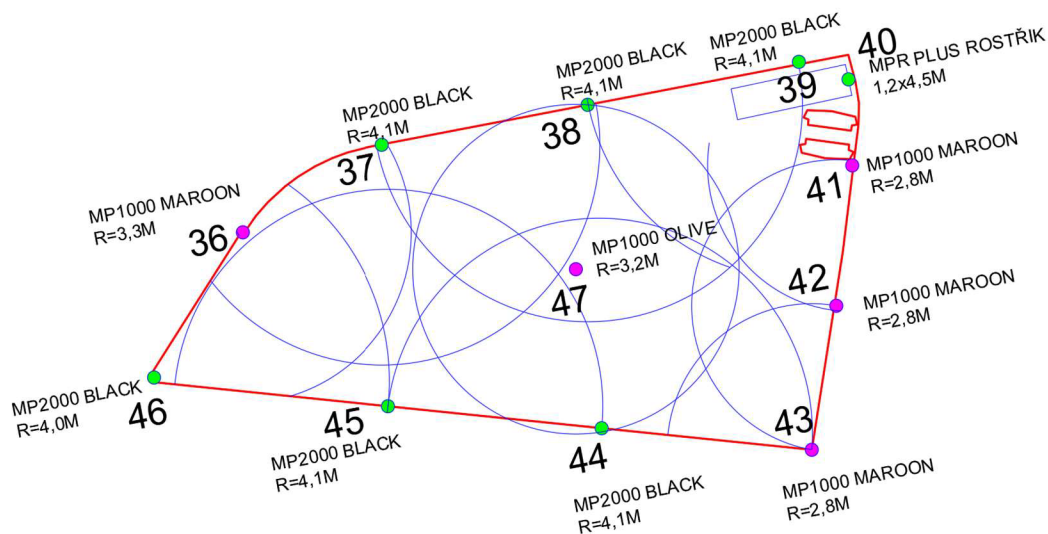


Obr. 34 Dolní východní část (Z2) – postřikovací trysky

Tab. 4: Parametry postřikovacích trysek – dolní východní část (Z2)

Číslo	Typ	Barva	Poloměr	Úhel	mm/h	bar	l/h
20	MP2000	Black	4	90	12	1,75	71
21	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
22	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
23	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
24	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
25	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
26	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
27	MP2000	Black	4	90	12	1,75	71
28	MP2000	Black	4	90	12	1,75	71
29	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
30	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
31	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
32	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
33	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
34	MP2000	Black	4	180	12	1,75	133
35	MP2000	Black	4	90	12	1,75	71
					∅	12	

Západní část (Z3):



Obr. 35 Západní část (Z3) – postřikovací trysky

Tab. 5: Parametry postřikovacích trysek – západní část (Z3)

Číslo	Typ	Barva	Poloměr	Úhel	mm/h	bar	l/h
36	MP1000	MAROON	3,3	110	12	2,00	44
37	MP2000	BLACK	4,1	150	12	1,75	115
38	MP2000	BLACK	4,1	180	12	1,75	133
39	MP2000	BLACK	4,1	60	12	1,75	42
40	MPR PLUS	-	1,2X4,5	-	-	2,00	101
41	MP1000	MAROON	2,8	90	12	2,00	36
42	MP1000	MAROON	2,8	180	12	2,00	72
43	MP1000	MAROON	2,8	90	12	2,00	36
44	MP2000	BLACK	4,1	180	12	1,75	133
45	MP2000	BLACK	4,1	180	12	1,75	133
46	MP2000	BLACK	4,0	60	12	1,75	71
47	MP1000	OLIVE	3,2	360	12	2,00	144
					Ø	12	

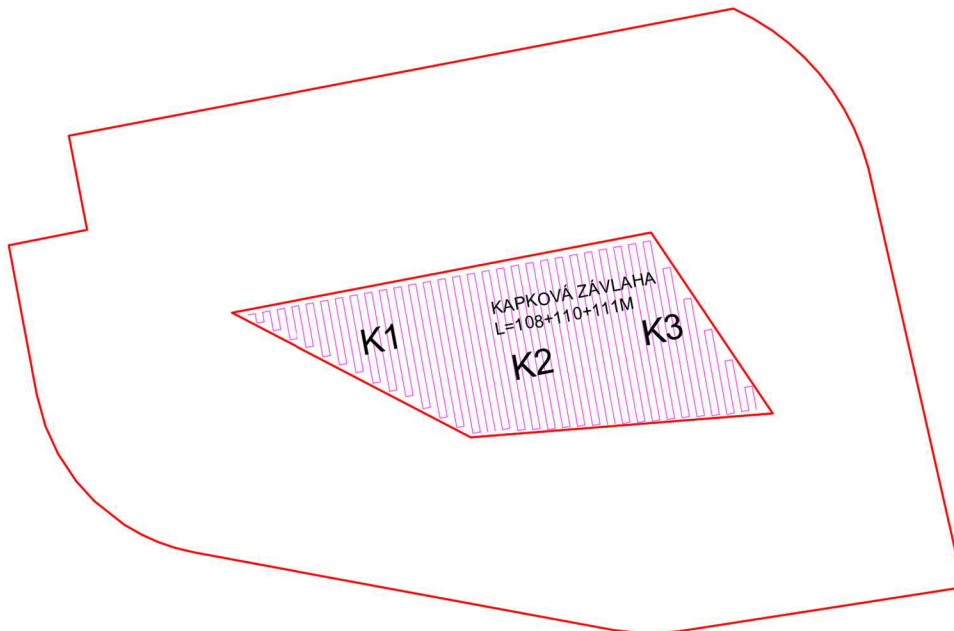
4.4.3 Návrh kapkovacích hadic

Kapkovací hadice navrhuji typu Drip In PC Brown Dripline od výrobce TORO. Tyto kapkovací hadice mají zabudované kapkovače, zvládají velký rozptyl tlaků a díky speciálnímu vnitřnímu návrhu nedochází k ucpávání.

Parametry kapkovacích hadic

Pro přehlednost je řešené území rozděleno na 3 části, které jsou řešeny jednotlivě. Kapkovací hadice má rozteč kapkovačů 0,3 m a průtok jedním kapkovačem je 2 l.hod⁻¹.

Horní východní část (Z1):

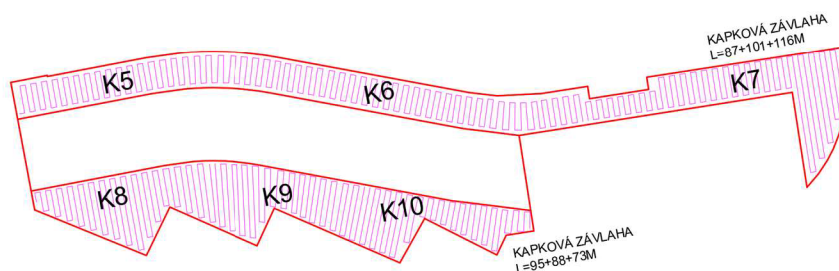


Obr. 36 Horní východní část (Z1) – kapkovací hadice

Tab. 6: Parametry kapkovačů – horní východní část (Z1)

Číslo	Délka [m]	Průtok [l.h ⁻¹]
K1	108	720
K2	110	733
K3	111	740
Σ	329	2193

Dolní východní část (Z2):

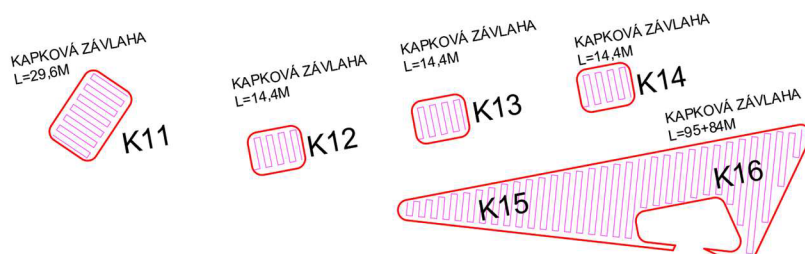


Obr. 37 Dolní východní část (Z2) – kapkovací hadice

Tab. 7: Parametry kapkovačů – dolní východní část (Z2)

Číslo	Délka [m]	Průtok [$l \cdot h^{-1}$]
K4	87	580
K5	101	673
K6	116	773
K7	95	633
K8	88	587
K9	73	487
Σ	560	3733

Střední část (Z4):



Obr. 38 Střední část (Z4) – kapkovací hadice

Tab. 8: Parametry kapkovačů – střední část (Z4)

Číslo	Délka [m]	Průtok [$l \cdot h^{-1}$]
K10	29,6	197
K11	14,4	96
K12	14,4	96
K13	14,4	96
K14	95,0	633
K15	84,0	560
Σ	251,8	1679

