

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO INŽENÝRSTVÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

STUDIE ZÁVLAHY ZAHRADY RD S VYUŽITÍM ŠETRNÝCH VODNÍCH ZDROJŮ

SMALL AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM STUDY USING WATER SAVING
SOURCES

Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Vodní hospodářství a vodní stavby
Autor:	Jaroslav Oršuliak
Vedoucí práce:	Ing. Pavla Schwarzová, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Oršuliak Jméno: Jaroslav Osobní číslo: 468332
Zadávací katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie závlahy zahrady RD s využitím šetrných vodních zdrojů
Název bakalářské práce anglicky: Small automatic irrigation system study using water saving sources

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte rešerši odborné literatury pro řešení praktické části Vaší bakalářské práce (platná legislativa, trendy návrhu závlahových systémů v ČR, čištění odpadních vod v domácnostech, hospodaření se srážkovými vodami). Diskutujte aktuálně platnou legislativu, možnost mísení dešťové a vyčištěné odpadní vody a využití šedých vod pro závlahu.

V praktické části Vaší bakalářské práce zpracujte studii závlahy zadané zahrady rodinného domu při využití šetrných zdrojů závlahové vody (hospodaření s dešťovou vodou, domovní ČOV). Vytvořte potřebné výkresy automatického závlahového systému (závlaha postřikem, kapková závlaha), tj. rozmístění postřikovačů, případně kapkové závlahy, a také trubních vedení. Proveďte základní hydraulické výpočty. V základu využijte sortimentu Hunter pro závlahu, Ekocis pro domovní ČOV. Uveďte spotřebu závlahové vody, výhody a nevýhody Vámi navrženého řešení.

Seznam doporučené literatury:

- 1) články v časopisech indexovaných v databázích WOS a SCOPUS
- 2) TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami
- 3) ČSN 75 0434 Meliorace - Potřeba vody pro doplňkovou závlahu.
- 4) ČSN 75 8402 - Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- 5) ČSN 75 8101 - Stokové sítě a kanalizační přípojky
- 6) ČSN 73 8005 - Prostorové uspořádání vedení technického vybavení
- 7) ČSN EN 1810 - Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení
- 8) ČSN EN 752 - Odvodňovací systémy vně budov
- 9) ČSN EN 12 566 – 3+A2:2014 - Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Pavla Schwarzová, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 15.2.2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

.....
Podpis vedoucího práce

.....
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

.....
Datum převzetí zadání

.....
Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Studie závlahy zahrady RD s využitím šetrných vodních zdrojů“ vypracoval samostatně a veškeré použité informační zdroje jsem uvedl v seznamu použité literatury podle zásad metodického pokynu č. 1/2009 ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“

V Praze 15. 2. 2021

Jaroslav Oršuliak

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Pavle Schwarzové, Ph.D. za všestrannou pomoc, množství cenných a inspirativních rad, podnětů, doporučení, připomínek a zároveň za velkou trpělivost s obdivuhodnou ochotou při konzultacích poskytnutých ke zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Petru Formánkovi, odbornému konzultantovi, zejména za vstřícný přístup, věnovaný čas, cenné připomínky a poskytnuté materiály.

ABSTRAKT

Bakalářská práce zpracovává dosavadní poznatky v oblasti využití přečištěné odpadní vody a dešťové vody pro systém automatické závlahy. V teoretické části práce byla provedená rešerše platné legislativy a řešena proveditelnost kombinovaného využití vyčištěné odpadní a dešťové vody pro současné trendy závlah. Tyto poznatky byly pak aplikovány v praktické části, ve které byla řešená koncepční situace. Řešení obsahuje návrh na čištění odpadních vod, zachytávání dešťových vod, společnou akumulaci a jejich využití jako zdroje vody pro dále navrženou automatickou závlahu zahrady rodinného domu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vyčištěná odpadní voda, srážková voda, šedá voda, automatická závlaha, domovní čistírna odpadních vod

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with existing knowledge in the use of treated wastewater and rainwater for an automatic irrigation system. In the theoretical part of the work, a search of valid legislation was performed and the feasibility of combined use of treated wastewater and rainwater for current trends in irrigation was solved. These findings were then applied in the practical part, in which the conceptual situation was addressed. The solution includes a proposal for wastewater treatment, rainwater collection, joint accumulation and their use as a source of water for the further designed automatic irrigation of the garden of a family house.

KEYWORDS

Treated wastewater, rainwater, greywater, automatic irrigation system, domestic water treatment plant

Obsah

1. Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST	11
2. Odpadní vody.....	12
2.1 Definice	12
2.2 Rozdělení odpadních vod.....	13
2.3 Rozdělení domovních odpadních vod.....	13
2.3.1 Černé vody	13
2.3.2 Šedé vody.....	13
2.3.3 Bílé vody	14
2.3.4 Žluté vody.....	14
2.3.5 Hnědé vody.....	14
2.4 Odvádění odpadních vod	14
2.5 Likvidace přečištěných odpadních vod	14
2.6 Způsoby čištění odpadních vod	15
2.6.1 Mechanická úprava.....	16
2.6.2 Chemická úprava.....	16
2.6.3 Fyzikální úprava	16
2.6.4 Biologická úprava.....	16
2.6.5 Přírodní postupy čištění.....	17
2.6.6 Domovní čistírny odpadních vod EKOCIS.....	17
2.7 Kvalita přečištěné odpadní vody	18
2.8 Hospodaření se srážkovými vodami.....	18
2.8.1 Legislativa hospodaření se srážkovými vodami.....	19
2.8.2 Dotační program Dešťovka.....	20

2.8.3	Mísení srážkové vody s přečištěnou odpadní vodou.....	21
2.9	Legislativa.....	21
3.	Šedá voda.....	22
3.1	Definice.....	22
3.2	Požadavky na kvalitu šedé vody.....	23
3.3	Požadavky na vnitřní kanalizaci.....	26
3.4	Rizika.....	26
4.	Legislativa využití odpadních vod pro závlahu.....	27
5.	Závlahy.....	27
5.1	Definice.....	27
5.2	Historie závlah.....	28
5.3	Závlahové trendy v ČR.....	28
5.3.1	Trend zemědělství.....	28
5.3.2	Trend AZS.....	30
5.4	Základní závlahové veličiny.....	31
5.5	Hydraulické řešení trubních sítí.....	31
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	34
6.	Technologické schéma.....	35
6.1	Klimatické podmínky.....	36
6.2	Návrh AZS.....	38
6.3	Závlahová bilance.....	44
6.4	Bilance produkce odpadní vody.....	52
6.5	Bilance dešťových vod.....	53
6.6	Návrh DČOV.....	53
6.7	Návrh akumulární nádrže.....	54

6.8	Návrh vsakovacího objektu	58
6.9	Retenční objem vsakovacího zařízení	58
6.10	Závěr	62
7.	Použité zdroje	63
8.	Seznam tabulek	65
9.	Seznam obrázků	66
10.	Seznam příloh.....	67

1. Úvod

„Bez vody není života. Je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto zásoby udržovat, chránit a podle možnosti rozhojňovat.“ [1] Bude to již brzy 55 let, co evropské státy dospěly k uvědomění a zformulování těchto slov, jako jeden z předpokladů udržitelnosti života na Zemi.

Je tedy na místě položit otázku: Jak novodobý svět pokročil v tomto smyšlení? Dle hlášení OSN z roku 2020 žije na planetě okolo 2,2 miliardy lidí, představující 28% celkové populace, jež nemají přístup k pitné vodě. Její spotřeba se za poslední století zvýšila šestinásobně a s každým rokem roste přibližně o 1%. Prognóza je taková, že kombinace změny klimatu a neustálé se zvyšující výskyt a intenzita extrémních klimatických událostí – bouří, povodní a sucha, nepřinese jenom další zhoršení situace již postižených zemích, ale dojde i k zasažení oblastí, které dosud vážně ovlivněny nebyly. Zpráva, obzvláště zdůrazňuje tendenci špatného hospodaření s vodou, zhoršovat dopad změn klimatu, a to nejen na vodní zdroje, ale i na společnost jako celek. [2]

Odpověď je pak taková, že situace je všeobecně známá. Mluvíme o ní, píšeme o ní, avšak k převádění těchto myšlenek do reality, tak aby bylo dosaženo výrazné změny, bohužel nedochází.

Znepokojující zprávy nad výhledem do budoucna sebou, však nesou ironicky i jedno „pozitivum“, a to v podobě motivace. Diamanty vznikají pod tlakem a máloco dokáže člověka podnítit k aktivitě a progresi lépe než nouze. Můžeme se tedy v nastávajících letech pravděpodobně těšit inovacím a zapojení celé společnosti do úspory vody. Jiné východisko není.

Lokální vývoj v České republice, která leží na rozvodí a je z velké míry závislá na srážkové vodě, která na naše území spadne, vychází z naší schopnosti srážkovou vodu zachytávat, a tak zpomalovat její odtok z území. Využití vody opakovaně, tam kde je to možné je pak další variantou úspory. [3] Řešení, kterému bych se chtěl věnovat, spočívá ve využití málo znečištěných vod a znovuvyužití vyčištěných odpadních vod.

Za námět pro závěrečnou práci, vděčím, nepočítaje oborovou výuku, jež ve mně vzbudila zájem o danou tematiku, především odborné praxi, kterou jsem měl tu možnost absolvovat v projekční kanceláři. Přišel jsem zde do prvního kontaktu s vodohospodářským řešením šetrné likvidace odpadních vod z objektů, které nemají přístup k řádnému odkanalizování, a to v podobě jejich přečištění a opětovného využití pro závlahu, o níž bude právě tato práce pojednávat.

TEORETICKÁ ČÁST

2. Odpadní vody

2.1 Definice

Pojem odpadní vody, lze obecně chápat jednak jako vodu, jež byla použita mimo vodní zdroj a jejíž vlastnosti byly ovlivněny lidskou činností, a jednak jako vodu z atmosférických srážek odváděnou stokovou sítí. Přesná definice je uvedena v § 38 odstavec 1 zákona 254/2001 Sb.

„Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních.“ [4]

Podle druhu znečištění volíme způsob, jak ji z objektu nebo určité plochy odvádět a jakým způsobem ji čistit. Zneškodňování odpadních vod probíhá buď centralizovaným nebo decentralizovaným způsobem v závislosti na ekonomické proveditelnosti.

Povinnost zajištění zneškodnění odpadní vody spadá dle zákona na toho, kdo jí vypouští. [5, 6] Veškerou odpadní vodu je zapotřebí likvidovat takovým způsobem, aby nebyla ohrožena jakost vod recipientu. Samotné znečištění je definováno jako změna fyzikálních, chemických a biologických vlastností vody, jež zamezuje její použití k zamyšlenému účelu. Na pojem lze tedy nahlížet jako na pojem relativní.[7] O požadované kvalitě přečištěné vody rozhoduje vodohospodářský orgán, který monitoruje kvalitu vody recipientu.

2.2 Rozdělení odpadních vod

Pro obecnost kategorizace je nutné začít s tím, že odpadní vody jsou dle ČSN 75 6101 členěny podle původu a způsobu znečištění na vody splaškové, tj. vody, které obsahují splašky z kuchyní, koupelen, WC a jiných zařizovacích předmětů. Vody infekční, jež obsahují chorobotvorné zárodky a pochází ze zdrojů jako jsou například nemocnice a biologické laboratoře a vyžadují zvláštní opatření před jejich vypuštěním do stok. Průmyslové odpadní vody z technologických provozů, jejichž znečištění závisí na technologii výroby a může být proto velmi různorodé. Dále jsou odpadní vody členěny na vody ze zemědělství a zemědělské výroby. Do této kategorie nespadá močůvka ani kejda. Poslední skupinou jsou pak znečištěné vody srážkové, jež dopadly na extrémně znečištěné plochy. Řadíme sem taktéž vody z tání sněhu a ledu. [8, 9]

2.3 Rozdělení domovních odpadních vod

Odpadní vody v domácnostech jsou členěny na vody černé, kam patří voda z toalet, tedy moč a fekálie, toaletní papír a splachovací voda. Dále na vody šedé, jež představují doplněk (vyjímáje vody černé) vod z domácnosti, tedy vodu ze sprch, umyvadel a praček. Černé vody lze pak dále dělit na vody žluté a hnědé. [10]

2.3.1 Černé vody

Pokud odpadní vodu z toalet tedy vody hnědé a žluté odvádíme současně – získáváme vody černé. Pokud dokážeme černé vody zadržovat oddělené od ostatních například pomocí separačních toalet, můžeme je přeměnit na přírodní hnojivo, kterým budeme umět nahradit syntetické produkty. [10]

2.3.2 Šedé vody

Odtok ze sprch, van, umyvadel, praček a myček nádobí oddělený od vod obsahující moč a fekálie nazýváme šedou vodou. Pro bezproblémové čištění šedých vod je vhodné využívat vod především z koupelen než z kuchyňských zařízení, a to z důvodu menšího znečištění této vody.

2.3.3 Bílé vody

Vyčištěním šedých vod získáváme vodu bílou neboli provozní, kterou lze využít na splachování toalet, pisoáru nebo závlahu zahrady atd. Voda provozní nemusí mít jakost pitné vody.

2.3.4 Žluté vody

Žlutá voda se skládá z vodného roztoku metabolických procesů lidského organismu, hlavně močoviny, rozpuštěných solí, zejména chloridu sodného, a dalších organických látek. Obsahuje nutrienty, jedná se zejména o dusík, fosfor a draslík. Člověk vyprodukuje ročně přibližně 500 l moči. [10]

2.3.5 Hnědé vody

Pod pojmem hnědé vody chápeme vodu z toalet, který obsahuje pouze fekálie. Jeden člověk vyprodukuje ročně kolem 50 l fekálií. [10]

2.4 Odvádění odpadních vod

Způsob odvádění odpadních vod je volen na základě výskytu stokové sítě a způsobu čištění odpadních vod, které lze čistit centralizovaně nebo decentralizovaně

Centralizovaný systém: Odpadní vody jsou stokovou soustavou odváděny na jednu centrální čistírnu odpadních vod, která byla vybudovaná pro celé zájmové území.

Decentralizovaný systém: Odpadní vody jsou sváděny a čištění domovních čistírnách, akumulovány v domovních žumpách s pravidelným odvozem nebo v septiku.

2.5 Likvidace přečištěných odpadních vod

Podle vodního zákona existují 2 základní způsoby likvidace přečištěných vod z domovní čistírny:

Vypouštění do povrchových vod (dle nařízení vlády 229/2007 Sb.), což je jakákoliv vodoteč, případně k tomu účelu schválená kanalizace. Jako podklad pro vypouštění do vod povrchových je nutné mít kladné stanovisko správce povodí.

Vypouštění do podzemních vod do akumulární nádrže a následný rozstřík čisté vody po vlastním pozemku, přičemž je v zimě nutné ČOV vyvážet, nebo do přímého vsaku, tedy do vsakovací studny, rýhy, jámy apod.

2.6 Způsoby čištění odpadních vod

Pravidla pro návrh čistírny odpadních vod jsou uvedena v ČSN EN 12225-11. Vybavení ČOV a její návrh vychází z typu natékajících odpadních vod. Na čistírnu odpadních vod určenou pro čištění šedých vod smí být přiváděny pouze šedé vody. Technologie čištění odpadních vod se navrhuje ve vztahu k požadavkům na jakost provozní (bílé) vody, případně s ohledem na její další využití. V návrhu uspořádání technologické linky čistírny musí být navržen způsob likvidace odpadních vod. [11]

Technologie čištění šedé vody se podle typu procesu dělí na:

- mechanickou úpravu,
- chemickou úpravu,
- fyzikální úpravu,
- biologické čištění,
- přírodní způsoby čištění.

Čistící proces je nutné doplnit o hygienické zabezpečení spočívající v eliminaci a odstranění patogenních organismů z vyčištěné vody.

Tyto systémy určené k dezinfekci dělíme na chemické a fyzikální. Do chemických metod řadíme použití chlóru, ozónu u velkých zařízení, případně dalších pokročilých oxidačních procesů. Mezi fyzikální způsoby, nejčastěji používané, patří dezinfekce UV lampou, která na rozdíl od chemických prostředků neovlivňuje kvalitu vody a samotná membránová filtrace.

