



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

NÁVRH SYSTÉMU VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD A DALŠÍCH ZDROJŮ VODY PRO ZÁVLAHU

DESIGN OF RAINWATER HARVESTING SYSTEM AND OTHER WATER SOURCES FOR IRRIGATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Romana Veselá

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

BRNO 2026

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství krajiny
Studentka: **Bc. Romana Veselá**
Vedoucí práce: **Ing. Eva Hyánková, Ph.D.**
Akademický rok: 2025/26
Studijní program: N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

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

Návrh systému využití dešťových vod a dalších zdrojů vody pro závlahu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce bude zaměřena na bližší seznámení s problematikou úsporných automatizovaných závlahových systémů a využití a zasakování dešťových vod. Poznatky poté budou prakticky aplikovány.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem diplomové práce je získat přehled v oblasti aktuálního řešení závlahových systémů a využití dešťových vod, poznatky poté prakticky aplikovat na studii konkrétního závlahového systému.

Práce bude z části koncipována jako literární rešerše zaměřená na automatizované závlahové systémy pro menší plochy a na oblast akumulace a využití dešťových vod ze střech a zpevněných ploch. Rozebrány budou jednotlivé systémy a vhodnost jejich použití.

Druhou částí práce bude aplikace získaných poznatků na vypracování studie závlahového systému travnatých, okrasných i pěstebních ploch u obytného objektu v obci Dolní Újezd (okres Svitavy). Bude zpracováno variantní technické řešení s využitím a případně zasakováním dešťové vody, a dále využití doplňkových zdrojů vody. Varianty budou porovnány a vyhodnoceny.

Studie bude obsahovat jak textovou, tak výkresovou část v rozsahu dle pokynů vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené literatury a podklady:

ŠÁLEK, Jan. Závlahové stavby. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0497-3.

KULHAVÝ, František a Zbyněk KULHAVÝ. Navrhování hydromelioračních staveb. Praha: ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-83-2.

SLAVÍK, Ladislav. Závlahy pro pěstitele speciálních plodin a zahrádkáře. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002.

TŮMA, Jan. Zavlažujeme zahradu: moderní hospodaření s vodou. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0083-2.

ČSN EN 13742-1 Zavlažovací technika - Stabilní systémy pro závlahu postřikem - Část 1: Výběr, návrh, plánování a instalace

TNV 75 4310 Závlahová zařízení pro mikrozávlahy

TNV 75 4307 Závlahová zařízení podrobná pro postřik

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2025

L. S.

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem systému využití dešťových vod a dalších zdrojů vody pro závlahu travnatých, okrasných a pěstebních ploch u obytného objektu. Cílem práce je aplikovat poznatky v oblasti automatizovaných závlahových systémů a využití dešťové vody v praktickém návrhu konkrétního řešení. Teoretická část shrnuje problematiku závlahy, zdrojů závlahové vody a možnosti akumulace, využití a vsakování dešťových vod. Praktická část je zaměřena na studii automatizovaného závlahového systému na konkrétním pozemku v obci Dolní Újezd, která kombinuje postřikovou a kapkovou závlahu s využitím dešťové vody, jejím doplněním z externího zdroje a odvedením přebytečné vody do vsakovacího objektu. Součástí práce je porovnání dvou variant závlahového režimu lišících se intenzitou závlahové dávky a celkovou potřebou závlahové vody.

KLÍČOVÁ SLOVA

závlahový systém, dešťové vody, akumulace dešťových vod, alternativní zdroje závlahové vody, kapková závlaha, závlaha postřikem, zasakování

ABSTRACT

This diploma thesis focuses on the design of a system for the use of rainwater and other water sources for the irrigation of lawn, ornamental, and cultivated areas at a residential building. The aim of the thesis is to apply current knowledge in the field of automated irrigation systems and rainwater utilization to the practical design of a specific solution. The theoretical part summarizes issues related to irrigation, irrigation water sources, and possibilities of rainwater storage, utilization, and infiltration. The practical part presents a case study of an automated irrigation system designed for a specific site in the municipality of Dolní Újezd, combining sprinkler and drip irrigation with the use of rainwater, supplementation from an external source, and the discharge of excess water into an infiltration facility. The thesis also includes a comparison of two irrigation regime variants differing in irrigation intensity and total irrigation water demand.

KEYWORDS

irrigation system, rainwater, rainwater accumulation, alternative irrigation water sources, spray irrigation, drip irrigation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VESELÁ, Romana. *Návrh systému využití dešťových vod a dalších zdrojů vody pro závlahu*. Brno, 2026. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh systému využití dešťových vod a dalších zdrojů vody pro závlahu* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2026

Bc. Romana Veselá
autor

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Evě Hyánkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a především vstřícný přístup při konzultacích. Dále děkuji svým rodičům za dlouhodobou podporu během celého studia a příteli za trpělivost a povzbuzení při zpracování této práce.

OBSAH

1 ÚVOD	4
2 CÍLE PRÁCE	5
3 SUCHO	6
3.1 Klasifikace dle Thornthwaitea	6
3.2 Klasifikace dle ČHMÚ	7
4 VÝVOJ A VÝZNAM ZÁVLAH	8
4.1 Vývoj závlah	9
4.2 Význam závlah	9
5 DRUHY ZÁVLAH DLE ÚČELU	9
5.1 Doplnková závlaha	9
5.2 Hnojivá závlaha	10
5.3 Zvláštní závlaha	10
5.3.1 Protimrazová závlaha	10
5.3.2 Ochranná (ozdravovací) závlaha.....	11
5.3.3 Oteplovací závlaha.....	11
5.3.4 Klimatizační závlaha.....	11
6 ZÁVLAHOVÁ VODA	14
6.1 Zdroje závlahové vody	14
6.1.1 Povrchové zdroje	14
6.1.2 Podzemní zdroje	15
6.1.3 Dešťové vody.....	17
6.1.4 Vodovodní řad.....	17
6.1.5 Odpadní vody	17
6.2 Stanovení potřeby závlahové vody	18
6.2.1 Pro zemědělské plodiny	18
6.2.2 Pro travnaté plochy	20
6.3 Jakost závlahové vody	20
6.4 Ukazatele jakosti závlahové vody	21
6.4.1 Fyzikální ukazatele	22
6.4.2 Chemické ukazatele.....	22
6.4.3 Biologické ukazatele	23
6.4.4 Ukazatele radioaktivity	23

6.5	Analýza úpravy závlahové vody	23
6.6	Mechanické způsoby úpravy závlahové vody	24
6.6.1	Zachycení hrubých nečistot unášených vodou	24
6.6.2	Sedimentace.....	24
6.6.3	Filtrace	24
7	DĚLENÍ ZÁVLAH DLE ZPŮSOBU APLIKACE VODY	27
7.1	Závlaha postřikem.....	28
7.1.1	Zásady návrhu a provozu postřikové závlahy	29
7.1.2	Pásové zavlažovače.....	30
7.1.3	Pivotové zavlažovače	30
7.1.4	Přenosné rychlospojkové potrubí a závlahové soupravy.....	32
7.1.5	Kývavá postřikovací potrubí.....	33
7.2	Závlaha mikropostřikem.....	33
7.3	Kapková závlaha.....	34
7.3.1	Rozdělení kapkovačů dle způsobu umístění	35
7.3.2	Rozdělení kapkovačů z hlediska Q–H charakteristiky.....	36
7.4	Gravitační závlahy	37
7.4.1	Závlaha podmokem.....	37
7.4.2	Závlaha přerodem	38
7.4.3	Závlaha výtopou.....	39
8	PROVOZ A ŘÍZENÍ ZÁVLAHOVÉ SOUSTAVY	40
8.1	Čerpání závlahové vody.....	40
8.2	Regulace tlaku v závlahové soustavě.....	41
8.3	Automatizace provozu závlahy	43
8.3.1	Částečná automatizace provozu závlah.....	43
8.3.2	Úplná automatizace provozu závlahy	44
9	DEŠŤOVÉ VODY.....	45
9.1	Čištění dešťových vod	45
9.1.1	Okapové filtrační jednotky	46
9.1.2	Košíčkové filtry	47
9.1.3	Samočisticí filtrační jednotky	47
9.2	Akumulace dešťových vod.....	48
9.2.1	Stanovení objemu akumulační nádrže	50
9.3	Vsakování dešťových vod.....	51
9.3.1	Povrchové vsakovací zařízení.....	52
9.3.2	Podzemní vsakovací zařízení	52
9.3.3	Návrh vsakovacího zařízení.....	54

10 PRAKTICKÁ ČÁST	56
10.1 Řešená lokalita	56
10.2 Přírodní poměry řešené lokality.....	57
10.2.1 Klimatické poměry	57
10.2.2 Teplotní poměry.....	58
10.2.3 Srážkové poměry	59
10.2.4 Půdní poměry.....	60
10.3 Laboratorní a terénní zkoušky zemin.....	61
10.3.1 Zrnitostní rozbor a aerometrická zkouška.....	61
10.3.2 Dvouválcová infiltrační zkouška	63
10.4 Navrhované řešení.....	65
10.4.1 Bilance srážkových vod	66
10.4.2 Posouzení potřeby závlahové vody.....	66
10.4.3 Posouzení a návrh akumulární nádrže	69
10.4.4 Posouzení dostatečnosti zdroje závlahové vody.....	71
10.4.5 Návrh a výběr čerpadla	74
10.4.6 Návrh závlahového systému.....	75
10.4.7 Návrh vsakovacího zařízení.....	78
10.4.8 Systém spouštění závlahy	79
11 ZÁVĚR.....	81
12 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	82
13 SEZNAM TABULEK.....	84
14 ZDROJE	85
15 SEZNAM PŘÍLOH	90

1 ÚVOD

Voda představuje základní předpoklad existence veškerého života na Zemi. Pro člověka má zásadní význam nejen jako voda pitná, ale také jako voda užitková využívaná při každodenních činnostech. Dostupnost vodních zdrojů a způsob jejich využívání se v posledních době stávají stále aktuálnějšími tématy, a to zejména v souvislosti s probíhajícími klimatickými změnami.

Vlivem změn klimatu dochází k častějšímu poklesu průtoků a hladin v tocích povrchových vod a ke snižování zásob podzemních vod. Současně je zaznamenáván nárůst průměrných teplot vzduchu, který vede ke zvýšenému výparu a k prohlubování období sucha. Sucho se v posledních letech stává stále častějším a výraznějším jevem, který negativně ovlivňuje zemědělskou produkci, stav vegetace i vodní bilanci krajiny. Prohlubování suchých období zároveň zvyšuje potřebu řízené závlahy a zvyšují se nároky na efektivní a úsporné využívání vodních zdrojů.

Vliv klimatických změn se výrazně projevuje také ve srážkovém režimu, kde dochází ke kolísání intenzity, časového rozložení i četnosti srážek v průběhu roku. Stále častěji se vyskytují krátkodobé a velmi intenzivní srážky zasahující omezené území, které se většinou nestačí vsakovat do půdy a rychle odtékají po povrchu. Takový povrchový odtok nepřispívá k doplňování zásob podzemních vod a zároveň často způsobuje vodní erozi a odnos půdy, což má negativní dopady na zemědělskou krajinu i zastavěná území. Problematika hospodaření s dešťovou vodou je proto v současné době široce diskutovaným tématem, které se přímo dotýká jak odborné, tak i laické veřejnosti.

Na rozdíl od přivalových srážek představují dlouhodobější a méně intenzivní srážky významný potenciál pro zadržování vody a její další využití. Jednou z možností, jak zmírnit negativní dopady klimatických změn, je návrh a realizace systémů pro akumulaci dešťové vody, její následné využití nebo zasakování. Tato opatření přispívají ke snížení spotřeby pitné vody, ke zlepšení vodního režimu v území a k udržitelnému hospodaření s vodními zdroji.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je získání všeobecných znalostí v oblasti navrhování závlahových systémů pro travnaté, okrasné i pěstební plochy a následná aplikace získaných poznatků a aktuálních trendů v praxi při zpracování praktické části.

První část diplomové práce je koncipována jako teoretická literární rešerše zaměřená na potřebu závlahových systémů, možnosti zdrojů závlahové vody, přehled hlavních typů závlah a na akumulaci, využití a vsakování dešťových vod, včetně principů úsporných automatizovaných závlahových systémů.

Druhá část práce je věnována praktické aplikaci získaných poznatků. Jejím cílem je zpracování komplexního návrhu využití dešťových vod ve formě automatizovaného závlahového systému u obytného objektu v obci Dolní Újezd v Pardubickém kraji. Návrh zahrnuje závlahu travnatých ploch formou postřiku a kapkovou závlahu okrasných ploch, zeleninové zahrady a ovocného sadu.

Jako primární zdroj závlahové vody je v návrhu uvažována dešťová voda akumulovaná v akumulární nádrži. Pro zajištění provozní spolehlivosti závlahového systému bude tento zdroj doplňován vodou z veřejné vodovodní sítě. Přebytečné množství dešťové vody je z akumulární nádrže odváděno přepadem do navrženého vsakovacího objektu, který slouží k bezpečnému vsakování vody do půdního prostředí. Jako alternativní řešení je posouzena možnost využití vrtané studny jako dalšího zdroje závlahové vody, jejíž realizace by byla podmíněna vhodnými hydrogeologickými podmínkami na pozemku. Jednotlivé varianty řešení jsou v práci porovnány a vyhodnoceny z hlediska jejich technické vhodnosti a ekonomické návratnosti.

3 SUCHO

Sucho představuje obtížně uchopitelný pojem, který obecně označuje nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo v atmosféře. Přestože je tento termín běžně využíván v meteorologii, klimatologii i dalších oborech, jeho jednotná a přesná definice neexistuje. Je tomu tak proto, že k suchu lze přistupovat z různých odborných hledisek, například z meteorologického, hydrologického, zemědělského, pedologického, bioklimatologického a dalších.

Sucho se zpravidla projevuje jako nahodilý jev, který se objevuje nepravidelně v obdobích s podnormálními srážkami. Jeho trvání se může pohybovat od několika dní až po několik měsíců. V podmínkách České republiky je hlavní příčinou sucha zejména deficit srážek, jenž bývá často doprovázen zvýšenými teplotami, nižší relativní vlhkostí vzduchu, menší oblačností a intenzivnějším slunečním svitem. Tyto faktory vedou k nárůstu výparu a následně k dalšímu prohlubování nedostatku vody. [1]

3.1 Klasifikace dle Thornthwaitea

Thornthwaiteova klasifikace podnebí pracuje s časovým hlediskem a rozlišuje stálé, sezónní a nahodilé sucho.

Stálé sucho

Tento typ sucha se vyskytuje především v subtropických a tropických oblastech, které patří k nejsušším klimatickým pásmům.

Sezonní sucho

Sezonní sucho se vyskytuje nejčastěji v teplejších klimatických pásmech a v oblastech s monzunovým podnebím.

Nahodilé sucho

Na území České republiky se nejčastěji vyskytuje nahodilé sucho, které je charakteristické svou nepravidelností a obtížnou předvídatelností. Tento typ sucha vzniká především v důsledku nerovnoměrného rozložení srážek, které se liší četností i intenzitou. [2]

3.2 Klasifikace dle ČHMÚ

Český hydrometeorologický ústav naopak zdůrazňuje věcné projevy a rozděluje sucho na klimatické, hydrologické a půdní. [2]

Klimatické sucho

Klimatické sucho, často označované jako meteorologické sucho, představuje v podmínkách České republiky první fázi sucha, způsobenou především nedostatkem srážek ve srovnání s dlouhodobými normály. Tento srážkový deficit je základním ukazatelem sucha a může být navíc ovlivněn faktory, jako jsou zvýšené teploty vzduchu, vyšší výpar a další meteorologické podmínky. Meteorologické sucho obvykle předchází dalším typům sucha, např. půdnímu či hydrologickému, které se projeví až s určitým časovým zpožděním.

V České republice se sucho v posledních letech stává častějším a výraznějším jevem, což je patrné z výskytu dlouhodobých období s nízkými úhrny srážek a vysokými teplotami, jež ovlivňují dostupnost vody zejména v letním období. Monitoring sucha a jeho vyhodnocování zajišťuje Český hydrometeorologický ústav, který zveřejňuje pravidelná data o stavu sucha v rámci celé České republiky. [1]

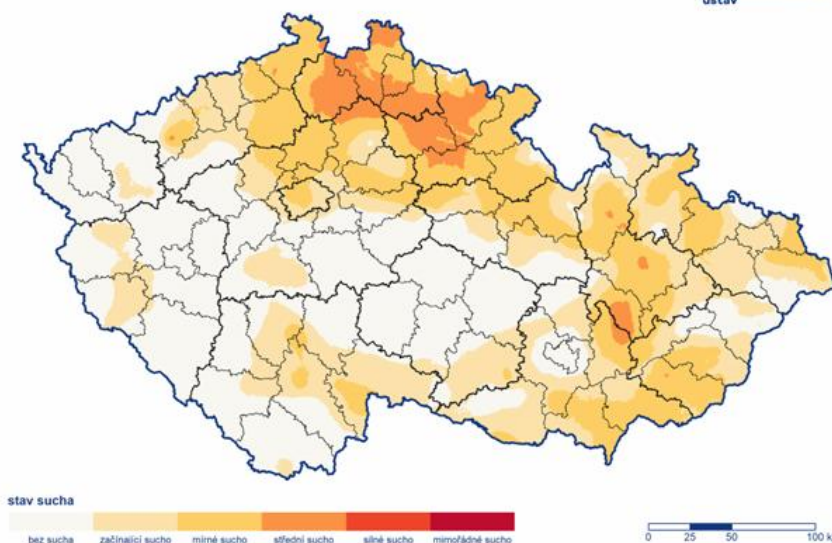
Půdní sucho

Půdní sucho se zpravidla definuje jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, který narušuje vodní režim zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. Souvisí úzce se suchem klimatickým, jehož je ve většině případů přímým důsledkem.

Tento typ sucha zároveň představuje klíčový faktor ovlivňující tzv. půdní hydrolimity, tedy hranice mezi optimální a nedostatečnou zásobou vody v půdě. Z tohoto důvodu se půdní sucho považuje za základní předpoklad pro vznik sucha zemědělského. Tento stav zároveň zvyšuje potřebu závlahových opatření, jejichž cílem je doplnění půdní vláhy v kořenové zóně a zmírnění negativních dopadů sucha na vegetaci. [1]

Stav půdního sucha ke dni 12. 05. 2024

Český
hydrometeorologický
ústav



Obrázek 1 - Znázornění půdního sucha [3]

Hydrologické sucho

Hydrologické sucho vzniká v důsledku dlouhodobého nedostatku srážek a projevuje se poklesem množství vody v povrchových i podzemních zdrojích. Tento stav má za následek omezení dostupnosti vodních zdrojů využitelných pro závlahové účely. U povrchových vod se projevuje sníženými průtoky v tocích a poklesem hladin ve vodních nádržích, což může vést k omezení nebo zákazu odběrů vody pro závlahy. V případě podzemních vod dochází k poklesu hladin ve studnách a vrtech, a tím ke snížení jejich využitelné vydatnosti. Projevy hydrologického sucha v podzemní části hydrologického cyklu se obvykle objevují s určitým časovým zpožděním. [1]

4 VÝVOJ A VÝZNAM ZÁVLAH

Závlahy tvoří důležitý prvek zajišťující stabilitu zemědělské výroby. V českých podmínkách se opakovaně vyskytují období, kdy přirozené srážky nestačí pokrýt potřebu pěstovaných plodin, což vede ke snížení výnosů. Uplatnění závlah umožňuje tento nedostatek vyrovnat, neboť závlaha umožňuje přizpůsobit časové rozložení dodané vláhy konkrétním požadavkům rostlin v jednotlivých fázích jejich růstu. [4]

4.1 Vývoj závlah

Vývoj zavlažovacích systémů je úzce spjat s rozvojem zemědělství a pěstováním kulturních plodin. Nejstarší formy závlah vznikaly v oblastech s nedostatkem přirozených srážek, zejména v regionech úrodného půlměsíce na území dnešního Blízkého východu, dále v Jižní Americe a vybraných částech Asie, kde bylo hospodářství založeno na zemědělské produkci.

V průběhu 20. století byly zavlažovací systémy zaváděny z odlišných důvodů. V zemích s centrálně řízeným hospodářstvím byly rozvíjeny především v souvislosti s intenzifikací zemědělské výroby, zatímco v rozvojových zemích představovaly významný nástroj ke zvýšení potravinové soběstačnosti a zmírnění dopadů sucha. S technologickým pokrokem docházelo k vývoji efektivnějších a úspornějších zavlažovacích metod. V posledních desetiletích se proto pozornost stále více zaměřuje na optimalizaci spotřeby vody a udržitelný provoz závlahových systémů, zejména v souvislosti s proměnlivými klimatickými podmínkami a rostoucími nároky na vodní zdroje. [4]

4.2 Význam závlah

Hlavním cílem závlah je zlepšení vláhových poměrů v půdě, čímž se vytvářejí vhodné podmínky pro správný růst a vývoj pěstovaných plodin a zároveň se podporuje dosažení vysokých a kvalitních výnosů. Závlahy jsou v tomto smyslu využívány především jako doplňkové opatření k přirozeným srážkám. Jejich funkce se však neomezuje pouze na dodávání vody, ale zahrnuje také aplikaci hnojiv, ochlazování rostlin, ohřívání půdy či k odstraňování nadměrného zasolení. [4]

5 DRUHY ZÁVLAH DLE ÚČELU

Podle toho, jakému účelu mají závlahy sloužit, rozlišujeme několik jejich typů. Každý z nich má své charakteristické znaky, které ovlivňují nejen způsob jejich uspořádání a provozu, ale také dobu, kdy je vhodné je použít.