4.4.4 Návrh potrubí

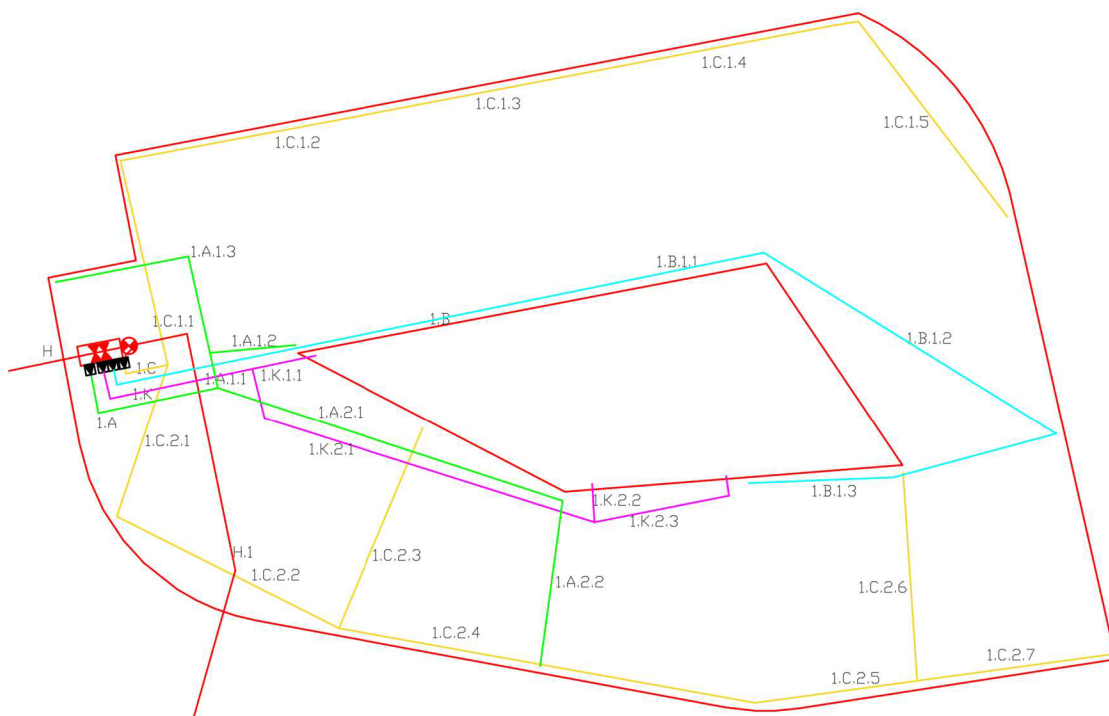
K navrženým závlahovým elementům je nutné navrhnout potrubí tak, aby byl dodržen požadovaný tlak každého elementu. Zároveň je nutné potrubí vést co nejkratší cestou a prostorově umístěné tak, aby byla jeho pokládka snadná a využívala existujících stavebních úprav.

Dimenze potrubí

Určení dimenzí potrubí bylo provedeno dle publikace Inženýrské sítě a závlahové stavby – Vodohospodářské tabulky (doc. Ing. Milan Šerek, CSc., doc. Ing. Jan Šálek, CSC.). Průtoky jsou známy z návrhu zavlažovacího systému dle typu jednotlivých elementů.

Úseky jsou pojmenovány číslem, značící řešenou část pozemku (1 - horní východní část, 2 - dolní východní část, 3 - západní část, 4 - prostřední část), dále písmenem (a současně barvou), které značí tlak (A - 1,75 bar, B - 2,00 bar, C - 2,75 bar, K – kapková závlaha) a následně chronologicky čísla.

Horní východní část (Z1):

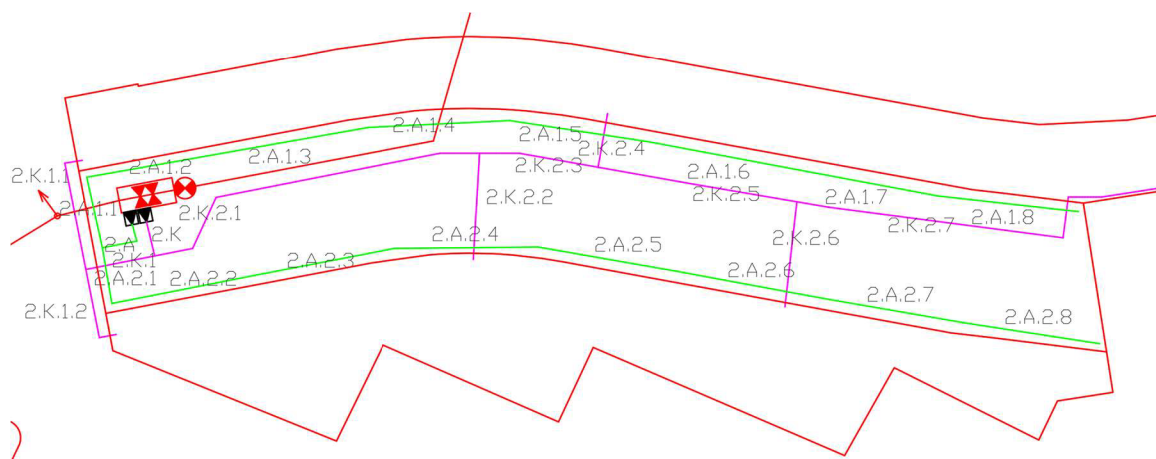


Obr. 39 Horní východní část (Z1) – potrubí (barevné označení viz následující tabulka)

Tab. 9: Dimenze potrubí – horní východní část (Z1)

Úsek	Délka [m]	Průtok [l.h ⁻¹]	Průtok [l.s ⁻¹]	DN	v [m.s ⁻¹]	J [%]
1.A	5,8	1710	0,48	25	1,39	12,0452
1.A.1.1	1,3	730	0,20	20	0,99	9,3950
1.A.1.2	3,1	659	0,18	20	0,90	7,7988
1.A.1.3	8,4	71	0,02	16	0,18	0,6930
1.A.2.1	13,1	980	0,27	20	1,34	16,0140
1.A.2.2	6,0	329	0,09	16	0,80	9,1469
1.B	15,9	1730	0,48	25	1,47	13,8573
1.B.1.1	8,2	1377	0,38	25	1,26	11,0677
1.B.1.2	12,4	726	0,20	20	0,99	9,3950
1.B.1.3	11,3	373	0,10	16	0,88	11,0040
1.C	1,6	3341	0,93	40	1,36	7,0025
1.C.1.1	7,5	1892	0,53	32	1,46	12,6798
1.C.1.2	8,9	1664	0,46	25	1,33	11,1615
1.C.1.3	9,1	1183	0,33	25	0,95	6,1764
1.C.1.4	9,1	702	0,20	20	0,99	9,3950
1.C.1.5	8,7	390	0,11	16	0,97	13,0129
1.C.2.1	5,7	1449	0,40	25	1,50	13,9043
1.C.2.2	9,0	1137	0,32	25	1,43	13,8058
1.C.2.3	7,8	160	0,04	16	0,35	2,2449
1.C.2.4	15,2	977	0,27	20	1,34	16,0140
1.C.2.5	5,9	561	0,16	16	1,41	25,2700
1.C.2.6	7,4	333	0,09	16	0,80	9,1469
1.C.2.7	7,0	228	0,06	16	0,53	4,5136
1.K	6,3	2193	0,61	35	1,22	7,6587
1.K.1.1	2,3	720	0,20	20	0,99	9,395
1.K.2.1	12,7	1473	0,41	25	1,36	12,6775
1.K.2.2	1,4	733	0,20	20	0,99	9,395
1.K.2.3	5,6	740	0,21	20	1,04	10,2429

Dolní východní část (Z2):

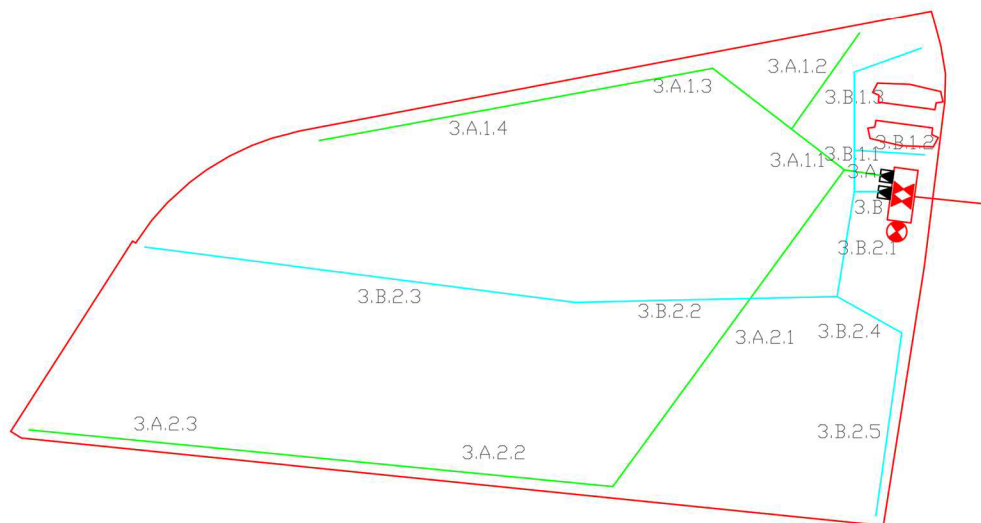


Obr. 40 Dolní východní část (Z2) – potrubí (barevné označení viz následující tabulka)

Tab. 10: Dimenze potrubí – dolní východní část (Z2)