Předpokladem pro maximální dezinfekci je odstranění nerozpuštěných látek filtrací přes filtrační materiál nebo membránu [11]

2.6.1 Mechanická úprava

Spočívá v základních čistících procesech využívající sedimentaci a filtraci. Doporučenými objekty mechanického předčištění na úpravu šedých vod jsou česle, sedimentační nádrž, spádová a rotační síta a v případě nátoku vod z kuchyně i lapák tuků. Doporučená velikost průlin česlí, spádových a rotačních sít je 0,2 mm až 3 mm v závislosti na dalším stupni čištění. Např. pro použití membrán většina výrobců požaduje průliny 0,2–0,5 mm z důvodu zachycení vlasů. Mechanického stupně, jako jediného stupně, se používá v případech, kdy je dostačující jednoduchá úprava. V ostatních případech se mechanický stupeň používá jako předčištění před dalšími stupni. [11]

2.6.2 Chemická úprava

Mezi systémy s chemickou úpravou odpadní vody můžeme zařadit procesy založené na koagulaci a elektrokoagulaci, kdy do odpadní vody dávkujeme chemikálie na bázi železa, hliníku nebo jiných kovů. Dále mezi chemickou úpravu řadíme fotokatalýzu, tedy rozklad látek za přítomnosti fotokatalyzátoru nebo pokročilé oxidační procesy využívající OH radikály. [11]

2.6.3 Fyzikální úprava

Do fyzikální úpravy řadíme procesy založené na adsorpci nerozpuštěných látek na filtračním loži pískového filtru, dále membránovou filtraci.

Filtrační materiál může být z křemičitého písku, granulovaného aktivního uhlí (GAC), antracitu a jeho volba a frakce je závislá na složení čištěné vody.

2.6.4 Biologická úprava

Podstata biologické úpravy spočívá v provzdušňování aktivovaného kalu v nádrži. Aktivovaný kal je tvořen směsnou kulturou mikroorganismů, díky kterým probíhá proces čištění. Mezi systémy s biologickou úpravou řadíme biofilmové

reaktory, aktivační nádrže, membránový bioreaktor a biologické provzdušňované filtry. [11]

2.6.5 Přírodní postupy čištění

Mezi přírodní postupy čištění zařazujeme mokřady, kořenové čistírny a rákosová pole. [11]

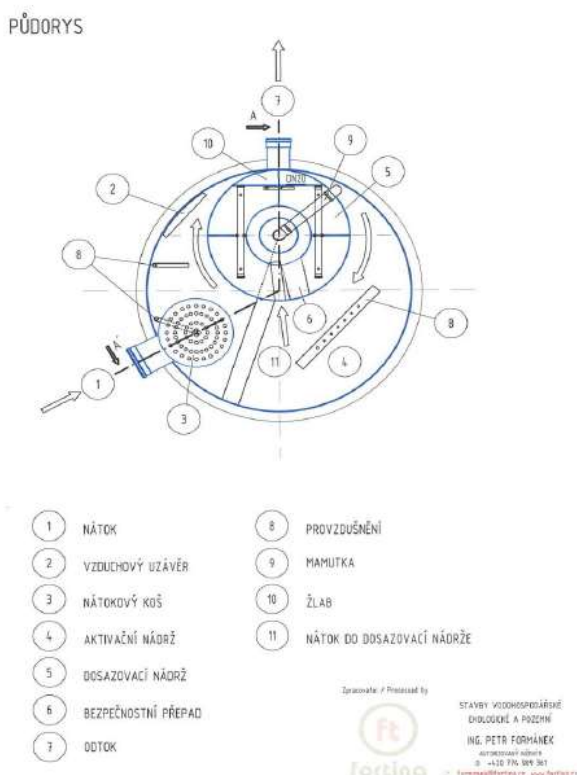
2.6.6 Domovní čistírny odpadních vod EKOCIS

Čistírny odpadních vod od společnosti EKOCIS jsou určeny pro rodinné domy, bytové domy a rekreační zařízení. Uplatnění nachází v lokalitách, kde není možné napojení na stokovou síť. Oproti septiku, který je nákladný na provoz je ČOV je téměř bezúdržbová. [12]

Jedná se o mechanicko-biologická ČOV plastového provedení. Její fungování je založeno na kontinuálním čištění odpadní vody směsnou kulturou mikroorganismů za přítomnosti kyslíku dodávaného pneumatickou aerací.

Splašková voda je k ní přivedena kanalizací do přítokového koše, který je umístěn v netokové komoře. V koši a následně v komoře dojde k sedimentaci hrubých nerozpuštěných látek a stabilizaci kalu. Odpadní voda v přítokové komoře i pod košem je intenzivně míchána ode dna vestavěným čeříčem, který rozbíjí toaletní papír apod. Předčištěná a provzdušněná voda je vedena do aktivační komory. Aktivační nádrž je trvale provzdušněna a promíchávána provzdušňovacími elementy a dochází zde k tvorbě aktivačního kalu a k čistícímu procesu. Aktivační směs natéká do dosazovací komory, kde dochází k separaci biologického kalu od vyčištěné vody. Čistá voda odtéká vestavěným sběracím systémem z pod hladiny do odtoku. Separovaný zahuštěný kal je pravidelně z konického dna a z hladiny dosazovací komory automaticky čerpán pomocí sběrného potrubí zpět do systému. [13]. Základní půdorysné schéma čistírny EKOCIS, lze vidět na obrázku 1.

Volba kontrétního typu čistírny EKOCIS se odvíjí od velikosti denního nátoky odpadních vod z objektu na čistírnu, který se stanovuje v závislosti na počtu osob využívající objekt a průměrné denní spotřebě vody.



Obr. 1: Půdorysné schéma čistírny EKOCIS [13]

2.7 Kvalita přečištěné odpadní vody

Kvalita přečištěné odpadní vody musí splňovat hodnoty uvedené v **NV č.401/2015 Sb.** při odvádění do vod povrchových a **NV č.57/2016 Sb.** při odvádění do vod podzemních.

2.8 Hospodaření se srážkovými vodami

Využití decentralizovaného hospodaření se srážkovou vodou je dnes již státem neodmyslitelně od občanů požadováno přes právní a normativní předpisy. Proveditelnost opatření a motivace je státem podporovaná dotačním programem. Aktuální program Ministerstva životního prostředí Dešťovka je příkladem takovéto podpory a přístupu.

2.8.1 Legislativa hospodaření se srážkovými vodami

Povinnost hospodaření s dešťovými vodami na pozemku stanovuje **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)** v § 5 odstavec 3 .

"(3) Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání je stavebník povinen podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním odpadních vod kanalizací k tomu určenou. Není-li kanalizace v místě k dispozici, odpadní vody se zneškodňují přímým čištěním s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních. V případě technické neproveditelnosti způsobů podle vět první a druhé lze odpadní vody akumulovat v nepropustné jímce (žumpě) s následným vyvážením akumulovaných vod na zařízení schválené pro jejich zneškodnění. Dále je stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážková voda“) akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby." [4]

Při volbě recipientu srážkové vody především zasakování se dle **Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území** upřednostňuje v § 20 odstavec 5 c):

"(5) Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno

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

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

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

3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace. [14]

V případě, že je jedná o stavbu pro bydlení a rodinnou rekreaci je § 20 upřesněn v § 21 , odstavec 3:

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

a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,

b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3. [14]

2.8.2 Dotační program Dešťovka

Dešťovka je dotační program Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR na podporu udržitelného hospodaření s vodou v domácnostech, vyhlášený v rámci Národního programu Životní prostředí.

Cílem programu je motivovat vlastníky a stavebníky rodinných a bytových domů v celé ČR k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s dešťovou vodou, a tak snížit množství odebírané pitné vody z podzemních zdrojů. [15]

Z dotace lze pokrýt až 50 procent výdajů na pořízení některého ze tří typů systémů [15]:

- zachytávání srážkové vody na zalévání zahrady,
- akumulaci srážkové vody pro splachování WC a zálivku,
- využívání přečištěné odpadní vody jako vody užitkové.

2.8.3 Mísení srážkové vody s přečištěnou odpadní vodou

Pro akumulaci srážkové a přečištěné odpadní vody není z legislativního pohledu požadováno rozdělení nádrží na srážkovou a přečištěnou odpadní vodu. Je tedy možné využití jedné společné nádrže. Avšak je nutné brát na zřetel, že pokud dojde ke smíchání srážkové vody s přečištěnou odpadní vodou, tak je výsledný produkt, a to i v případě, že by měla být přečištěná voda sebečistší, stále odpadní vodou, která v případě jejího využití k závlaze, vyžaduje souhlas k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, který jak bylo již v předchozích odstavcích zmíněno podmíněn kladným vyjádřením hydrogeologa a samozřejmě se prvotně musí jednat o stavbu, která nemá jinou možnost, než řešit likvidaci odpadních vod decentralizovaně. Další nezbytnou podmínkou je možnost odběru vzorků přečištěné odpadní vody v rámci pravidelných kontrol před smícháním s vodou dešťovou, tak aby nedošlo k ovlivnění analýzy vzorku. V případě kladného hydrogeologického posudku a splnění požadovaných parametrů vypouštěné odpadní vody do vod podzemních nehraje dodatečně ve finálním vsaku roli, zda se přebytek zasakuje smíchaný nebo nesmíchaný s dešťovou vodou, neboť nedochází ke změně absolutního znečištění.

V případě, že by stavebník chtěl vodoprávní řízení z důvodu likvidace odpadních vod do vod podzemních eliminovat, ale stále by toužil po maximálním využití srážkových a přečištěných odpadních vod, tak je poté ideálním řešením instalovat dvě různé oddělené nádrže a využívat přečištěné šedé vody, jež by si ale zas vyžádali systém oddělené domovní kanalizace, na splachování toalet a srážkovou vodu na zálivku. [16]

2.9 Legislativa

Dle § 5 Vodního zákona je při provádění staveb stavebník povinen podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odpadní vodu odvádět kanalizací k tomu určenou. V případě, že kanalizace není v místě k dispozici, tak je odpadní vody nutné zneškodnit přímým čištěním s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních. K vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních je dle § 8 nutné povolení

k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami. V případě technické neproveditelnosti lze odpadní vody akumulovat v nepropustné jímce s následným vyvážením akumulovaných vod na zařízení schválené pro jejich zneškodnění.

Dále je stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů.

Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby. [4] Podmínky pro vypouštění odpadních vod stanovuje vodoprávní úřad.

3. Šedá voda

V rámci stávajícího trendu maximalizace úspor pitné vody, který v souvislosti s graduálním nárůstem cen vodného a stočného, není už jenom charakteru ekologického, ale i finančního, nabývá stále většího významu šedá voda. V případě její implementace jako alternativního zdroje pro splachování WC a závlahu uvádějí studie, v nichž se zkoumal potenciál opětovného použití šedé, úspory vody v rozmezí 30–50 %. Při opětovném použití šedé vody, zejména pro zavlažování zahrad, lze tedy ušetřit značné množství kvalitní pitné vody. [17]

3.1 Definice

Šedé vody získali svůj název podle charakteristického zbarvení a jsou definovány jako odpadní vody, jež neobsahují fekálie a moč. Představují tedy vody ze sprch, myček, umyvadel, praček. V novějším pojetí šedých vod se již nezahrnuje voda z kuchyní. [3]

Recyklovanou šedou vodu po její úpravě nazýváme vodou bílou neboli provozní, kterou lze využívat jako vodu provozní, a to například pro splachování záchodů, pisoárů nebo zalévání zahrad. [18].

V

Evropě byla vydána zatím jen evropská norma EN 16941-1 „Systémy pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Systémy pro využití dešťových vod“. Zatím nevydaná část 2 této normy se bude týkat využití šedých vod.

Zásady pro využití šedých vod nebyly v České republice doposud normativně zpracovány. Její specifikace, požadavky na předčištění, skladování a využití bude předmětem ČSN 75 6780 „Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích“, jejíž příprava byla již zahájena, avšak práce na ní byly pozastaveny. [19]

3.2 Požadavky na kvalitu šedé vody

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3. 1, tak nebyl doposud v České republice zhotoven žádný dokument, norma nebo zákon, který by definoval požadavky na kvalitu šedých vod nebo se zabýval jejím čištěním. Pro potřebu návrhu systému pro čištění šedých vod je zapotřebí se porozhlédnout v zahraničí např. ve Velké Británii, kde byla už v roce 2010 vydána norma pod značením BS 8525. Požadavky, jež jsou kladeny na kvalitu šedých vod jsou rovněž součástí této normy.

Předmětem normy je metodika návrhu systému na šedé vody, který by zajistil vhodnou výrobu provozní vody pro požadovaný účel, aniž by při něm hrozila újma na zdraví uživatelů. Ke sledování kvality vody, by mělo docházet během rutinní údržby, kdy se kontroluje stav čistícího systému.

Je považováno za přebytečné provádět kontrolu kvality těsně po zprovoznění, jelikož se první napouštění provádí z veřejného vodovodu. Výsledky takového měření by nebyly reprezentativní.

Kvalita čištěné vody by měly odpovídat hodnotám uvedeným v Tabulce 1 pro kritérium zabývající se zdravotními riziky a v Tabulce 2 pro parametry udávající údaje o kvalitě čištěné vody. Výsledky bakteriologického monitorování by měly být porovnány s hodnotami v Tabulce 3 a výsledky obecného monitorování s Tabulkou 4. [20]

Tab. 1: Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování [11]

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace
Escherichia coli [počet/ml]	Není zjištěno	250	250	Není zjištěno	BS EN ISO 9308-1	BS EN ISO 9308-3
Střevní enterokoky [počet/ml]	Není zjištěno	100	100	Není zjištěno	BS EN ISO 7899-1 nebo 7899-2	BS EN ISO 7899-1
Legionella pneumophila [počet/ml]	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	BS 6068-4.12	Nelze aplikovat
Koliformní bakterie celkem ^{B)} [počet/ml]	10	1000	1000	10	Blue Book Method 223 D [N2]	BS EN ISO 9308-3

A) Pokud ošetřené šedé vody byly použity v zelinářských zahradách, na domácí půdě, pak informace o růstu těchto plodin před spotřebou by měly být poskytovány pro uživatele v předávací dokumentaci.

B) „Celková koliformní bakterie“ je ukazatelem provozního parametru pro interpretaci. Bakteriologické orientační hodnoty uvedené pro upravené šedé vody odrážejí potřebu kontrolovat kvalitu vyčištěné vody pro dodávky a užití.

Tab. 2: Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému [11]

Parametr ^{C)}	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	Typ systému
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní		
Zákal [NTU]	< 10	< 10	Nelze aplikovat	< 10	BS 1427	Všechny systémy
pH	5–9,5	5–9,5	5–9,5	5–9,5	BS 1427	Všechny systémy
Zbytkový chlor [mg/l]	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	BS EN ISO 7393-2	Všechny systémy
Zbytkový brom [mg/l]	0 < 5,0	0 < 5,0	0 < 5,0	0 < 5,0	Blue Book 218, Method E10 [N3]	Všechny systémy

C) Kromě těchto parametrů by měly být všechny systémy kontrolovány na nerozpuštěné látky a barvu. Upravené šedé vody by měly být vizuálně čisté, bez plovoucích nečistot a nemá být problematická barva pro všechna použití. Barva je obzvláště důležitá pro automatické pračky.

Tab. 3: Interpretace výsledků z bakteriologického sledování [11]

Výsledek vzorku ^{D)}	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
od G do 10×G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému
> 10×G	Červená	Pozastavit používání šedých vod dokud není problém vyřešen

D) G = směrné hodnoty (viz tabulka 3)

Tab. 4: Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému [11]^{E)}

Výsledek vzorku ^{F)}	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
> G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému

E) Systém je pod kontrolou, pokud parametry jsou v úrovních, které uvádí tabulka 4. Pokud jsou hodnoty mimo uvedený rozsah, je nutné odebrat další vzorky. V případě přítomnosti barvy nebo nerozpuštěných látek na nežádoucí úrovni je nutné prozkoumat fungování systému a případný problém vyřešit.

F) G = směrné hodnoty (viz tabulka 4)

Z důvodu závislosti kvality vody na způsobu používání van a sprch lze očekávat kolísání kvality vody. Dle použití povrchově aktivních látek tak šedé vody podléhají různě úrovni znečištění.