5.1 Doplňková závlaha

Doplňková závlaha slouží především k udržení vhodné vláhy v půdě, aby měly rostliny dostatek vody pro svůj růst. Používá se hlavně ve vegetačním období, kdy se její velikost a načasování řídí průběhem srážek, vlastnostmi půdy a potřebami konkrétních plodin. Závlaha musí být zároveň úsporná a šetrná, aby nedocházelo k přemokření, zasolování ani zbytečnému plýtvání vodními zdroji.

Množství potřebné závlahy se odvíjí od aktuálního vláhového deficitu, který ovlivňuje řada faktorů, a to od teploty a vlhkosti vzduchu, přes vítr, sklon a charakter terénu, až po půdní, hydrologické a biologické podmínky. Tyto vlivy se často kombinují, a proto je nutné stanoviště detailně vyhodnotit. [5]

5.2 Hnojivá závlaha

Hnojivá závlaha představuje způsob závlahy, který zároveň zlepšuje vláhové poměry v půdě i dostupnost živin pro rostliny. Tento postup může sloužit jako účinný přírodní způsob předčištění vhodných odpadních vod a podporuje zvýšení výnosů i zlepšení kvality zemědělské produkce.

Závlahovým médiem mohou být vhodně upravené komunální nebo průmyslové odpadní vody, případně vody s vyšším obsahem organických látek, jako je močůvka, kejda či tekutý hnůj. Před jejich použitím je nezbytné ověřit kvalitu rozbořem, aby se předešlo přehnojení půdy nebo nadměrnému zatížení živinami.

U hnojivých závlah je nutné dbát na vhodný výběr lokality a pěstovaných plodin. Mezi jejich nevýhody patří zejména možné pachové jevy a riziko zhoršení kvality ovzduší při nepříznivých povětrnostních podmínkách. [6]

5.3 Zvláštní závlaha

Takto označujeme závlahy, které kromě dodávky vody plní i další specifický účel.

5.3.1 Protimrazová závlaha

Protimrazová závlaha představuje účinný způsob ochrany rostlin před pozdními jarními mrazy, které mohou každoročně způsobovat značné škody v sadech, vinicích i na zeleninových kulturách. Její princip spočívá v tom, že při tuhnutí vody na povrchu rostlin dochází k uvolňování skupenského tepla. Ledová vrstva, která se při postřiku vytvoří, zároveň působí jako ochranný izolační obal a omezuje tepelné ztráty.

Během závlahy se také zvyšuje vlhkost vzduchu, čímž se snižuje odpařování tepla z půdy a celkově se omezuje ochlazování porostu. Tento způsob ochrany je v našich podmínkách účinný přibližně do teplot kolem $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, výjimečně do $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. V praxi se protimrazová závlaha nejčastěji používá v ovocných sadech formou nadkorunního postřiku. Tento způsob ochrany tak vyžaduje dostatečně výkonný zdroj vody, spolehlivou dodávku energie a kvalitní postřikovací techniku. Oproti běžné doplňkové závlaze je výrazně náročnější na množství vody. [6] [5]

5.3.2 Ochranná (ozdravovací) závlaha

Ochranná (ozdravovací) závlaha slouží ke zvyšování odolnosti rostlin vůči chorobám a škůdcům, zejména v obdobích sucha, kdy jsou porosty k napadení nejvíce náchylné. Zajištěním dostatečné vláhy podporuje plynulý růst rostlin, čímž snižuje riziko jejich oslabení a následného napadení škodlivými organismy.

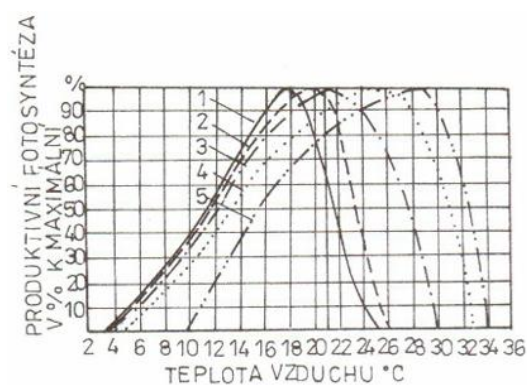
V ovocných sadech a vinicích se může závlahová voda doplňovat vhodnými ochrannými přípravky, které účinně potlačují plísně a další patogeny. Ve specifických případech se využívá i zimní zaplavení pozemků, kdy opakované promrzání omezuje výskyt některých půdních škůdců a plevelů. Po ukončení ochranné závlahy je nezbytné provést důkladné vypláchnutí závlahového potrubí. [6]

5.3.3 Oteplovací závlaha

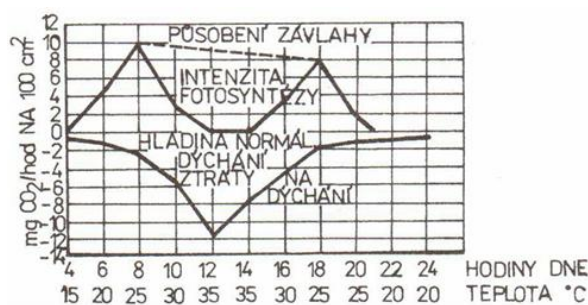
Oteplovací závlaha slouží ke zlepšení teplotního stavu půdy, čímž se podporuje příznivý průběh mikrobiálních a chemických procesů. Nejčastěji se využívá na jaře a na podzim, kdy může zmírňovat účinky jarních mrazů, urychlovat vývoj vegetace a zároveň půdu předzásobovat vláhou, případně i živinami. Vhodná je také v letním období, pokud je závlahová voda teplejší než půda. [6]

5.3.4 Klimatizační závlaha

Klimatizační závlaha slouží ke zlepšení mikroklimatických podmínek porostu, zejména v obdobích, kdy rostlinám škodí suchý nebo příliš teplý vzduch. Ranní postřik zvyšuje relativní vlhkost ovzduší, čímž podporuje příznivější prostředí pro růst a vývoj plodin. V ovocných sadech může tento postup navíc přispívat k lepšímu vybarvení plodů i k vyšší šťavnatosti a obsahu cukru. [5] [6]



Obrázek 2 - Závislost produktivní fotosyntézy na teplotě [5]



Obrázek 3 - Intenzita fotosyntézy a dýchání v průběhu dne [5]

5.3.4.1 Aerosolová (disperzní) závlaha

Základem tohoto způsobu zavlažování je používání rozprašovačů s velmi malými otvory, které pod vysokým tlakem rozptylují vodu do jemných kapének. Tyto kapénky vytvářejí ve vzduchu lehký mlžný efekt. Systém může být řešen jako mobilní traktorový rozprašovač, potrubní rozvod s tryskami nebo plně automatizovaná sestava pro tvorbu umělé mlhy.

Díky jemnému rozptylu vody nedochází k povrchovému odtoku ani k hlubokému vsakování, čímž se výrazně omezuje plýtvání závlahovou vodou a její spotřeba může klesnout až na polovinu. Zároveň je tento způsob závlahy šetrný k půdě, neboť napomáhá zachování její struktury, chrání její fyzikální vlastnosti a podporuje aktivitu mikroorganismů i růst kořenového systému. Výzkumy navíc ukazují, že tento způsob zavlažování může zvýšit nejen výnosy, ale také kvalitu sklizně. Výhodou je i možnost jeho použití na svažitých pozemcích bez nutnosti jejich zásadních úprav. Samostatně však tato metoda nedokáže udržet půdní vlhkost na požadované úrovni. Nejlepší výsledky přináší její propojení s doplňkovou závlahou, což je princip, na kterém je založena impulzní závlaha. [5]

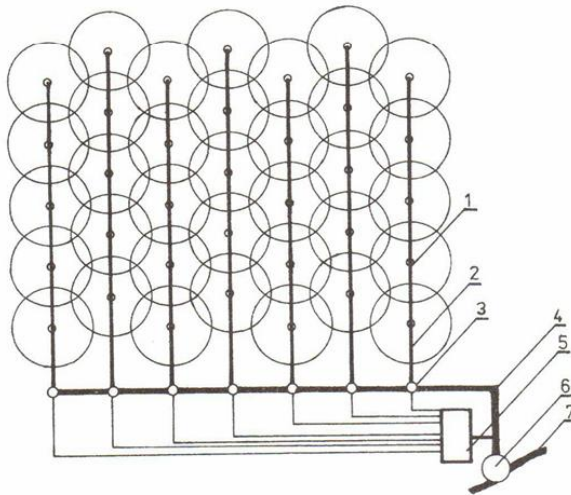
5.3.4.2 Impulzní závlaha

Impulzní závlaha představuje moderní způsob klimatizačního zavlažování, který dokáže ovlivňovat nejen půdní vlhkost, ale i mikroklima nad porostem. Tím zároveň přebírá funkci doplňkové i klimatizační závlahy. Vytváří ve svém okolí stabilnější prostředí, protože dokáže snížit teplotu vzduchu nad půdou o 5–10 °C, zvýšit jeho relativní vlhkost až o 40 %, ochladit povrch rostlin přibližně o 2–3 °C a snížit teplotu půdy v hloubce 10–25 cm až o 11 °C. Účinek na vzdušné mikroklima se projevuje do výšky přibližně 150 cm.

Z hlediska půdy udržuje tento systém optimální vlhkost až do hloubky přibližně 50 cm, tedy tam, odkud většina rostlin čerpá vodu. Díky častým a velmi malým dávkám vody nedochází k vysychání povrchové vrstvy půdy, což bývá problém u běžné doplňkové závlahy s delšími intervaly. Omezuje se tak poškození jemných částí kořenového systému a rostliny nemusí vynakládat energii na jejich obnovu, což se pozitivně projevuje na jejich růstu i výnosech.

Technické provedení impulzní závlahy vychází z postřikovačů s tlakovými nádobami, v nichž se voda shromažďuje a následně je vystřikována pomocí stlačeného vzduchu. Zavlažovací linky se spouštějí postupně, každá pracuje krátce po dobu 2–3 minut a poté se automaticky přepne na další. Membránové ventily mohou být umístěny buď na začátku linky, nebo u jednotlivých postřikovačů, což umožňuje

jejich samostatné řízení. Alternativně lze použít i tzv. zavlažovací děla s dostřikem 50–70 m, která mají vlastní tlakovou nádrž. Vedle postupného impulzního zavlažování existuje také synchronní systém, při němž se zavlažuje celá plocha najednou. Tento způsob reaguje na pokles tlaku v síti a dokáže snížit teplotu vzduchu o 1–3 °C a zvýšit jeho relativní vlhkost o 5–15 %. [5]



- 1 – postřikovač
- 2 – závlahové potrubí
- 3 – membránový ventil
- 4 – hlavní potrubí
- 5 – uzel automatiky
- 6 – čerpací stanice
- 7 – vodní zdroj

Obrázek 4 - Schéma automatizovaného systému impulzního postřiku [5]

5.3.4.3 Osvěžující závlaha

Tento typ klimatizační závlahy vyniká především jednoduchým principem, během horkých dní vegetačního období dodává rostlinám vodu v malých, ale velmi častých dávkách. Aby byla taková závlaha technicky proveditelná a ekonomicky udržitelná, je nutné její provedení pomocí automatizovaných a stacionárních postřikových systémů, protože jiné technologie nedokážou zajistit přesné dodržení krátkých intervalů ani potřebný objem vody. Ve srovnání s novějšími klimatizačními metodami však tato varianta dosahuje nižší účinnosti. [5]

5.3.4.4 Umělá mlha

Praktické využití tohoto systému je poměrně omezené, a to hlavně kvůli vysokým pořizovacím nákladům a komplikacím při mechanizaci. Samotný princip však spočívá v použití velmi jemných dýz, které pracují při vysokém tlaku v potrubí. Aby byl zajištěn rovnoměrný postřik, musí být dýzy umístěny v husté nadzemní potrubní síti a rozmístěny tak, aby každá pokryla zhruba 1 m² plochy. [5]

6 ZÁVLAHOVÁ VODA

Následující kapitoly se zaměřují na přehled možných zdrojů závlahové vody, způsoby stanovení závlahové potřeby, hodnocení jakosti a jejich hlavních ukazatelů a na přehled základních postupů úpravy závlahové vody s ohledem na požadavky závlahových soustav a zavlažovaných ploch.

6.1 Zdroje závlahové vody

Zásadním krokem při návrhu závlahového systému je volba vhodného a dostatečně vydatného zdroje vody. V praxi existuje několik možných variant, jaké typy vod lze pro účely závlah využít. Dostupnost vodních zdrojů se může v průběhu roku, nebo dokonce mezi jednotlivými roky, značně lišit, a proto je nutné tuto skutečnost zohlednit již ve fázi návrhu systému. V některých případech může být výhodné, nebo dokonce nezbytné, kombinovat více zdrojů, aby bylo dosaženo požadovaného objemu vody. [7]

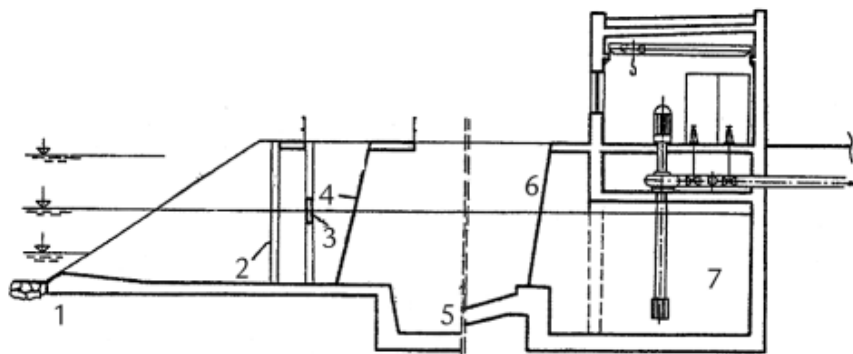
6.1.1 Povrchové zdroje

Povrchové vody, nejsou-li znečištěné, mají velmi dobré vlastnosti pro závlahové účely. Jejich teplota odpovídá teplotě okolního prostředí a zároveň obsahují optimálního množství minerálních látek nezbytných pro růst rostlin. Vodu je nutné ze zdroje dopravit do místa spotřeby, což se děje buď gravitačně, nebo pomocí čerpací stanice. Gravitační doprava vyžaduje vhodné výškové poměry terénu, zatímco čerpací stanice umožňuje dopravit vodu nad úroveň terénu prakticky v každém případě. Při využití otevřených přírodních kanálů je však nutné počítat se ztrátami vody způsobenými výparem a vsakem. [7] [8]

Jako povrchové zdroje závlahové vody se využívají vodní toky, nádrže a jezera, a to přírodní i umělé, přičemž každý z těchto zdrojů má svá specifika a omezení. U vodních toků je hlavní nevýhodou kolísavost průtoků, zejména riziko nedostatku vody v letních měsících, kdy je potřeba závlahy nejvyšší. Je proto nutné posuzovat průtokové poměry právě v tomto období. Současně musí být dodržen minimální zůstatkový průtok v toku, který je důležitý pro udržení biologické rovnováhy vodního ekosystému. Vhodným řešením je výstavba akumulární nádrže, která vyrovnává výkyvy průtoků a zajišťuje dostatek vody po celou zavlažovací sezónu.[7]

Odběrné objekty se navrhují podle konkrétního typu zdroje a místních podmínek. U vodních nádrží může být odběr vody řešen odběrnými zařízeními umístěnými v tělese hráze nebo v její blízkosti. U vodních toků se zpravidla navrhují břehové odběry, ideálně v přímých úsecích toku s minimálním rizikem usazování splavenin. Ochrana před splaveninami je pak zajištěna vhodným umístěním, usměrňovacími stavbami i technickými prvky, jako jsou předstupně, norné či česlové stěny. [8] [9]

Odběr povrchových vod z řek, potoků, jezer, nádrží či rybníků je v České republice upraven vodním zákonem č. 254/2001 Sb. Konkrétně odběr vody pro závlahové účely je považován za nakládání s povrchovými vodami a zpravidla vyžaduje povolení vodoprávního úřadu, které stanovuje podmínky odběru s ohledem na ochranu vodních zdrojů a vodního režimu. V období hydrologického sucha nebo při nepříznivých hydrologických podmínkách může být odběr povrchové vody dočasně omezen nebo zakázán, a to v zájmu zachování minimálních zůstatkových průtoků a ochrany vodních ekosystémů. [10]



1 - práh, 2 - pomocné hrazení, 3 - norná stěna, 4 - hrubé česle, 5 - usazovák, 7 - čerpací jímka

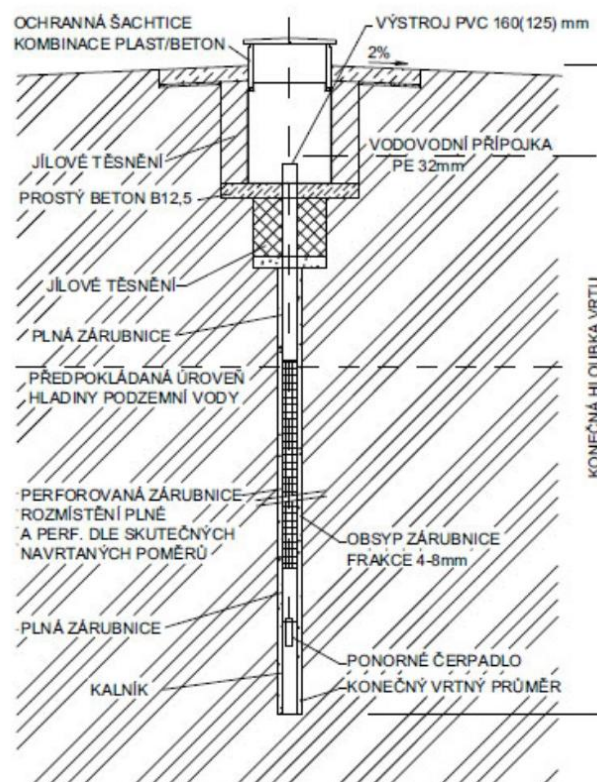
Obrázek 5 - Odběr z vodního toku [11]

6.1.2 Podzemní zdroje

Podzemní zdroje jsou vody, které se přirozeně vyskytují pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami. Jedná se o cenný přírodní zdroj, který by měl být chráněn před znečištěním a udržitelně využíván. Díky svým fyzikálním, chemickým a biologickým vlastnostem jsou vhodné i pro závlahu, avšak jejich hlavním využitím je zásobování obyvatelstva pitnou vodou. [12]

Vyznačují se poměrně stálou kapacitou a jakostí, což představuje jejich hlavní přednost. Na druhou stranu určitou nevýhodou je jejich nižší teplota a také vyšší koncentrace rozpuštěných solí. Praktické využití je často omezeno i výskytem anorganického znečištění, například jílovitými částicemi pocházejícími z horninového prostředí. Pro účely závlah je důležité znát velikosti zásob podzemní vody, určit její využitelné množství a předpovědět dlouhodobou využitelnost. Tyto údaje lze získat přímým měřením nebo nepřímo, například sledováním hladiny ve vrtech či analýzou minimálních průtoků. Vydatnost jímacích zařízení se pak posuzuje na základě dlouhodobých měření průtoků a provádění čerpacích zkoušek. [8] [9]

Podzemní voda se získává prostřednictvím jímacích objektů, mezi které patří např. pramenní jímký, studny, jímací drény a galerie. Voda z hlubších vrstev se čerpá především studnami, jejichž konstrukce závisí na geologických podmínkách a požadovaném odběru. Studny rozlišujeme na kopané a vrtané. Vrtané studny umožňují dosáhnout větších hloubek a využívají hlubší podzemní zdroje, takže jsou obvykle méně náchylné ke znečištění. Naproti tomu studny kopané mají větší akumulaci schopnost a jejich údržba bývá jednodušší. Budují se především v oblastech s mělkou hladinou podzemní vody a dobře propustným geologickým podložím. [9] [13]



Obrázek 6- Schéma konstrukce vrtané studny [14]

6.1.3 Dešťové vody

Dešťová voda představuje oblíbený a hojně využívaný zdroj závlahové vody. Na rozdíl od vody z vodovodu nebo studniční vody má dešťová voda nižší tvrdost a její teplota obvykle lépe vyhovuje potřebám rostlin.