Úsek	Délka [m]	Průtok [l.h ⁻¹]	Průtok [l.s ⁻¹]	DN	v [m.s ⁻¹]	J [%]
2.A	1,4	1880	0,52	25	1,50	13,9043
2.A.1.1	2,0	940	0,26	20	1,29	14,9716
2.A.1.2	3,8	869	0,24	20	1,19	12,9830
2.A.1.3	4,0	736	0,20	20	0,99	9,3950
2.A.1.4	3,9	603	0,17	16	1,50	28,1537
2.A.1.5	4,0	470	0,13	16	1,15	17,4782
2.A.1.6	4,1	337	0,09	16	0,80	9,1469
2.A.1.7	4,0	204	0,06	16	0,53	4,5136
2.A.1.8	3,9	71	0,02	16	0,18	0,6930
2.A.2.1	1,6	940	0,26	20	1,29	14,9716
2.A.2.2	3,8	869	0,24	20	1,19	12,9830
2.A.2.3	4,1	736	0,20	20	0,99	9,3950
2.A.2.4	3,9	603	0,17	16	1,50	28,1537
2.A.2.5	4,0	470	0,13	16	1,15	17,4782
2.A.2.6	4,0	337	0,09	16	0,80	9,1469
2.A.2.7	4,0	204	0,06	16	0,53	4,5136
2.A.2.8	3,8	71	0,02	16	0,18	0,6930
2.K	0,2	2327	0,65	40	1,36	7,0011
2.K.1	1,9	1067	0,30	20	1,49	19,3314
2.K.1.1	3,5	580	0,16	16	1,41	25,2700
2.K.1.2	2,4	487	0,14	16	1,24	19,9310
2.K.2.1	10,0	1260	0,35	32	1,48	10,8456
2.K.2.2	2,9	587	0,16	16	1,41	25,2700
2.K.2.3	1,5	2079	0,58	32	1,16	7,0083
2.K.2.4	5,5	673	0,19	20	0,94	8,5802
2.K.2.5	2,9	1406	0,39	25	1,29	11,5932
2.K.2.6	13,0	633	0,18	20	0,90	7,7988
2.K.2.7	3,0	773	0,21	20	1,04	10,2429

Západní část (Z3):

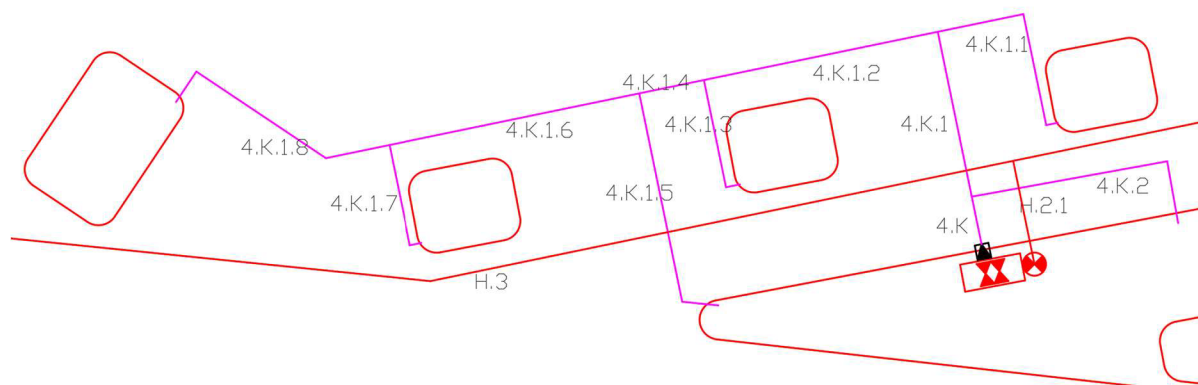


Obr. 41 Západní část (Z3) – potrubí (barevné označení viz následující tabulka)

Tab. 11: Dimenze potrubí – západní část (Z3)

Úsek	Délka [m]	Průtok [$l \cdot h^{-1}$]	Průtok [$l \cdot s^{-1}$]	DN	v [$m \cdot s^{-1}$]	J [%]
3.A	1,1	629	0,17	16	1,50	28,1537
3.A.1.1	2,0	292	0,08	16	0,71	7,4440
3.A.1.2	3,5	42	0,01	16	0,10	0,4376
3.A.1.3	6,5	250	0,07	16	0,62	5,8984
3.A.1.4	8,1	115	0,03	16	0,27	1,3743
3.A.2.1	11,5	337	0,09	16	0,80	9,1469
3.A.2.2	8,4	204	0,06	16	0,53	4,5136
3.A.2.3	8,7	71	0,02	16	0,18	0,6930
3.B	0,7	433	0,12	16	1,06	15,1716
3.B.1.1	1,2	137	0,04	16	0,35	2,2449
3.B.1.2	2,1	36	0,01	16	0,09	0,3751
3.B.1.3	4,4	101	0,03	16	0,27	1,3743
3.B.2.1	3,1	296	0,08	16	0,71	7,4440
3.B.2.2	7,7	188	0,05	16	0,44	3,2939
3.B.2.3	12,7	44	0,01	16	0,11	0,4584
3.B.2.4	2,2	108	0,03	16	0,27	1,3743
3.B.2.5	5,4	36	0,01	16	0,09	0,3751

Střední část (Z4):



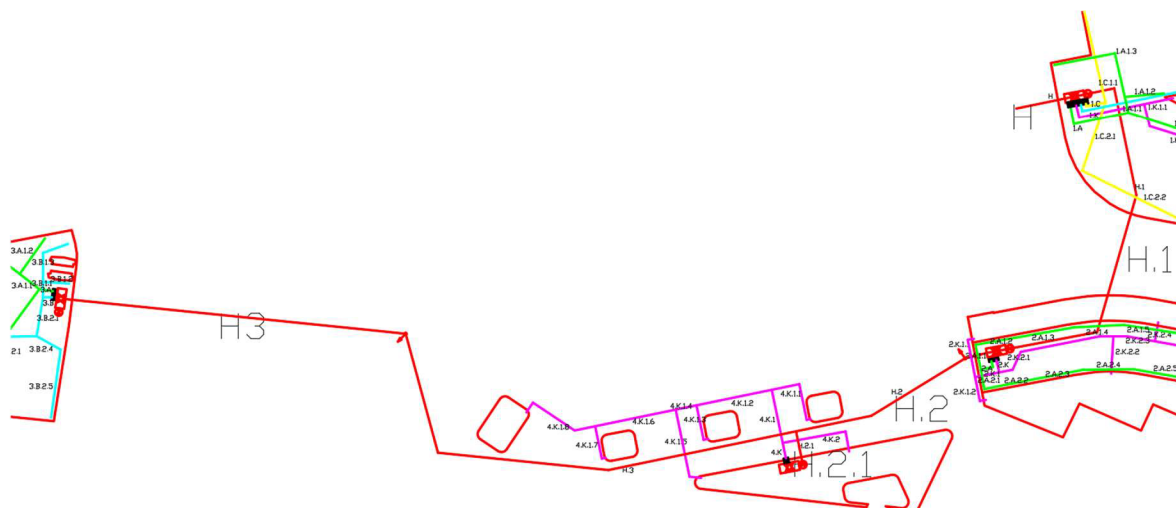
Obr. 42 Střední část (Z4) – potrubí (barevné označení viz následující tabulka)

Tab. 12: Dimenze potrubí – střední část (Z4)

Úsek	Délka [m]	Průtok [$l \cdot h^{-1}$]	Průtok [$l \cdot s^{-1}$]	DN	v [$m \cdot s^{-1}$]	J [%]
4.K	1,2	1678	0,47	25	1,37	11,6471
4.K.1	4,3	1118	0,31	25	1,54	20,5003
4.K.1.1	5,4	96	0,03	16	0,27	1,3743
4.K.1.2	6,1	1022	0,28	20	1,39	17,0882
4.K.1.3	3,1	96	0,03	16	0,27	1,3743
4.K.1.4	1,7	926	0,26	20	1,29	14,9716
4.K.1.5	6,3	633	0,18	20	0,90	7,7988
4.K.1.6	6,5	293	0,08	16	0,71	7,4440
4.K.1.7	2,9	96	0,03	16	0,27	1,3743
4.K.1.8	6,6	197	0,05	16	0,44	3,2939
4.K.2	6,6	560	0,16	16	1,41	25,2700

Hlavní řad:

Poznámka: závlahový systém je spouštěn po sekcích – hlavní řad není dimenzován na maximální průtok systému, ale na průtok sekce (případně sdružené sekce; tyto detailně v kapitole 4.4.5 Rozdělení sekcí) s největším průtokem na úseku ležící.