Sledování kvality vody by mělo být provedeno před zahájením jakékoliv údržby. Je-li to reálné, měl by být systém v případě nutné údržby nejdříve vypuštěn a propláchnut čistou vodou, tak aby se snížilo riziko kontaminace personálu, který údržbu zajišťuje.

Místa, kde může přijít člověk do kontaktu s odpadní vodou je doporučeno

označit nápisem "Nepitná voda" nebo zákazovou značkou (viz obr. 1) a tak upozornit uživatele, že voda není pitná a vyvarovat potenciálním rizikům. [20]



Obr. 2: Značení na místech používání nepitné vody [11]

3.3 Požadavky na vnitřní kanalizaci

Předpokladem pro využití šedých vod je systém vnitřní kanalizace pro oddělení šedé a černé vody dle ČSN EN 12056-2. Systém je založen na použití dvou potrubí, kdy jedno z potrubí odvádí černou vodu ze záchodových mís a pisoárů a druhé odpadní potrubí odvádí šedou vodu ze všech ostatních zařizovacích předmětů. Samotné navrhování, a dimenzování vnitřní kanalizace pro odvádění šedých vod se řídí tradičním způsobem podle ČSN EN 12056-1, 2, ČSN EN 752 a ČSN 75 6760.

Z důvodu omezení vzniku pěny při proudění se nesmí používat kolena na odpadním a svodném potrubí s úhlem větším než 45°. Při stanovení průtoku odpadních vod se používají výpočtové odtoky uvedené v ČSN EN 12056-2 v souladu s požadavky ČSN 75 6760.

Všechny bezpečnostní přelivy a odtoky z nádrží musí být zabezpečeny proti vniknutí vzdušné vody ze stokové sítě zpětnou armaturou nebo čerpací stanicí odpadních vod. [11]

3.4 Rizika

Bodem, který značně znesnadňuje hojnější využití je povědomí rizika spjatého s používáním odpadních vod. Především se jedná o riziko týkající se výskytu mikro

polutantů a o riziko hygienické. [3]

Z dosavadního výzkumu QMRA (Kvantitativní hodnocení mikrobiologických rizik) vedeného OSN bylo však zjištěno, že riziko vycházející z opětovného využití šedých vod pro splachování a zahradní závlahu, jež byly vhodně přečištěny není výrazně vyšší než při použití vody pitné pro totožné účely. [21]

4. Legislativa využití odpadních vod pro závlahu

Co se legislativy týče, je závlaha, a to i vyčištěnou odpadní vodou brána jako vypouštění do vod podzemních. Vodoprávní úřady ji povolovat nechtějí, a to i v případě, že se jedná jen o samostatnou šedou vodu bez produktů lidského metabolismu. Pro povolení záměru je vyžadováno vyjádření hydrogeologa. Samotnou kvalitu vod používaných pro závlahu řeší ČSN 75 7143 Jakost vody pro závlahu.

V souvislosti hledáním možných úspor pitné vody na závlahu je v současnosti připravovaná ČSN ISO 16075-2 Směrnice pro využití čištěných odpadních vod, jejíž součástí budou stanovena jednotlivá pravidla pro zavlažování vyčištěnou odpadní vodou. Dle normy bude vyčištěná odpadní voda dělena do 5 kategorií na základě tzv. barrier, což jsou opatření, která by měla zajistit nezávadnost vody. Jedním z opatření má být například určení maximální lhůty pro poslední zavlažení před sklizní. Dalším je pak například využití podzemního kapkovacího potrubí, kde pak vrstva půdy mezi plodinou a zavlažovanou vodou představuje přirozenou překážku, a tak eliminuje zdravotní rizika. Dalším faktorem je pak možnost zavlažování pouze na soukromých pozemcích bez přístupu veřejnosti, tak aby bylo definitivně zamezen kontakt mezi vyčištěnou odpadní vodou a nepověřenou osobou. [22]

5. Závlahy

5.1 Definice

„Závlahy jsou meliorační opatření, kterým se uskutečňuje zavlažení půdy, porostu nebo přízemní vrstvy vzduchu, aby bylo dosaženo optimálního stavu porostu či vysokých a stálých výnosů v rostlinné výrobě.“ [23]

5.2 Historie závlah

Historické kořeny závlah sahají až k nejstarším lidským civilizacím. První historické zmínky souvislých závlahových systému byly objeveny v Egyptě, 5 tisíc let př. n. l., kde byly pro závlahu půdy v údolí Nilu stavěny první hráze. Jejím význam byl natolik důležitý, že byla podle ní stanovena výše daní vycházející z pozorování vodních stavů na řece Nil. Obyvatelé si byly dobře vědomi důležitosti záplav a později používali i závlahy umělé. Mezi nejvýznamnější závlahová díla této doby patří například Semiramidiny visuté zahrady a incké město v Peruánských Andách Machu Picchu.

V Evropě byly závlahové stavby zřizovány především Řekové a Římané, jejichž poznatky byly však převzaty z Egypta a Sýrie.

Ke stagnaci závlah došlo ve středověku, který lze obecně považovat jako období celkového úpadku.

Ve srovnání s odvodněním se na našem území objevily závlahové systémy relativně pozdě. První historické zmínky vycházejí z projekční podkladů závlah z let 1815-1820 pro závlahu výtopou a přeronom v údolí řeky Nitry.

V České republice byl jeden z prvotních projektů zahájen v roce 1863 a navazuje na něj úprava řeky Úpy, spojená se závlahami 1200 ha půdy.

Význam závlah nabývá vzhledem k nerovnoměrnému rozdělení srážek a srážkovému deficitu na stále větších rozměrech. Efekt je navíc umocněn globálním oteplováním způsobujícím rozšiřování suchých oblastí, změny ve volbě pěstovaných rostlin, posun klimatických pásem a logicky sebou nese nové požadavky na využití závlah. [23]

5.3 Závlahové trendy v ČR

5.3.1 Trend zemědělství

Hlavní systémy závlah jsou u nás buď kapkové nebo pomocí postřiku. V minulosti se užívalo pásových zavlažovačů, které však měly velké ztráty vody. Od jejich používání se proto už ustoupilo.

Kapková závlaha je výborným řešením v pokrytí sadů, vinogradů,

chmelnic a skleníků. Z hlediska životnosti vydrží v sadech až 20 let a u chmelnic až 8 let. Neekologické je však její použití pro plodiny jako jahody, brambory nebo kukuřice. Potrubí se zde umísťuje do menších osových vzdálenostech a častokrát ještě do dvou linek kvůli rovnoměrnosti. Jahody pak vydrží například 3 roky, než se zlikviduje porost a s tím i kapkový potrubí. Takový přístup pak vytváří nepřiměřené množství plastového odpadu.

Kapková závlaha je hodnocena jako velmi úsporná na vodu, nedochází k výparu nebo odtoku, ale její pořizovací náklady jsou relativně vysoké a nejedná se o nejefektivnější způsob zavlažování.

Pro zavlažování velkých zemědělských ploch se bez postřikovačů neobejdeme. Jednou z nejpoužívanějších variant jsou u nás pivotové zavlažovače. Dnes bývá, již obvyklá vzdálená správa stojí pomocí GPS. Obrovskou výhodou do budoucna představuje možnost satelitního snímání. Ze snímku je možné poznat vlhkost a teplotu půdy, vhodné datum ochranného postřiku nebo i případné poruchy na postřikovači. Pomocí senzoru větru jsme dokonce schopni identifikovat povětrnostní podmínky a případně se závlahou počkat na uklidnění podmínek. Dodatečným osazením pivotových strojů kamerami je pak možné včas se vyvarovat chorobám v porostu.

Velký význam do budoucna by měl systém na řízení trysek podle pedologického rastru, který by nám přinesl další úspory vody. Šlo by až o neskutečných 40 %, avšak by se jednalo o krok vyžadující značné pořizovací náklady, na které současným způsobem dotované zemědělství nedosáhne.

České zemědělství je v porovnání se zahraničím neprecizní, ale zato jsou produkty kvalitní a nejsou na nich výrazné známky pesticidů a dalších chemií. V zahraničí je vše založeno na terminovaném hnojení individuálně navrženém pro každou plodinu a přesných závlahových dávkách.

Nepříznivý je u nás stále pokračující ubytok lidí pracujících v zemědělském sektoru. V době komunistického Československa bylo 10 % zemědělců, v roce 1989 už jen 4 % a v současné době pokleslo číslo na samotné 1 %. Klesající trend můžeme připsat slabé státní podpoře se složitým způsobem o její požádání a nevýrazné iniciativě zemědělců zviditelnit své požadavky. Do budoucna se

předpokládá existence pouze velkých zemědělských družstev. Malá nebudou schopná konkurenceschopnosti a zaniknou. [24]

5.3.2 Trend AZS

Automatizované systémy závlah nabírají každým rokem na popularitě. Z důvodu pandemické situace a s tím souvisejícího zákazu cestování do zahraničí, není překvapivé, že budou lidé chtít zvelebit své zahrady. Na zahradách i sportovních plochách se častěji instalují postřikovače, rozprašovače a podzemní kapkové potrubí opatřeny elektroventily spravovanými ovládací jednotkou. Ovládací zařízení jsou dnes již většinou vybavena wifi připojením. Nejmodernější jednotky jsou schopny ovládat až 240 sekcí. Změny nastavení je pak možné provádět jednoduše pomocí aplikace na mobilu. Závlaha bývá navíc optimalizována pomocí čidel měřící vlhkost půdy, rychlost větru, teplotu a dosahuje pak kvality hodnocené udržitelné výstavby například certifikacemi LEED pocházející z Británie a BREAM z USA. Ovládací systémy disponují funkcemi na čekání na vypadnutí predikované srážky, alertů=výstrah, pomocí kterých můžeme nastavit například podmínku změnu závlahové dávky dle předpovědi počasí. Úspora je značná a může činit až 50 %. Zajímá je taktéž funkce bezpečnostního vodoměru, který kontroluje maximální průtok a upozorní nás v případě úniku vody. [25, 22] Základ automatických závlah vidíme na obrázku 3 a 4.

5.4 Základní závlahové veličiny

Závlahové množství „ je množství vody, které je nutno přivést pěstované plodině za vegetační období na jednotku zavlažované plochy. Je určeno k doplnění přirozené vlhkosti půdy a na úhradu všech ztrát vzniklých při závlaze na zavlažované ploše. Základní jednotkou je m^3/ha nebo mm .“ [23]



Obr. 3: Šachtice s elektroventily



Obr. 4: Ovládací jednotka

Celková vláhová potřeba „ je množství vody potřebné na transpiraci a evaporaci, které zajišťuje předpokládaný vývoj a vzrůst zemědělské plodiny v daných klimatických podmínkách při zabezpečení ostatních růstových činitelů po celé vegetační období. Základní jednotkou je m^3/ha nebo mm .“ [23]

Závlahová dávka „ je množství vody, které se dodá jednorázově v souvislém časovém úseku na jednotku plochy. Základní jednotkou je m^3/ha nebo mm .“ [23]

Závlahový cyklus „ je časový úsek, za který se na zavlažovaný pozemek dodá jedna závlahová dávka.“ [23]

5.5 Hydraulické řešení trubních sítí

Správná funkce navrženého závlahového systému je podmíněna dostatečným množstvím vody dle vydatnosti zdroje nebo dostatečným objemem akumulární nádrže a pracovním tlakem na zavlažovacím prvku. Základem pro dimenzování trubních sítí je Bernoulliho rovnice (1).

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot v_1}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot v_2}{2 \cdot g} + Z \quad (1)$$

První člen rovnice zahrnuje vliv geodetické výšky, druhý člen tlakovou výšku a třetí člen rychlostní výšku. Poslední člen Z vyjadřuje celkové ztráty, tj. suma ztrát místních a ztrát třením.

Pro návrh tlakové trubní sítě je nutné spočítat tlakovou změnu v systému, aby podle ní mohlo být navrženo vhodné čerpadlo. U trubních rozvodů závlahových systémů mají vliv na pokles tlaku: ztráty třením, místní ztráty na armaturách a na trysce.

Trubní sítě se dimenzují na tzv. kritickou cestu. Metoda spočívá v nalezení postřikovače, ke kterému vede cesta s největší tlakovou ztrátou. Obvykle to bývá ten nejvzdálenější od zdroje, ale nemusí to být pravidlo. Výpočet ztrát třením je řešen po úsecích od koncového postřikovače směrem ke zdroji.

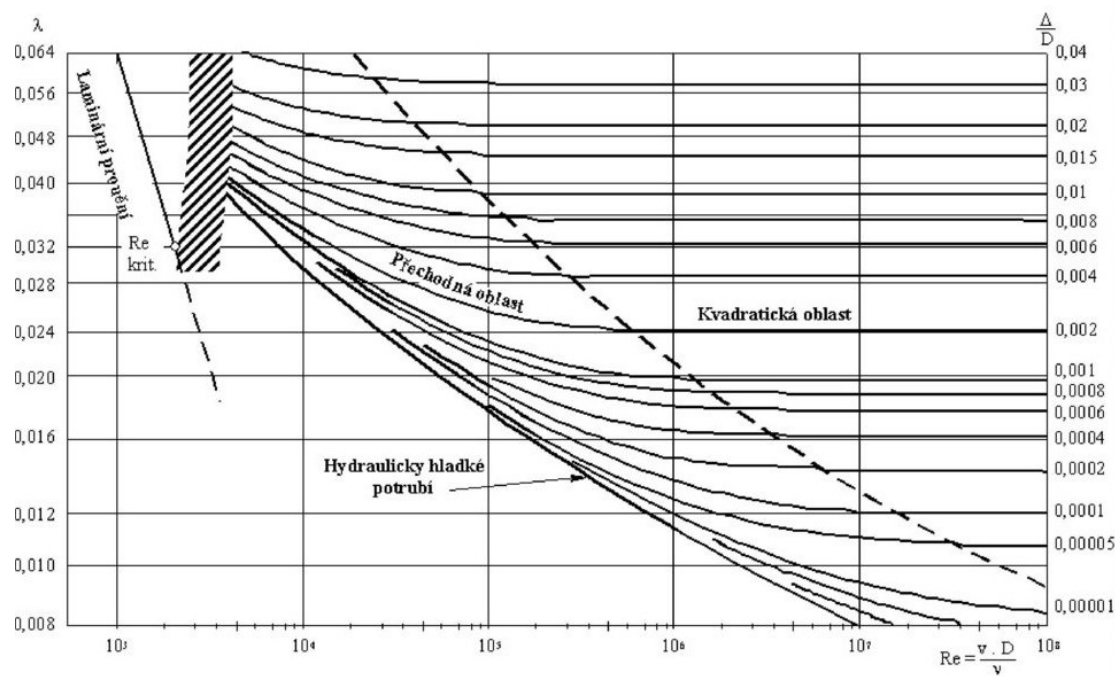
Pro každý úsek je na základě průtoku navržena příslušná velikost potrubí taková, aby nebyla překročena doporučená rychlost vody 1,5 m/s a následně jsou podle tabulkových hodnot určeny ztráty třením pro daný průtok na metr délky konkrétního úseku potrubí.

Do výpočtu dále započítávají ztráty místní. Rozděluje je jednak na místní ztráty flexibilní. Ty jsou určeny metodou náhradních délek, jako 20 % ze spočtených ztrát třením, a dále místní ztráty na armaturách, které jsou převzaty z tabulek výrobců. V situace, kdy nejsou k dispozici tabulkové hodnoty, tak probíhá výpočet ztrát třením pomocí Darcy–Weisbachovy rovnice, jež má následující tvar.

$$Z_t = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

Ztráty třením lze snadno určit ze vztahu kde L je délka úseku potrubí, D je vnitřní průměr potrubí, λ je součinitel ztrát třením, který vyjadřuje přeměnu mechanické energie na teplo a jeho hodnotu lze odečíst z Moodyho diagramu viz Obr. 5 a to na základě relativní drsnosti potrubí a Reynoldsova čísla Re .