Nicméně s ohledem na současné klimatické podmínky v České republice je využívání dešťové vody většinou nutné kombinovat s dalším zdrojem. Srážky nejsou během roku rovnoměrně rozloženy a zejména v letních měsících může docházet k několikátýdenním obdobím sucha. Hlavním omezením je i kapacita akumulčních nádrží, která zpravidla vystačí pouze na několik dní závlahy. Po vyčerpání zásob je proto nutné systém doplnit o alternativní zdroj vody, například studnu či vodovodní řad. [14]

6.1.4 Vodovodní řad

Voda z vodovodního řadu, která je primárně určena k zásobování obyvatelstva pitnou vodou, může být využívána také pro závlahové účely, zpravidla však pouze u menších závlahových systémů nebo jako záložní zdroj. Její hlavní předností jsou nízké investiční náklady na připojení. Z hlediska provozu se však jedná o nejdražší variantu, zejména kvůli rostoucí ceně vody, která může její využití do budoucna výrazně omezit. Nevýhodou je rovněž obsah chloru, jenž může negativně ovlivnit stav trávníků, i když se dnes chloruje méně než v minulosti. [14]

6.1.5 Odpadní vody

V souvislosti s klimatickými změnami je nutné rozšiřovat zdroje závlahové vody i mimo povrchové a podzemní vody. Perspektivní alternativu představuje využití vyčištěných odpadních vod, jejichž uplatnění je zatím omezené. Pro závlahové účely lze využívat komunální, průmyslové i zemědělské vody. U průmyslových vod je však rozhodující jejich složení, přičemž za nevhodnější jsou považovány vody z potravinářského průmyslu. [6]

6.2 Stanovení potřeby závlahové vody

Správné stanovení potřeby závlahové vody je nezbytné pro efektivní využívání vodních zdrojů a ochranu půdy. Přesné dávkování závlahy omezuje zbytečnou spotřebu vody a snižuje riziko ztrát živin a půdní eroze.

6.2.1 Pro zemědělské plodiny

Stanovení potřeby vody pro zemědělské plodiny při doplňkové závlaze vychází z požadavků normy ČSN 75 0434, která uvádí tři základní postupy pro určení závlahového množství. Jedná se o odhad podle směrných hodnot, výpočet založený na bilanční rovnici a retrospektivní vláhovou bilanci.

Pro zpracování návrhu byla zvolena metoda bilanční rovnice, která stanovuje potřebu závlahové vody na základě rovnováhy mezi dostupnou půdní vláhou a nároky plodiny. Metoda vyhodnocuje vznik vláhového deficitu a určuje množství vody, které je nutné dodat pro udržení optimální zásoby vláhy v půdním profilu. [15]

Závlahové množství se stanoví pomocí základní bilanční rovnice:

$$M_z = k_z (r_1 V_c - r_2 \alpha S_r - r_3 W_z - W_k) \quad (1)$$

Základní veličiny bilanční rovnice:

- **Závlahové množství M_z** [m^3/ha , mm] – Představuje objem vody, který je nutné dodat na jednotku plochy, aby byl pokryt vláhový deficit plodiny.
- **Závlahová dávka M_d** [m^3/ha , mm] – Množství vody aplikované při jednom závlahovém cyklu.
- **Celková vláhová potřeba V_c** [m^3/ha , mm] – Vyjadřuje celkový požadavek plodiny na vodu za vegetační období nebo jeho část tak, aby byl zajištěn její optimální růst a vývoj.
- **Dlouhodobý průměr srážek za vegetační období S_r** [m^3/ha , mm] – Množství srážek využitelných rostlinami v průběhu vegetačního období.
- **Součinitel využitelnosti srážek α** – Vyjadřuje, jaká část spadlých srážek je skutečně využita rostlinami.

Tabulka 1 - Součinitele využitelnosti srážek [15]

Druh půdy	α
hlinité	0,75
jílovité	0,70 a méně
písčité	0,60
velmi těžké	0,50

- **Ztrátový koeficient k_z** – Míra ztrát vody zahrnuje odpařování z povrchu půdy, transpiraci rostlin a další ztráty vznikající během aplikace závlahy, které jsou zohledněny korigujícím koeficientem

Tabulka 2 - Ztrátové součinitele [15]

Způsob závlahy	k_z
mikrozávlahy (viz [28])	1,05 až 1,15
postřik	1,15 až 1,25
podmok	1,25 až 1,45
přeron	1,45 až 1,65
výtopa	1,65 až 2,50

- **Zásoba vody v půdě na začátku vegetačního období W_z** – Množství vody obsažené v půdním profilu na začátku vegetačního období, které lze využít k pokrytí části potřeby plodiny.
- **Využitelné množství vzlínající podzemní vody W_k** – Množství vody, které pochází z podzemních zdrojů a může být rostlinami účinně využito jako doplněk závlahy.
- **Redukční součinitelé r_1, r_2, r_3** – Koeficienty upravující jednotlivé složky rovnice tak, aby odrážely skutečné podmínky stanoviště a hydrologické poměry.

Tabulka 3 - Redukční součinitele podle nadmořské výšky [15]

Nadmořská výška m	r_1	r_2
200 a méně	1,00	1,00
300	0,88	0,88
400	0,81	0,82
500	0,78	0,78
600	0,75	0,70
700	0,73	0,64

Tabulka 4 - Redukční součinitel podle druhu půdy [15]

Druh půdy	r_3 při sklonu terénu v %		
	do 2	2 až 5	5 až 10
lehká	1,00	0,93	0,86
středně těžká	1,00	0,87	0,74
těžká	1,00	0,72	0,44

6.2.2 Pro travnaté plochy

Intenzivně udržovaný trávník má v podmínkách České republiky potřebu vody přibližně 600–800 mm za celé vegetační období. Pro běžnou údržbu se obvykle aplikuje 20–30 mm závlahové vody týdně, což při frekvenci dvou závlahových cyklů týdně představuje jednu dávku o velikosti 10–15 mm. Skutečná závlahová dávka však může být upravena podle aktuálních klimatických podmínek, například zvýšených teplot či nedostatku přirozených srážek. [16]

6.3 Jakost závlahové vody

Při posuzování jakosti závlahové vody je kromě splnění základních požadavků nutné brát v úvahu i její dlouhodobé působení na půdu, rostliny a závlahový systém jako celek. Některé negativní účinky se nemusí projevit okamžitě, ale až po delším období pravidelného používání vody stejné kvality. Z tohoto důvodu je vhodné hodnotit závlahovou vodu nejen z hlediska okamžité použitelnosti, ale také z pohledu možných kumulativních dopadů, jako je postupné zhoršování půdní struktury, snížení infiltrační schopnosti půdy nebo omezení vitality vegetace. [17]

Podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, je využití vody pro závlahy podmíněno povolením vodoprávního orgánu. Odběr vody pro závlahu konkrétních plodin musí být zároveň projednán s vodohospodářským, hygienickým a veterinárním orgánem, aby bylo zajištěno, že použitá voda nebude mít negativní dopady. Je třeba zajistit, aby voda neohrozila zdraví lidí ani zvířat, nesnížila kvalitu či výnosnost plodin, nezhoršila vlastnosti půdy ani jakost podzemních a povrchových vod a zároveň neměla nepříznivý vliv na další složky životního prostředí. [18]

Zásady pro hodnocení a používání vody pro závlahy stanovuje ČSN 75 7143. Tato norma dělí závlahové vody do tří základních tříd, podle jejich vhodnosti použití:

- **I. třída: vody vhodné k závlaze** – Tyto vody lze bez omezení využívat pro všechny zemědělské a lesní kultury, aniž by bylo nutné vyžadovat jakákoliv zvláštní opatření.
- **II. třída: vody podmíněně vhodné k závlaze** – Využití těchto vod je možné jen při dodržení specifických podmínek. Je nutné brát v úvahu míru a charakter znečištění vody, místní podmínky a způsob závlahy. Pro každou lokalitu je třeba určit individuální opatření a zároveň sledovat množství i chemické složení vody, zejména s ohledem na přísun cizorodých látek do půdy.
- **III. třída: vody nevhodné k závlaze** – Vody, které spadají do III. třídy je možné využít jen po předchozí úpravě, která zajistí kvalitu na úrovni vody I. nebo II. třídy. Alternativně mohou být použity v souladu s podmínkami stanovenými pro závlahu odpadními vodami. [18]

6.4 Ukazatele jakosti závlahové vody

Jakost vody se hodnotí podle fyzikálních, chemických, biologických ukazatelů a ukazatelů radioaktivity. Každá z těchto skupin ukazatelů se posuzuje zvlášť a výsledná třída jakosti v rámci skupiny je určena nejméně příznivou naměřenou hodnotou. Všechny skupiny ukazatelů mají stejnou váhu. Zařazení vychází z reprezentativních dat naměřené v delším časovém období, která se porovnávají s mezními hodnotami stanovenými normou. [18]

6.4.1 Fyzikální ukazatele

Z fyzikálních vlastností závlahové vody má největší význam teplota. Ideálně by měla být teplota vody vyšší než teplota půdy. V jarním období se za vhodné rozmezí považuje 10–15 °C, zatímco v létě je optimální teplota vody mezi 15–25 °C. Mezi další sledované fyzikální vlastnosti patří pach a barva závlahové vody. Pach se hodnotí podle druhu a intenzity, jelikož může ovlivňovat nejen kvalitu pěstovaných plodin, ale také okolní ovzduší. Barva vody se posuzuje s ohledem na její původ a způsob využití, zvláštní pozornost je věnována vodám zbarveným průmyslovými barvivy, které se klasifikují podle koncentrace, toxicity a souvisejících rizik.

Důležitým kritériem jsou rovněž nerozpuštěné a rozpuštěné látky obsažené v závlahové vodě. Vliv nerozpuštěných látek na půdu a závlahové zařízení závisí na velikosti a složení částic a v případě potřeby se jejich obsah snižuje. Částice menší než 0,10 mm mohou způsobovat zanášení potrubí, zatímco naopak částice o velikosti 0,10–0,005 mm často zlepšují půdní strukturu, protože snižují její soudržnost a usnadňují zpracování. Ještě jemnější frakce 0,005–0,001 mm mohou být prospěšné u propustných půd, ale u těžších půd naopak zhoršují fyzikální vlastnosti.

Z hlediska rozpuštěných látek je vhodné sledovat celkovou mineralizaci vody, která se vyjadřuje množstvím rozpuštěných minerálních látek obsažených ve vodě. Tento ukazatel se obvykle stanovuje pomocí elektrické vodivosti. Zvýšená mineralizace může při dlouhodobém používání nepříznivě ovlivnit schopnost rostlin přijímat vodu z půdy, přičemž význam tohoto ukazatele závisí na druhu půdy a pěstované vegetace, citlivější bývají lehčí půdy a náročnější plodiny. [17] [18]

6.4.2 Chemické ukazatele

Z chemických ukazatelů je kromě celkového obsahu rozpuštěných látek důležitý také vzájemný poměr jednotlivých iontů, zejména sodíku, vápníku a hořčíku. Nevhodné zastoupení těchto prvků může nepříznivě ovlivňovat půdní strukturu a snižovat infiltrační schopnost půdy. Dlouhodobé používání takové vody může vést k utužování půdy a zhoršení její propustnosti, což se negativně projeví na vodním režimu v kořenové zóně. [17]

Další chemické ukazatele se stanovují podle přirozených vlastností vodního zdroje a možného znečištění, a to jak při běžném provozu, tak i při mimořádných událostech, například haváriích. [18]

6.4.3 Biologické ukazatele

Biologickými vlastnostmi závlahové vody se rozumí charakteristiky jejího osídlení makroorganismy i mikroorganismy. Hodnotí se zejména výskyt virologických a parazitologických bakterií. Z mikrobiologických ukazatelů se vhodnost závlahové vody určuje podle jednotek koliformních bakterií a fekálních koliformních bakterií. [18]

6.4.4 Ukazatele radioaktivity

Vhodnost vody pro závlahu z hlediska radioaktivního znečištění se hodnotí na základě celkové objemové aktivity β záření, obsahu radionuklidu ^{226}Ra , uranu a v případě potřeby i dalších radioaktivních prvků. [18]

6.5 Analýza úpravy závlahové vody

Ještě před samotnou úpravou vody je vhodné zvážit možnosti, jak omezit její znečištění přímo v povodí a ve vlastním zdroji. To může zahrnovat například vybudování záchytných kanálů, zavedení protierozních a agrotechnických opatření, omezení přísunu živin, úpravu rybního hospodaření či zastínění hladiny u malých vodních nádrží.

Analýza úpravy závlahové vody spočívá v provedení následujících rozborů:

- **Standardní rozbor** – Zaměřuje se na fyzikální a chemické znečištění, kdy určuje obsah organických a anorganických látek i množství železa, manganu, mědi a dalších prvků.
- **Mikrobiologický rozbor** – Zjišťuje přítomnost koliformních bakterií, bakterií železa a manganu i dalších látek.
- **Hydrobiologický rozbor** – Slouží k určení druhu biologického znečištění a složení planktonu ve vodě. [14]

6.6 Mechanické způsoby úpravy závlahové vody

Úprava závlahové vody se zaměřuje především na zlepšení jejich fyzikálních vlastností, neboť zásahy do složení chemických a biologických vlastností bývají vzhledem k vysokým nákladům využívány jen výjimečně. Nejčastěji se proto uplatňují mechanické postupy, jejichž cílem je odstranění nerozpuštěných částic, ať už se jedná o koloidy, mikročástice či hrubě disperzní nečistoty. Mechanické čištění hraje klíčovou roli zejména při ochraně trysek postřikovačů a kapkovačů, které jsou velmi náchylné k zanášení a následnému ucpávání. Podle principu účinku lze mechanické metody úpravy vody rozdělit do tří základních skupin, a to zachycování hrubých nečistot unášených proudem vody, sedimentaci a filtraci. [19] [9]

6.6.1 Zachycení hrubých nečistot unášených vodou

K zachycení hrubých nečistot se používají česle a síta, která bývají umístěna přímo na vstupu do odběrného objektu a tvoří jeho nedílnou součást. Česle představují obvykle první stupeň mechanické úpravy vody. Mohou být navrženy jako ručně stírané nebo s automatickým čištěním. Podle šířky mezer mezi jednotlivými česlicemi se rozlišují česle hrubé s mezerami od 60–100 mm, jemné s mezerami od 20–60 mm a velmi jemné s mezerami menšími než 20 mm. Doporučená rychlost proudění vody přes česle se pohybuje v rozmezí 0,4–0,8 m/s. [9]

6.6.2 Sedimentace

K odstranění vodních nečistot o velikosti 0,1–0,2 mm pomocí sedimentace slouží lapáky písku a usazovací nádrže, které se umísťují za odběrný objekt a před čerpací stanicí. Lapáky písku se dělí podle směru průtoku na horizontální, vertikální, odstředivé, vírové nebo s příčnou cirkulací. Jejich účinnost závisí na době zdržení vody i na rychlosti proudění, která se liší v závislosti na typu zvoleného zařízení. Usazovací nádrže se používají zejména tam, kde je potřeba odstranit jemné usaditelné částice minerálního původu. Podle směru proudění vody se rozlišují usazovací nádrže s horizontálním, vertikálním nebo radiálním tokem. [9]

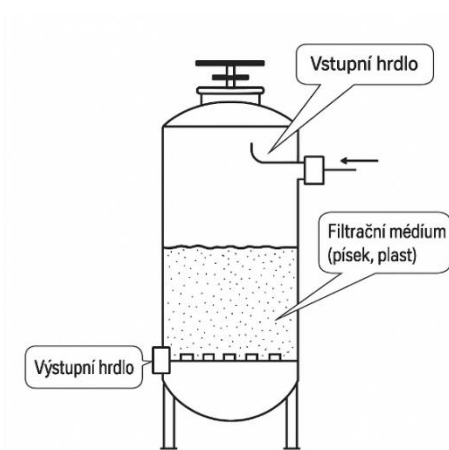
6.6.3 Filtrace

Jednou z dalších metod mechanického čištění závlahové vody je filtrace, při níž dochází k zachycení pevných částic na porézní přepážce a jejich oddělení od vody. Tento způsob se používá zejména pro odstranění jemnějších nečistot, které nelze odstranit hrubým čištěním nebo sedimentací. Volba konkrétního typu filtru závisí na velikosti a vlastnostech částic obsažených v závlahové vodě. U závlah postřikem a mikrozávlah se nejčastěji využívají filtry s filtrační náplní, síťové nebo diskové. [8] [19]

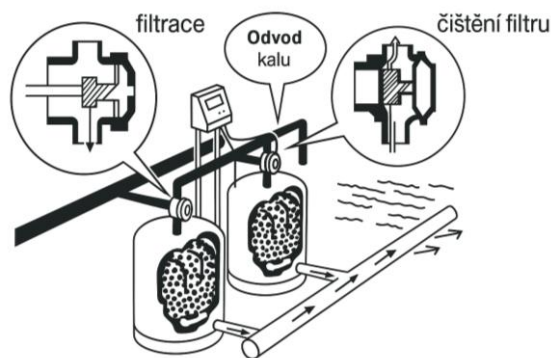
6.6.3.1 Filtry s filtrační náplní

Jedná se o uzavřené nádrže horizontálního nebo vertikálního uspořádání, které jsou nejčastěji vyplněny pískem nebo plastových granulátem. Vyrábějí se jako tlakové nádoby z oceli nebo plastu, které se zapojují přímo do potrubí a slouží jako první stupeň filtrace při kapkové závlaze. Obvykle tvoří součást čerpací stanice a sestávají ze dvou či více filtračních jednotek. [19]

- **Pískové filtry** – Využívají jako filtrační médium křemičitý písek, který účinně zachycuje pevné částice obsažené v závlahové vodě. V systémech mikrozávlahy slouží k odstranění nečistot větších než 100 μm . Filtry pracují v cyklech filtrace a proplachu, kdy se zanesená filtrační vrstva čistí zpětným proudem čisté vody. [19]



Obrázek 7 - Schéma pískového filtru [19]

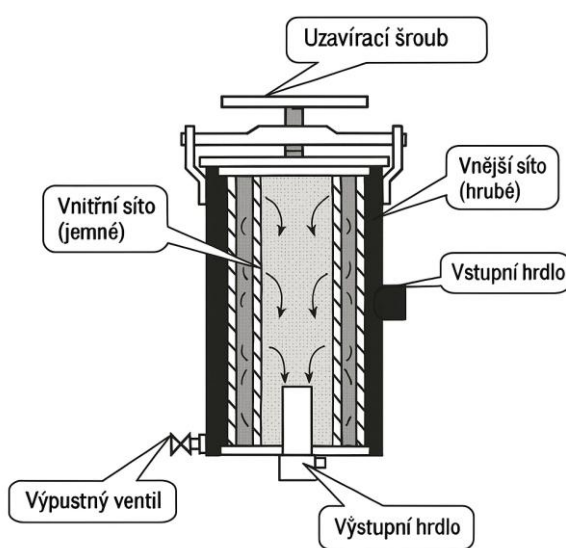


Obrázek 8 - Schéma dvou jednotek pískového filtru při filtraci a čištění [19]

- **Filtry s náplní z plastů** – Jsou založeny na stejném principu jako pískové filtry, avšak místo křemičitého písku je jejich náplň tvořena plovoucími granulami z plastu, např. pěnového polyuretanu. Při jejich používání je nutné dbát na dodržení provozních tlaků, které nesmí přesáhnout hodnotu přibližně 200–250 kPa, aby nedošlo k deformaci granulí a zhoršení filtračních vlastností náplně. [19]

6.6.3.2 Sítové filtry

Sítové filtry slouží k jemnému mechanickému čištění vody u kapkové závlahy a mikropostřiku, kde tvoří druhý stupeň filtrace. Filtry se instalují do rozvodného nebo rozdělovacího potrubí, často ve spojení s redukcí tlaku nebo s dávkovacími zařízeními pro aplikaci aditiv. Odstraňují zbytky anorganických nečistot i částice vzniklé při transportu vody. Konstrukce sítových filtrů je jednoduchá. Obvykle se skládají z válcovitého pláště vyrobeného z plastu nebo oceli a z vložky s filtrační síťovinou, která bývá z korozivzdorné oceli nebo plastových textilií. Voda proudící potrubím vstupuje do prostoru sítové vložky a prochází její síťovinou, kde se zbaví nečistot. Očištěná voda poté pokračuje dále do potrubí. [19]



Obrázek 9 - Schéma funkce sítového filtru [19]

6.6.3.3 Diskové filtry

Diskové filtry jsou schopny zachytit mechanické nečistoty v rozsahu přibližně od 5 do 800 μm v závislosti na použité filtrační vložce. Kryt filtru tvoří dutý tlakový válec z plastu nebo nerezové oceli. Do něj se zasouvá dutá válcovitá vložka složená z tenkých plastových disků, které jsou vyskládány nad sebou. Každý disk má rýhy určitého tvaru a velikosti, a proto jimi neprojdou částice větší, než je stanovený profil. Z provozních důvodů se často zapojují do filtračních baterií, což umožňuje jejich efektivnější využití. Samotný proces filtrace je podobný jako u sítových filtrů, avšak liší se tím, že voda nejprve vstupuje do vnějšího prostoru vložky. [19]