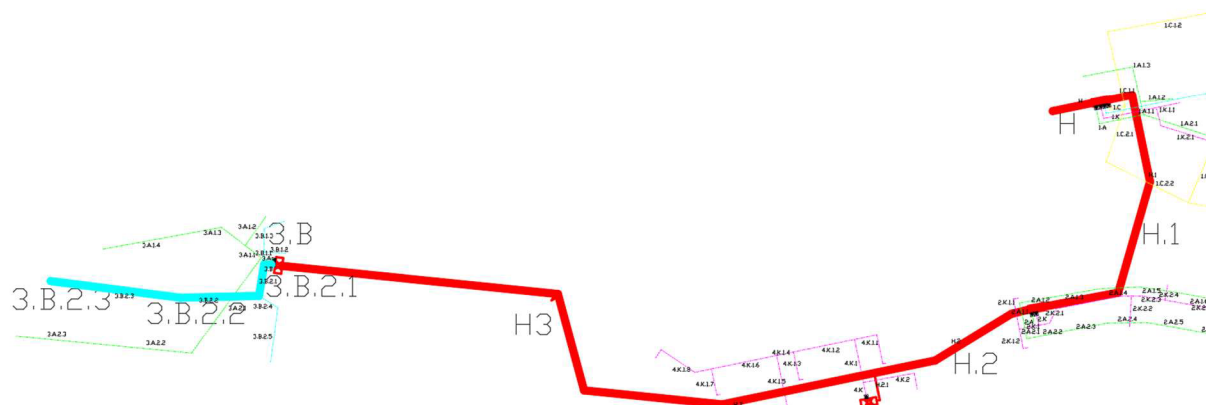
Obr. 43 Hlavní řad – potrubí (barevné označení viz následující tabulka)

Tab. 13: Dimenze potrubí – hlavní řad

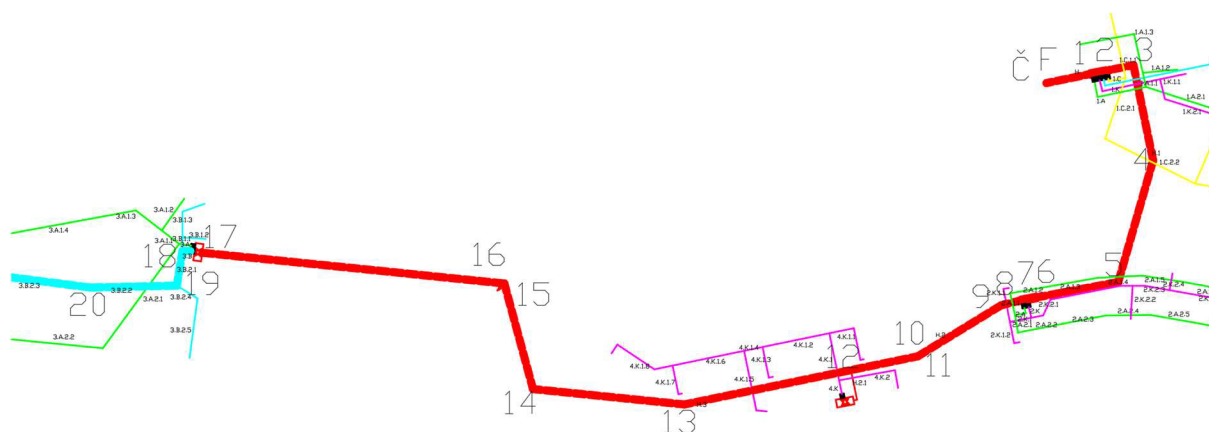
Úsek	Délka [m]	Průtok [$l \cdot h^{-1}$]	Průtok [$l \cdot s^{-1}$]	DN	v [$m \cdot s^{-1}$]	J [%]
H	1,2	3871	1,08	40	1,28	6,0139
H.1	29,4	3733	1,04	40	1,23	5,5783
H.2	17,6	1678	0,47	25	1,44	13,3439
H.2.1	3,0	1678	0,47	25	1,44	13,3439
H.3	27,0	1062	0,30	25	0,99	7,2665

Ztráty v potrubí

Ztráty v potrubí určíme na úseku k nejvzdálenějšímu závlahovému elementu. Ztráty je nutné určit proto, abychom mohli navrhnout adekvátní čerpadlo, které zajistí požadovaný tlak na nejnepříznivějším místě systému. Ke ztrátám v potrubí dochází třením po délce nebo v tvarovkách (místní ztráty). Tyto ztráty můžeme vyjádřit jako výšku vodního sloupce, kterou musí čerpadlo překonat. Ztráty určíme dle grafu, které pro určité tvarovky a jejich dimenze promítá na opačné ose ekvivalentní délku potrubí. Po určení všech ekvivalentních délek je následně převedu ve ztrátovou výšku.



Obr. 44 Označení úseků potrubí k nejvzdálenějšímu závlahovému elementu



Obr. 45 Označení polohy tvarovky (popsány v následujících tabulkách)

Výpočet ekvivalentních délek úseku H:

Tab. 14: Výpočet ekvivalentních délek úseku H

DN	v [m.s ⁻¹]	J_1 [%]	l_e [m]
40	1,28	6,0139	
Tření			1,20
	1	T-kus	0,96
	2	T-kus	0,96
$\Sigma l_{e,1} =$			3,12

Výpočet ekvivalentních délek úseku H.1:

Tab. 15: Výpočet ekvivalentních délek úseku H.1

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₂ [%]	l _e [m]
40	1,23	5,5783	
Tření			29,40
Místní	3	Koleno	1,40
	4	Oblouk	0,15
	5	Oblouk	0,27
	6	T-kus	0,96
	7	T-kus	0,96
	8	Redukce	0,15
$\Sigma l_{e,2} =$			33,29

Výpočet ekvivalentních délek úseku H.2:

Tab. 16: Výpočet ekvivalentních délek úseku H.2

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₃ [%]	l _e [m]
25	1,44	13,3439	
Tření			17,60
Místní	9	Oblouk	0,15
	10	Koleno	1,00
	11	Koleno	1,00
	12	T-kus	0,70
$\Sigma l_{e,3} =$			20,45

Výpočet ekvivalentních délek úseku H.3:

Tab. 17: Výpočet ekvivalentních délek úseku H.3

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₄ [%]	l _e [m]
25	0,99	7,2665	
Tření			27,00
Místní	13	Oblouk	0,15
	14	Oblouk	0,20
	15	Koleno	1,00
	16	Koleno	1,00
	17	T-kus	2,70
$\Sigma l_{e,4} =$			32,05

Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B:

Tab. 18: Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₅ [%]	l _e [m]
16	1,06	15,1716	
Tření			0,70
Místní	18	T-kus	2,00
		$\Sigma l_{e,5} =$	2,70

Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B.2.1:

Tab. 19: Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B.2.1

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₆ [%]	l _e [m]
16	0,71	7,444	
Tření			3,10
Místní	19	T-kus	2,00
		$\Sigma l_{e,6} =$	5,10

Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B.2.2:

Tab. 20: Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B.2.2

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₇ [%]	l _e [m]
16	0,44	3,2939	
Tření			7,70
Místní	20	Oblouk	0,06
		$\Sigma l_{e,7} =$	7,76

Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B.2.3:

Tab. 21: Výpočet ekvivalentních délek úseku 3.B.2.3

DN	v [m.s ⁻¹]	J ₈ [%]	l _e [m]
16	0,09	0,37507	
Tření			12,71
		$\Sigma l_{e,8} =$	12,71

Výpočet celkových ztrát:

Ztráty v potrubí vypočítáme pomocí ekvivalentních délek jednotlivých úseků potrubí a jejich čáry energie. Výpočet provedeme dle vzorce:

$$h_z = \frac{\sum l_{e,i} \cdot J_i}{100} \quad (6)$$

kde h_z ... celková ztrátová výška

J_i ... čára energie

$l_{e,i}$... ekvivalentní délka potrubí

$$h_z = \frac{(3,12 \cdot 6,0139) + \dots + (12,71 \cdot 0,3751)}{100} + 2 + 1 = \mathbf{11,19 \text{ m}}$$

Nesmíme zapomenout přičíst ztrátu na čerpadle a filtru (za výpočet vzorcem – filtr 2 m v.s., čerpadlo 1 m v.s.). Ztrátová výška, kterou musí čerpadlo překonat je 11,19 m.

4.4.5 Rozdělení sekcí

Sekce jsou sdruženy s ohledem na průtok v jednotlivých větvích – je tak možno volit menší dimenze potrubí, protože jednotlivé sdružené sekce nebudou spouštěny dohromady, ale dle harmonogramu v další kapitole. Zároveň by jednotlivé sdružené sekce měly mít zhruba stejný objemový průtok, bude tak snadnější navrhnout další prvky závlahového systému.

Rozdělení můžeme vidět v následující tabulce:

Tab. 22: Rozdělení sekcí na sdružené sekce

Sekce	Průtok [l.h ⁻¹]	Označení sdružené sekce	Průtok sdružené sekce [l.h ⁻¹]
1.A	1710	K	3440
1.B	1730		
1.C	3757	L	3757
2.A	1880	M	2942
3.A	629		
3.B	433		
2.K	3733	N	3733
1.K	2193	O	3871
4.K	1678		

Navržené čerpadlo musí být schopno dodávat 3,87 m³.hod⁻¹ při spuštění sdružené sekce s nejvyšším průtokem.