Moodyho diagram



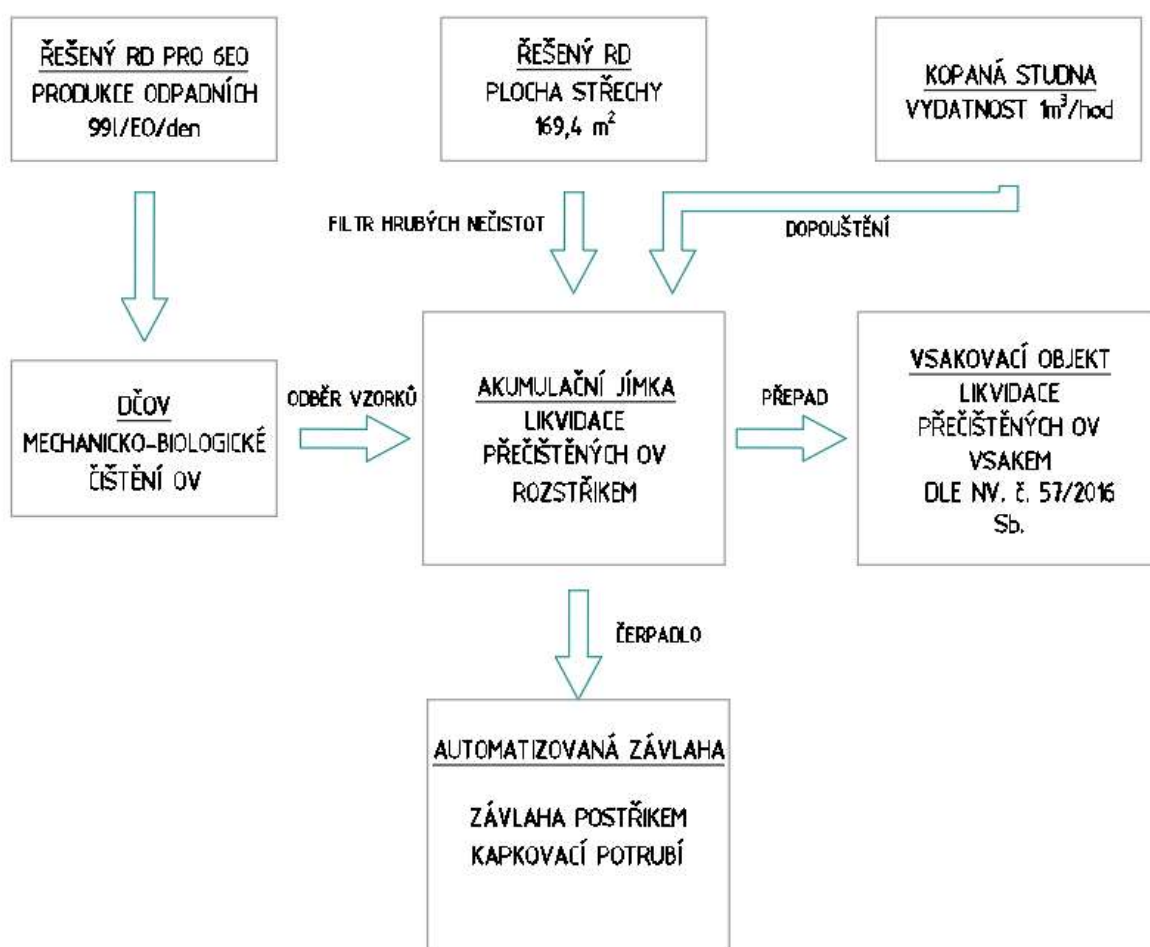
Obr. 5 Moodyho diagram

PRAKTICKÁ ČÁST

6. Technologické schéma

Princip celého návrhu využití šetrných vodních zdrojů pro automatizovanou závlahu, tedy vyčištěné a zachycené srážkové vody s dopouštěním ze studně je zobrazen v technologickém schématu na Obr. 6 a představuje základ řešení praktické části této práce.

TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA



Obr. 6 Technologické schéma systému pro využití šetrných vodních zdrojů

6.1 Klimatické podmínky

Řešená oblast byla umístěna do Středočeského kraje na území obce Mladá Boleslav. Ve výpočtech jsou uvažovány hodnoty platné pro Středočeský kraj.

Pro posouzení suchosti lokality a zjištění konkrétních srážkových deficitů v jednotlivých měsících vegetačního období byla použita metoda ideálních srážek dle Hemerky. Výpočet byl proveden jednak pro průměrný rok z údajů ročního normálu, a jednak pro dramatický suchý rok z údajů z roku 2015.

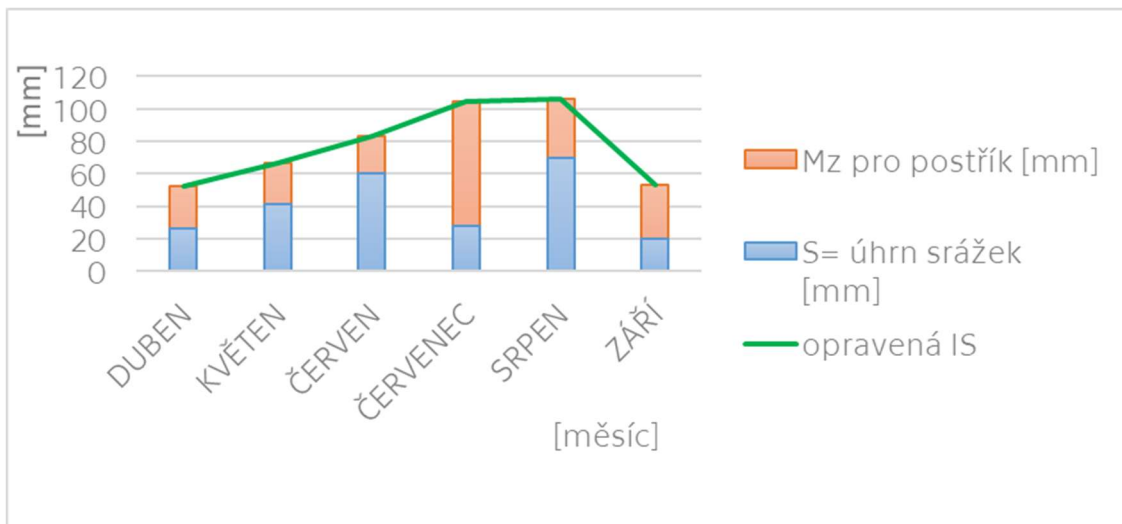
Metoda je založena na tabulkových hodnotách ideálních srážek IS [mm] a teplotách t [°C] pro danou rostlinu. Tyto teploty se porovnají se skutečně naměřenými a pro každé $\Delta t = \pm 1$ °C se upraví IS o ± 5 mm. Upravené srážky se následně porovnají se skutečnými srážkami a rozdíl se vynásobí ztrátovým součinitelem $K_z = 1,2$ pro závlahu postřikem dle ČSN 75 0434. Výstupem je deficit, který je nutno doplnit závlahou. Výpočet ve směrodatném suchém roce byl proveden v Tab. 5 a výpočet v průměrném roce v Tab. 6. Časový průběh množství závlahové vody je znázorněn na Obr. 7 a Obr. 8.

Tab. 5: Výpočet M_z dle Hemerky ve směrodatném suchém roce 2015

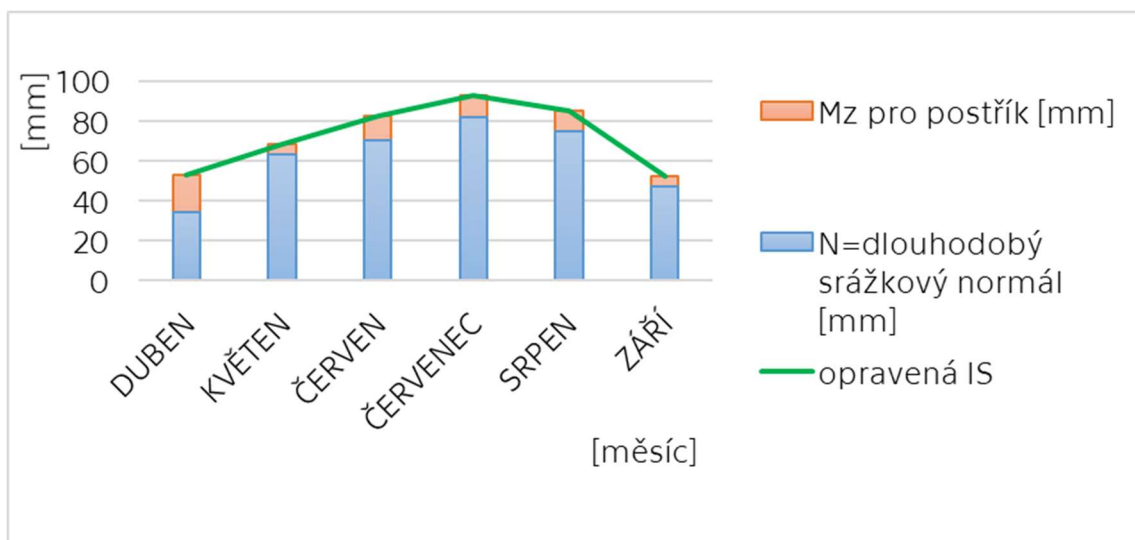
Směrodatný suchý rok (2015)	měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
	T[°C]	9	14	17	19	18	14
trávník IS [mm]		55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu [°C]		8,5	13,3	16,6	20,9	22,2	13,7
rozdíl teplot [°C]		-0,5	-0,7	-0,4	1,9	4,2	-0,3
oprava IS [mm]		-2,5	-3,5	-2	9,5	21	-1,5
opravená IS [mm]		52,5	66,5	83	104,5	106	53,5
S= úhrn srážek [mm]		26	41	60	28	70	20
M_z pro postřik [mm]		31,8	30,6	27,6	91,8	43,2	40,2

Tab. 6: Výpočet M_z dle Hemerky v průměrném roce dle normálu 1981–2010

Průměrný rok	měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
	T[°C]	9	14	17	19	18	14
trávník IS [mm]		55	70	85	95	85	55
N= dlouhodobý normál teploty vzduchu [°C]		8,6	13,7	16,5	18,5	18,0	13,5
rozdíl teplot [°C]		-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	-0,5
oprava IS [mm]		-2	-1,5	-2,5	-2,5	0	-2,5
opravená IS [mm]		53	68,5	82,5	92,5	85	52,5
N=dlouhodobý srážkový normál [mm]		34	63	70	82	75	47
M_z pro postřik [mm]		22,8	6,6	15	12,6	12	6,6



Obr. 7: Graf potřebné závlahové dávky ve směrodatném suchém roce 2015



Obr. 8: Graf potřebné závlahové dávky v průměrném roce dle normálu 1981–2010

Maximální měsíční potřeba závlahové vody činí 91,8mm. Týdenní potřeba je potom 22,95 mm, což je však méně než hodnota maximálního týdenního návrhového množství pro travníkové plochy, která se rovná 25 mm/týden. V tomto případě se za návrhové týdenní množství uvažuje vyšší z hodnot, tedy 25 mm. Pro zahrnutí ztráty větrem a výparem je nutné výslednou návrhovou hodnotu zvýšit o 20 %. Výsledná návrhová týdenní potřeba v suchém měsíci s průměrnou teplotou 30°C se rovná 30 mm/týden.

6.2 Návrh AZS

Pro zadanou plochu trávníku byly dle parametru pozemku zvoleny a rozmístěny 3 druhy postřikovačů od společnosti IRIMON na základě jejich poloměru dostřiku a požadovaného sponu pro dosažení rovnoměrné srážkové výšky. Postřikovače byly zapojeny do 4 sekcí viz obr ve skupinách postřikovačů s obdobnou srážkovou výškou a stejným pracovním tlakem. Jednotlivé sekce jsou ovládány ovládací jednotkou za pomoci elektroventilů umístěných v elektroventilových šachticích.

Tab. 7 Výpočet požadovaného průtoku na postřikovačích

SEKCE	TYP	úhel [°]	tlak[bar]	Qi[l/s]	počet[ks]	Qc[l/s]	PR[mm/hod]
SEKCE 1	8A	45	2,1	0,01	1	0,01	67
		90		0,03	9	0,27	
		120		0,04	1	0,04	
		180		0,06	9	0,54	
		240		0,07	2	0,14	
		270		0,08	1	0,08	
		360		0,11	1	0,11	
	Σ_{celkem}						1,18
SEKCE	TYP	úhel [°]	tlak[bar]	Qi[l/s]	počet[ks]	Qc[l/s]	PR[mm/hod]
SEKCE 2	12A	90	2,1	0,04	4	0,16	44
		180		0,08	6	0,48	
		240		0,11	1	0,11	
	15A	90		0,06	0	0	40
		180		0,12	3	0,36	
		240		0,16	0	0	
		360		0,24	0	0	
	Σ_{celkem}						1,11
SEKCE	TYP	úhel [°]	tlak[bar]	Qi[l/s]	počet[ks]	Qc[l/s]	PR[mm/hod]
SEKCE 3	15A	90	2,1	0,06	4	0,24	40
		180		0,12	4	0,48	
		240		0,16	0	0	
		360		0,24	2	0,48	
	Σ_{celkem}						1,20
SEKCE	TYP	úhel [°]	tlak[bar]	Qi[l/s]	počet[ks]	Qc[l/s]	PR[mm/hod]
SEKCE 4	15A	90	2,1	0,06	1	0,06	40
		180		0,12	2	0,24	
		240		0,16	1	0,16	
		360		0,24	4	0,96	

Závlaha zeleninových záhonů a okrasných keřů je zajištěna pomocí nadzemního kapkovacího potrubí MULTIBAR ROOTGUARD - 16 mm se sponem 33 cm. Závlaha kapkovacím potrubím je rozdělena do 6 sekcí o celková délce linek 213,97 m viz Tab. 8

Tab. 8 Výpočet požadovaného průtoku na kapkovacím potrubí

kapkovací potrubí MULTIBAR ROOTGUARD - 16 mm						
č. sekce	5	6	7	8	9	10
délka potrubí délka [m]	85,68	69,64	12,32	9,05	4,65	32,63
spon kapkovačů [m]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
počet otvorů/metr [-]	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
modelový výtok [l/hod]	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Q_{kp} [m ³ /h]	0,59	0,48	0,09	0,06	0,03	0,23
Q_{kp} [l/s]	0,16	0,13	0,02	0,02	0,01	0,06
celková délka potrubí[m]	213,97					
$Q_{kp,celkem}$ [m ³ /h]	1,48					
$Q_{kp,celkem}$ [l/s]	0,41					

Elektrické rozvody jsou provedeny pomocí kabelů CYKY s průřezem vodiče 3 x1,5 mm².

Pro návrh vhodného čerpadla byly pro každou sekci spočteny celkové tlakové ztráty na kritické cestě. Pro trubní rozvody byl navržen materiál PE-LD, PN6.

Průměr potrubí byl volen pro konkrétní úsek v závislosti hydraulické optimalizace průtoku a ztrátách třením. Návrh jednotlivých velikostí potrubí je uveden v Tab. 9 až Tab. 12 níže. Ztráty na filtraci a na elektroventilu byly určeny podle hodnot daných výrobcem v závislosti na průtoku.