7 DĚLENÍ ZÁVLAH DLE ZPŮSOBU APLIKACE VODY

Volba závlahového detailu vychází z charakteru území, požadavků vegetace a zamýšlené funkce závlahy. Přehled možnosti využití jednotlivých způsobů závlahy uvádí tabulka 5. [6]

Tabulka 5 - Možnosti využití jednotlivých typů závlah [6]

Druh závlahy	Poddruh závlahy	Funkce závlahy						
		Doplňková závlaha	Hnojivová závlaha	Klimatizační závlaha	Oteplovací závlaha	Ochranná, ozdravovací závlaha	Promývací závlaha	Protimrazová závlaha
Závlaha postřikem	Mikropostřik	+	X	+	+	+	X	X
	Postřik o nízké intenzitě	+	+	+	+	+	+	+
	Postřik o střední intenzitě	+	+	X	+	+	+	-
	Postřik o vysoké intenzitě	+	+	X	X	X	+	-
	Vějíř a stabilní potrubí s dýzami	+	X	+	+	+	+	X
	Impulzní postřikovače	+	-	+	+	+	X	-
	Disperzní závlaha	+	-	+	+	X	X	+
	Pásové zavlažovače	+	X	X	+	+	+	-
	Širokozáběrové postřikovače	+	+	+	+	+	+	-
Kapková závlaha	+	X	-	X	X	-	-	
Závlaha přerodem	+	X	-	+	X	+	-	
Závlaha podmokem	+	X	-	+	+	+	-	
Závlaha výtopou	+	+	-	+	+	+	-	

+ zajišťuje a vyhovuje v plném rozsahu

X zajišťuje a vyhovuje částečně nebo s určitými výhradami v oblasti nutné úpravy závlahového média, způsobu aplikace nebo pohonu závlahového stroje

- nevyhovuje

7.1 Závlaha postřikem

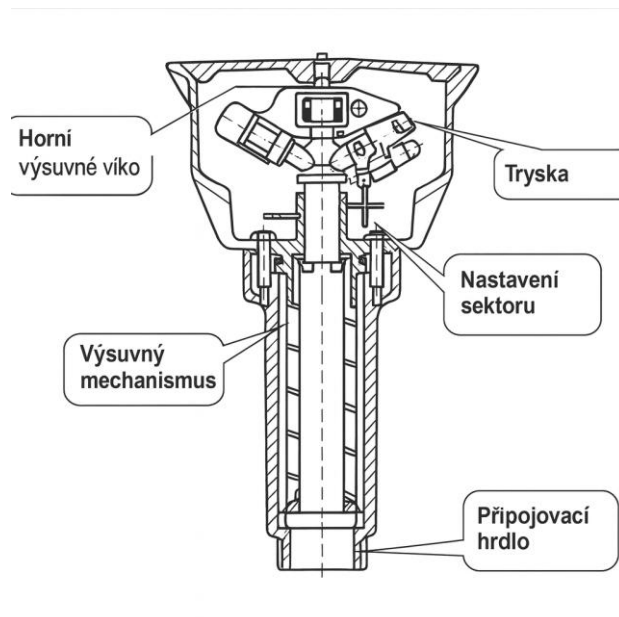
Závlaha postřikem je způsob zavlažování, při kterém je voda rozptýlována ve formě kapek a dopadá na půdu a rostliny podobně jako přirozený déšť. Voda je dopravována k zavlažované ploše prostřednictvím postřikovačů a velikost kapek i intenzita závlahy se volí s ohledem na nároky pěstovaných plodin a místní podmínky.

Závlaha postřikem patří mezi nejrozšířenější závlahové systémy. Hlavní předností je její univerzálnost. Tento způsob je vhodný pro většinu typů půd včetně svažitých pozemků a lze jej využít pro polní plodiny, trvalé kultury i travní porosty. Zajišťuje rovnoměrné rozdělení vody na celé zavlažované ploše a současně přispívá k provzdušnění půdy. Výhodou je také možnost aplikace hnojiv nebo pesticidů společně se závlahovou vodou a skutečnost, že podzemní tlakové potrubí neomezuje provádění zemědělských prací. Nevýhodou tohoto způsobu zavlažování jsou vyšší investiční i provozní náklady. Ty souvisejí s požadavky na kvalitní materiály, použitím výkonných čerpadel a zvýšenou spotřebou vody, která je způsobena zejména ztrátami výparem a částečně také úletem kapek při rozstřiku.

Základním funkčním prvkem závlahy postřikem jsou postřikovače, jejichž trysky významně ovlivňují účinnost a rovnoměrnost zavlažování. Nejčastěji se používají otáčivé postřikovače poháněné úderovým mechanismem nebo reaktivní silou. Podle tvaru zavlažované plochy se rozlišují postřikovače kruhové, které zavlažují celou plochu, a sektorové, vhodné pro okraje pozemků nebo nepravidelné tvary. Při návrhu systému je nutné zajistit dostatečné překrytí výstřikových obrazců, aby byla celá plocha rovnoměrně zavlažena.

Postřikovače se dále člení podle technických parametrů, zejména podle průměru hubice a dosahu. Podle průměru hubice rozlišují na malé (3–7 mm), střední (8–18 mm) a velké (nad 18 mm). Z hlediska dosahu pak dělíme postřikovače na typy s krátkým dostřikem (5–20 m), středním (15–40 m) a dálkovým (30–90 m). U středních a dálkových postřikovačů je důležité zajistit vysoké provozní tlaky. Specifickou skupinu tvoří výsuvné postřikovače, které jsou v klidovém stavu umístěny pod povrchem půdy a vysouvají se pouze během závlahy. Tyto postřikovače se uplatňují zejména na trávnících, sportovištích a v parcích, kde neomezují údržbu ani využívání ploch.

V České republice se v praxi nejčastěji používají pásové zavlažovače, přenosné rychlospojkové trubní linky s postřikovači, širokozáběrové pivotové zavlažovače a kývavá zavlažovací potrubí. [19]



Obrázek 10 - Schéma výsuvného sektorového postřikovače [19]

7.1.1 Zásady návrhu a provozu postřikové závlahy

- Rozloha, tvar a sklonitost pozemku, terénní překážky a cestní síť – zejména z hlediska možnosti mechanizace, jak při obdělávání půdy, tak i pro manipulaci se závlahovým detailem
- Druh pěstovaných plodin – z hlediska jejich nároků na vodu, což určuje velikost, četnost a načasování závlahových dávek s ohledem na půdní a klimatické podmínky
- Vlastnosti půdy – zejména vsakovací schopnost, erozní odolnost a vliv zhutňování při pojezdu zavlažovací techniky
- Rovnoměrnost a intenzita závlahy – závisí na typu postřikovače, průměru a počtu hubic, pracovním tlaku na postřikovači, sklonitosti terénu, rychlosti větru a překrytí výstřikových obrazců sousedních postřikovačů
- Vodní zdroj – jeho vydatnost, kvalita vody, způsob odběru a možnost plynulého zásobování během celé závlahové sezóny
- Uspořádání závlahové soustavy – rozmístění potrubní sítě, hydrantů a dalších odběrných zařízení včetně kapacity a tlakových poměrů v jednotlivých úsecích
- Požadavky na obsluhu – nároky spojené se zvoleným stupněm mechanizace či automatizace provozu
- Náklady – pořizovací a provozní výdaje na závlahové zařízení i potřebnou mechanizaci [19]

7.1.2 Pásové zavlažovače

Pásový zavlažovač je u nás nejrozšířenějším všestranným zavlažovacím strojem hodícím se k závlaze polních plodin, zeleniny i speciálních plodin. Jejich konstrukce se skládá z podvozku s cívkou, na níž je navinuta polyetylenová trubka dlouhá 50–600 m a o průměru 25–140 mm. Na jejím konci je umístěn středotlaký postřikovač na saňovém nebo kolovém podvozku. Před závlahou se trubka s postřikovačem rozvine po pozemku, obvykle pomocí traktoru. Po napojení na hydrant motor pomalu navíjí hadici zpět, čímž je postřikovač přitahován a zavlažuje pás v délce podle vytažené trubky a v šířce odpovídající dvojnásobku svého dostřiku. Namísto koncového postřikovače lze v případě potřeby použít neotáčivou konzolu vybavenou menšími postřikovači, která je šetrnější k rostlinám a vyžaduje nižší provozní tlak, což vede i k úspoře energie.

Podle průměru trubky se pásové zavlažovače dělí na malé (25–50 mm), střední (60–85 mm) a velké (90 mm a více). Nejčastěji se v praxi uplatňují stroje střední velikosti. [19]



Obrázek 11 - Pásový zavlažovač [20]

7.1.3 Pílové zavlažovače

Pílové zavlažovače jsou vhodné zejména pro rovinné nebo mírně zvlněné plochy bez překážek. Jejich konstrukce se skládá z potrubí s postřikovači upevněného na příhradových mostech, které nesou kolové podvozky. Zařízení je napojeno na hydrant uprostřed pozemku a při provozu se otáčí kolem tohoto bodu, čímž zavlažuje kruhovou plochu nebo její část. Potrubí je umístěno minimálně 2 m nad terénem, takže je vhodné i pro vysoké plodiny.

Standardní délka těchto strojů je kolem 300 m a postačuje pro závlahu plochy 25–30 ha. Existují i delší varianty s dosahem až 800 m, které dokážou obhospodařit více než 200 ha. Kratší soupravy lze však přemístit i na jiné pozemky. Provoz pivotového zavlažovače je programovatelný a probíhá nepřetržitě ve dne i v noci bez nutnosti přímé obsluhy.

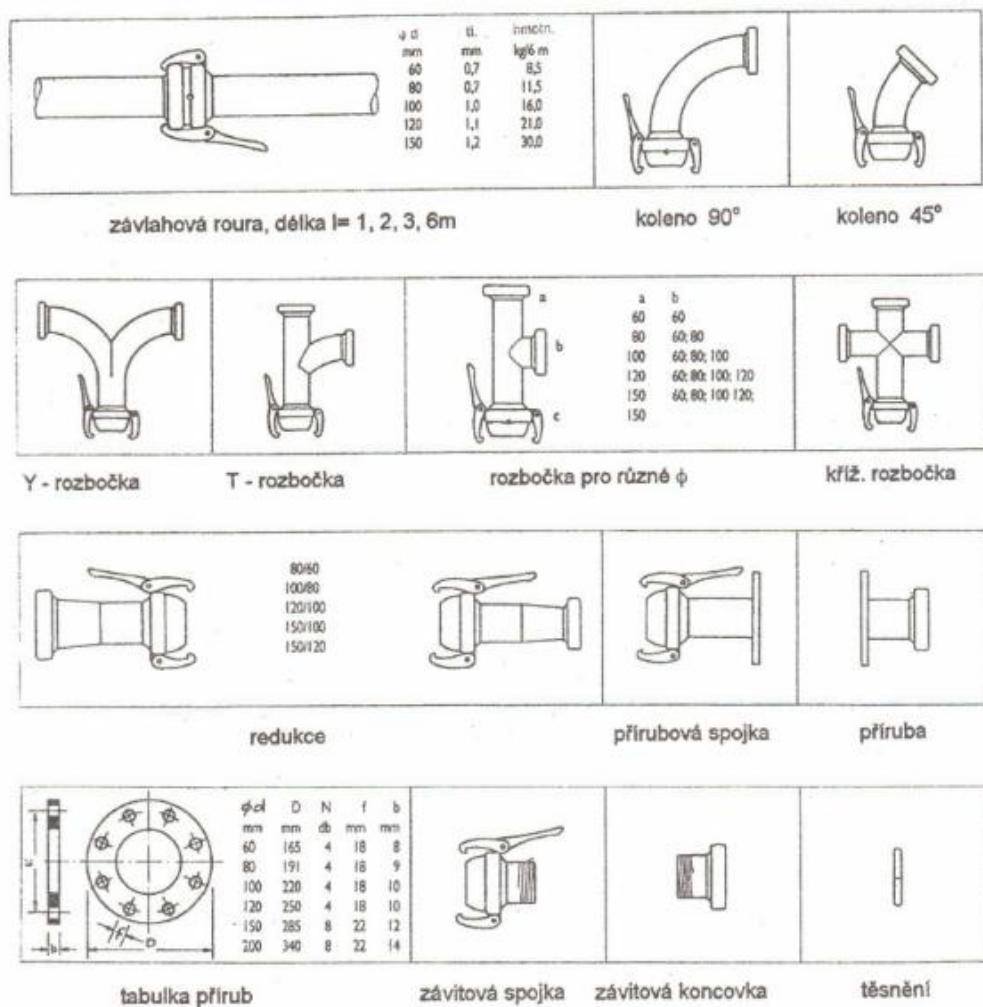
Mezi nevýhody pivotových zavlažovačů patří především to, že nedokážou zavlažit rohy pozemků, které je nutné doplnit jiným způsobem nebo ponechat bez závlahy. Problémem může být také vyšší intenzita postřiku na konci ramene, která často přesahuje 30 mm/h. I z těchto důvodů se pivotové zavlažovače u nás zatím používají jen ojediněle. [19]



Obrázek 12 - Pivotový zavlažovač [21]

7.1.4 Přenosné rychlospojkové potrubí a závlahové soupravy

Přenosné rychlospojkové potrubí představuje jednoduchý a cenově nejdostupnější způsob závlahy. Jednotlivé trubky se snadno spojují do závlahových linek, které se připojují k hydrantům podzemního tlakového rozvodu nebo mohou být napojeny na mobilní čerpací agregát. Tento systém se využívá zejména tam, kde je k dispozici levná pracovní síla pro časté přemísťování potrubí, případně na menších a členitých pozemcích, kde by složitější zařízení nebyla vhodná. Uplatnění nachází také v sadech, zahradnictvích nebo na plochách, kde potrubí zůstává instalováno po celou sezónu. Pro jejich spojování a regulaci průtoku se využívají nejrůznější tvarovky a armatury. [19]



Obrázek 13 - Příkladů prvků rychlospojkového trubního systému [19]

7.1.5 Kývavá postřikovací potrubí

Kývavá postřikovací potrubí představují zařízení tvořená vodorovným potrubím o délce až 120 m, uloženým na podpěrách asi 0,75 m nad povrchem pozemku. V pravidelných rozstupech jsou osazena rozstřikovacími tryskami a pomocí hydromotoru se kývají v úhlu až 120°, čímž zajišťují rovnoměrnou závlahu. Té však lze dosáhnout jen za bezvětří. Systém se uplatňuje především na menších a užších plochách s vysokými nároky na kvalitu závlahy, například u zeleniny, jahod nebo školkařských kultur. Pro menší zahrady a okrasné plochy se vyrábějí i drobné výkyvné zavlažovače připojitelné na běžný vodovodní řad. Nevýhodou tohoto typu závlahy je citlivost na vítr, vysoké nároky na čistotu vody a nutnost vyššího provozního tlaku. [19]

7.2 Závlaha mikropostřikem

Mikropostřik představuje způsob závlahy, při kterém je voda aplikována v jemně rozptýlené podobě a při nízké intenzitě. Tento způsob umožňuje cílené zavlažování prostoru nad kořenovým systémem rostlin bez nutnosti zásobování celého povrchu pozemku vodou. Díky tomu dochází k úspoře vody a efektivnímu využití závlahových dávek. Jemný rozptyl kapek zajišťuje rovnoměrné provlhčení půdy, omezuje povrchový odtok a snižuje riziko eroze i hlubokých průsaků.

Mikropostřik se nejčastěji používá při zavlažování stromů a keřů vysazovaných v řadách, uplatňuje se však také u zeleniny, okrasných výsadeb, trávníků a vybraných polních plodin. Významné využití nachází ve sklenících a fóliovnících. Kromě běžné závlahy se mikropostřik využívá také pro hnojivou, klimatizační a protimrazovou závlahu. Nevýhodou tohoto systému může být vyšší citlivost na vítr, vyšší pořizovací náklady a zvýšené nároky na kvalitu upravené závlahové vody.

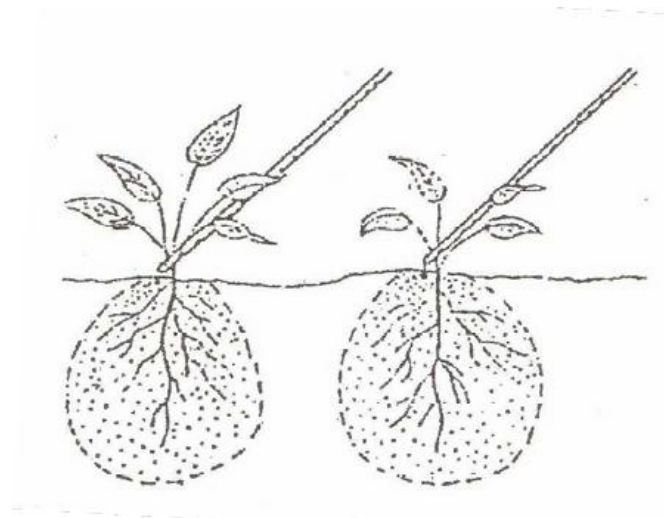
K aplikaci vody se používají mikropostřikovače, které se umísťují přímo na terén, nebo zavěsí na opěrnou konstrukci. Rozlišujeme dva základní typy minipostřikovačů:

- **Minipostřikovače** – Pracují podobně jako klasické postřikovače, tedy rotací rozdělují vodu do kruhu nebo sektoru. Běžně mají dostřik 3–10 m, tlak 120–350 kPa, průtok do 0,14 l/s a intenzitu postřiku do 10 mm/h. Z hlediska mechanismu, který zajišťuje jejich otáčení, se rozlišují na typy lopátkové, turbínové, s kuličkovým pohonem, s otočným rozrážečem a s reakčním pohonem.

- **Rozstřikovače** – Vytvářejí jemný rozptýl vody na celou závlahovou plochu současně. Obvykle mají dostřik do 5 m, pracují při tlaku 100–300 kPa, s průtokem do 0,07 l/s a intenzitou až 30 mm/h. Konstrukčně mohou být statické nebo vybavené rotačním prvkem. [19]

7.3 Kapková závlaha

Kapková závlaha představuje nejefektivnější způsob dodávky vody k rostlinám z hlediska její spotřeby. Voda je přiváděna velmi pomalu, doslova po kapkách, přímo do kořenové zóny, čímž dochází k minimalizaci ztrát odparem a k omezení růstu plevelů mezi řádky, protože není zavlažována nevyužitá plocha. Široké uplatnění nachází v sadech, vinicích, chmelnicích, při pěstování drobného ovoce, zeleniny i v chráněných pěstebních prostorách, jako jsou skleníky a fóliovníky.



Obrázek 14 - Schéma zavlažovaného profilu půdy při kapkové závlaze [19]

Klíčovým prvkem tohoto systému je kapkovač, který dodává vodu v nízké intenzitě, obvykle v rozmezí 1–10 l/h. Nízké průtoky a relativně malé tlakové nároky umožňují použití potrubí menších průměrů a konstrukčně jednodušších prvků, než jaké vyžadují klasické postřikové systémy. Současně je však nezbytná vysoká kvalita vody a účinná filtrace, protože malé výtokové otvory kapkovačů jsou náchylné k zanášení usazeninami či nečistotami.

Potrubí může být vedeno po povrchu půdy, pod povrchem nebo uchyceno na nosné konstrukci, což umožňuje přizpůsobit systém různým typům výsadby. Rozmístění kapkovačů je vhodné navrhovat již při plánování výsadby, aby jejich vzdálenosti odpovídaly velikosti rostlin, jejich nárokům na vláhu a charakteru půdy. Propustné půdy umožňují vsakování vody do větší hloubky, zatímco těžší, jílovité půdy rozvádějí vlhkost spíše do šířky. Správné dimenzování a umístění tak výrazně ovlivňuje účinnost celého systému. [19]

7.3.1 Rozdělení kapkovačů dle způsobu umístění

Z hlediska způsobu umístění se kapkovače rozlišují na dva základní typy.

7.3.1.1 In–line kapkovače

In–line kapkovače jsou integrovány přímo do kapkovacího potrubí již při výrobě a jsou v něm rozmístěny v pravidelných, předem daných roztečích. Tento konstrukční princip zjednodušuje instalaci systému a omezuje riziko chyb vznikajících při ručním osazování kapkovačů. Uplatňují se zejména při pěstování řádkových plodin, například zeleniny, drobného ovoce a listových plodin, a při zavlažování živých plotů a liniových květinových záhonů. Využívají se také u podpovrchové kapkové závlahy, kde jsou kapkovací hadice uloženy pod povrchem půdy. Z konstrukčního hlediska existuje několik typů kapkovacích hadic s integrovanými kapkovači, které se liší provedením a oblastí využití. Pro dlouhodobé instalace se používá kapkovací potrubí z polyethylenu s nízkou hustotou, které se vyznačuje vyšší mechanickou odolností a delší životností. Pro polní a sezónní použití jsou určeny kapkovací hadice s plochým profilem, vyráběné v oválném průřezu, které umožňují úsporu místa při přepravě a skladování a jsou navrženy pro krátkodobé využití s možností výměny po několika vegetačních sezónách. [22]



Obrázek 15 - Kapková závlaha řádků zeleniny [23]

7.3.1.2 On–line kapkovače

On–line kapkovače, označované také jako bodové kapkovače, jsou samostatné prvky, které se dodatečně instalují do kapkovacího potrubí. Osazují se ručně po vytvoření otvorů v potrubí pomocí speciálního děrovacího nástroje, což umožňuje jejich umístění v libovolných roztečích podle potřeb konkrétní výsadby. Tento způsob instalace umožňuje zavlažovat jednotlivé rostliny rozdílnou intenzitou, například rozmístěním většího počtu kapkovačů k jedné rostlině nebo volbou různých průtoků na jedné zavlažovací větvi. Tento systém je vhodný pro nepravidelné výsadby, ovocné sady, vinice, okrasné plochy a rostliny pěstované v nádobách. [22]

7.3.2 Rozdělení kapkovačů z hlediska Q–H charakteristiky

Z hlediska Q–H charakteristiky se kapkovače dělí na kapkovače s kompenzací tlaku a kapkovače bez kompenzace tlaku. Toto rozdělení je ovšem zavádějící, protože i kapkovače bez kompenzace vykazují do určité míry schopnost vyrovnávat změny tlaku, ale rozdíl mezi jednotlivými typy spočívá především v rozsahu a účinnosti této kompenzace.