4.4.6 Harmonogram závlah

Harmonogram závlah byl sestaven tak, aby byla naplněna vláhová potřeba rostlin – průměrný srážkový úhrn dodaný postřikovači je 12 mm (kapitola 4.4.2 Návrh postřikovacích trysek). Závlahou 2x týdně po dobu 1 hodiny dodáme 24 mm srážek (trávníky vyžadují 20-30 mm). Kapková závlaha bude spouštěna tak, aby naplnila vláhovou potřebu jednou týdně (okrasné keře a stromy vyžadují 50 mm). Závlahy budou spouštěny vždy v ranních hodinách, sdružené sekce N a O budou spouštěny vždy jednotlivě za sebou.

Tab. 23: Harmonogram závlah

Den v týdnu	Označení sdružené sekce				
	Závlaha postřikem			Kapková závlaha	
	K	L	M	N	O
Pondělí	1h				
Úterý		1h			
Středa			1h		
Čtvrtek	1h				
Pátek		1h			
Sobota			1h		
Neděle				2,5h	2,5h

4.4.7 Skutečná potřeba vody

Skutečnou potřebu vody zjistíme pomocí průtoku sdružených sekcí a času jejich spuštění.

Tab. 24: Skutečná potřeba vody

Označení sdružené sekce	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	Čas provozu [$\text{h} \cdot \text{měs}^{-1}$]	Potřeba vody [$\text{m}^3 \cdot \text{měs}^{-1}$]
K	3,440	8	27,52
L	3,757	8	30,06
M	2,942	8	23,54
N	3,733	10	37,33
O	3,871	10	38,71
		Σ	157,15

Pro sestavení bilance vody nás zajímá součet měsíční potřeby vody všech sdružených sekcí v tabulce označený tučně.

4.4.8 Návrh čerpadla

Čerpadlo je nutné navrhnout s ohledem na čerpané množství vody a ztrátovou výšku, kterou musí čerpadlo při své funkci překonávat. Z kapitoly 4.4.4 Návrh potrubí a 4.4.5 Rozdělení sekcí víme, že čerpadlo musí zajisti průtok $3,87 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ a musí překonat ztrátovou výšku 11,19 m. Výtlačná výška se skládá ale ještě z geodetické výšky a výšky znázorňující potřebný tlak na posledním závlahovém elementu. Výtlačná výška bude dle rovnice:

$$h_v = h_g + h_z + h_p \quad (7)$$

kde h_v ... výtlačná výška

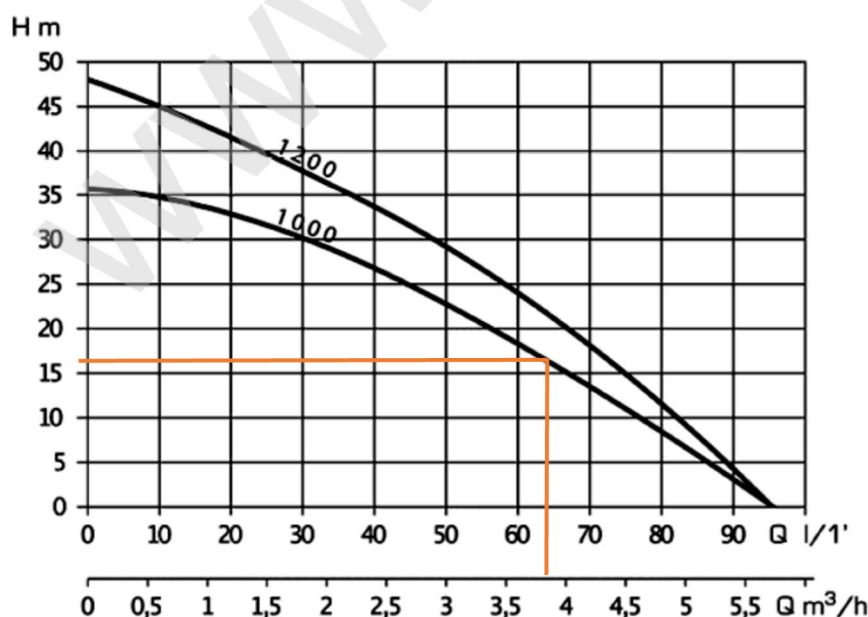
h_g ... geodetická výška (rozdíl mezi akumulací nádrží v 1PP a plochami v 1NP)

h_z ... ztrátová výška (více kapitola 4.4.4 Návrh potrubí.

h_p ... nutný tlak na posledním závlahovém elementu 0,2 bar (1 bar = 1 m v.s.)

$$h_v = 3,35 + 11,19 + 2,00 = \mathbf{16,54 \text{ m}}$$

Těmto parametrům odpovídá čerpadlo Divertron 1000 výrobce IVAR. Maximální průtok dokáže poskytnout až $5,4 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ a jeho maximální výtlačná výška je 36 m. Jeho příkon je 900 W. Na následujícím obrázku můžeme vidět výkonové charakteristiky a vyznačený pracovní bod navrženého čerpadla.



Obr. 46 Výkonové charakteristiky a pracovní bod čerpadla Divertron 1000 [návod k obsluze od výrobce]

4.4.9 Bilance vody

Závlaha bude probíhat ve vegetačním období (od dubna do října). Dle průměrného měsíčního srážkového úhrnu pro stanici Praha – Podbaba [35] a redukované odvodňované plochy lze vypočítat, kolik je možné dešťové vody v jednotlivých měsících zachytit. Z tohoto měsíčního objemu a skutečného závlahového množství následně vyplývá, zda bude dešťová voda stačit nebo zda bude nutné vodu pro závlahu doplňovat z vodovodního řadu a v jakém množství. Hodnoty můžeme vidět v následující tabulce:

Tab. 25: Měsíční bilance vody

	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září
Potřeba vody [m ³]:	157,15	157,15	157,15	157,15	157,15	157,15
Srážkový úhrn [mm]:	40	53	61	69	63	39
Objem vody z deště [m ³]:	51,70	68,50	78,84	89,18	81,42	50,40
Bilance [m ³]:	-105,46	-88,65	-78,31	-67,98	-75,73	-106,75
Objem vody z vodovodního řadu [m ³]:	105,46	88,65	78,31	67,98	75,73	106,75

Z tabulky vyplývá, že ani jeden měsíc průměrný srážkový úhrn nezajistí dostatek vody nutný pro závlahy. Proto je nutné vodu doplňovat z vodovodního řadu.

4.4.10 Návrh řídicí jednotky

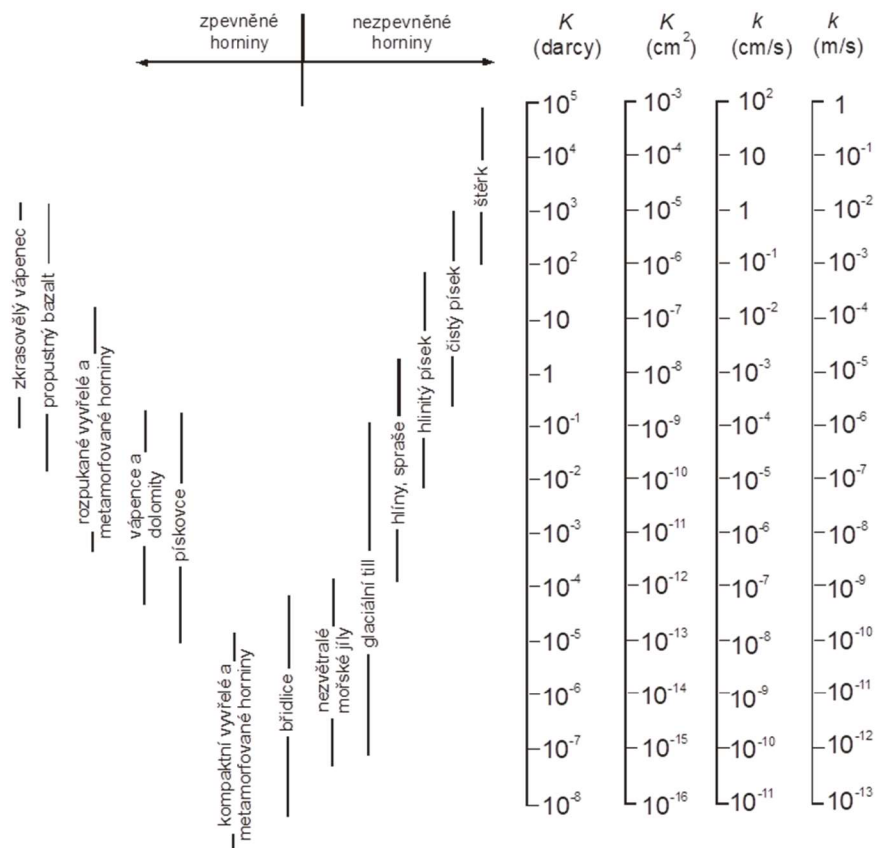
Závlahový systém bude řízen automaticky a bude naprogramován dle harmonogramu závlah. Navržená řídicí jednotka musí disponovat dostatečný počet ovládacích stanic, aby mohla spínat každou sekci jednotlivě. V této práci jsem navrhl závlahy pomocí devíti stanic. V tomto případě navrhuji řídicí jednotku TMC-424E od výrobce Toro. Nabízí nastavení 4-24 stanic a umožňuje snímání průtoku v systému. Tato jednotka je plně programovatelná. Řídicí jednotka bude propojena s čidlem deště RainSensor výrobce Toro, umístěným na vnější straně obvodové stěny, na které je nainstalovaná řídicí jednotka. Díky tomu nebude závlaha spuštěna v případě deště. V případě, že by dešťové vody bylo příliš nebo v případě zimního období, kdy se závlahový systém nepoužívá, plovákové čidlo napojené na řídicí jednotku spustí čerpaní a elektroventil v šachtě Š04 vpustí vodu do vsakovacího zařízení.