Tab. 9: Výpočet ztrát třením sekce č. 1

SEKCE 1	PE-LD, PN 6						
	ÚSEK	l[m]	Q[l/s]	D[mm]	DN [mm]	v[m/s]	Z _t [bar/100m]
U1[l/s]	1,00	0,06	20	16,0	0,30	0,11	0,00
U2[l/s]	1,83	0,14	20	16,0	0,70	0,50	0,01
U3[l/s]	0,25	0,22	20	16,0	1,09	1,10	0,00
U4[l/s]	1,00	0,33	25	20,4	1,01	0,71	0,01
U5[l/s]	1,68	0,39	25	20,4	1,19	0,95	0,02
U6[l/s]	0,94	0,47	32	26,2	0,87	0,40	0,00
U7[l/s]	1,79	0,53	32	26,2	0,98	0,49	0,01
U8[l/s]	0,82	0,59	32	26,2	1,09	0,59	0,00
U9[l/s]	1,68	0,62	32	26,2	1,15	0,64	0,01
U10[l/s]	25,57	0,70	40	32,6	0,84	0,28	0,07
U11[l/s]	3,86	0,88	40	32,6	1,05	0,42	0,02
U12[l/s]	8,90	1,19	40	32,6	1,43	0,72	0,06
Σ	49,32						0,22

Tab. 10: Výpočet ztrát třením sekce č. 2

SEKCE 2	PE-LD, PN 6						
	ÚSEK	l[m]	Q[l/s]	D[mm]	DN [mm]	v[m/s]	Z _t [bar/100m]
U1[l/s]	1,84	0,08	20	16,0	0,40	0,19	0,00
U2[l/s]	0,25	0,16	20	16,0	0,80	0,63	0,00
U3[l/s]	1,69	0,24	20	16,0	1,19	1,28	0,02
U4[l/s]	3,49	0,32	25	20,4	0,98	0,67	0,02
U5[l/s]	0,25	0,36	25	20,4	1,10	0,82	0,00
U6[l/s]	3,01	0,40	25	20,4	1,22	0,99	0,03
U7[l/s]	0,25	0,48	32	26,2	0,89	0,41	0,00
U8[l/s]	3,15	0,56	32	26,2	1,04	0,54	0,02
U9[l/s]	0,49	0,67	32	26,2	1,24	0,74	0,00
U10[l/s]	17,6	0,75	32	26,2	1,39	0,90	0,16
U11[l/s]	4,09	0,87	40	32,6	1,04	0,41	0,02
U12[l/s]	1,58	0,99	40	32,6	1,19	0,52	0,01
U13[l/s]	28,38	1,11	40	32,6	1,33	0,63	0,18
Σ	66,07						0,47

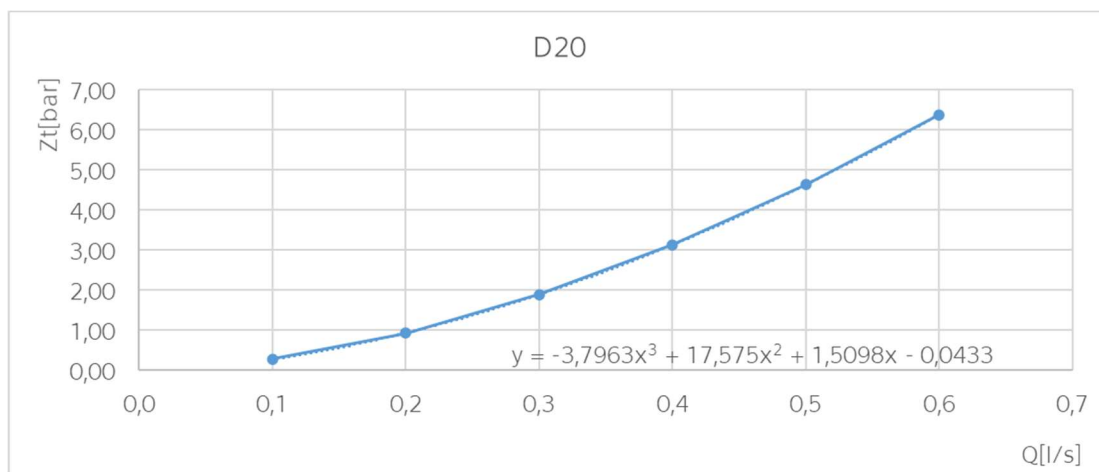
Tab. 11: Výpočet ztrát třením sekce č. 3

SEKCE 3	PE-LD, PN 6						
	ÚSEK	l[m]	Q[l/s]	D[mm]	DN [mm]	v[m/s]	Z _t [bar/100m]
U1[l/s]	4,38	0,12	20	16,0	0,60	0,38	0,02
U2[l/s]	3,73	0,36	25	16,0	1,79	0,82	0,03
U3[l/s]	2,24	0,72	40	32,6	0,86	0,30	0,01
U4[l/s]	0,77	0,90	40	32,6	1,08	0,44	0,00
U5[l/s]	4,04	1,02	40	32,6	1,22	0,55	0,02
U6[l/s]	9,2	1,20	40	32,6	1,44	0,73	0,07
Σ	24,36						0,15

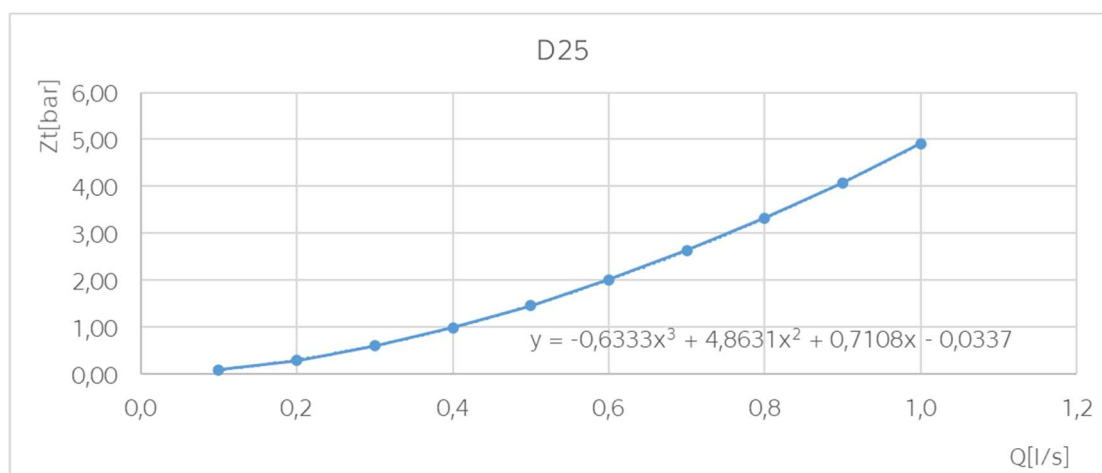
Tab. 12: Výpočet ztrát třením sekce č. 4

SEKCE 4 ÚSEK	PE-LD, PN 6						Z _t [bar/100m]	Z _t [bar]
	l[m]	Q[l/s]	D[mm]	DN [mm]	v[m/s]			
U1[l/s]	4,34	0,16	20	16,0	0,80	0,63	0,03	
U2[l/s]	1,05	0,40	25	20,4	1,22	0,99	0,01	
U3[l/s]	4,31	0,70	32	26,2	1,30	0,80	0,03	
U4[l/s]	20,47	1,42	40	32,6	1,70	0,98	0,20	
Σ	30,17						0,27	

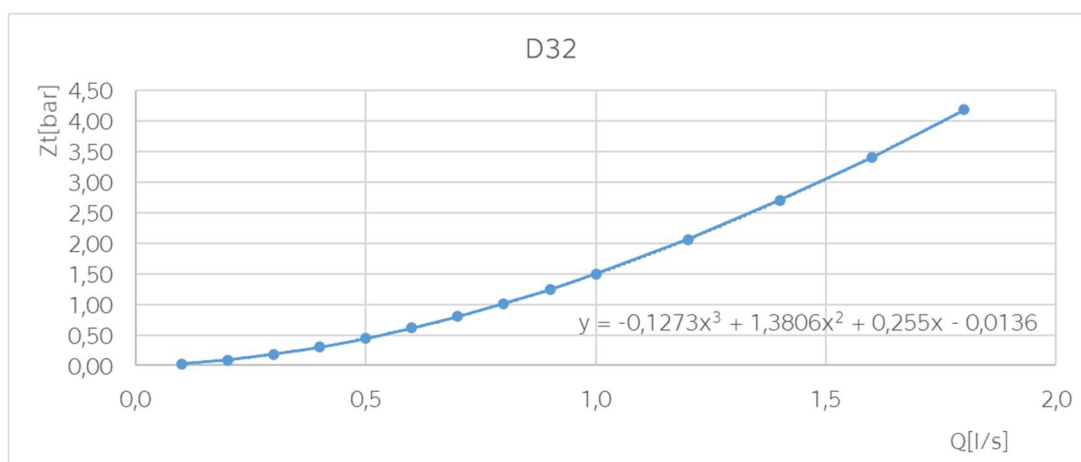
Pro optimální určení ztrát třením byly hodnoty průtoku a ztrát pro jednotlivé průměry potrubí vyneseny do grafů v programu Excel viz Obr. 9 až Obr. 12 a následně regresně proloženy vhodnou spojnici trendů pro získání závislosti ztrát na průtoku.



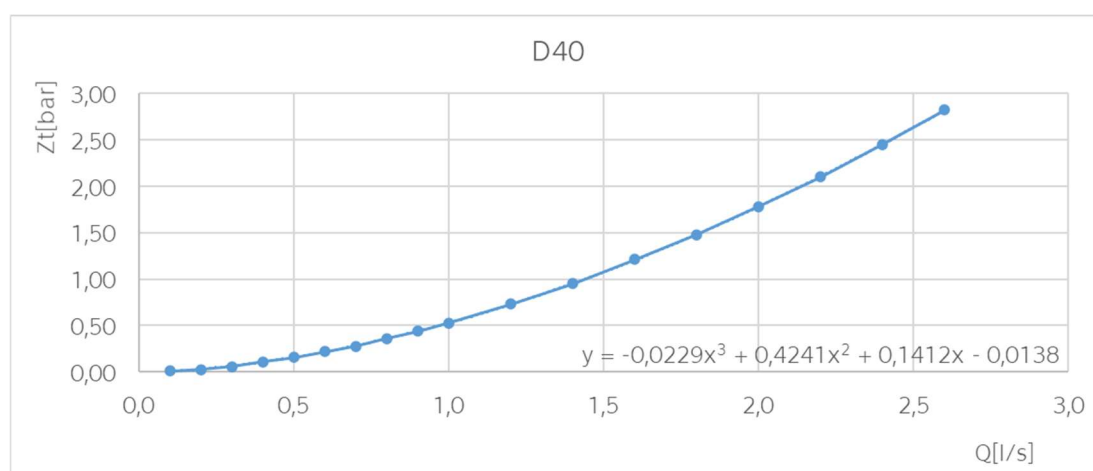
Obr. 9: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D20



Obr. 10: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D25



Obr. 11: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D32



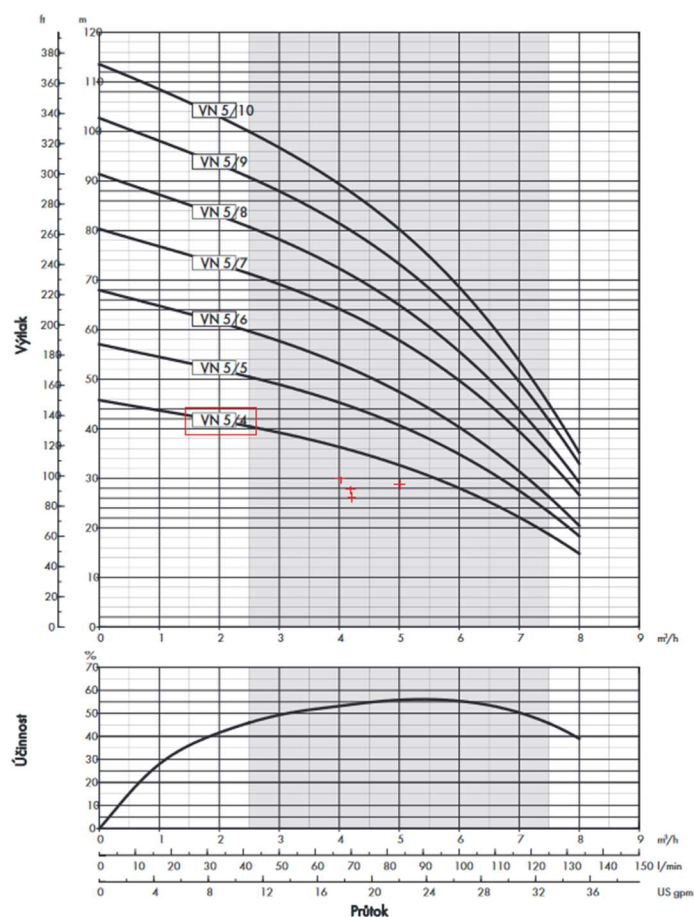
Obr. 12: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D40

Na základě výpočtů celkových tlakových ztrát viz Tab. 13 bylo pro závlahový systém navrženo jednofázové ponorné čerpadlo Pumpa VN 5/4 s výkonem motoru 0,75 kW. Výkonnostní křivka čerpadla se zakreslením pracovních bodů čerpadla při spuštění jednotlivých sekcí je na Obr. 13.

Návrhovou dobu (dle suchého roku 2015) provozu závlahového cyklu a objem spotřebované vody lze vidět v Tab. 14

Tab. 13: Výpočet celkových tlakových ztrát

CELKOVÉ ZTRÁTY				
č.sekce	1	2	3	4
Zt[bar]	0,22	0,47	0,15	0,27
Zm [bar]	0,04	0,09	0,03	0,05
Postřikovač [bar]	2,10	2,10	2,10	2,10
Filtrace 1" [bar]	0,28	0,25	0,29	0,32
Ventil PGV 100, 1" [bar]	0,21	0,19	0,21	0,21
Σ [bar]	2,85	3,11	2,77	2,95
Průtok [m ³ /h]	4,28	4,00	4,32	5,11
Průtok [l/s]	1,19	1,11	1,2	1,42
Dopravní výška[m]	28,50	31,05	27,75	29,52



Obr. 13: Výkonnostní křivka čerpadla Pumpa VN 5/4

Tab. 14: Doba provozu sekcí a spotřebovaný objem vody

č.sekce	1	2	3	4
PR[mm/h]	67	40	40	40
T[hod]	0,15	0,25	0,25	0,25
T[min]	8,96	15,00	15,00	15,00
Průtok [m ³ /h]	4,28	4,00	4,32	5,11
Průtok [l/s]	1,19	1,11	1,2	1,42
V[m ³]	0,64	1,00	1,08	1,28

6.3 Závlahová bilance

Stanovení potřeby závlahové vody pro zadanou závlahu zahrádky rodinného domu vychází ze závlahy trávníku (postřik) a závlahy výsadeb (trvalek, keřů, záhonů) kapkovacím potrubím. Využívá a posuzuje dostatečnost šetrných vodních zdrojů – akumulace dešťové vody v podzemní nádrži (vybudované v rámci dotace Malá Dešťovka), vyčištěné odpadní vody z domácnosti (99 l /os/den pro 6 osoby v RD) a také možnosti dopouštění nádrže z kopané studny (vydatnost 1 m³/h). Meteostanice ani čidla vlhkosti pro přesné řízení závlahy na zadaném pozemku nebyly k dispozici.

Hodnoty potřeby závlahové vody pro postřik trávníku jsou vypočteny podle ČSN 75 0434 Meliorace – potřeba vody pro doplňkovou závlahu, metodou opravy ideálních srážek (Hemerka) pro 3 situace, troje dostupná data (ČHMÚ):

- Pro klimatický normál 1981-2010 (ČHMÚ, tzv. rok normální)
- Pro rok 2015 s vysokými teplotami a nedostatečnými srážkami (tzv. Extrémně suchý)
- Pro rok 2020 (rok srážkově vhodný, loňský)

Vzhledem k podhodnoceným hodnotám ideálních srážek (vláhových potřeb v jednotlivých měsících vegetačního období) v ČSN, které byly zjišťovány v zhruba letech 1970-1980 pro odlišné klimatické podmínky, jsou výše uvedené hodnoty srovnány se situací 4:

- hodnotami empirickými pro současné klima a běžné zkušenosti.

Pro závlahu povrchovým kapkovacím potrubím (s ochranným mulčováním, proti ztrátám výparem) je uvažován standardní počáteční návrh závlahy 20 min denně.

Vzhledem k neexistenci meteostanice a denních měřených dat teplot a srážek je orientační bilance provedena pro zadanou lokalitu (Středočeský kraj, Polabí) a lehké, vysychavé půdy, které se v oblasti často vyskytují. Výpočet dostupných šetrných zdrojů vody se zaměřuje zejména na kritický měsíc vegetačního období, červenec, kdy se v kritických letech vyskytují období až 4 bezdeštné týdny (bez dostatečných srážek) a teploty často souvisle překračují 30 °C (vlny horka).

Návrhové hodnoty pro závlahu trávníku automatizovanými závlahovými systémy jsou uváděny dle ČSN 75 0434 (pro trávník 25–30 mm týdně), dle aktuálních teplot a srážek. V kritických, bezsrážkových týdnech s tropickými teplotami, dochází k aktuální denní evapotranspiraci trávníku kolem 4 mm, která je pokrývána doplňkovou závlahou. Ohřátý povrch vegetace a půdy často spotřebovává další vlhkost, která je „klimatizační závlahou“ a často navíc snižuje teplotu prostředí, zvlhčuje a zlepšuje mikroklima. Pro následující výpočty (Tab. 15-Tab. 27) jsou provedeny bilance potřeby závlahové vody pro uvedené varianty 1-4 a orientační srovnání potenciálu dostupných šetrných vodních zdrojů v zadané situaci viz Obr. 14-Obr. 20.