7.3.2.1 Kapkovače s kompenzací tlaku

Jsou konstruovány tak, aby udržovaly téměř konstantní průtok v definovaném rozsahu provozních tlaků. Při správné funkci poskytují srovnatelný průtok například při tlaku 1,0 bar i při tlaku 3,0 bar, což umožňuje rovnoměrnou dodávku vody i v soustavách s výraznými tlakovými rozdíly. Tohoto efektu je dosaženo použitím pružné membrány, která reaguje na změny tlaku a upravuje průtočný průřez kapkovače. Konstrukčně se vyrábějí jak v provedení s hubicí s membránou, tak v provedení labyrintovém s membránou.[22] [19]

7.3.2.2 Kapkovače bez kompenzace tlaku

Na rozdíl od kapkovačů s kompenzací tlaku nemají schopnost udržet konstantní průtok při výraznějších změnách tlaku v systému. Jejich výtok je přímo závislý na aktuálním tlaku vody v potrubí, což klade vyšší nároky na hydraulický návrh závlahového systému. Tyto kapkovače obvykle neobsahují membránové prvky a jejich konstrukce je jednodušší, nejčastěji v podobě labyrintových kapkovačů, kapkovacích potrubí s dvojitou stěnou nebo mikroporézních hadic. Díky jednoduchému provedení patří kapkovače bez kompenzace tlaku k nejběžněji používaným typům v praxi. [22] [19]

7.4 Gravitační závlahy

Gravitační závlahy zahrnují způsoby zavlažování, kdy je voda na zavlažovanou plochu přiváděna působením gravitační síly. Patří mezi ně závlaha podmokem, závlaha přerodem a závlaha výtopou, které byly v minulosti využívány zejména na rozsáhlejších zemědělských plochách, avšak v současnosti jsou nahrazovány modernějšími tlakovými závlahovými systémy.

7.4.1 Závlaha podmokem

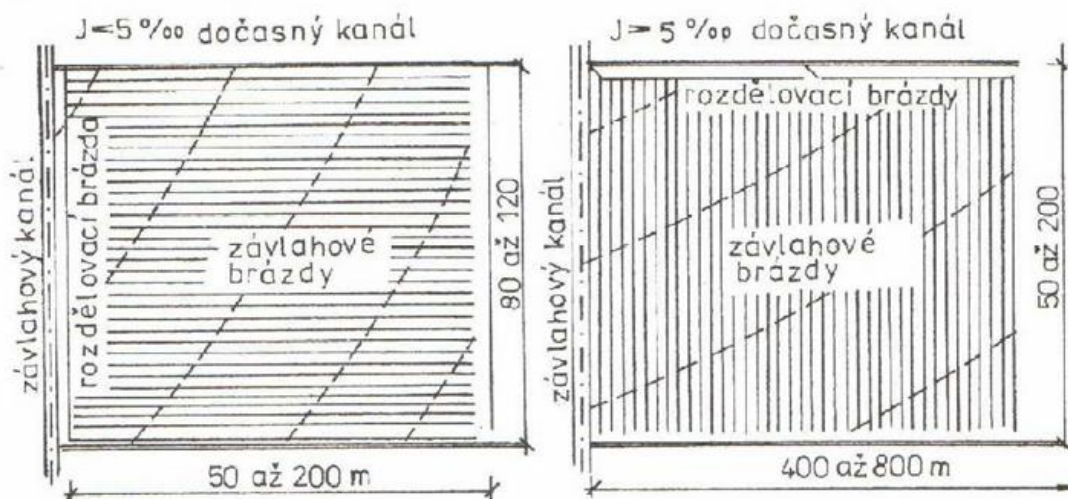
Závlaha podmokem patří k tradičním a zároveň energeticky úsporným způsobům zavlažování, jehož hlavním principem je přivádění vody do brázd, odkud se postupně vsakuje ke kořenům rostlin. Tento systém je nezávislý na povětrnostních podmínkách a využívá se především ve formě brázdové závlahy, kdy se voda rozvádí závlahovými kanály nebo beztlakovým či nízkotlakým potrubím. [6]

Závlahové brázdy se rozdělují do tří typů:

- **Brázdy neprůtočné** – Brázda se naplní požadovanou dávkou vody, poté se přítok zastaví a voda se nechá postupně vsáknout. Tyto brázdy bývají navrženy krátké a hlubší a využívají se především pro závlahy mimo vegetační období.
- **Brázdy průtočné s odtokem** – Voda se vsakuje při průtoku brázdou a nevsáklá voda odtéká do odvodňovacího systému. Kvůli velmi vysoké spotřebě vody se však tento způsob zavlažování používá jen výjimečně.
- **Brázdy průtočné bez odtoku** – Voda se do půdy vsakuje již během svého proudění brázdou. Po ukončení závlahy, která obvykle trvá přibližně 1,25násobek času potřebného k dosažení konce brázdy, se přítok vody zastaví. [5]

Rozmístění závlahových brázd se určuje podle sklonitosti terénu:

- **Souběžná soustava** – V rovinnatých územích se brázdy navrhují rovnoběžně se sklonem do cca 0,5 %.
- **Příčná soustava** – Na svažitéjších pozemcích se dočasné náhony vedou kolmo na směr brázd. [6]



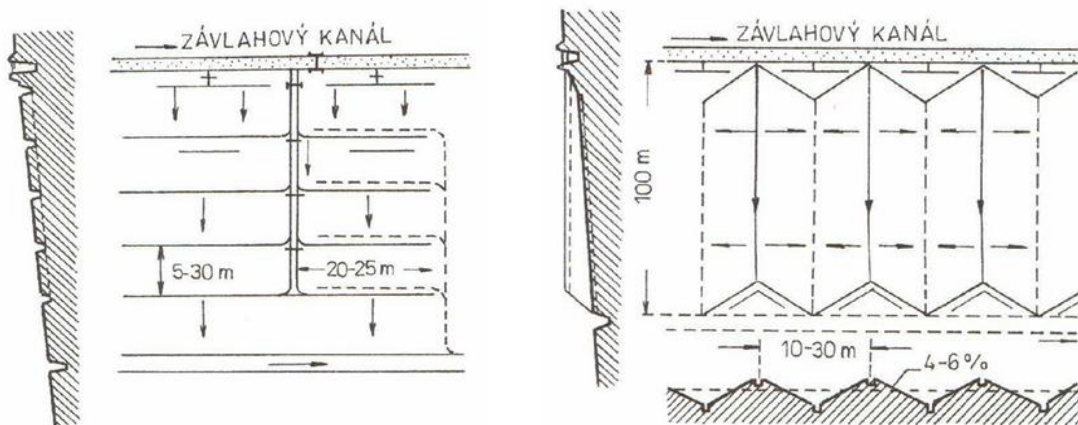
Obrázek 16 - Schéma rozvodu závlahy podmokem [5]

7.4.2 Závlaha přeronom

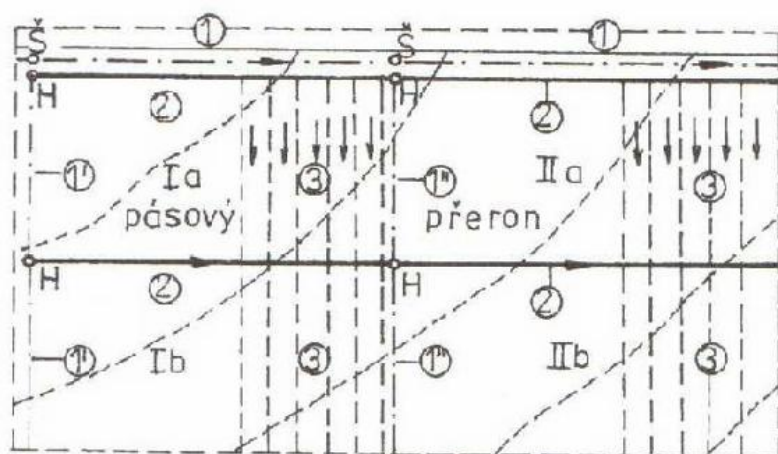
Závlaha přeronom spočívá v přivádění vody na mírně skloněnou a dobře urovnanou plochu, kde se voda rozlévá v tenké vrstvě a postupně se vsakuje do půdy. Tento způsob se využívá především na loukách a pastvinách, protože na orné půdě by mohl narušovat půdní strukturu a způsobovat erozi. Z tohoto důvodu se na spodní části pozemku obvykle navrhuje odvodňovací brázdy nebo příkopy. [6]

Existuje několik způsobů rozvodu vody po ploše:

- **Svažinový přeron** – Voda se z hlavního kanálu rozvádí příkopy do vodorovných pásů, které rozdělují svah na tabule široké 5–30 m.
- **Hřbetinový přeron** – Voda přetéká po skloněných plochách na obě strany, kde je v nejvyšším místě veden zavlažovací příkop a ve spodní části se nachází příkop odvádějící přebytečnou vodu.
- **Pásový přeron** – V dnešní praxi je tento způsob nejčastěji využíván, zajišťuje rovnoměrné vsakování vody po celé ploše a může využívat i přívod vody potrubím. [5]



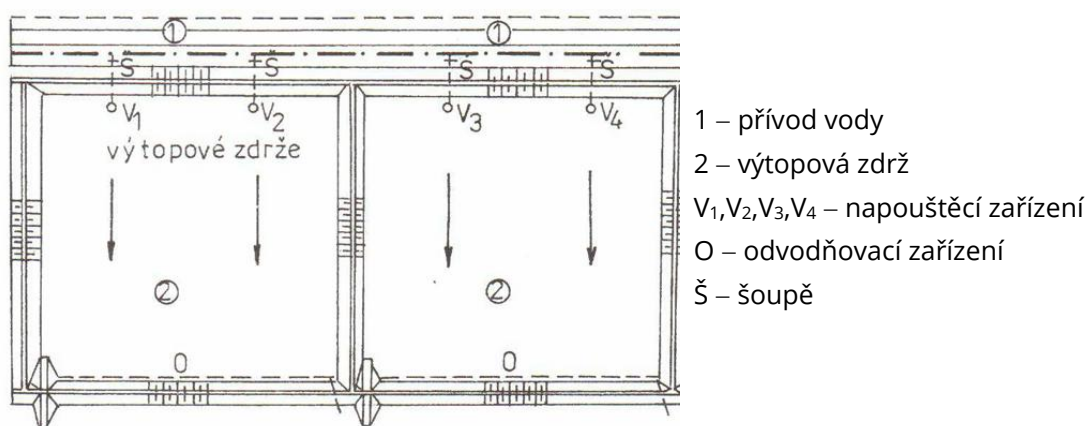
Obrázek 17 - Závlaha svažinovým přeronom [5] Obrázek 18 - Závlaha hřbetinovým přeronom [5]



Obrázek 19 - Závlaha pásovým přeronom [5]

7.4.3 Závlaha výtopou

Závlaha výtopou spočívá v zaplavení pozemku souvislou vrstvou vody, obvykle o výšce 0,15 – 0,30 m. Voda se na plochu dostává buď přirozenou inundací při zvýšených průtocích, nebo umělým zadržováním ve výtopových zdrženích. Zavlažovaná území se pro tento účel rozdělují hrázkami na samostatné plochy o velikosti až 10 ha, které lze zaplavovat a následně kontrolovaně vypouštět. Tento způsob závlahy se uplatňuje hlavně mimo vegetační období na loukách a v lesním hospodářství, zatímco u rýže se využívá během vegetace. Pokud však povrch půdy není dostatečně pokryt vegetací, může dojít k narušení půdní struktury, přesycení profilu vodou nebo zasolení. Sedimentované látky z vody se po závlaze ponechávají na pozemku, zatímco zbylá voda je odváděna zpět do vodního toku. [5]



Obrázek 20 - Výtopové zdrže [5]

8 PROVOZ A ŘÍZENÍ ZÁVLAHOVÉ SOUSTAVY

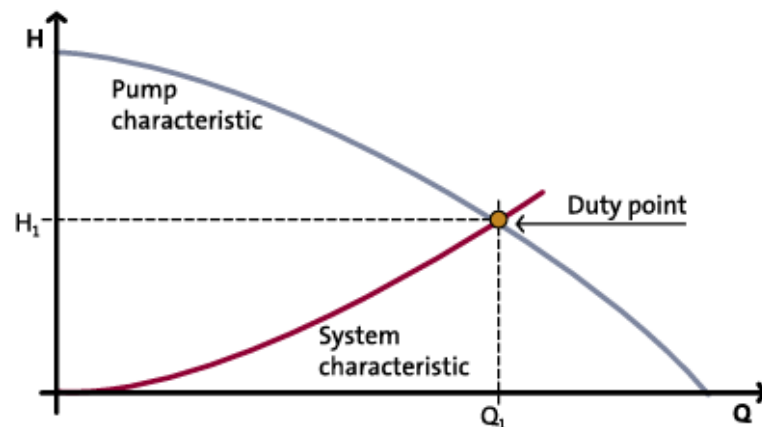
Následující kapitoly se zaměřují na provozní řešení závlahové soustavy. Zabývají se čerpáním závlahové vody, regulací tlaku v systému a automatizací provozu závlahy.

8.1 Čerpání závlahové vody

Čerpání závlahové vody představuje klíčovou část závlahového systému, jejímž cílem je zajištění požadovaného průtoku a tlaku vody v jednotlivých závlahových větvích. Z hydraulického hlediska jsou závlahové soustavy řazeny mezi otevřené systémy, ve kterých čerpadlo zajišťuje překonání geodetického rozdílu mezi místem odběru vody a nejvýše položenými závlahovými prvky a zároveň kryje tlakové ztráty vznikající prouděním vody v potrubní síti, armaturách, filtrech a regulačních prvcích. Základními návrhovými parametry čerpacího systému jsou požadovaný průtok, který vychází ze součtu průtoků současně provozovaných závlahových sekcí, a dopravní výška, daná součtem geodetické výšky a tlakových ztrát soustavy.

Pro čerpání závlahové vody se nejčastěji používají odstředivá čerpadla, která se vyznačují plynulým chodem, jednoduchou konstrukcí a vhodností pro dopravu čisté nebo mírně znečištěné vody. V závislosti na způsobu odběru vody se uplatňují jak povrchová čerpadla, tak ponorná čerpadla, zejména při čerpání z akumulčních nádrží nebo vrtů.

Zásadním krokem při návrhu čerpacího zařízení je posouzení provozních charakteristik čerpadla a stanovení jeho pracovního bodu. Pracovní bod čerpadla je dán průsečíkem charakteristiky čerpadla a charakteristiky hydraulické soustavy a určuje skutečný průtok a dopravní výšku, při kterých bude čerpadlo v provozu pracovat. Správná poloha pracovního bodu v oblasti optimální účinnosti má významný vliv na energetickou náročnost provozu, provozní spolehlivost i životnost čerpadla.



Obrázek 21 – Charakteristika čerpadla a pracovního bodu [23]

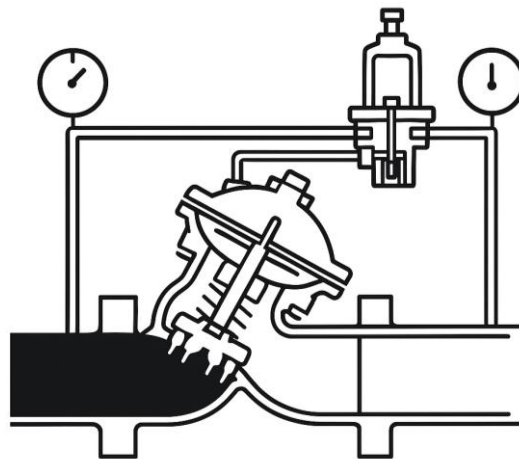
Součástí návrhu musí být také posouzení sacích podmínek, zejména zajištění dostatečné sací výšky, aby nedocházelo ke vzniku kavitace. Vzhledem k proměnlivému odběru vody během zavlažovacího cyklu je vhodné uvažovat regulaci výkonu čerpadla, nejčastěji řízením otáček pomocí frekvenčního měniče, které umožňuje plynulé přizpůsobení výkonu aktuálním požadavkům soustavy a přispívá ke snížení energetické náročnosti provozu. [23]

8.2 Regulace tlaku v závlahové soustavě

Stabilizaci tlaku v potrubí a jeho ochranu před překročením stanovených hodnot zajišťují regulátory tlaku, označované také jako redukční ventily, a dále ventily pojistné. O jejich vhodném použití rozhodují tlakové poměry v potrubní síti i výškové rozdíly na zavlažovaných pozemcích, kdy je nutné zohlednit také ekonomické hledisko, protože regulace vede ke ztrátám části energie spotřebované na čerpání vody a tím i ke zvýšení provozních nákladů.

Regulační prvky musí zajistit správný tlak v potrubí, chránit zařízení před poškozením a řídit vždy jednu závlahovou sekci. Před použitím je nutné jejich seřízení výrobcem a zařazení kalibrovaných tlakoměrů pro kontrolu výstupního tlaku. Uplatňují se tehdy, když pracovní tlak překračuje obvyklý rozsah provozních tlaků. To nastává například u systémů, kdy jedna čerpací stanice zajišťuje tlak jak pro postřik, tak pro mikrozávlahu, přičemž postřik vyžaduje vyšší hodnoty pracovních tlaků. Dále se uplatňují při rozdílných výškových poměrech v terénu nebo při potřebě vytvořit tlakový spád v potrubí, který je nutný pro správnou činnost některých dávkovacích zařízení pro dávkování aditiv.

- **Membránové regulátory tlaku** – Membránový regulátor tlaku pracuje na principu rovnováhy mezi pružinou a tlakem vody. Výstupní tlak působí na membránu, kterou pružina přitlačuje. Pokud tlak klesne pod nastavenou hodnotu, pružina nadzvedne vřeteno s kuželkou a zvětší se průtok, čímž tlak opět stoupne. Když tlak naopak překročí nastavenou hodnotu, nastane obrácený postup.



Obrázek 22 - Redukční membránový ventil [19]

- **Pístové regulátory tlaku** – Pístové regulátory tlaku se používají především v mikrozávlahových systémech na potrubích menšího průměru, typicky na rozdělovacím nebo zavlažovacím vedení. Regulátor je tvořen tělem ventilu, pístem s těsnicí ucpávkou, pružinou, ke které je píst uchycen, vodící tyčkou a víkem. V případě, že výstupní tlak překročí nastavenou hodnotu, dojde k posunu pístu, který zmenší průtočný profil a omezí průtok, čímž se tlak sníží na požadovanou úroveň. Pokud tlak naopak klesne, píst se posune opačným směrem, průtočný otvor se zvětší a tlak se opět zvýší. [19]

8.3 Automatizace provozu závlahy

Moderní závlahové systémy se dnes prakticky neobejdou bez alespoň určité míry automatizace, která výrazně usnadňuje jejich řízení a provoz. Přestože je zavedení automatizace často technicky náročné a finančně nákladné, její přínosy jsou zřejmé, zejména u rozsáhlejších a provozně náročných soustav.