4.5 NÁVRH VSAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Na západní straně pozemku se nachází místo vhodné pro vsakování dešťových vod mimo vegetační období, kdy závlahový systém není používán. V současné době se můžeme čím dál častěji setkat s požadavkem na vsakování od stavebního úřadu. Zároveň je i z hlediska zadržení vody v krajině vhodné, pokud to parametry konkrétní lokality umožňují, vsakovací zařízení navrhnout.

4.5.1 Určení koeficientu vsakování

Z kapitoly Geologické poměry víme, že se na řešeném území nachází do hloubky přibližně od 6,5 do 11 metrů převážně hlinitopísčitého materiálu. Z následujícího obrázku poté lze určit koeficient vsakování k_v .



Obr. 47 Koeficient vsakování pro různé druhy hornin

Pro hlinitý písek se koeficient vsaku pohybuje v rozmezí 10^{-7} – 10^{-3} m/s. Pro výpočet volím střední hodnotu tedy $k_v = 10^{-5}$ m/s. Přesnější hodnota bohužel není k dispozici, se vsakováním se v původním projektu nepočítalo, geologický průzkum koeficient vsaku nezjišťoval.

4.5.2 Výpočet vsakovací plochy

Výpočet vsakovací plochy vychází z redukované odvodňované plochy v kapitole 4.2.2. Z ní lze následně odhadnout vsakovací plochu vsakovacího zařízení dle vztahu: [36]

$$A_{vsak} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{red} \quad (8)$$

kde A_{vsak} ... odhad plochy vsakovacího zařízení

$$A_{vsak} = 0,2 \cdot 1292,41 = 258,48 \text{ m}^2$$

4.5.3 Výpočet vsakovaného odtoku

Vsakovaný odtok vychází ze vsakovací plochy z předchozího výpočtu a koeficientu vsaku z geologického průzkumu. Stanoví se dle rovnice [36]:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (9)$$

kde f ... součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se 2)

k_v ... koeficient vsaku

$$Q_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^{-5} \cdot 258,48 = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Vsakovaný odtok naznačuje vhodnost pro umístění vsakovacího zařízení.

4.5.4 Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení

Samotné vsakovací zařízení musí disponovat dostatečným retenčním objemem, protože vsakování bývá zpravidla pomalejší než dešťový přítok. Tento objem se stanoví dle následujícího vztahu [36]:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \left(\frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}\right) \cdot t_c \cdot 60 \quad (10)$$

Kde h_d ... úhrn srážek [14]

t_c ... doba trvání srážky

A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení

A_{red} ... redukovaná odvodňovaná plocha

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení)

k_v ... koeficient vsaku

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se 2)

Q_0 ... objemový průtok dešťové vody (regulovaný odtok) [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (1292,41 + 0) - \left(\frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \cdot 258,48\right) \cdot t_c \cdot 60$$

Následující tabulka obsahuje výsledky výše uvedeného vztahu pro různý čas trvání a intenzity deště:

Tab. 26: Retenční objem v závislosti na době trvání srážky

Doba trvání srážky t_c [min]	Retenční objem V_{vz} [m^3]
5	14,22
10	20,55
15	24,04
20	25,72
30	27,66
40	28,82
60	30,11
120	30,24
240	28,69
360	27,01
480	18,61
600	10,08
720	1,68
1080	-23,78
1440	-51,05
2880	-147,20
4320	-254,21

Navržený retenční objem vsakovacího zařízení je v tabulce označen tučně. Je to maximální hodnota pro různé doby trvání deště.

4.5.5 Výpočet doby prázdnění vsakovacího zařízení

Dobu prázdnění určíme následující rovnicí [36]:

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} \quad (11)$$

$$T_{pr} = \frac{30,24}{1,29 \cdot 10^{-3}} = 23441,86 \text{ s} = \mathbf{6,50 \text{ hod}}$$

4.5.6 Výpočet objemu vsakovacího zařízení dle programu výrobce ASIO

Pro výpočet pomocí programu výrobce ASIO byla použita stejná vstupní data, jako v ručním výpočtu.

NÁVRH POTŘEBNÉHO OBJEMU RETENČNÍ NÁDRŽE (RN) DLE ČSN 75 9010

Akce: Kapková závlaha parkových ploch v polyfunkčním objektu s využitím dešťové vody

Vypracoval: Stanislav Kabátek

Datum zpracování: 06.01.2020
Výpočtový program: ASIO NEW RN V3.3

1. Návrh typu RN

Výrobek: AS-NIDAPLAST

Délka L: 7,20 m
Šířka B: 4,80 m
Výška H: 1,04 m
Plocha vsaku $A_{vsak} = L \cdot (H/2 + B)$: 38,30 m²

AS-NIDAPLAST L/B/H 2.4/1.2/0.52 m
AS-KRECHT L/B/H 2.3/1.3/0.8 m
AS-NIDAFLOW L/B/H 2.4/1.2/0.52 m

2. Stanovení vsaku

Koeficient vsaku K_v : 1,00E-04 m/s
Součinitel bezpečnosti vsaku f: 2
Vsakový or: 160 / 320
Vsakový or: 1,915 l/s

3. Povolený odtok do kanalizace

Povolený odtok do kanalizace $Q_{p}(Q_p^{**})$: 0,000 l/s

4. Stanovení povrchového odtoku

Oblast: 12 Plocha - Hradec
Periodicita: 62
Komentář

Typ plochy -> součinitel odtoku ϕ	Odtok, souč. ϕ	Odvodňovaná plocha S [m ²]	S [ha]	Redukovaná plocha $S_r = S \cdot \phi$	S_r [m ²]
Plocha střecha / bez střeš. střešní izolace (0,0)	1,00	962	0,10	962	961,52
Plocha střecha / BHK (0,7)	0,80	414	0,04	331	330,88
Plocha střecha / bez střeš. izolace, střešní izolace (0,0)	1,00	0	0,00	0	0
Plocha střecha / bez střeš. izolace, střešní izolace (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
Plocha střecha / bez střeš. izolace, střešní izolace (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
Celkem				1292,40	1292

Výpočet potřebného retenčního objemu vsakovacího systému pro úhrny srážek dle návrhu normy ČSN 75 9010

Doba trvání deště T_c	min	5	10	15	20	30	40	60	120
Návrhové úhrny srážek	mm	11,3	16,5	19,5	21,1	23,2	24,7	26,9	30,6
Povrchový odtok Q_d (Qc ^{**})	l/s	48,7	35,5	28,0	22,7	16,7	13,3	9,7	5,5
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(0,2)} - Q_o - Q_v$	l/s	46,8	33,6	26,1	20,8	14,7	11,4	7,7	3,6
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} \cdot T_c$	m ³	14,5	20,8	24,2	25,8	27,4	28,3	28,9	26,9
Doba trvání deště T_c	hod	4	6	8	10	12	18	24	48
Návrhové úhrny srážek	mm	36,6	42,5	43,2	43,8	44,5	46,4	46,9	58,9
Povrchový odtok Q_d (Qc ^{**})	l/s	3,3	2,5	1,9	1,6	1,3	0,9	0,7	0,3
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(0,2)} - Q_o - Q_v$	l/s	1,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} \cdot T_c$	m ³	21,1	15,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Červené hodnoty uvedené v tabulce jsou zobrazeny v grafu

5. Stanovení retenčního objemu

Vypočteno pro T_c : 60 min
Retenční objem V: 28,9 m³
Doba prázdnění RN: 4 hod

6. Posouzení výrobku 1,3

Výrobek: AS-NIDAPLAST
Skladební délka: 7,20 m
Skladební šířka: 4,80 m
Skladební výška: 1,04 m
Výška plnění: 0,87 m
Využití: 83,6 %
Počet bloků: 24 ks

****Platí pro návrh AS-NIDAFLOW**

Obr. 48 Výpočet objemu vsakovacího zařízení dle programu výrobce ASIO

4.5.7 Porovnání výsledků ručního výpočtu s výsledky programu výrobce ASIO

V následující tabulce se nachází porovnání výsledků ručního výpočtu s výsledky vypočtené pomocí programu výrobce ASIO.

Tab. 27: Porovnání výsledků

	Ruční výpočet	Program ASIO
$Q_{vsak} [l \cdot s^{-1}]$	1,29	1,92
$V_{vz} [m^3]$	30,24	28,90
$T_{pr} [hod]$	6,50	4,00

Odchyly jsou způsobeny především metodikou výpočtu firmy ASIO, kdy bere v potaz přímo vlastnosti vsakovacích bloků z reálného provozu, zatímco norma obsahuje pouze obecný výpočet založený na odhadu vsakovací plochy. Velikost retenční nádrže vyšla podobná, lze tedy porovnáním ověřit správnost výpočtu.