Tab. 15: Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Postřik + Kapka)

Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Postřik+Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
T[°C]	9	14	17	19	18	14
Trávník IS dle ČSN 75 0434 [mm]	55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu pro Středočeský kraj [°C]	8,5	13,3	16,6	20,9	22,2	13,7
Rozdíl teplot [°C]	-0,5	-0,7	-0,4	1,9	4,2	-0,3
Oprava IS pro Středočeský kraj [mm]	-2,5	-3,5	-2,0	9,5	21,0	-1,5
Opravená IS pro Středočeský kraj [mm]	52,5	66,5	83,0	104,5	106,0	53,5
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	26,0	41,0	60,0	28,0	70,0	20,0
Mz pro postřik [mm]	31,8	30,6	27,6	91,8	43,2	40,2
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	14,3	13,8	12,4	41,3	19,4	18,1
Potřebný objem vody pro kapkovací potrubí [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebný objem vody pro závlahu [m ³]	14,3	15,0	14,9	47,4	24,3	19,3
Využitelná dešťová voda [m ³]	4,3	6,8	9,9	4,6	11,6	3,3
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	4,6	5,9	1,5
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	14,3	15,0	14,9	18,4	18,4	17,8
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	7,8	10,2	12,8	0,0	5,6	1,8
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	14,3	15,0	14,9	23,0	24,3	19,3
Potřebné doplnění ze studně [m ³]	0,0	0,0	0,0	24,4	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	48,5	100,0	100,0

Tab. 16: Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Postřik)

Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Postřik)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
T[°C]	9	14	17	19	18	14
Trávník IS dle ČSN 75 0434 [mm]	55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu pro Středočeský kraj [°C]	8,5	13,3	16,6	20,9	22,2	13,7
Rozdíl teplot [°C]	-0,5	-0,7	-0,4	1,9	4,2	-0,3
Oprava IS pro Středočeský kraj [mm]	-2,5	-3,5	-2,0	9,5	21,0	-1,5
Opravená IS pro Středočeský kraj [mm]	52,5	66,5	83,0	104,5	106,0	53,5
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	26,0	41,0	60,0	28,0	70,0	20,0
Mz pro postřik [mm]	31,8	30,6	27,6	91,8	43,2	40,2
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	14,3	13,8	12,4	41,3	19,4	18,1
Využitelná dešťová voda [m ³]	4,3	6,8	9,9	4,6	11,6	3,3
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	4,6	1,0	0,3
Vyčištěna odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěna odpadní voda [m ³]	14,3	13,8	12,4	18,4	18,4	17,8
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	7,8	11,4	15,3	0,0	10,5	3,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	14,3	13,8	12,4	23,0	19,4	18,1
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	55,8	100,0	100,0

Tab. 17: Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Kapka)

Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	26,0	41,0	60,0	28,0	70,0	20,0
Potřebný objem vody pro kapkovací potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Využitelná dešťová voda [m ³]	4,3	6,8	9,9	4,6	11,6	3,3
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vyčištěna odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěna odpadní voda [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	22,1	24,0	25,3	16,9	25,1	19,9
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 18: Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Postřik + Kapka)

Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Postřik+Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
T[°C]	9	14	17	19	18	14
Trávník IS dle ČSN 75 0434 [mm]	55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu pro Středočeský kraj [°C]	8,6	13,7	16,5	18,5	18,0	13,5
Rozdíl teplot [°C]	-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	-0,5
Oprava IS pro Středočeský kraj [mm]	-2,0	-1,5	-2,5	-2,5	0,0	-2,5
Opravená IS pro Středočeský kraj [mm]	53,0	68,5	82,5	92,5	85,0	52,5
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	34,0	63,0	70,0	82,0	75,0	47,0
Mz pro postřik [mm]	22,8	6,6	15,0	12,6	12,0	6,6
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	10,3	3,0	6,8	5,7	5,4	3,0
Potřebný objem vody pro kapkovací potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebný objem vody pro závlahu [m ³]	10,3	4,2	9,2	11,8	10,3	4,2
Využitelná dešťová voda [m ³]	5,6	10,4	11,6	13,5	12,4	7,8
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vyčištěna odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěna odpadní voda [m ³]	10,3	4,2	9,2	11,8	10,3	4,2
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	13,2	24,6	20,2	20,1	20,5	21,4
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	10,3	4,2	9,2	11,8	10,3	4,2
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 19: Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Postřik)

Bilance pro klimatický normál 1981-2010(Postřik)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
T[°C]	9	14	17	19	18	14
Trávník IS dle ČSN 75 0434 [mm]	55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu pro Středočeský kraj [°C]	8,6	13,7	16,5	18,5	18,0	13,5
Rozdíl teplot [°C]	-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	-0,5
Oprava IS pro Středočeský kraj [mm]	-2,0	-1,5	-2,5	-2,5	0,0	-2,5
Opravená IS pro Středočeský kraj [mm]	53,0	68,5	82,5	92,5	85,0	52,5
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	34,0	63,0	70,0	82,0	75,0	47,0
Mz pro postřik [mm]	22,8	6,6	15,0	12,6	12,0	6,6
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	10,3	3,0	6,8	5,7	5,4	3,0
Využitelná dešťová voda [m ³]	5,6	10,4	11,6	13,5	12,4	7,8
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vyčištěna odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěna odpadní voda [m ³]	10,3	3,0	6,8	5,7	5,4	3,0
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	13,2	25,8	22,6	26,3	25,4	22,6
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	10,3	3,0	6,8	5,7	5,4	3,0
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 20: Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Kapka)

Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	34,0	63,0	70,0	82,0	75,0	47,0
Potřebný objem vody pro kapkový potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Využitelná dešťová voda [m ³]	5,6	10,4	11,6	13,5	12,4	7,8
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	23,4	27,6	26,9	25,8	25,9	24,3
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 21: Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Postřik+Kapka)

Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Postřik+Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
T[°C]	9	14	17	19	18	14
Trávník IS dle ČSN 75 0434 [mm]	55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu pro Středočeský kraj [°C]	10,1	11,7	17,0	18,7	19,6	14,8
Rozdíl teplot [°C]	1,1	-2,3	0,0	-0,3	1,6	0,8
Oprava IS pro Středočeský kraj [mm]	5,5	-11,5	0,0	-1,5	8,0	4,0
Opravená IS pro Středočeský kraj [mm]	60,5	58,5	85,0	93,5	93,0	59,0
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	21,0	64,0	120,0	40,0	99,0	64,0
Mz pro postřik [mm]	47,4	0,0	0,0	64,2	0,0	0,0
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	21,3	0,0	0,0	28,9	0,0	0,0
Potřebný objem vody pro kapkový potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebný objem vody pro závlahu [m ³]	21,3	1,2	2,5	35,0	4,9	1,2
Využitelná dešťová voda [m ³]	3,5	10,6	19,8	6,6	16,3	10,6
Využitá dešťová voda [m ³]	3,5	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	1,2	2,5	18,4	4,9	1,2
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	0,0	27,7	35,2	0,0	29,8	27,2
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	21,3	1,2	2,5	25,0	4,9	1,2
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	99,8	100,0	100,0	71,4	100,0	100,0

Tab. 22: Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Postřik)

Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Postřik)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
T[°C]	9,0	14,0	17,0	19,0	18,0	14,0
Trávník IS dle ČSN 75 0434 [mm]	55	70	85	95	85	55
T= teplota vzduchu pro Středočeský kraj [°C]	10,1	11,7	17,0	18,7	19,6	14,8
Rozdíl teplot [°C]	1,1	-2,3	0,0	-0,3	1,6	0,8
Oprava IS pro Středočeský kraj [mm]	5,5	-11,5	0,0	-1,5	8,0	4,0
Opravená IS pro Středočeský kraj [mm]	60,5	58,5	85,0	93,5	93,0	59,0
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	21,0	64,0	120,0	40,0	99,0	64,0
Mz pro postřik [mm]	47,4	0,0	0,0	64,2	0,0	0,0
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	21,3	0,0	0,0	28,9	0,0	0,0
Využitelná dešťová voda [m ³]	3,5	10,6	19,8	6,6	16,3	10,6
Využitá dešťová voda [m ³]	3,5	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	0,0	0,0	18,4	0,0	0,0
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	0,0	29,0	37,6	0,0	34,7	28,4
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	21,3	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	99,8	100,0	100,0	86,6	100,0	100,0

Tab. 23: Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Kapka)

Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj [mm]	21,0	64,0	120,0	40,0	99,0	64,0
Potřebný objem vody pro kapkovací potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Využitelná dešťová voda [m ³]	3,5	10,6	19,8	6,6	16,3	10,6
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	21,3	27,7	35,2	18,9	29,8	27,2
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 24: Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti(P+K)

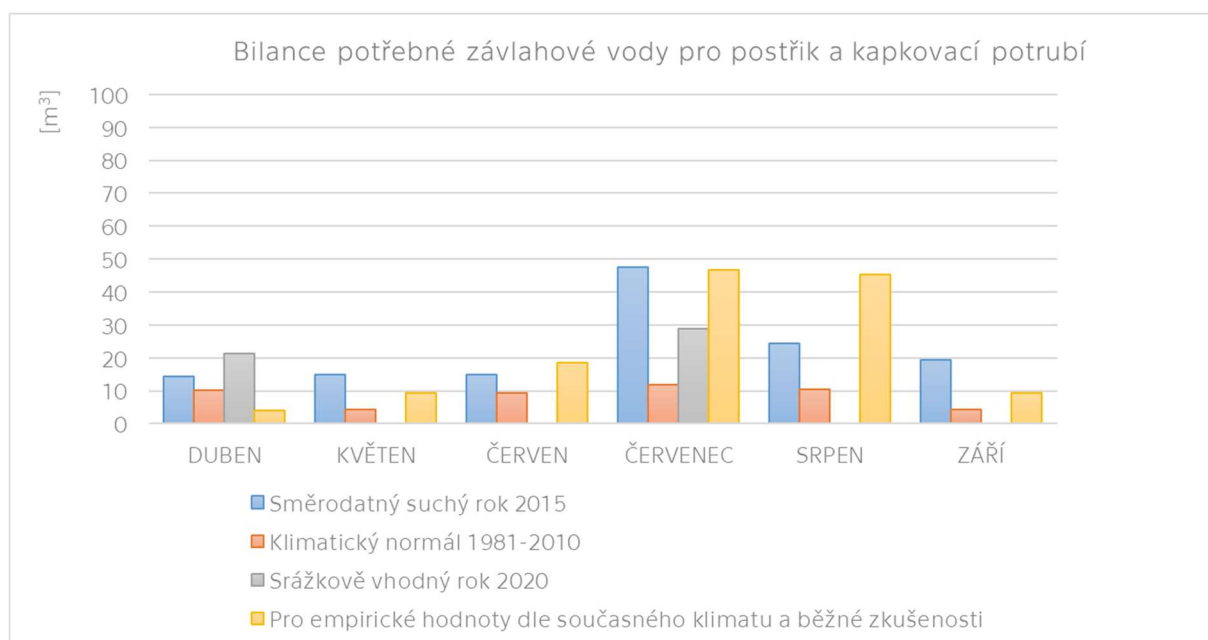
Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti (Postřik+Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj 2015 [mm]	26,0	41,0	60,0	28,0	70,0	20,0
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	5,4	5,4	40,5	54,0	40,5	13,5
Potřebný objem vody pro kapkovací potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebný objem vody pro závlahu [m ³]	5,4	6,6	43,0	60,1	45,4	14,7
Využitelná dešťová voda [m ³]	4,3	6,8	9,9	4,6	11,6	3,3
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	9,9	4,6	11,6	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	5,4	6,6	17,8	18,4	18,4	14,7
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	16,7	18,6	0,0	0,0	0,0	6,4
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	5,4	6,6	27,7	23,0	30,0	14,7
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	15,2	37,1	15,4	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	64,5	38,3	66,0	100,0

Tab. 25: Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti(Postřik)

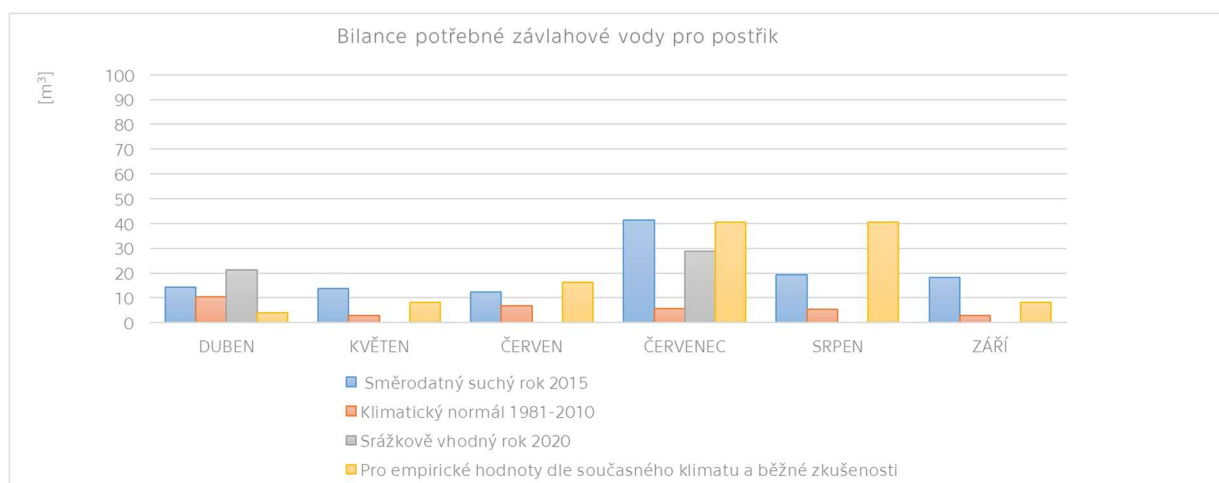
Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti (Postřik)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj 2015 [mm]	26,0	41,0	60,0	28,0	70,0	20,0
Potřebný objem vody pro postřikovače [m ³]	5,4	5,4	40,5	54,0	40,5	13,5
Využitelná dešťová voda [m ³]	4,3	6,8	9,9	4,6	11,6	3,3
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	9,9	4,6	11,6	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	5,4	5,4	17,8	18,4	18,4	13,5
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	16,7	19,8	0,0	0,0	0,0	7,6
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	5,4	5,4	27,7	23,0	30,0	13,5
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	12,8	31,0	10,5	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	68,4	42,7	74,0	100,0

Tab. 26: Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti(Kapka)

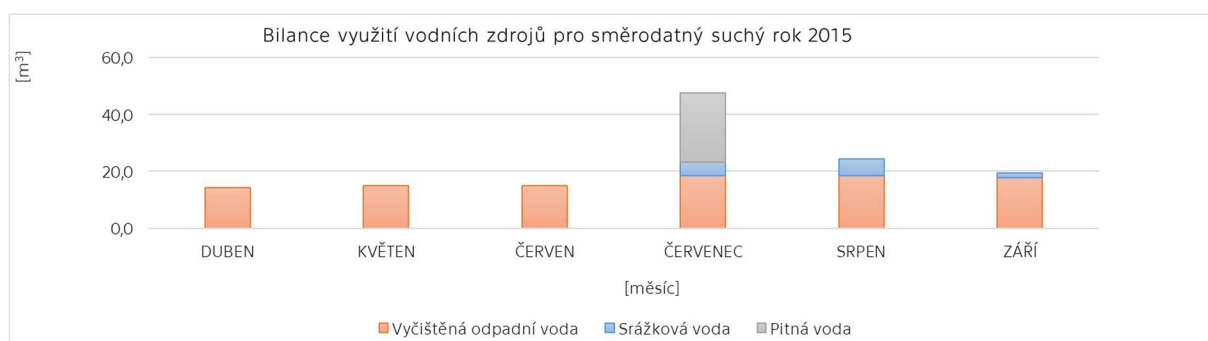
Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti (Kapka)						
Měsíc	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ
S= úhrn srážek pro Středočeský kraj 2015 [mm]	26,0	41,0	60,0	28,0	70,0	20,0
Potřebný objem vody pro kapkovací potrubí[m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Využitelná dešťová voda [m ³]	4,3	6,8	9,9	4,6	11,6	3,3
Využitá dešťová voda [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vyčištěná odpadní voda [m ³]	17,8	18,4	17,8	18,4	18,4	17,8
Využitá vyčištěná odpadní voda [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Přepad do vsakovacího objektu [m ³]	22,1	24,0	25,3	16,9	25,1	19,9
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [m ³]	0,0	1,2	2,5	6,1	4,9	1,2
Potřebné doplnění ze studně[m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokrytí závlahové vody ze šetrných zdrojů [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