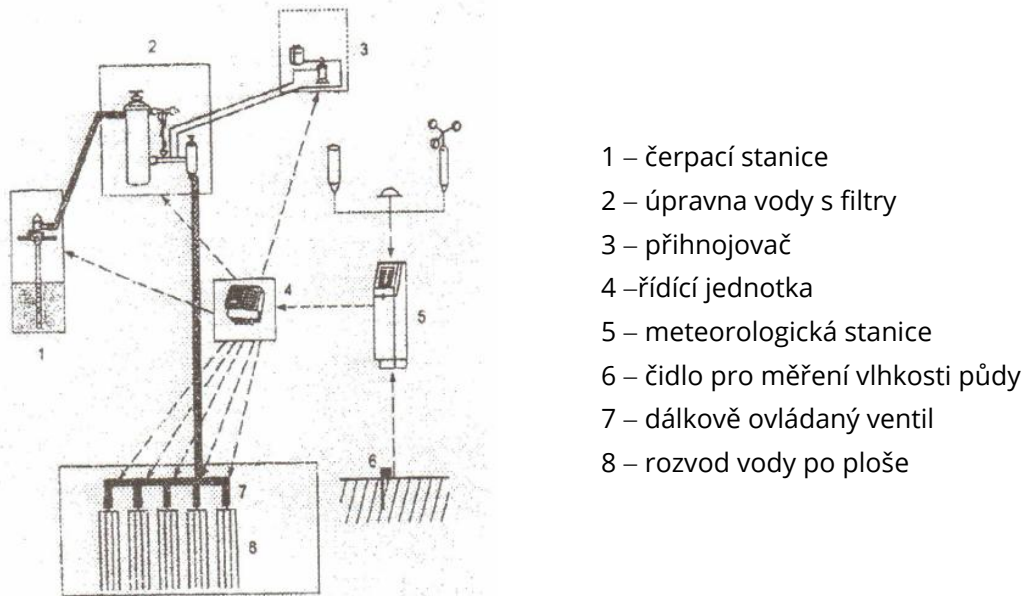
Automatizační systém je tvořen několika základními komponenty. Klíčovou úlohu zde mají snímací prvky, tedy různá čidla poskytující údaje o stavu prostředí či zařízení. Na tato data reagují akční, resp. výkonové prvky – v případě závlah jde typicky o dálkově ovládané ventily, které vykonávají konkrétní operace podle pokynů řídicí jednotky. Mezi jednotlivými prvky probíhá komunikace prostřednictvím spojovacího systému, jenž propojuje čidla, ventily i řídicí jednotku. Samotná řídicí jednotka následně zpracovává získané informace a rozhoduje o zapnutí, vypnutí nebo změně činnosti příslušných zařízení.[19]

8.3.1 Částečná automatizace provozu závlah

U částečně automatizovaných závlahových systémů se obvykle kombinuje několik prvků, které dohromady snižují nutnost manuální obsluhy. Nejčastěji je automatizován provoz čerpací stanice a zařízení na úpravu vody, takže tato část soustavy pracuje samostatně bez zásahu obsluhy. Dále bývá zajištěn přenos základních provozních údajů do dispečinku či provozního střediska, odkud lze závlahu řídit na dálku. V některých případech provádí obsluha řízení přímo v čerpací stanici, a to podle aktuální potřeby. Pro zajištění pravidelnosti provozu se také využívají časové spínače, které umožňují spouštět závlahu v předem nastavených intervalech. Součástí systému mohou být dálkově ovládané uzavírací ventily, případně ventily vybavené vlastní baterií a naprogramované tak, aby fungovaly automaticky i bez dálkového řízení. Tyto způsoby se často navzájem doplňují, aby byla zajištěna vyšší spolehlivost a zároveň i určitá flexibilita při řízení závlahy. [19]

8.3.2 Úplná automatizace provozu závlahy

Úplná automatizace spočívá ve využití senzorů sledujících potřebu závlahové vody, vzdáleně ovládaných ventilů v hlavní i distribuční síti a centrální řídicí jednotky.



Obrázek 23 - Schéma automatizovaného systému mikrozávlahy [19]

Příklad plně automatizované mikrozávlahy ukazuje, že senzory půdní vlhkosti společně s meteorologickou stanicí průběžně odesílají data do řídicí jednotky s počítačem. Ta vyhodnotí stav prostředí, zjistí vláhový deficit rostlin, vypočítá potřebnou dávku vody a zároveň určí pořadí závlahy jednotlivých kultur. Poté aktivuje čerpací stanici včetně úpravy vody, otevře příslušné ventily a případně spustí i zařízení pro přihnojování. Soustava zároveň sleduje průběh závlahy, optimalizuje provoz a ukládá důležité provozní údaje. V průběhu zavlažování čidla neustále poskytují aktuální hodnoty vlhkosti. Jakmile je dosaženo požadovaného stavu, řídicí jednotka závlahu ukončí. U speciálních plodin, které vyžadují časté a přesné agrotechnické zásahy, je však stále nutný zásah člověka, který rozhodne, zda je vhodný čas k provedení závlahy tak, aby nedošlo ke kolizi s dalšími úkony. [19]

9 DEŠŤOVÉ VODY

Nakládání s dešťovými vodami je v České republice součástí vodního hospodářství a je upraveno soustavou právních předpisů. Základní rámec vymezuje vodní zákon č. 254/2001 Sb., který stanovuje obecné zásady hospodaření s vodami a klade důraz na zadržování dešťových vod v místě jejich vzniku. Při navrhování nových staveb je proto preferováno zadržování dešťových vod přímo na pozemku prostřednictvím akumulace, vsakování nebo regulovaného odtoku. Odvádění dešťových vod do jednotné nebo dešťové kanalizace je považováno za méně vhodné řešení a připouští se pouze v případech, kdy technické nebo přírodní podmínky neumožňují jiné způsoby hospodaření s dešťovou vodou. [10]

V praxi jsou dešťové vody nejčastěji shromažďovány v akumulčních nádržích, které umožňují jejich další hospodárné využití. Akumulovaná voda nemusí být určena výhradně k závlaze, ale může sloužit také jako zdroj užitkové vody v objektech, například pro splachování toalet, úklid nebo jiné účely. Následující kapitoly se proto zabývají způsoby čištění dešťových vod, jejich akumulací včetně teorie návrhu objemu akumulční nádrže pro možnost dalšího využití a vsakování dešťových vod s návrhem vsakovacího zařízení.

9.1 Čištění dešťových vod

Čištění dešťové vody je důležitou součástí systémů pro její následné využití. I když je dešťová voda obecně považována za relativně čistou, při kontaktu se střechou a okapovým systémem může obsahovat pevné částice, organické látky nebo jemný prach. Úprava vody má proto za cíl odstranit základní nečistoty a zajistit, aby nedocházelo k zanášení akumulční nádrže ani k degradaci kvality uložené vody. Při využití dešťové vody pro základní účely, jako je zavlažování zahrady nebo mytí vozidel, postačuje jednoduchý systém bez náročné filtrace. Zásadní je pouze zabránit vnikání větších nečistot do akumulční nádrže.

Proces čištění obvykle zahrnuje dva kroky, a to sedimentaci a filtraci. Sedimentace probíhá buď přímo v akumulční nádrži, nebo v předřazené sedimentační komoře, kde se usazují těžší částice. Na tuto fázi plynule navazuje filtrace, která může být řešena dvěma základními způsoby. Filtrace může být zajištěna interními filtry umístěnými přímo uvnitř nádrže, kde dochází k zachycení jemnějších nečistot v prostoru akumulace, nebo externími filtry instalovanými na přírodním potrubí mezi střešními svody a hlavní nádrží, které oddělují pevné částice ještě před vstupem vody do systému.[24]

9.1.1 Okapové filtrační jednotky

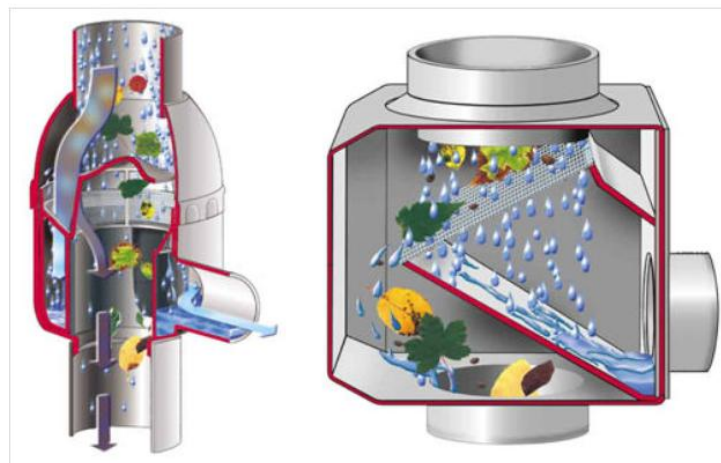
Mezi nejčastěji používané okapové filtrační jednotky patří filtrační podokapový hrnec a okapový filtr, které slouží k zachycení hrubých nečistot ještě před vstupem dešťové vody do akumulární nádrže.

- **Filtrační podokapový hrnec** – Zachycuje nečistoty pomocí síta, filtrační vložky z netkané textilie a vrstvy filtračního materiálu, nejčastěji kameniva



Obrázek 24 - Filtrační hrnec [24]

- **Okapový filtr** – Montuje se přímo na okapový svod a odstraňuje hrubé nečistoty, jako listí či větvičky. Funguje v samočisticím režimu, takže zachycené nečistoty jsou odplavovány zbytkovým průtokem vody do kanalizace a filtr nevyžaduje pravidelnou údržbu. [24]



Obrázek 25 - Svodové okapové filtry [24]

9.1.2 Košíčkové filtry

Košíčkové filtry představují univerzální řešení vhodné pro všechny způsoby využití dešťové vody. Jejich hlavní výhodou je, že veškerá přitékající voda protéká přímo přes filtrační košíček, což zajišťuje plnou výtěžnost přefiltrované vody, na rozdíl od některých samočisticích filtrů, kde část vody odtéká mimo nádrž. Košíčkovou filtraci lze instalovat buď samostatně jako jednoduchou a cenově nejdostupnější variantu, nebo jako součást filtrační šachty. Nevýhodou této technologie je nutnost pravidelného čištění košíčku a mírné snížení využitelného objemu akumulární nádrže. Filtrační košíček může být umístěn přímo v tělese filtru, nebo přímo v akumulární nádrži jako interní filtrační prvek. [24]



Obrázek 26 - Filtrační koš v tělese filtru [24]



Obrázek 27 - Filtrační jednotka v interním provedení [24]

9.1.3 Samočisticí filtrační jednotky

V případech, kdy je přepad akumulární nádrže vyústěn do veřejné kanalizace, lze využít samočisticí filtrační vložky. Tyto filtry pracují na principu filtrační desky nebo válce, přes které protéká přitékající znečištěná voda. Čistá voda prochází filtrační plochou do nádrže, zatímco zachycené nečistoty jsou spolu se zbytkovým průtokem odvedeny do kanalizace.

Samočisticí filtry existují ve dvou základních provedeních:

- **Interní filtr** – Má plastové tělo se dvěma nátoky, odtokem do jímky a odtokem do kanalizace. Voda natéká na mírně zakřivenou hranu, z níž stéká přes filtrační plochu do nádrže, zatímco nečistoty jsou automaticky odplavovány.

- **Šachtový filtr** – Je konstrukčně podobný, avšak disponuje plastovým tělem se dvěma nátoky, odtokem do jímky a dvěma samostatnými odtoky do kanalizace. Filtrační prvek tvoří drátěné síto, přes které protéká voda obdobným způsobem, kdy čistá voda vstupuje do nádrže a nečistoty jsou průběžně odplavovány přepadem. [24]



Obrázek 28 - Samočistící filtr v interním provedení [24]



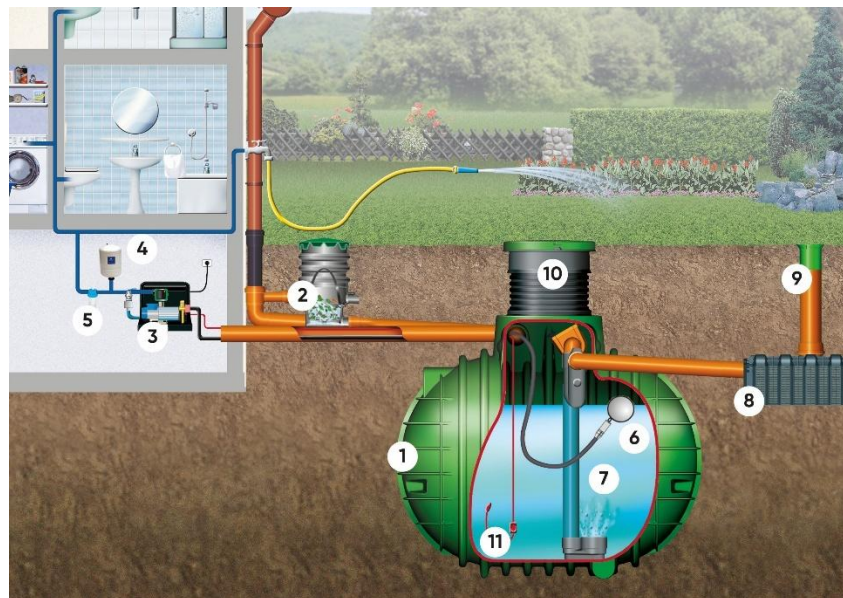
Obrázek 29 - Šachtový koš [24]

9.2 Akumulace dešťových vod

Za nejúčinnější způsob hospodaření s dešťovou vodou je považováno její zachycení a shromažďování s následným využitím v obdobích zvýšené potřeby vody, zejména během suchých nebo srážkově méně příznivých období. Dešťová voda je sváděna ze sběrných ploch do akumulčních nádrží, které umožňují oddělit srážkový odtok od jeho následného využití a reagovat na nerovnoměrné rozložení srážek během roku. Akumulační nádrž vyrovnává rozdíly mezi přítokem vody a její spotřebou, snižuje zatížení systému a vytváří provozní rezervu využitelnou v obdobích sucha nebo při omezení jiných zdrojů vody.

Akumulační nádrže mohou být umístěny na povrchu terénu, pod zemí nebo uvnitř budov. Povrchové nádrže se využívají spíše ke krátkodobému uchování vody, například pro závlahu zahrad, a jejich výhodou je jednoduchá instalace a nižší pořizovací náklady. Pro dlouhodobé skladování jsou vhodnější podzemní nádrže, ve kterých voda není vystavena slunečnímu záření ani teplotním výkyvům, což omezuje její znehodnocení a množení mikroorganismů. Podzemní nádrže musí splňovat vyšší technické požadavky, zejména z hlediska statické odolnosti, vodotěsnosti a bezpečného umístění vůči okolním stavbám, inženýrským sítím a kořenovým systémům stromů. [25]

Součástí každé akumulační nádrže musí být přepad sloužící k bezpečnému odvedení přebytečné vody. Přednostně je přepad odváděn do vsakovacího zařízení, případně může být za nepříznivých podmínek sveden do povrchových vod nebo do jednotné či dešťové kanalizace. V případě napojení na kanalizační systém je nutné vybavit přeliv zápachovou uzávěrkou a v lokalitách s rizikem zpětného vzduší vody také vhodně přístupnou zpětnou armaturou. [26]



Obrázek 30 - Podzemní akumulační nádrž [27]

9.2.1 Stanovení objemu akumulční nádrže

Návrhové metody pro stanovení objemu akumulční nádrže se liší délkou časového kroku pro bilancování přítoku srážkových vod a jejich potřeby.

Základní návrhové metody jsou:

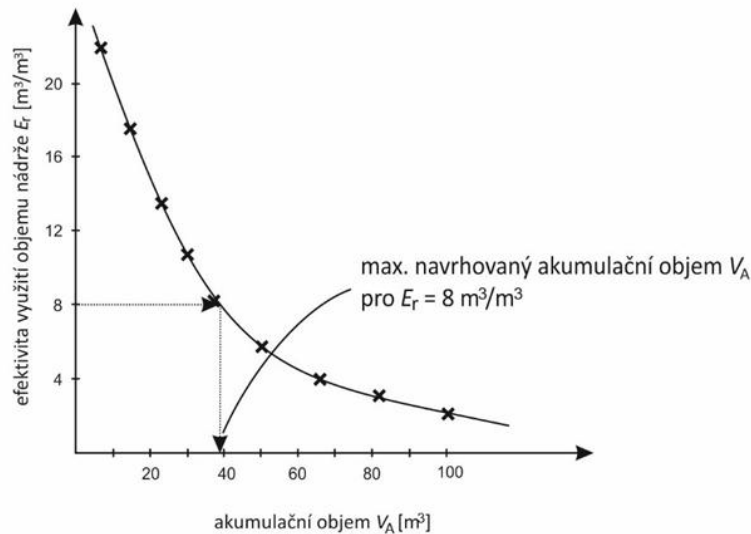
- **Roční bilance využitelného srážkového přítoku a potřeby vody** – vhodná pro objekty s pravidelným užíváním srážkových vod, např. pro splachování WC
- **Měsíční bilance v průběhu roku** – vhodná pro objekty, kde se potřeba mění v průběhu roku, zejména v případech užívání srážkové vody pro zálivku, která probíhá ve vegetačním období
- **Denní bilance v průběhu roku** – vhodná pro větší a komplexní systémy anebo systémy s nepravidelnou potřebou vody a nejistým nátokem srážkových vod

Pro posouzení akumulční nádrže v praktické části byla zvolena metoda měsíční bilance. Princip spočívá v tom, že se každý měsíc porovnává množství srážkové vody, které dopadne na odvodňovanou plochu, s potřebou vody na daném objektu. Do výpočtu proto vstupují dlouhodobé měsíční srážkové úhrny a měsíčně se měnící potřeba provozní vody. Základem výpočtu je stanovení využitelného množství srážkové vody v jednotlivých měsících, které se vypočte podle vztahu:

$$V_{přít,m} = \frac{h_m}{1000} \cdot A_{red} \quad (2)$$

kde h_m představuje měsíční srážkový úhrn v mm a A_{red} je redukováná odvodňovaná plocha v m^2 . Ta zohledňuje typ povrchů a ztráty ve filtračním zařízení.

V každém měsíci se dále sleduje, kolik vody lze z nádrže odebrat vzhledem k aktuálnímu stavu zásoby. Pokud je v nádrži méně vody, než kolik je potřeba, odebere se pouze dostupné množství. Současně se sleduje i naplnění nádrže přítokem srážkové vody, přičemž její maximální objem nelze překročit. Pro různé velikosti nádrže se takto sestaví roční průběh plnění a prázdnění. Z něj se stanoví efektivita využití objemu nádrže, která vyjadřuje, kolik srážkové vody je za rok skutečně odebráno vzhledem k objemu nádrže. Doporučuje volit takovou velikost nádrže, aby efektivita nebyla nižší než $8 m^3$. [28]



Obrázek 31 - Princip návrhu akumulačního objemu nádrže [28]

9.3 Vsakování dešťových vod

Vsakování by mělo být vždy preferovaným způsobem hospodaření se srážkovou vodou, pokud pro ni není plánováno jiné využití. Aby bylo možné rozhodnout, zda je vsakování v dané lokalitě proveditelné, je nutné provést hydrogeologický průzkum, který posoudí geologické a hydrogeologické podmínky území. Průzkum hodnotí především jakost srážkových vod a vlastnosti horninového prostředí, zejména koeficient vsaku, který určuje, jak rychle je půda schopna vodu přijímat. Pokud se prokáže nízká vsakovací schopnost, je nutné vsakování doplnit regulovaným odtokem do povrchových vod nebo jednotné kanalizace.