4.5.8 Návrhové parametry vsakovacího zařízení

Návrhové parametry určíme z programu výrobce ASIO, který vyrábí typizované vsakovací zařízení. Pro toto vsakovací byl proveden výpočet v kapitole 4.5.6 Výpočet objemu vsakovacího zařízení dle programu ASIO. Parametry vidíme v následující tabulce.

Tab. 28: Parametry vsakovacích bloků

Délka:	7,20	m
Šířka:	4,80	m
Výška:	1,04	m
Vsakovací plocha:	38,30	m^2
Retenční objem:	28,9	m^3
Doba prázdnění:	4,00	hod
Počet bloků:	24,00	ks

Voda se ke vsakovacímu zařízení dostane elektroventilem v šachtě Š04, který se otevře společně se spuštěním čerpadla pomocí plovákového senzoru v akumulární nádrži. Regulovaný odtok nenavrhuji, vsakovací schopnost podloží je dostatečná, vsakovací zařízení bude vybaveno pouze nouzovým přepadem.

4.6 REKAPITULACE FUNKCE SYSTÉMU

Systém je poměrně komplexní, je tedy nutné rekapitulovat, jak vlastně funguje. Hlavní částí je závlahový systém, který je tvořen kapkovou závlahou a na trávnicích doplněn postřikovači. Vodu pro provoz zajišťuje akumulární nádrž umístěná v prvním podzemním patře, která akumuluje dešťovou vodu sbíranou ze střechy a terasy objektu. V případě nedostatku dešťové vody je do akumulární nádrže připouštěna voda z vodovodního řadu. Naopak v případě přebytku dešťových vod (převážně v zimě, kdy se závlahový systém nepoužívá), plovákové čidlo v akumulární nádrži zajistí čerpání do poslední šachty (Š04) a elektroventil pak vodu vpustí do vsakovacího zařízení. Tímto celý systém naplňuje myšlenku využití a zneškodnění dešťové vody na pozemku.

4.7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ SYSTÉMU Z HLEDISKA SPOTŘEBY VODY

Jedním z hodnotících parametrů může být ekonomické zhodnocení z hlediska spotřeby vody. Porovnáváme tedy náklady v případě využívání dešťové vody a náklady v případě jejího nevyužívání. Rozdílem je peněžní bilance. V následující tabulce uvádím peněžní bilanci za rok provozu a pro ilustraci i úsporu za 10 let provozu.

Tab. 29: Ekonomické zhodnocení z hlediska spotřeby vody

Vodné a stočné v Praze [Kč]:	94,09
Vodné [Kč]:	50,92
Stočné [Kč]:	43,17
Roční potřeba vody [m ³]:	942,91
Ročně vody z deště [m ³]:	420,03
Potřeba vody z vodovodního řadu bez využití dešťových vod [m ³]:	942,91
Potřeba vody z vodovodního řadu s využitím dešťových vod [m ³]:	522,88
Cena vody za rok bez využití dešťových vod:	48 012,98 Kč
Cena vody za rok s využitím dešťových vod:	26 625,05 Kč
Roční bilance s využitím dešťových vod:	21 387,93 Kč
<u>Úspora za 10 let provozu:</u>	<u>213 879,28 Kč</u>

4.8 ODHADOVANÉ NÁKLADY SYSTÉMU

Jedním z dalších hodnotících parametru mohou být náklady na vybudování systému. Tyto náklady bývají často rozhodující, zda se projekt bude realizovat. Pro představu uvádím v následující tabulce odhadované položkové náklady na vybudování systému (jedná se o hrubý odhad):

Tab. 30: Položkový rozpočet

Název položky	ks (m)	cena/ks (m)	Cena celkem
Ventilová šachta s kohoutem	4	417,00 Kč	1 668,00 Kč
Ventilová šachta standart	2	378,00 Kč	756,00 Kč
Ventilová šachta maxi	2	661,00 Kč	1 322,00 Kč
Víko ventilové šachty standart	2	217,00 Kč	434,00 Kč
Víko ventilové šachty maxi	2	321,00 Kč	642,00 Kč
Postřikovače (tryska+tělo)	47	249,00 Kč	11 703,00 Kč
Kapkovací hadice	1140,8	11,90 Kč	13 575,52 Kč
Diskový filtr	3	4 043,00 Kč	12 129,00 Kč
Kabel ovládání závlah	78,2	36,00 Kč	2 815,20 Kč
Potrubí jednotlivých sekcí	463,7	25,20 Kč	11 685,24 Kč
Řídící jednotka závlah	1	3 190,00 Kč	3 190,00 Kč
Elektroventil	10	445,00 Kč	4 450,00 Kč
Akumulační nádrž	1	37 720,00 Kč	37 720,00 Kč
Pískový filtr	1	42 859,00 Kč	42 859,00 Kč
Vsakovací zařízení	1	71 680,00 Kč	71 680,00 Kč
Projektová a inženýrská činnost (odhad)	1	65 490,00 Kč	65 490,00 Kč
Ostatní (spoje potrubí, těsnění atd.; 10 % z ceny)	1	21 662,90 Kč	21 662,90 Kč
Práce (odhad)	1	35 896,00 Kč	35 896,00 Kč
			339 677,86 Kč

Poznámka: Projektová a inženýrská činnost, práce a ostatní odhadem pomocí internetové kalkulačky <https://www.cenyza projekty.cz/>

4.9 PŘIBLIŽNÁ NÁVRATNOST

Jedním s nejdůležitějších hodnotících parametrů, které investora zajímají, je návratnost. Ukazuje, za jakou dobu úspory systému dokážou samotný systém zaplatit. Nejčastěji se uvádí v letech. Z pravidla se investice do podobných systémů označuje jako výhodná, pokud se návratnost pohybuje do 15-20 let. V následující tabulce můžeme vidět, jaká je návratnost v tomto případě:

Tab. 31: Návratnost

Úspora za 1 rok:	21 378,93 Kč
Odhadované náklady:	339 677,86 Kč
Návratnost v letech:	15,89

Jak vidíme v tabulce, návratnost je 15,89 let. V tomto konkrétním případě se jedná o hodnotu velmi dobrou, protože se náklady na celý systém závlah včetně všech dalších jeho součástí a vsakovacího zařízení díky využití dešťových vod vrátí v horizontu 15-20 let.

Možností, jak vylepšit návratnost se může jevit místo vsakování dešťové vody na pozemku dešťovou vodu vypustit do nedaleké hradební stoky, a tím snížit náklady o vybudování vsakovacího zařízení. V tomto případě vypadá návratnost následovně:

Tab. 31: Návratnost bez vsakovacího zařízení

Úspora za 1 rok:	21 378,93 Kč
Odhadované náklady:	267 997,86 Kč
Návratnost v letech:	12,54

Návratnost se dostává pod 15 let, a to lze pokládat za výborný výsledek. Musíme si ovšem uvědomit, že dešťovou vodu již nezneškodňujeme v místě jejího vzniku, ale odvádíme do povrchových toků.

4.10 ZHODNOCENÍ STUDIE ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Po provedení návrhu závlahového systému a podrobného výpočtu bylo zjištěno, že využití dešťových vod k závlaze parkových ploch na řešeném objektu dokáže uspořit ročně 21 387,93 Kč na spotřebované vodě. Nejen z důvodu úspor, ale i z důvodu ochrany životního prostředí lze systém doporučit. Náklady na vybudování systému využívání dešťové vody se vrátí poměrně rychle a využijeme tak vodu, kterou bychom jinak bez užitku vypustili a nahradili jinou.

5 ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem popsal druhy vod, popsal možnosti využití nebo zneškodnění dešťových vod a jejich vlastnosti. Podrobněji jsem se zaměřil na závlahy jako takové, konkrétněji pak na závlahu kapkovou. Poznatky z teoretické části jsem potom využil při řešení studie závlahového systému.

V praktické části jsem zanalyzoval lokalitu a plánovaný objekt a určil plochy, ze kterých lze zachytávat dešťovou vodu. Dle koncepce sadových úprav jsem navrhl vhodný typ závlah pro jednotlivé parkové plochy a určil parametry každému prvku systému. Následně jsem k závlahovému systému navrhl nezbytné potrubí včetně jeho dimenzí a ztrát. Umístil jsem akumulární nádrž, která zadržuje dešťovou vodu a dodává ji do systému závlah. Pro zneškodnění přebytečných dešťových vod jsem navrhl vsakovací zařízení. Nakonec jsem zhodnotil ekonomický přínos z hlediska spotřeby vody, odhadl finanční náklady na pořízení tohoto systému a vypočítal návratnost. Návratnost se ukázala jako přijatelná, a proto nejen z důvodů finančních, ale i z důvodu odpovědnosti k přírodním zdrojům lze takový systém v podobných případech doporučit. Využíváme dešťovou vodu, kterou bychom jinak vypustili do povrchových toků a odvedli z místa jejího vzniku, přebytek vody lze pak zasakovat do vod podzemních.