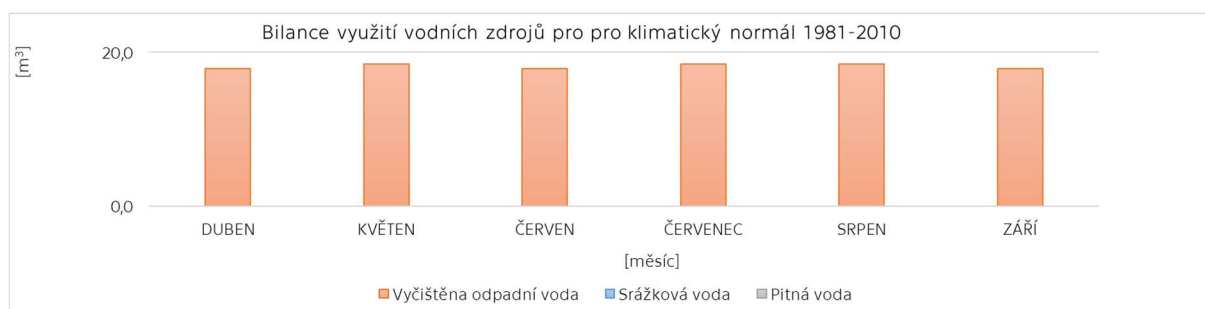
Obr. 14: Graf bilance potřebné závlahové vody pro postřik a kapkovací potrubí



Obr. 15: Graf bilance potřebné závlahové vody pro postřik



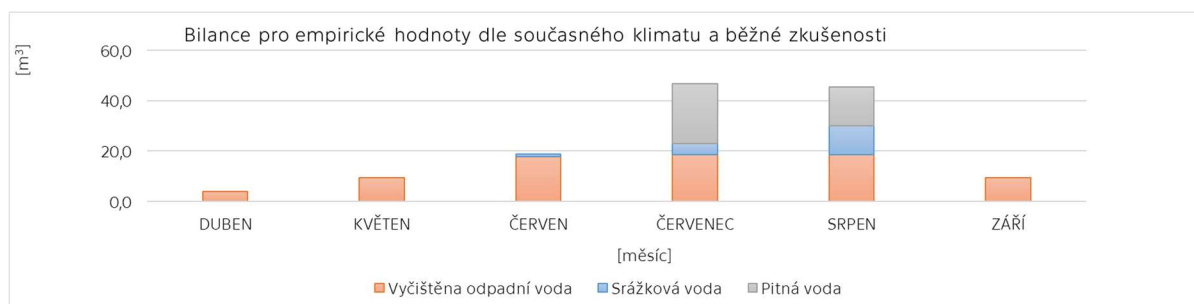
Obr. 16: Graf bilance využití vodních zdrojů pro směrodatný suchý rok 2015



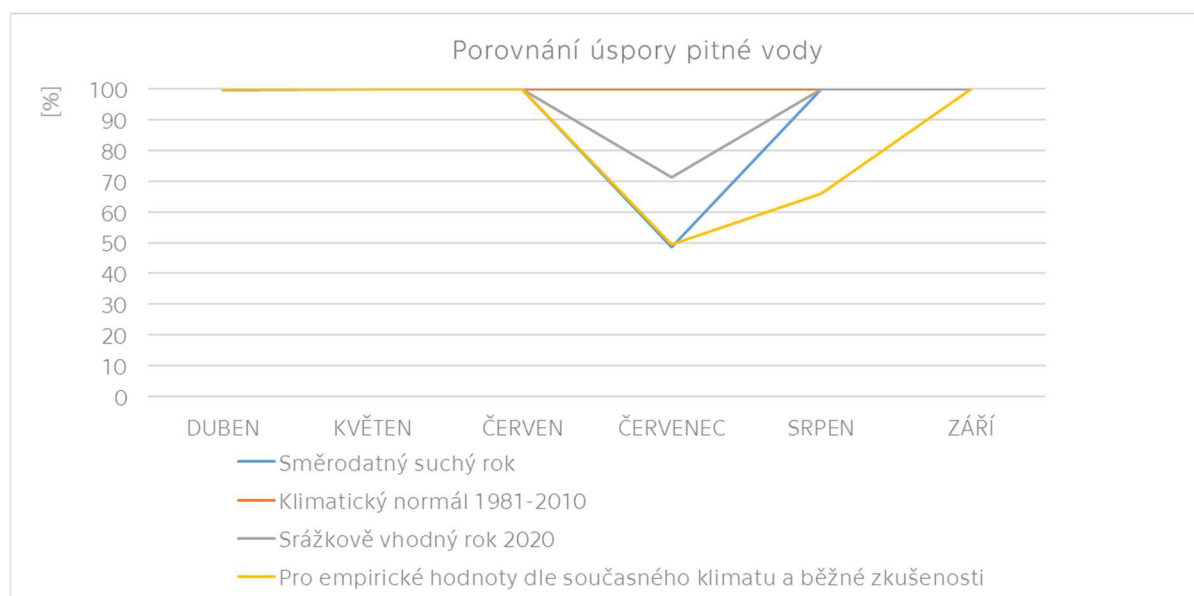
Obr. 17: Graf bilance využití vodních zdrojů pro klimatický normál 1981-2010



Obr. 18: Graf bilance využití vodních zdrojů pro srážkově vhodný rok 2020



Obr. 19: Graf bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti



Obr. 20: Graf bilance úspory pitné vody

Doplnění šetrných vodních zdrojů (dočerpání ze studně)				
Závlahový provoz	normál 1981-2010	2015	2020	emp. hodnoty
Kapka [m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0
Postřik [m ³]	0,0	18,3	3,9	28,0
Kapka+postřik [m ³]	0,0	24,4	10,1	39,0

Tab. 27: Doplnění šetrných vodních zdrojů (dočerpání ze studně)

K využití studniční vody pro závlahu zahrady RD, dojde pouze pokud bude zavlažován trávník postřikem, nebo bude souběžný provoz kapka + postřik. V suchém roce 2015 by v nejzatíženějším v měsíci červenci bylo ze studně odebráno 24,4 m³ za předpokladu, že by spotřeba vody v domácnosti v tomto měsíci nestoupla, čímž by došlo k navýšení objemu vod z DČOV. Toto platí za předpokladu, že nebude zvětšen objem akumulární jímky pro zachycení dešťové vody. V případě přebytku vody a odtoku do vsaku se dá předpokládat nadlepšení HPV, pokud to místní podloží umožní.

6.4 Bilance produkce odpadní vody

Řešený rodinný dům je celoročně využívaný objekt uvažovaný pro 6 osob. Z toho vyplývá, že domovní čistírna (DČOV) bude dimenzována na rovnoměrný nepřerušovaný provoz pro potřebu 6 EO. Směrná čísla roční potřeby vody jsou převzata ze zákona č. 274/2001 Sb. a jeho prováděcí vyhlášky č. 120/2011 Sb. Roční spotřeba na jednoho obyvatele bytu s tekoucí teplou vodou za rok se rovná 35 m³. K této hodnotě se připočítává 1 m³ na jednoho obyvatele rodinného domu na spotřebu spojenou s očištěním okolí rodinného domu i s očištěním osob při aktivitách v zahradě. Hodnota koeficientu denní nerovnoměrnosti se určuje na základě počtu obyvatel obce, kde se stavba nachází. Koeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h se určuje na základě charakteru spotřebiště v rozmezí hodnot 1,8 – 2,1. Vyšší hodnoty je doporučeno uvažovat pro spotřebiště sídlištního charakteru. Hodnoty jsou převzaty ze směrnice č.9/1973 Sb.

Počet obyvatel: 44 327 (Mladá Boleslav)

Součinitel denní nerovnoměrnosti k_d : 1,25

Koeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h : 2,0

Specifická potřeba vody za den:

$$q = \frac{36}{365} = 0,099 \frac{m^3}{den} = 99 \text{ l/den} \quad (3)$$

Celková průměrná denní potřeba vody Q_p :

$$Q_p = n \cdot q = 6 \cdot 99 = 594 \text{ l/den} \quad (2)$$

Maximální denní potřeba vody Q_m :

$$Q_m = Q_p \cdot k_d = 594 \cdot 1,35 = 742,5 \text{ l/den} \quad (3)$$

Maximální hodinová potřeba vody Q_h :

$$Q_h = \frac{1}{24} \cdot Q_p \cdot k_h \cdot k_d = \frac{1}{24} \cdot 594 \cdot 1,35 \cdot 2 = 66,8 \text{ l/hod} \quad (4)$$

Roční potřeba vody Q_r

$$Q_r = Q_p \cdot 365 = 594 \cdot 365/1000 = 216,8 \text{ m}^3/\text{rok} \quad (5)$$

6.5 Bilance dešťových vod

Střecha řešeného objektů RD je sedlová, krytá keramickou střešní krytinou. Do akumulací nádrže budou svedeny vody z 100% plochy střechy RD o ploše 169,4 m².

Množství srážkové vody Q :

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = \frac{587 \cdot 169,4 \cdot 1 \cdot 0,85}{1000} = 84,52 \text{ m}^3/\text{rok} \quad (5)$$

kde

j množství srážek [mm/rok]

P využitelná plocha střechy [m²]

f_s koeficient odtoku střechy [-]

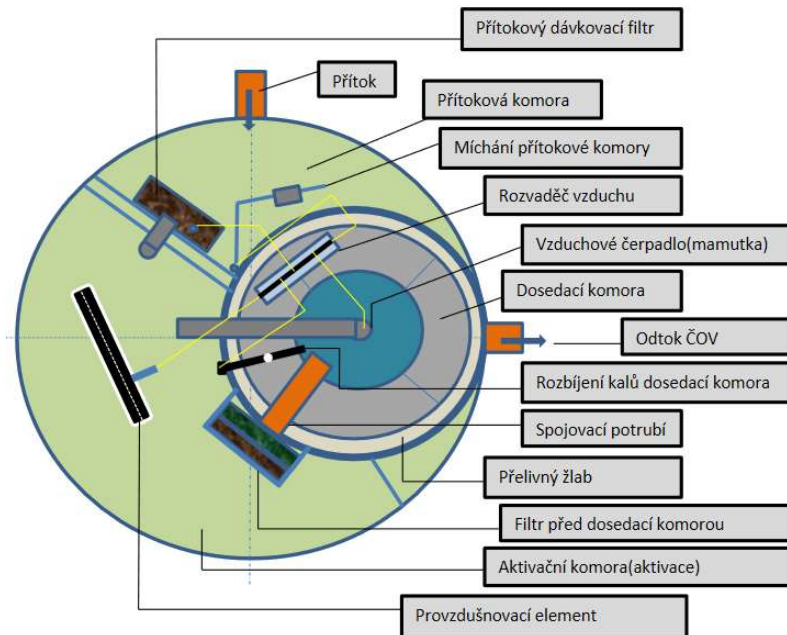
f_f koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot [-]

6.6 Návrh DČOV

Odvod odpadní vody z objektu bude zajištěn pomocí DČOV EK-S8 pro 3-8 EO. Za den je schopna vyčistit 1200 l odpadní vody, což je dostačující pro maximální denní potřebu vody šesti osob 742,5 l vypočítanou v předchozí kapitole.

DČOV je typová mechanicko-biologická ČOV, sestavena z plastové nádrže válcového tvaru a membránového dmychadla.

Její fungování je založeno na principu kontinuálního čištění OV směsnou kulturou mikroorganismů za přítomnosti kyslíku dodávaného pneumatickou aerací. Schéma půdorysu DČOV je znázorněno na obr. 5.



Obr. 21: Půdorysné schéma čistírny EKOCIS

6.7 Návrh akumulární nádrže

Do akumulární nádrže bude svedena, jak dešťová voda, tak vyčištěna odpadní voda z domovní čistírny odpadních vod s průměrným přítokem 594 l/den. Při volbě objemu akumulární nádrže vycházíme z normy DIN 1989-1:2001-10 a vztahu pro minimální objem akumulární jímky z Výzvy dotačního programu Dešťovka.

Objem nádrže dle spotřeby vody

$$BW_a = A_{Bew.} \cdot BS_a \quad (5)$$

$$BW_a = 450 \cdot \frac{150}{1000} = 67,5 \text{ m}^3 \quad (5)$$

kde

BW_a roční spotřeba vody [m^3]

A_{Bew} plocha zálivky [m^2]

BS_a specifická potřeba vody [l/m^2]

Hodnotu BS_a lze určit z tabulky níže:

Tab. 28: Specifická potřeba vody

The following requirement values are provided for the individual calculations:		
Consumers	Daily Per-Person Requirements	Specific Annual Requirements
Toilets in the household ^a	24 l / person × day	—
Toilets in office areas ^a	12 l / person × day	—
Toilets in schools ^a	6 l / person × day	—
Garden watering per 1 m ² useful garden area of green spaces	—	60 l/m ²
Watering or sprinkling amounts during the vegetation period of April to September		
For sports facilities	Total amount for 6 months	200 l/m ²
— For meadow land		
With light soil	Total amount for 6 months	100 l/m ² to 200 l/m ²
With heavy soil	Total amount for 6 months	80 l/m ² to 150 l/m ²
^a In the case of toilets, only water-saving facilities should be connected as a general rule, for instance 6 l with double-quantity flushing systems. 4.5 l toilets can be used with the appropriate hydraulic conditions to increase the degree of coverage.		
NOTE If washing machines are connected, the daily personal requirements would be increased by 10 liters.		

Objem nádrže dle ročního zisku dešťové vody

$$E_R = A_A \cdot e \cdot h_N \cdot \eta \quad (5)$$

$$E_R = 169,4 \cdot 0,8 \cdot 587 \cdot 0,85 = 67,6 \text{ m}^3 \quad (5)$$

kde

E_R roční zisk dešťové vody [m^3]

A_A sběrná plocha [m^2]

e přítokový koeficient [-]

h_N průměrný srážkový úhrn [l/m^2]

η účinnost hydraulického filtru [-]

Hodnota přítokového koeficientu závisí na materiálu a sklonu povrchu, na kterém zachytáváme srážkovou vodu. Specifická hodnota je určena z tabulky níže.