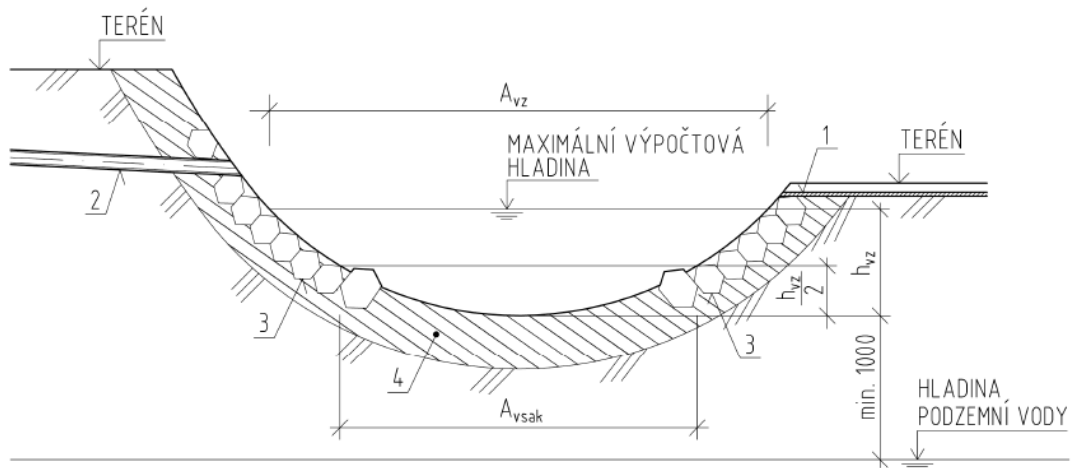
Z hlediska jakosti se srážkové vody dle ČSN 75 9010 rozdělují na tři skupiny:

- **Vody přípustné** – vody lze vsakovat povrchově i podzemně
- **Vody podmíněčně přípustné** – je možné vsakovat pouze po předčištění nebo přes humusovou vrstvu
- **Vody potenciálně vysoce znečištěné** – nelze vsakovat, protože představují nepřijatelné environmentální riziko

Důležitým parametrem při návrhu je také hladina podzemní vody, která omezuje možnou hloubku vsakovacího zařízení. Základová spára vsakovacího objektu musí být nejméně 1–1,5 m nad maximální hladinou podzemní vody, přičemž doporučený odstup je 3–5 m. [29]

9.3.1 Povrchové vsakovací zařízení

Povrchová vsakovací zařízení jsou při návrhu preferovaná, protože nejlépe napodobují přirozené vsakování srážkových vod. Voda zde prochází vegetačním krytem a půdním profilem, což podporuje evapotranspiraci a zároveň přispívá k přirozenému čištění. Mezi nejčastější povrchové vsakovací prvky patří mělké zatravněné průlehy, povrchové zatravněné vsakovací nádrže a vsakovací příkopy. Jejich hlavní předností je snadná údržba, kdy filtrační vrstvu lze rychle obnovit a případné splaveniny jednoduše odstranit. Naopak nevýhodou jsou otevřené plochy podléhající přímým srážkám, které je nutné zohlednit při návrhu. [29]



Obrázek 32 - Povrchové vsakovací zařízení [29]

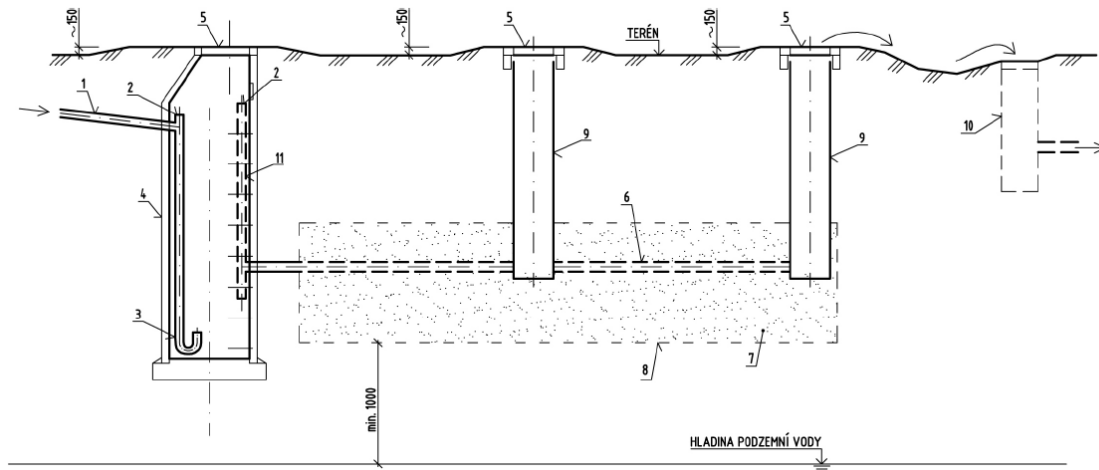
- 1 – přítokový žlab
- 2 – přítokové potrubí
- 3 – zpevnění břehu kamennou dlažbou
- 4 – vegetační vrstva
- A_{vsak} – vsakovací plocha
- A_{vz} – plocha hladiny
- h_{vz} – výška propustných stěn (břehů)

9.3.2 Podzemní vsakovací zařízení

Podzemní vsakovací zařízení jsou uměle vytvořené prostory umístěné pod úrovní terénu nad vsakovací plochou, kde zároveň dochází k dočasné retenci srážkové vody. Před přivedením vody do zařízení je podle její jakosti nutné zajistit vhodné předčištění. Každé podzemní vsakovací zařízení musí mít také kontrolní a čistící prvky a být vybaveno odvětráním. [29]

K podzemním vsakovacím zařízením patří:

- Podzemní prostor vyplněný štěrkem
- Podzemní prostor vyplněný plastovými bloky
- Tunelové systémy
- Vsakovací šachty
- Kombinovaná vsakovací zařízení



Obrázek 33 - Podzemní prostor vyplněný štěrkem [29]

- 1 – přítokový žlab
- 2 – otevřené svislé hrdlo
- 3 – svislé potrubí se spodní částí zabraňující víření usazenin na dně šachty
- 4 – vstupní a rozdělovací šachta s kalovým prostorem
- 5 – poklop s otvory nebo mříž plnící funkci odvětrávání a bezpečnostního přelivu
- 6 – drenážní trubky
- 7 – štěrkový polštář
- 8 – geotextílie
- 9 – revizní a větrací šachta
- 10 – alternativní bezpečnostní přeliv do vodního toku nebo kanalizace
- 11 – alternativní ponorná trubka pro zabránění průniku lehkých kapalin

9.3.3 Návrh vsakovacího zařízení

Při návrhu vsakovacího zařízení je klíčové určit především potřebný retenční objem a také dobu, za kterou se zařízení dokáže zcela vyprázdnit. Prvním krokem je stanovení redukované odvodňované plochy, která zohledňuje typ povrchů a jejich odtokové charakteristiky.

Počítá se ze součtu všech dílčích ploch vynásobených příslušným součinitelem odtoku, kde A_i je půdorysný průmět jednotlivých ploch a ψ_i jejich součinitel odtoku.

$$A_{\text{red}} = \sum(A_i \cdot \psi_i) \quad (3)$$

Tabulka 6 uvádí součinitele odtoku pro různé povrchy a ukazuje, jaká část srážek z nich skutečně odečte do vsakovacího zařízení. Nepropustné povrchy mají vyšší hodnoty součinitele, zatímco vegetační a propustné plochy nižší, protože více vody zadrží nebo vsáknou. [29]

Tabulka 6 - Součinitele odtoku srážkových povrchových vod [29]

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

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

Následně se určí vsakovaný odtok, tedy množství vody, které je podloží schopné za jednotku času přijmout. Stanovuje se z koeficientu vsaku, velikosti vsakovací plochy a bezpečnostního součinitele, kde k_v je koeficient vsaku ze zkoušky, A_{vsak} je účinná vsakovací plocha a f je bezpečnostní součinitel.

$$Q_{\text{vsak}} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \quad (4)$$

Po těchto krocích se vypočítá retenční objem zařízení, tedy objem potřebný k zachycení návrhového deště. Retenční objem se určuje na základě návrhového srážkového úhrnu, doby trvání srážky a celkové plochy, na kterou srážky dopadají, kde h_d je návrhový srážkový úhrn, A_{vz} plocha hladiny vsakovacího zařízení a t_c doba trvání srážky.

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

Tabulka 7 určuje návrhovou periodicitu srážek podle toho, jaké riziko představuje případné přetečení vsakovacího zařízení. Vyšší hodnoty se používají v situacích, kdy by odtok vody mohl ohrozit okolní terén, budovy nebo infrastrukturu, například při zpětném vzduť z kanalizace. Naopak tam, kde takové riziko nehrozí, lze použít nižší periodicitu. [29]

Tabulka 7 - Návrhová periodičita srážek [29]

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

Poslední krok představuje kontrola doby prázdnění, tedy času, za který zařízení vsákne maximální retenční objem. Je požadováno, aby tato doba nepřesáhla 72 hodin, čímž je zajištěna funkčnost i v případě opakovaných srážek.

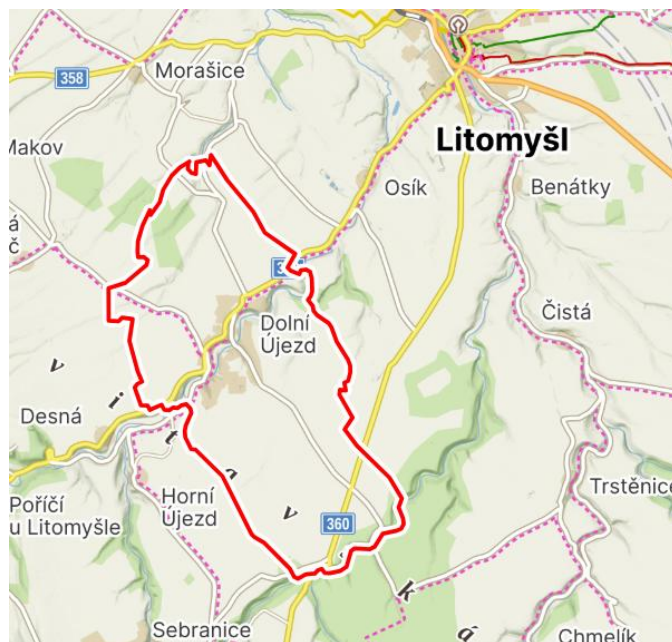
$$t_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} \quad (6)$$

10 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na uplatnění teoretických poznatků v oblasti využití dešťových vod a návrhu závlahového systému na konkrétním pozemku v obci Dolní Újezd. Tento pozemek byl vybrán s ohledem na potřebu hospodárného nakládání s dešťovou vodou a současně na omezenou dostupnost závlahové vody v dané lokalitě. Z těchto důvodů je zde navržen automatizovaný závlahový systém, který umožňuje efektivní využití vodních zdrojů.

10.1 Řešená lokalita

Řešený pozemek u objektu rodinného domu, pro který je navrhován závlahový systém, se nachází v obci Dolní Újezd v okrese Svitavy v Pardubickém kraji. Pozemek leží v katastrálním území Dolní Újezd u Litomyšle, jehož poloha je znázorněna na obrázku 34. Pozemek se nachází v nadmořské výšce 418 m n. m. a vyznačuje se převážně rovinným terénem, který byl pouze mírně upraven v souvislosti s výstavbou rodinného domu.



Obrázek 34 - Vymezení katastrálního území Dolní Újezd u Litomyšle [30]

Celková výměra pozemku je přibližně 1 875 m², z čehož zastavěná plocha rodinného domu činí zhruba 132 m². Na pozemku se dále nachází samostatný objekt garáže a dílny. Zbývající část je tvořena zpevněnými plochami a zahradou. Přední část zahrady je řešena jako travnatá plocha doplněná okrasnými výsadbami, zatímco v zadní části se nachází dvouřadý ovocný sad a užitková pěstební plocha.

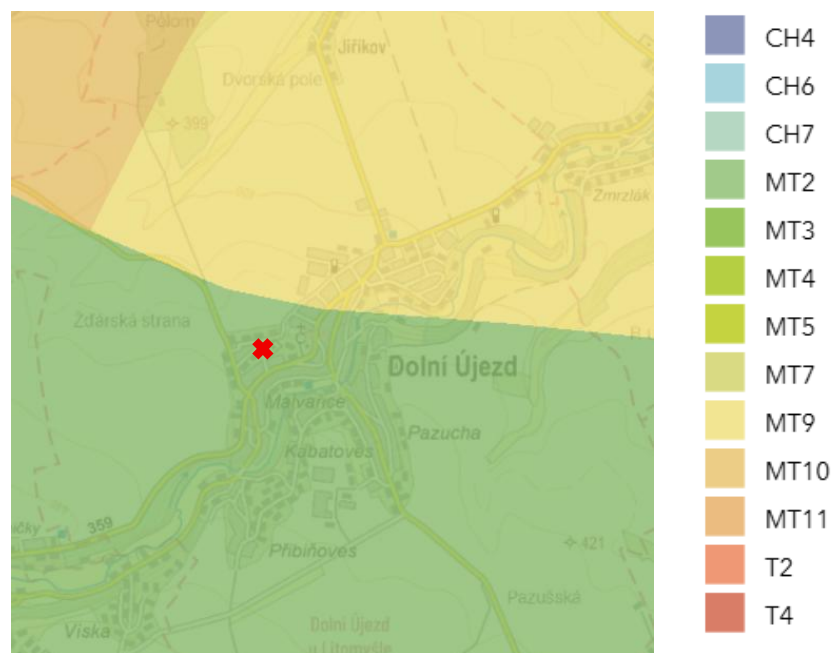
10.2 Přírodní poměry řešené lokality

Následující kapitoly se zaměřují na popis přírodních poměrů řešené lokality, které tvoří základní vstupní podklady pro návrh závlahového systému. Součástí hodnocení jsou klimatické, teplotní a srážkové poměry, stejně jako půdní vlastnosti území, které mají zásadní vliv na potřebu a způsob zavlažování.

10.2.1 Klimatické poměry

Často využívanou metodou hodnocení klimatických poměrů na území České republiky je klimatická klasifikace podle Quitta, která je považována za zástupce komplexní klimatologie. Tato klasifikace vychází z kombinace více klimatologických charakteristik, zejména teplotních a srážkových poměrů, délky vegetačního období, počtu letních, mrazových a sněhových dní a dalších klimatických faktorů. Na základě jejich vzájemných souvislostí rozděluje území České republiky do tří základních klimatických oblastí, a to na teplé, mírně teplé a chladné. Tyto oblasti jsou dále členěny do jednotlivých klimatických jednotek. V rámci Quittovy klimatické klasifikace je vymezeno celkem 23 klimatických jednotek, které jsou určeny kombinací hodnot 14 klimatologických charakteristik. [31]

Řešený pozemek spadá do klimatické jednotky MT2, která náleží do oblasti mírně teplého klimatu. Tato jednotka se vyznačuje krátkým mírně teplým létem, mírně vlhkými podmínkami, krátkým jarem a podzimem a zimou normální délky s mírnými teplotami. [32]



Obrázek 35 - Znárodnění klimatické jednotky řešené lokality [31]

10.2.2 Teplotní poměry

Pro výpočet a návrh závlahového systému je nezbytné vycházet z dlouhodobých teplotních charakteristik posuzované oblasti. Tyto hodnoty jsou dostupné na stránkách Českého hydrometeorologického úřadu a vycházejí z měření nejbližší vhodné meteorologické stanice v Ústí nad Orlicí, která má srovnatelnou nadmořskou výšku s posuzovaným pozemkem a dlouhodobě zaznamenává teplotní i srážková data. [33]

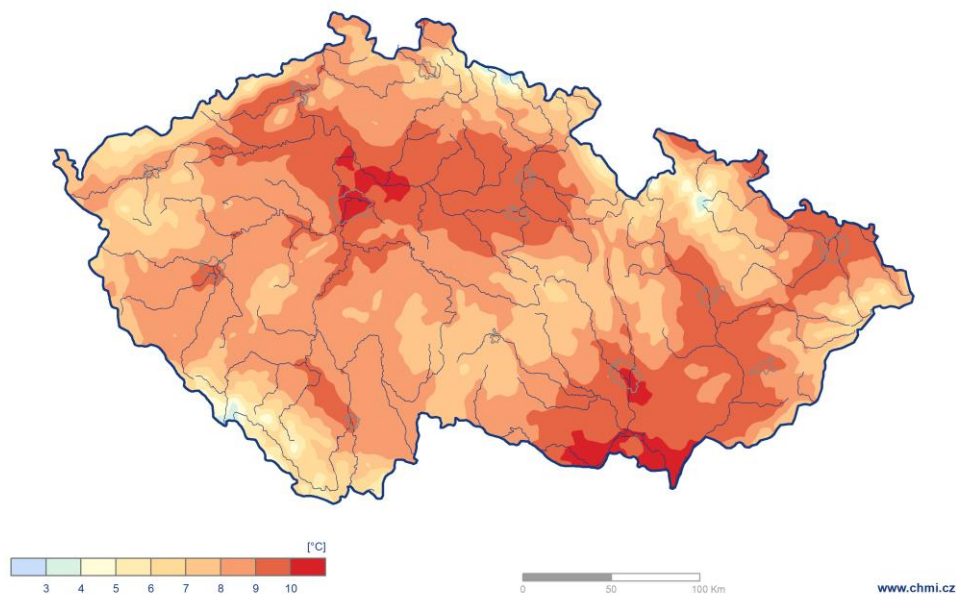
Průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu z dlouhodobého měření jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 - Dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu [37]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Srážkový úhrn [mm]	-1,35	-0,05	3,37	8,33	13,25	16,84	18,47	18,13	13,26	8,63	3,84	-0,40

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1991 – 2020

Český
hydrometeorologický
úřad



Obrázek 36 - Dlouhodobé průměrné roční teploty vzduchu [33]

10.2.3 Srážkové poměry

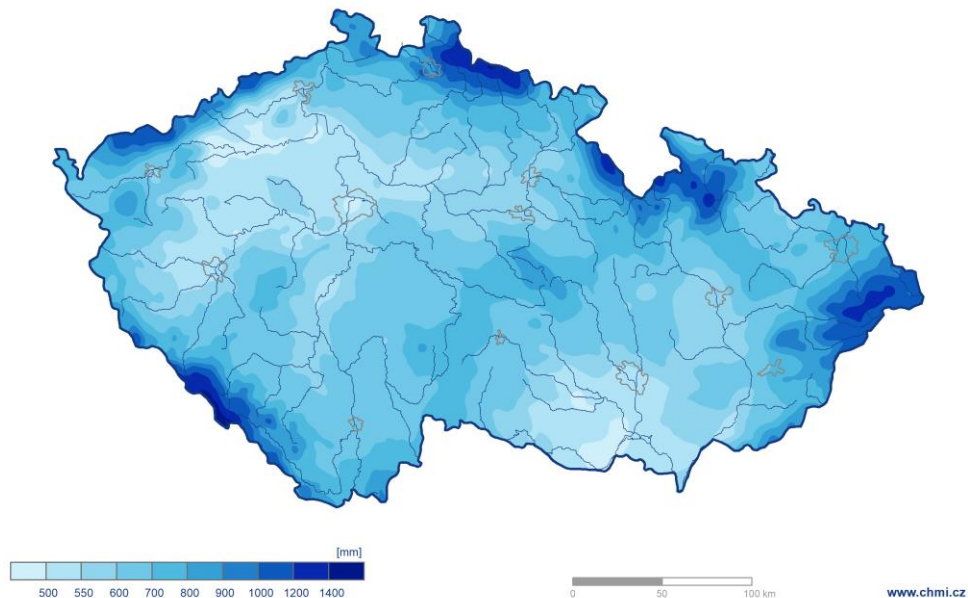
Na teplotní charakteristiky navazují srážkové poměry, které mají zásadní vliv na stanovení vláhové potřeby rostlin a výpočet potřebného množství závlahové vody. Také v tomto případě jsou využívána dlouhodobá měření poskytovaná Českým hydrometeorologickým ústavem, která jsou uvedena v tabulce 9. [33]

Tabulka 9 - Dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty srážkového úhrnu [34]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Srážkový úhrn [mm]	54,07	46,04	49,4	42,33	68,82	86,51	99,17	79,03	64,54	46,84	51,24	57,67

Průměrný roční úhrn srážek za období 1991 – 2020

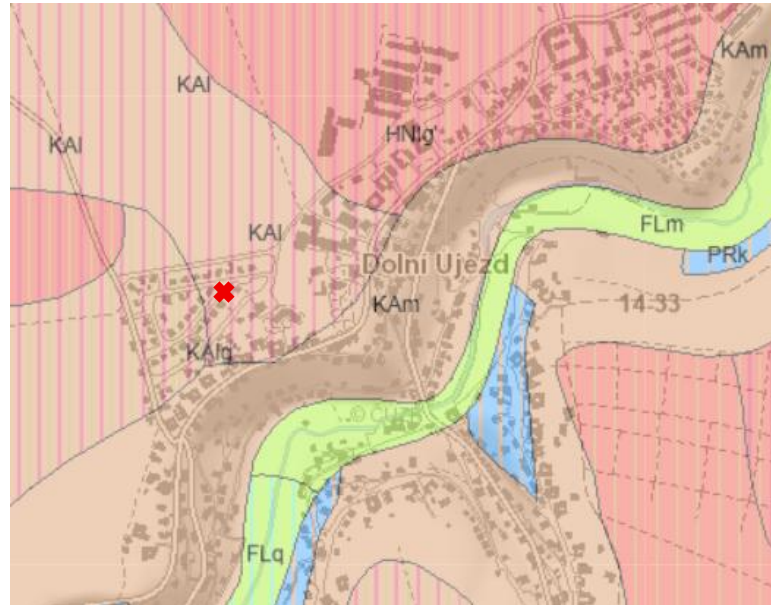
Český
hydrometeorologický
ústav














Obrázek 37 - Dlouhodobé průměrné roční úhrny srážek [33]

10.2.4 Půdní poměry

Půdní poměry byly posuzovány na základě dostupných mapových podkladů. Podle mapy půdních poměrů se řešená lokalita nachází v oblasti kambizemě luvické, označené zkratkou KAl. [35]



Obrázek 38 - Znázornění půdních poměrů řešené lokality [35]

	PRk pararendzina kambická		LUg luvizem oglejená
	PRg pararendzina oglejená		KAm kambizem modální
	FLm fluvizem modální		KAg' kambizem modální slabě oglejená
	FLq fluvizem glejová		KAl kambizem luvická
	HNg' hnědozem modální slabě oglejená		KAlg' kambizem luvická slabě oglejená
	HNlg' hnědozem luvická slabě oglejená		KAv kambizem vyluhovaná
	HNlg hnědozem luvická oglejená		PGm pseudoglej modální
	LUm luvizem modální		

10.3 Laboratorní a terénní zkoušky zemin

Mapové podklady poskytují pouze orientační informaci o půdním typu v daném území, ale neumožňují detailní posouzení půdních vlastností. Z tohoto důvodu byly na řešeném pozemku provedeny laboratorní i terénní zkoušky zaměřené na stanovení půdního druhu a infiltrační schopnosti půdy. Výsledky těchto zkoušek slouží jako podklad pro návrh vsakovacího objektu a závlahových prvků systému.