V průběhu zpracování práce jsem narazil na spoustu zajímavých poznatků, především bych chtěl poukázat na modernější typy postřikovačů, které díky novým technologiím snižují spotřebu na takovou úroveň, že se vyrovnávají kapkové závlaze. To navazuje na moji myšlenku z úvodu, kdy hlavním motorem pokroku je inovace technologií, a právě těmito technologiemi můžeme zvyšovat náš komfort a zároveň se chovat odpovědněji k přírodě. Využívání a zneškodňování dešťové vody v místě vzniku, namísto odtoku povrchovými toky pomáhá stabilizovat projevy sucha a díky závlahám parkových ploch ve městech se nám nejen lépe dýchá, ale lépe se i cítíme.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ClimateTechWiki. Irrigation [online]. Rok neznámý [cit. 2019-09-03]. Dostupné z: <https://www.climatetechwiki.org/technology/irrigation>
- [2] Lenntech. Nutrients in irrigation water [online]. Rok neznámý [cit. 2019-09-03]. Dostupné z: <https://www.lenntech.com/applications/irrigation/nutrients/nutrients-irrigation-water.htm>
- [3] RIZVANA, Jabeen; RAFIQ Ahmad. Provision of Essential Minerals Through Foliar Sprays [online]. 2012 [cit. 2019-09-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/224829280_Provision_of_Essential_Minerals_Through_Foliar_Sprays
- [4] KRÁLOVÁ, Helena. Vodní hospodářství I část II – zálahy [online]. 2005 [cit. 2019-09-06]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS04-Vodni%20hospodarstvi%20krajiny%20I/M02-Zavlahy.pdf>
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrigation areas, irrigated crops, environment [online]. 2014 [cit. 2019-09-17]. Dostupné z: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/index3.stm>
- [6] ELZNER Petr, JÚZL Miroslav, JÚZL Miroslav. Effect of Drip Irrigation and Complementary Nutrition with Nitrogen on Potato Quality and Yield [online]. 2018 [cit. 2019-10-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.11118/actaun201866010149>
- [7] ČSN 75 6780. Využití vyčištěných šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Praha: ČNI, 2013
- [8] KABÁTEK Stanislav. Možnosti zneškodnění nebo využití dešťových vod v nově budovaném výrobním areálu u obce Hodějice. Brno, 2018
- [9] Edu/watercycleczech.html. Ga.water.usgs.gov [online]. 2011 [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleczech.html>
- [10] ČSN EN 1085. Čištění odpadních vod – Slovník. Praha: ČNI, 2007
- [11] ASIO s.r.o. AS-GW/AQUALOOP [online]. Rok neznámý [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>

- [12] VI.P Coop. soc. agricola. Frost irrigation: Ice protects from frost! [online]. Rok neznámý [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <https://www.vip.coop/en/recipes-whispers/frost-irrigation-ice-protects-from-frost/24-2532.html>
- [13] Applied Membranes, Inc. Water treatment for rinse water reuse. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <https://www.appliedmembranes.com/water-treatment-for-rinse-water-reuse.html>
- [14] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení. [online]. 2007 [cit. 2019-10-17]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
- [15] Netafim. Drip irrigation. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <https://www.netafim.com/en/drip-irrigation>
- [16] ClimateTechWiki. Drip irrigation. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <http://www.climatechwiki.org/content/drip-irrigation>
- [17] PALMER, Caitriona. In Niger, drip-irrigation helps farmers battle climate induced water woes. [online]. 2019 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <https://blogs.worldbank.org/climatechange/niger-drip-irrigation-helps-farmers-battle-climate-induced-water-woes>
- [18] Hunter Ind. Požadavky na vodní zdroj. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: https://zavlahy.irimon.cz/clanek_pozadavky_na_vodni_zdroj_parky#
- [19] CHRISTOPHER Josephine. Report: Rivers remain big source of irrigation water. [online]. 2018 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <https://www.thecitizen.co.tz/news/1840340-4575998-5vlo49z/index.html>
- [20] DUPONT, Patrick; SHACKEL Steve. Rainwater. [online]. 2013 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <http://www.yourhome.gov.au/water/rainwater>
- [21] ČECH Jan. Vsakovací zařízení na dešťovou vodu. [online]. 2015 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/zahrada/technika/22897-vsakovaci-zarizeni-na-desovou-vodu/>

- [22] Innovative Water Solutions LLC. What Is Rainwater Harvesting?. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://www.watercache.com/education/rainwater-harvesting-101>
- [23] dd-restaurant.ru. Metóda zavlažovania v skleníkoch. Zavlažovanie mikro kvapiek - vytvára ekonomicky cielené zavlažovanie. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://dd-restaurant.ru/sk/canning-cucumbers/kapelnyi-metod-poliva-v-teplicah-mikrokapelnyi-poliv/>
- [24] VIFRA S.r.l. The Nebulization. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <http://www.vifraitaly.com/high-pressure-fog-system/the-nebulization/>
- [25] Pumpa,a.s. Jak vybrat nádrž na dešťovou vodu. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/jak-optimalne-vyuzit-destove-vody>
- [26] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění. [online]. 2007 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destovevody-i-kvalita-a-cisten>
- [27] Water_sanitation_health/rainwater [online]. 2010 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/rainwater.pdf
- [28] FAO.org. CHAPTER 5. SPRINKLER IRRIGATION. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/S8684E/s8684e06.htm>
- [29] TUHOVČÁK, Ladislav; ADLER Pavel; KUČERA Tomáš; RACLAVSKÝ Jaroslav. Vodárenství: A – úprava vody: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Brno, 155 s. Studijní opora. FAST VUT.
- [30] IWA Water Wiki. Information resource & hub for the global water community. Sedimentation Processes [online]. 2009 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/SedimentationProcesses>
- [31] CASIDAY, R.; NOELKEN, G.; FREY, R. Treating the Public Water Supply: What Is In Your Water, and How Is It Made Safe to Drink?. 1999 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://www.chemistry.wustl.edu/~courses/genchem/Tutorials/Water/151_T3_05_water.pdf
- [32] ASIO s.r.o. AS-GW/AQUALOOP [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>

-
- [33] WAVIN OSMA s.r.o. Nové odlučovače ropných látek Oil Stream Centaro NS [online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/inzenyrske-site/nove-odlucovace-ropnych-latek-oil-stream-centaro-ns_105529.html
- [34] ASIO NEW, spol. s r.o. Využití dešťových vod [online]. 2004 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/2115-vyuziti-destovych-vod>
- [35] Podnebí Československé socialistické republiky: tabulky. Hydrometeorologický ústav. 1961
- [36] ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: ČNI, 2012
- [37] FAO.org. CHAPTER 6. DRIP IRRIGATION. [online]. Rok neznámý [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/s8684e/s8684e07.htm>
- [38] GHOSH, Uddipta; BISWAS, Ranajit; VIMALKUMAR, Irungbam. Evaluation of soil wetting patterns in drip irrigation. [online]. 2016. [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/311412504_EVALUATION_OF_SOIL_WETTING_PATTERNS_IN_DRIP_IRRIGATION
- [39] Projektová dokumentace pro provedení stavby Florenc Gate, FN Ateliér

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q_0 ... objemový průtok dešťové vody z ploch [$l \cdot s^{-1}$]

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

Ψ_i ... součinitel odtoku dešťové vody [-]

i_i ... průměrný úhrn srážek [$l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$]

A_{red} ... redukováná odvodňovaná plocha [m^2]

V_t ... měsíční potřeba vody pro trávníky [m^3]

A_t ... zavlažovaná plocha trávníků [m^2]

h_t ... týdenní závlahové množství trávníků [mm]

h_o ... týdenní závlahové množství okrasných dřevin [mm]

A_o ... zavlažovaná plocha okrasných dřevin [m^2]

V_o ... měsíční potřeba vody okrasných dřevin [m^3]

V_c ... celková potřeba vody [m^3]

h_z ... celková ztrátová výška [m]

J_i ... čára energie [%]

$l_{e,i}$... ekvivalentní délka potrubí [m]

h_v ... výtlačná výška [m]

h_g ... geodetická výška [m]

h_z ... ztrátová výška [m]

h_p ... nutný tlak na posledním závlahovém elementu [m]

A_{vsak} ... odhad plochy vsakovacího zařízení [m^2]

Q_{vsak} ... vsakovaný odtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]

f ... součinitel bezpečnosti vsaku [-]

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

h_d ... úhrn srážek [mm]

t_c ... doba trvání srážky [min]

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení [m^2]

V_{vz} ... retenční objem vsakovacího zařízení [m^3]

T_{pr} ... doba prázdnění [s]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Celková situace; M 1:300 formát A3
2. Závlaha – horní východní část (Z1); M 1:90 formát A3
3. Závlaha – dolní východní část (Z2); M 1:90 formát A3
4. Závlaha – západní část (Z3); M 1:90 formát A3
5. Závlaha – střední část (Z4); M 1:90 formát A3
6. Půdorys 1PP – Usazení akumulární nádrže a potrubí; M 1:100 formát A3
7. Akumulační nádrž; M 1:40 formát A4
8. Situace uložení vsakovacího zařízení; M 1:200 formát A4
9. Vsakovací zařízení; M 1:50 formát A3
10. Ventilové šachty; M 1:5 formát A4
11. Vzorový řez – usazení postřikovače; M 1:5 formát A4
12. Vzorový řez – pokládka potrubí; M 1:5 formát A4
13. Vzorový řez – usazení šachty; M 1:5 formát A4