Tab. 29: Příkladový koeficient dle typu povrchu

Composition	Yield Coefficient % e
Slanted hard roof ^a	0.8
Flat roof, without gravel	0.8
Flat roof, with gravel	0.6
Green roof, intensive	0.3
Green roof, extensive	0.5
Paved surface/compound paved surface	0.5
Asphalt covering	0.8
^a Deviations depending on the absorbcency and roughness	

Potřebný objem nádrže

Pro výsledný objem navržené akumulární nádrže se zvolí menší ze spočtených objemů.

$$V_n = \text{MIN}(BW_a; E_r) \cdot 0,06 \quad (5)$$

$$V_n = \text{MIN}(67,5; 67,6) \cdot 0,06 = 4,05 \text{ m}^3$$

Objem nádrže dle dotačního programu Dešťovka

$$V_{min} = \text{MIN} \left(\frac{n_p \cdot 140 \cdot 0,5 \cdot 20 + A_g \cdot 10}{1000}; \frac{j \cdot A_r \cdot f_s \cdot f_f \cdot 20}{1000 \cdot 365} \right) \quad (5)$$

$$V_{min} = \text{MIN} \left(\frac{6 \cdot 140 \cdot 0,5 \cdot 20 + 450 \cdot 10}{1000}; \frac{587 \cdot 169,4 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 20}{1000 \cdot 365} \right)$$

$$V_{min} = \text{MIN}(12,9; 4,63) = 4,63 \text{ m}^3$$

kde:

n_p počet obyvatel obytného domu [-]

A_g plocha zavlažované zahrady [m^2]

j množství dešťových srážek v místě [mm/rok]

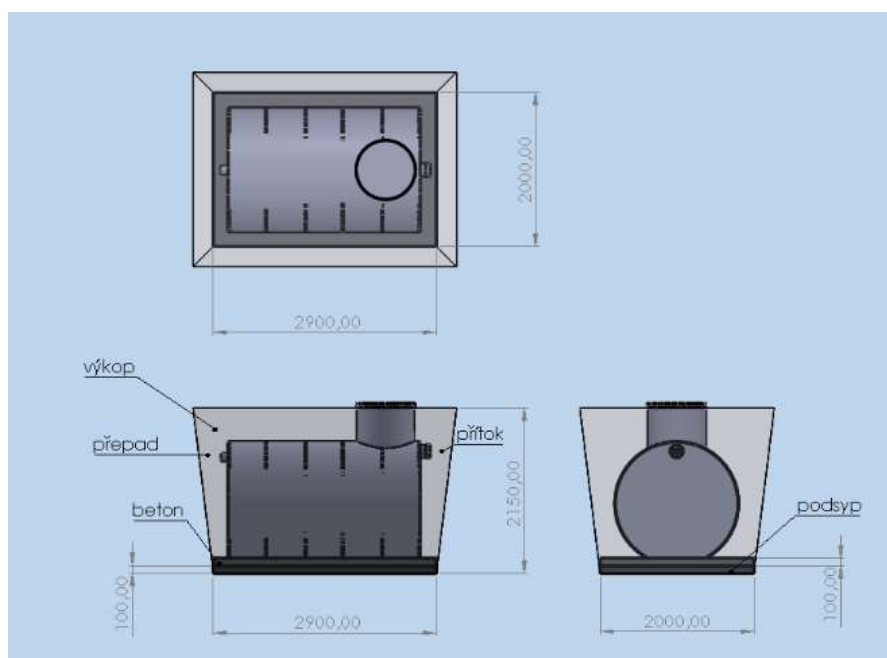
A_r půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

f_s koeficient odvodňované plochy [-]

f_f koeficient účinnosti filtrace [-]

Vzhledem k tomu, že minimální požadovaný objem pro získání dotace 4,63 m³ je vyšší, než objem spočteny normativně 4,05 m³, tak byla pro RD navržena plastová akumulční nádrž NKL5-EK od společnosti Ekocis o objemu 5 m³ viz Obr. 22. Akumulační jímka je vybavena bezpečnostním přepadem, který je zaústěn do vsakovacího objektu a umožňuje tak v případě zaplnění kapacity a dosažení přepadové výšky bezpečný odtok z nádrže. Na přívodním potrubí je umístěn filtr hrubých nečistot, tak aby nedošlo k mechanickému poškození potrubí a akumulční jímky.

Případné dopouštění nádrže je řešeno pomocí napojení na vodovodní potrubí pitné vody ze studně a bude provedeno dle ČSN EN 1717 a ČSN 75 5409 volným výtokem, min. 15 cm nad maximální hladinu v nádrži. Navíc bude na potrubí dopouštění osazena kontrolovatelná zpětná armatura (ventil) pro zabránění kontaminace rozvodů pitné vody.



Obr. 22: Schéma AKJ Ekocis NKL5-EK

6.8 Návrh vsakovacího objektu

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \Psi_i = 169,4 \cdot 1 = 169,4 \text{ m}^2 \quad (5)$$

kde:

A_i půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

Ψ_i součinitel odtoku srážkových povrchových vod [-]

n počet odvodňovacích ploch určitého charakteru [-]

Vsakovací plocha

$$A_{vsak} = L \cdot b' = L \cdot \left(\frac{h_{vz}}{2} + b \right) = (0,1 - 0,3) \cdot A_{red} \quad (5)$$

$$A_{vsak} = 0,1 \cdot 169,4 = 16,94 \text{ m}^2 \quad (5)$$

kde:

L délka podzemního prostoru [m]

b šířka podzemního prostoru [m]

b' šířka vsakovací plochy podzemního prostoru [m]

h_{vz} výška propustných stěn [m]

6.9 Retenční objem vsakovacího zařízení

Návrhový objem vsakovacího zařízení byl stanoven v souladu s ČSN 75 9010. Výpočet byl proveden pro všechny úhrny srážek s dobou trvání od 5 až do 4 320 minut a následně byl pro návrh vybrán největší spočtený retenční objem

vsakovacího zařízení. Delší doby trvání srážek než 4 320 minut se při výpočtu neuvažují. Celkový výpočet jednotlivých retenčních objemů znázorňuje Tab. 30.

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad (5)$$

$$V_{vz} = \frac{42,5}{1000} \cdot (169,4 + 0) - \frac{1}{2} \cdot 0,00001 \cdot 16,94 \cdot 360 \cdot 60 \quad (5)$$

$$V_{vz} = 5,37 \text{ m}^3 \quad (5)$$

kde:

h_d	návrhový úhrn srážek [mm]
A_{red}	redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m ²]
A_{vz}	plocha hladiny vsakovacího zařízení [m ²]
A_{vsak}	vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m ²]
t_c	doba trvání srážek dle určité periody [min]
k_v	koeficient vsaku [m.s ⁻¹]
f	součinitel bezpečnosti vsaku [-]

Tab. 30: Vypočet maximální retenčního objemu

Doba trvání srážky t_c [min]	Návrhové úhrny srážek h_d [mm]	Retenční objem V_{vz} [m ³]
5	11,3	1,89
10	16,5	2,74
15	19,5	3,23
20	21,1	3,47
30	23,2	3,78
40	24,7	3,98
60	26,9	4,25
120	30,6	4,57
240	36,6	4,98
360	42,5	5,37
480	43,2	4,88
600	43,8	4,37
720	44,5	3,88
1080	46,4	2,37
1440	46,9	0,63
2880	58,9	-4,66
4320	62,5	-11,37

Vsakovaný odtok

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

$$Q_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 0,00001 \cdot 16,94 = 0,0000847 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5)$$

kde:

f součinitel bezpečnosti vsaku – 2 [-]

k_v koeficient vsaku [m/s]

A_{vsak} vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m²]

Doba prázdnění vsakovacího zařízení

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} = \frac{5,37}{0,0000847} = 63400s = 17,61 \text{ hod} \quad (5)$$

$$T_{pr} = 17,7 \text{ hod} < T_{pr,n} = 72 \text{ hod} \quad (5)$$

Doba prázdnění VZ vyhovuje ČSN 75 9010.

kde:

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

Q_{vsak} vsakovací odtok [m^3/s]

Návrh vsakovacího zařízení

Dle spočteného maximálního retenčního objemu vsakovacího objektu byl pro vsakování navržen zasakovací systém AS-KRECHT od společnosti Asio o čtyřech vsakovacích tunelech. Do vsakovacího zařízení budou svedeny z akumulární nádrže vody dešťové i vyčištěné odpadní vody z domovní čistírny.

6.10 Závěr

Pro zadanou zahradu RD byl navržen automatizovaný závlahový systém s ovládací jednotkou, domovní čistírna EKOCIS, akumulční nádrž o objemu 5 m³. Jako zdroj vody slouží především vyčištěná odpadní voda a zachycená voda srážková, jež jsou akumulovány ve společné nádrži. V případě nedostatku vody dochází k dopouštění ze studně. Pro závlahu trávníku byly celkem využito 56 postřikovačů typu 8 A, 12 A a 15 A ze sortimentu společnost Irimon rozdělených do 4 sekcí. Dle tlakových poměrů jsou sekční potrubí v materiálového provedení PE-LD, PN 6 a jejich celková délka je 169,9m.

Závlaha zeleninových záhonů a okrasných keřů byla řešena pomocí nadzemního kapkovacího potrubí Drip Line se sponem 33 cm rozděleného do 6 sekcí. Celková délka linek kapkovacího potrubí je 213,97 m.

Na základě výpočtů tlakových ztrát bylo pro závlahový systém navrženo jednofázové ponorné čerpadlo Pumpa VN 5/4 s výkonem motoru 0,75 kW.

Současná technologie nám již umožňuje opětovné využívání vyčištěných odpadních vod, a to jak z pohledu ekonomického, tak i ekologického.

Závěrem můžeme tvrdit, že čtenější výskyt návrhu systémů s využitím vyčištěných odpadních vod je ekonomicky a technologicky proveditelné, avšak pro hojnější použití tohoto řešení je stále ještě zapotřebí vytvořit a vyjasnit všechny legislativní aspekty a celkově zajistit přijatelnost takového využívání veřejností.

7. Použité zdroje

- [1] EUROPEAN WATER CHARTER PROCLAIMED IN STRASBOURG MAY 6, 1968 [online]. *Journal of the American Water Resources Association*. 1969, 5(2). Dostupné z: 10.1111/j.1752-1688.1969.tb04880.x.
- [2] *UN World Water Development Report 2020 'Water and Climate Change'*. Dostupné z: <https://www.unwater.org/world-water-development-report-2020-water-and-climate-change/>.
- [3] BERÁNKOVÁ, Martina, Dagmar VOLOŠINOVÁ, Lada STEJSKALOVÁ a Eližbieta ČEJKOVÁ. *V ČR se začalo využívání tzv. šedých vod skloňovat ve všech pádech* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16101-v-cr-se-zacalo-vyuzivani-tzv-sedych-vod-sklonovat-ve-vsech-padech>.
- [4] ČESKO. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. Zákon č. 254/2001 Sb.
- [5] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1. Úprava a čištění vody*. 2. přeprac. V Praze : ČVUT, 2013. 978-80-01-05390-4.
- [6] BYSTRICKÝ, Václav a Antonín POKORNÝ. *Technická zařízení budov - A*. Vyd. 3. Praha : ČVUT, 2003. 80-01-02716-3.
- [7] BINDZAR, Jan. *Základy úpravy a čištění vod*. Vyd. 1. Praha : Vydavatelství VŠCHT, 2009. 9788070807293.
- [8] ČSN 75 6101. 88Text, *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [9] HASÍK, Otakar a Jarmila DOSTÁLOVÁ. *Stavby pro zásobování vodou a odkanalizování. Pro rozsah studia jednoho semestru*. 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 2002. 8024802228.

- [10] BERÁNKOVÁ, Martina. *Odpadní voda – odpad nebo poklad?* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>.
- [11] PLOTĚNÝ, Karel. *Využití šedých a dešťových vod v budovách* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych->.
- [12] EKOCIS, spol. s.r.o. *Využití domovní čističky pro domácnost* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://ekocis.cz/domovni-cisticky-odpadnich-vod>.
- [13] EKOCIS, spol. s.r.o. *Provozní řád 2018* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://ekocis.cz/media/cache/file/11/provozni-rad-EK-S-2019-nova-COV.pdf>.
- [14] ČESKO. *Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. Vyhláška č. 501/2006 Sb.*
- [15] *Dešťovka* [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>.
- [16] KOPAČKOVÁ, Dagmar. *Technické dotazy k Dešťovce* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16089-technicke-dotazy-k-destovce>.
- [17] JEPPESEN, B. Domestic greywater re-use: australia's challenge for the future [online]. *Desalination*. 1996, **106**(1-3), 311-315. Dostupné z: 10.1016/S0011-9164(96)00124-5.
- [18] PLOTĚNÝ, Karel a Bartoník BARTONÍK. *Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>.
- [19] VRÁNA, Jakub. *Nová evropská norma pro využití srážkových vod* [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/17616-nova-evropska-norma-pro-vyuziti-srazkovych-vod>.

- [20] BIELA, Renata. *Kvalita šedých vod a možnost jejich využití* [online] [cit. 15. května 2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>.
- [21] BLANKY, Marina, Yehonatan SHARABY, Sara RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, Malka HALPERN a Eran FRIEDLER. Greywater reuse - Assessment of the health risk induced by Legionella pneumophila [online]. *Water research*. 2017, **125**, 410-417. Dostupné z: 10.1016/j.watres.2017.08.068.
- [22] SCHWARZOVÁ, Pavla. *VK1 Závlahové stavby. [přednáška]*, 2020.
- [23] KRÁLOVÁ, Helena. *VODNÍ HOSPODÁSTVÍ KRAJINY I* [online]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS04-Vodni%20hospodarstvi%20krajiny%20I/M02-Zavlahy.pdf>.
- [24] JEŘÁBEK, Jiří a Pavla SCHWARZOVÁ, ed. *Záznam z konference J+J závlahové systémy*, 2021.
- [25] ČERMÁK, Michal a Pavla SCHWARZOVÁ, ed. *Záznam z konference Ittec*, 2021.

8. Seznam tabulek

Tab. 1: Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování [11]	24
Tab. 2: Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému [11]	24
Tab. 3: Interpretace výsledků z bakteriologického sledování [11].....	25
Tab. 4: Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému [11] ^{E)}	25
Tab. 5: Výpočet M _z dle Hemerky ve směrodatném suchém roce 2015.....	36
Tab. 6: Výpočet M _z dle Hemerky v průměrném roce dle normálu 1981–2010.....	36
Tab. 7 Výpočet požadovaného průtoku na postřikovačích	38
Tab. 8 Výpočet požadovaného průtoku na kapkovacím potrubí.....	39
Tab. 9: Výpočet ztrát třením sekce č. 1.....	40
Tab. 10: Výpočet ztrát třením sekce č. 2.....	40
Tab. 11: Výpočet ztrát třením sekce č. 3.....	40
Tab. 12: Výpočet ztrát třením sekce č. 4.....	41
Tab. 13: Výpočet celkových tlakových ztrát.....	43
Tab. 14: Doba provozu sekcí a spotřebovaný objem vody.....	44

Tab. 15: Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Postřik + Kapka).....	45
Tab. 16: Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Postřik).....	46
Tab. 17: Bilance pro směrodatný suchý rok 2015 (Kapka).....	46
Tab. 18: Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Postřik + Kapka).....	47
Tab. 19: Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Postřik).....	47
Tab. 20: Bilance pro klimatický normál 1981-2010 (Kapka).....	48
Tab. 21: Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Postřik+Kapka).....	48
Tab. 22: Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Postřik).....	48
Tab. 23: Bilance pro srážkově vhodný rok 2020 (Kapka).....	49
Tab. 24: Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti(P+K).....	49
Tab. 25: Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti(Postřik).....	49
Tab. 26: Bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti(Kapka).....	49
Tab. 27: Doplnění šetrných vodních zdrojů (dočerpání ze studně).....	52
Tab. 28: Specifická potřeba vody.....	55
Tab. 29: Přítokový koeficient dle typu povrchu.....	56
Tab. 30: Vypočet maximální retenčního objemu.....	60

9. Seznam obrázků

Obr. 1: Půdorysné schéma čistírny EKOCIS.....	18
Obr. 2: Značení na místech používání nepitné vody.....	26
Obr. 3: Šachtice s elektroventily.....	31
Obr. 4: Ovládací jednotka.....	31
Obr. 5 Moodyho diagram.....	33
Obr. 6 Technologické schéma systému pro využití šetrných vodních zdrojů.....	35
Obr. 7: Graf potřebné závlahové dávky ve směrodatném suchém roce 2015.....	37
Obr. 8: Graf potřebné závlahové dávky v průměrném roce dle normálu 1981–2010.....	37

Obr. 9: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D20	41
Obr. 10: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D25	41
Obr. 11: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D32	42
Obr. 12: Graf závislosti ztrát třením na průtoku pro potrubí D40	42
Obr. 13: Výkonnostní křivka čerpadla Pumpa VN 5/4	43
Obr. 14: Graf bilance potřebné závlahové vody pro postřik a kapkovací potrubí. 50	
Obr. 15: Graf bilance potřebné závlahové vody pro postřik.....	50
Obr. 16: Graf bilance využití vodních zdrojů pro směrodatný suchý rok 2015.....	50
Obr. 17: Graf bilance využití vodních zdrojů pro klimatický normál 1981-2010....	51
Obr. 18: Graf bilance využití vodních zdrojů pro srážkově vhodný rok 2020.....	51
Obr. 19: Graf bilance pro empirické hodnoty dle současného klimatu a běžné zkušenosti	51
Obr. 20: Graf bilance úspory pitné vody.....	51
Obr. 21: Půdorysné schéma čistírny EKOCIS.....	54
Obr. 22: Schéma AKJ Ekocis NKL5-EK	57

10. Seznam příloh

1.A Zadávací situace

1.B Návrh řešení-situace

2. Rozmístění postřikovačů

3. Návrh potrubí

4. Schéma pro výpočet sekce č.1

5. Schéma pro výpočet sekce č.2

6. Schéma pro výpočet sekce č.3

7. Schéma pro výpočet sekce č.4