10.3.1 Zrnitostní rozbor a aerometrická zkouška

V místě pěstební plochy a ovocného sadu byly odebrány porušené vzorky zeminy určené k laboratornímu rozboru. Analýza obou vzorků zemin byla provedena v pedologické laboratoři Ústavu vodního hospodářství krajiny. Cílem laboratorních zkoušek bylo stanovení zrnitostního složení zeminy.

Zrnitostní rozbor byl realizován sítovou metodou, a to nejprve za sucha pro oddělení frakce s velikostí částic nad 2 mm a následně za mokra pro částice menší než 2 mm. Celý postup byl proveden v souladu s normou ČSN EN 933-1. Princip zkoušky spočívá v prosévání zeminy soustavou sít, kdy při suchém prosévání byla použita vibrační prosévačka a při prosévání za mokra proud vody, který umožňuje přesnější oddělení jemných frakcí. [36]



Obrázek 39 - Vibrační prosévačka



Obrázek 40 - Prosévání pomocí proudu vody

Pro přesnější stanovení obsahu nejjemnějších frakcí byla současně provedena aerometrická zkouška, rovněž dle normy ČSN EN 933-1. Tato metoda je založena na principu sedimentace částic v kapalině podle Stokesova zákona, kde ze změny hustoty suspenze v čase je stanovován podíl jemných půdních částic. Výsledky hustoměrné zkoušky doplňují údaje získané síťovým rozborem a umožňují tak přesnější klasifikaci půdy. [36]



Obrázek 41 - Hustoměrné válce se suspenzí



Obrázek 42 - Používané hustoměry

Výsledné hodnoty zrnitostního rozboru a aerometrické zkoušky jednotlivých zemin jsou uvedeny v příloze A.5. Naměřená data byla následně vyhodnocena pomocí křivky zrnitosti, která graficky znázorňuje rozdělení půdních částic podle jejich velikosti a umožňuje komplexní posouzení zrnitostního složení půdy.

Hlavním cílem provedených laboratorních zkoušek bylo stanovení půdního druhu zkoumaných zemin. Pro jejich posouzení a zatřídění byly použity dvě běžně využívané klasifikační metody, a to taxonomický klasifikační systém půd ČR a klasifikace podle Nováka.

Taxonomický klasifikační systém půd ČR

Vychází z trojúhelníkového diagramu, ve kterém se půda zařazuje na základě procentuálního zastoupení tří základních frakcí, konkrétně písku, prachu a jílu. Hodnocení se vztahuje pouze k částicím menším než 2 mm, tedy po vyloučení skeletové frakce. Přestože se zastoupení jednotlivých frakcí u obou vzorků mírně liší, byly na základě této klasifikace oba vzorky zařazeny do stejné půdní skupiny, konkrétně hlinitý písek. Podíly jednotlivých frakcí a jejich grafické znázornění v trojúhelníkovém diagramu jsou přehledně uvedeny v příloze A.6. [37]

Klasifikace podle Nováka

Klasifikace dle Nováka je založena především na podílu nejjemnějších částic menších než 0,01 mm a umožňuje zařazení pouze u půd s obsahem skeletu nižším než 50 %. Oba vzorky lze dle klasifikace podle Nováka zařadit jako hlinitopísčité půdy, které se řadí mezi lehké půdy. [38]

Tabulka 10 - Přehled zatřídění zemin podle použitých klasifikací

Zeminy	Klasifikace dle USDA	Klasifikace dle Nováka
Vzorek zeminy č. 1 (pěstební plocha)	Hlinitý písek	Hlinitopísčité půdy
Vzorek zeminy č. 2 (ovocný sad)	Hlinitý písek	Hlinitopísčité půdy

10.3.2 Dvouválcová infiltrační zkouška

V místě plánovaného vsakovacího objektu, do kterého bude odváděna přebytečná voda z akumulární nádrže, byla provedena terénní infiltrační zkouška pomocí dvouválcového infiltrometru. Cílem zkoušky bylo stanovit propustnost zeminy a ověřit její vhodnost pro zasakování vody.

Princip metody spočívá v měření množství zasakující vody ve vnitřním válci v závislosti na čase. Do půdy byly soustředně zapuštěny dva ocelové válce přibližně do hloubky 10 cm. Vnější válec omezuje boční odtok vody a vytváří podmínky pro převážně jednorozměrné svislé proudění ve vnitřním válci. Hladina vody ve vnitřním válci byla udržována na konstantní výšce postupným doléváním známého objemu vody. Měřil se čas potřebný k vsakování jednotlivých dávek. Na základě naměřených hodnot byla následně stanovena infiltrační rychlost a hodnota nasycené hydraulické vodivosti půdy. [39]



Obrázek 43 - Dvouválcová metoda

V příloze A.7. jsou uvedeny výsledky měření, včetně časového záznamu poklesu hladiny vody a z nich odvozených infiltračních rychlostí, které jsou následně znázorněny v grafech. Na základě vyhodnocení infiltrační zkoušky byla stanovena vsakovací rychlost $v_{t,K} = 0,28 \text{ cm/min}$, což po přepočtu odpovídá hodnotě nasycené hydraulické vodivosti $K_s = 4,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Podle klasifikační tabulky 11 lze zkoumanou zeminu zařadit mezi propustné zeminy, a je tedy vhodná pro vsakování vody.

Tabulka 11 - Přehled propustnosti zemin v závislosti na hodnotě K_s [39]

Propustnost	K_s [m/s]	Zeminy
Velmi nepropustná	$< 10^{-10}$	Jíly s nízkou a střední plasticitou, jíly a hlíny s vysokou až extrémně vysokou plasticitou
Nepropustná	$10^{-8} - 10^{-10}$	Hlíny štěrkovité, jíly štěrkovité a písčité, hlíny s nízkou a střední plasticitou
Málo propustná	$10^{-6} - 10^{-8}$	Hlíny písčité, písky hlinité a jílovité, štěrky hlinité a jílovité
Propustná	$10^{-4} - 10^{-6}$	Písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5-15 %)
Velmi propustná	$> 10^{-4}$	Písky a štěrky dobře a špatně zrněné, tj. čisté písky a štěrky, písčité štěrky, písky a štěrky s velmi malou příměsí jemnozrnných zemin (< 5 %)

10.4 Navrhované řešení

Řešený pozemek prošel v poslední době částečnými úpravami, v jejichž rámci byl navržen nový koncept zahrady. V návaznosti na tyto změny vznikla potřeba zajistit spolehlivý a dlouhodobě udržitelný způsob závlahy odpovídající nárokům jednotlivých ploch i dostupným vodním zdrojům. Rodinný dům přiléhající k řešenému pozemku je napojen na splaškovou kanalizaci, přičemž jednotná kanalizační síť se sice v obci Dolní Újezd nachází, v prostoru před pozemkem však není k dispozici. Nakládání se srážkovými vodami je proto navrženo samostatně v rámci pozemku v souladu s principy hospodaření s dešťovou vodou.

V současné době je závlaha pozemku řešena provizorně pomocí dvou nadzemních akumulačních nádrží o celkovém objemu 4 m³, do kterých je svedena dešťová voda pouze z části střešní plochy objektu. Srážková voda, která není v nádržích zachycena, není na pozemku dále systematicky zadržována ani využívána, což neumožňuje efektivní a řízené hospodaření s dešťovými vodami. Akumulovaná voda je využívána převážně k ručnímu zalévání, což je časově náročné, vyžaduje pravidelnou údržbu a neumožňuje rovnoměrné zavlažování celého pozemku.

Na základě uvedených nedostatků je navrženo ucelené řešení automatizovaného závlahového systému založeného na využití dešťové vody v kombinaci s doplňkovým zdrojem závlahové vody. Návrh zahrnuje úpravu stávajících dešťových svodů, vybudování podzemní akumulační nádrže se vsakovacím objektem a řešení závlahy jednotlivých funkčních částí zahrady. Závlaha je navržena pro zatravněné plochy, okrasné výsadby, užitková část zahrady. Travnaté plochy budou zavlažovány formou postřiku, ostatní části zahrady kapkovou závlahou umožňující cílené dávkování vody ke kořenovému systému rostlin.

Základním prvkem navrhovaného řešení je akumulace dešťové vody v podzemní nádrži, jejíž objem byl stanoven na základě bilančního posouzení. V nádrži je navrženo ponorné čerpadlo zajišťující dodávku vody do celého závlahového systému. Pro období s nedostatkem srážek je uvažováno doplňování vody z veřejného vodovodního řadu nebo z vlastního vrtu na pozemku. Obě varianty jsou předběžně ekonomicky vyhodnoceny.

10.4.1 Bilance srážkových vod

Pro návrh akumulční nádrže bylo nutné stanovit množství srážkové vody, které lze v průběhu roku využít pro závlahu. Přítok srážkové vody do systému byl určen na základě dlouhodobých srážkových údajů a velikosti sběrné plochy střech.

Využitelné množství srážkové vody za rok $V_{přít,a}$ bylo stanoveno podle vztahu:

$$V_{přít,a} = \frac{h_a}{1000} \cdot A \cdot \Psi_m \cdot \eta \quad (7)$$

kde h_a představuje dlouhodobý roční úhrn srážek v mm, A je půdorysný průmět sběrné plochy v m^2 , Ψ_m je střední součinitel odtoku a η je součinitel ztrát ve filtru, který zohledňuje ztráty vznikající při mechanickém předčištění srážkové vody. [28]

Jako sběrné plochy byly uvažovány dvě střešní plochy, a to střecha rodinného domu a střecha garáže, s celkovou výměrou $167 m^2$. Hodnota součinitele η byla v souladu s metodikou uvažována ve výši 0,9. Vypočtené měsíční přítoky srážkové vody jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12 - Posouzení přítoků srážkových vod

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Srážkový úhrn [mm]	54,07	46,04	49,4	42,33	68,82	86,51	99,17	79,03	64,54	46,84	51,24	57,67
$V_{přít,a}$ [m^3]	7,31	6,23	6,68	5,73	9,31	11,70	13,41	10,69	8,73	6,34	6,93	7,80

10.4.2 Posouzení potřeby závlahové vody

V návaznosti na vyhodnocení dostupného množství srážkové vody byla stanovena potřeba závlahové vody jednotlivých ploch. Výpočet byl proveden samostatně pro trávník, okrasné plochy, pěstební plochu a ovocný sad, a byl zpracován v měsíčním kroku. Tento přístup umožňuje zohlednit časové rozložení potřeby vody v průběhu roku a její následné porovnání s dostupným přítokem srážkové vody.

Pro stanovení potřeby závlahové vody bylo nejprve nutné vymezit období, ve kterém je závlaha jednotlivých ploch uvažována. Orientační závlahové období použitých plodin a ploch je uvedeno v tabulce 13.

Tabulka 13 - Orientační vymezení závlahové období [15]

Plodina	Měsíc							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Travnatá plocha								
Okrasné plochy								
Rajčata								
Brambory								
Salát								
Meruňky								
Jabloně								

10.4.2.1 Pěstební plocha a ovocný sad

Potřeba závlahové vody pro pěstební plochu a ovocný sad byla stanovena na základě vláhové potřeby jednotlivých plodin. Výpočet byl proveden s využitím bilanční rovnice, která je popsána v kapitole 6.2.1. Vstupní hodnoty pro výpočet byly převzaty z tabulkových hodnot uvedených v normě ČSN 75 0434.

Výsledné hodnoty potřeby závlahové vody jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 - Výpočet potřeby závlahové vody pěstební plochy a ovocného sadu

Sekce	Plodina	Vegetační období	Dny závlahy	Vc	Sv	Wz	Mz	Mzs	Vzs	Vzs,den
				[m ³ /ha]	[m ³ /ha]	[m ³ /ha]	[m ³ /ha]	[m ³ /ha]	[m ³]	[m ³]
A	Brambory	20.4 - 20.9	84	3000	3549	180	376	774	1,39	0,017
B	Rajčata	15.5 - 15.9.	99	2500	2847	160	365	980	1,18	0,012
C	Salát	15.3. - 15.5.	69	1800	1173	120	749	1275	1,53	0,022
D	Meruňky	1.4. - 31.8.	102	3500	3213	425	732	1262	3,79	0,037
E	Jabloně	1.4. - 30.9.	135	5000	3952	425	1594	2318	6,95	0,052

Vc [m³/ha] – celková vláhová potřeba

Sv [m³/ha] – srážky za vegetační období

Wz [m³/ha] – zásoba vody v půdě na začátku vegetačního období

Mz [m³/ha] – závlahové množství

Mzs [m³/ha] – závlahové množství v suchém roce

Vzs [m³] – zásobní voda v půdě

Vzs,den [m³] – denní úbytek zásobní vody v půdě

10.4.2.2 Travnaté a okrasné plochy

Vláhová potřeba travnatých a okrasných ploch byla stanovena na základě doporučených návrhových hodnot odpovídajících charakteru vegetace a použitému způsobu závlahy. S ohledem na omezené množství dostupné závlahové vody byly navrženy dva režimy závlahy, a to optimální a úsporný.

Optimální režim předpokládá zavlažování travnatých ploch dávkou 20 mm za týden a okrasných ploch dávkou 10 mm za týden. Úsporná varianta představuje režim s omezenou závlahou, kdy je dávka pro travnaté plochy snížena na polovinu oproti optimálnímu režimu, zatímco závlahová dávka okrasných ploch zůstává v obou režimech shodná.

Měsíční potřeba závlahové vody pro jednotlivé plochy je pro obě varianty uvedena níže v tabulkách 15 a 16.

Tabulka 15 - Měsíční potřeba závlahové vody v optimálním režimu

Měsíc	Travnatá plocha [m ³]	Okrasná plocha [m ³]	Pěstební plocha [m ³]	Ovocný sad [m ³]	Celkem [m ³]
I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III	0,00	0,00	0,53	0,00	0,53
IV	43,60	8,03	0,67	0,00	52,30
V	45,06	8,30	0,64	2,08	56,07
VI	43,60	8,03	0,85	2,66	55,14
VII	45,06	8,30	0,88	2,49	56,72
VIII	45,06	8,30	0,52	1,60	55,47
IX	43,60	8,03	0,00	0,64	52,27
X	0,00	0,00	0,00	1,28	1,28
XI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
XII	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

329,79

Tabulka 16 - Měsíční potřeba závlahové vody v úsporném režim

Měsíc	Travnatá plocha [m ³]	Okrasná plocha [m ³]	Pěstební plocha [m ³]	Ovocný sad [m ³]	Celkem [m ³]
I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III	0,00	0,00	0,53	0,00	0,53
IV	21,80	8,03	0,67	0,00	30,49
V	22,53	8,30	0,64	2,08	33,54
VI	21,80	8,03	0,85	2,66	33,34
VII	22,53	8,30	0,88	2,49	34,19
VIII	22,53	8,30	0,52	1,60	32,94
IX	21,80	8,03	0,00	0,64	30,47
X	0,00	0,00	0,00	1,28	1,28
XI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
XII	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

196,80

Z uvedených tabulek vyplývá, že celková potřeba závlahové vody v optimálním režimu činí 329,8 m³, zatímco v úsporném režimu dosahuje hodnoty 196,8 m³, což představuje výrazné snížení celkové potřeby závlahové vody oproti optimálnímu režimu.

10.4.3 Posouzení a návrh akumulční nádrže

Finální posouzení návrhu objemu akumulční nádrže bylo provedeno metodou měsíční bilance, která je podrobně popsána v kapitole 9.2.1. Metoda vychází z porovnání měsíčních přítoků srážkové vody a měsíční potřeby závlahové vody v průběhu roku a umožňuje posoudit, zda navržený objem akumulční nádrže postačuje k pokrytí závlahy. Měsíční bilance byla sestavena pro variantu optimálního režimu závlahy a zároveň nejvyšší nároky na akumulovaný objem vody. Výsledná bilanční tabulka je uvedena v tabulce 17.

Tabulka 17 - Posouzení akumulční nádrže

Měsíc	Srážkový úhrn [mm]	Vpřít,a [m ³]	Vpotř,a [m ³]	Vodběr,m [m ³]	Va [m ³]	Vdoplň,m [m ³]
I	54,07	7,31	0,00	0,00	6,00	0,00
II	46,04	6,23	0,00	0,00	6,00	0,00
III	49,4	6,68	0,53	0,53	6,00	0,00
IV	42,33	5,73	52,30	5,73	0,00	46,57
V	68,82	9,31	56,07	9,31	0,00	46,76
VI	86,51	11,70	55,14	11,70	0,00	43,44
VII	99,17	13,41	56,72	13,41	0,00	43,31
VIII	79,03	10,69	55,47	10,69	0,00	44,78
IX	64,54	8,73	52,27	8,73	0,00	43,54
X	46,84	6,34	1,28	1,28	5,06	0,00
XI	51,24	6,93	0,00	0,00	6,00	0,00
XII	57,67	7,80	0,00	0,00	6,00	0,00
		100,87	329,79			268,41

Vpřít,a – přitékající objem vody do nádrže

Vpotř,a – objem vody potřebný pro závlahu

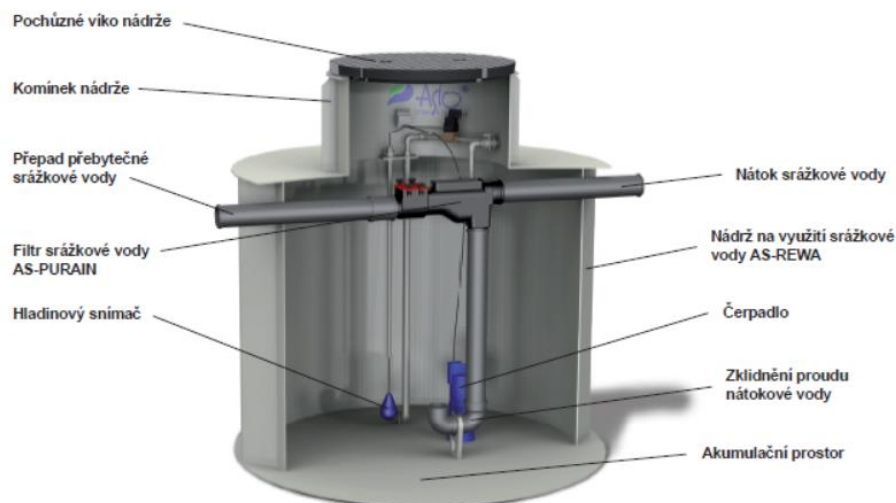
Vodběr,m – objem vody odebraný z nádrže

Va – objem vody akumulovaný v nádrži na konci měsíce

Vdoplň,m – objem vody nutný doplnit z externího zdroje

Návrhový objem akumulční nádrže byl stanoven na 6 m³. Pro tento objem byly v optimálním provozním režimu vyhodnoceny ukazatele účinnosti využití nádrže. Hodnota koeficientu efektivity Er dosahuje 10,23 a splňuje doporučené kritérium efektivního využití akumulční nádrže. Zároveň byl stanoven koeficient krytí potřeby závlahové vody Cr ve výši 18,61 %, který vyjadřuje podíl potřeby závlahové vody pokrytý srážkovou vodou akumulovanou v nádrži.

Konkrétně byla navržena dešťová akumulční nádrž společnosti ASIO typu AS-REWA Kombi 6EO. Nádrž umožňuje filtraci a akumulaci dešťové vody, její čerpání do závlahového systému a v případě nedostatku srážek také automatické doplnění pitné vody z vodovodní sítě. Z konstrukčního hlediska se jedná o samonosnou plastovou nádrž válcového tvaru, osazenou na betonovou základovou desku. Celkový akumulční objem nádrže činí 6,3 m³, její půdorysný průměr je 2190 mm a výška 2000 mm. Celková výška nádrže včetně typizovaného komínku dosahuje 2300 mm. V případě nadbytečného množství dešťových vod je jejich odtok odváděn přepadovým potrubím zaústěným do vsakovacího objektu.



Obrázek 44 - Navrhovaná akumulční nádrž [40]

10.4.4 Posouzení dostatečnosti zdroje závlahové vody

Po návrhu objemu akumulční nádrže a vyhodnocení její účinnosti bylo provedeno posouzení dostatečnosti zdroje závlahové vody pro oba uvažované závlahové režimy. Cílem bylo zjistit objem vody, který je nutné doplňovat z externího zdroje. Výsledné hodnoty posouzení jsou uvedeny v tabulkách 18 a 19.

Tabulka 18 – Posouzení dostatečnosti zdroje pro optimální režim závlahy

Vpřít,a [m ³]	7,31	6,23	6,68	5,73	9,31	11,70	13,41	10,69	8,73	6,34	6,93	7,80	
Vpotř,a [m ³]	0,00	0,00	0,53	52,30	56,07	55,14	56,72	55,47	52,27	1,28	0,00	0,00	
Vdoplň,a [m ³]	0,00	0,00	0,00	46,57	46,76	43,44	43,31	44,78	43,54	0,00	0,00	0,00	268,41

Tabulka 19 - Posouzení dostatečnosti zdroje pro úsporný režim závlahy

Vpřít,a [m ³]	7,31	6,23	6,68	5,73	9,31	11,70	13,41	10,69	8,73	6,34	6,93	7,80	
Vpotř,a [m ³]	0,00	0,00	0,53	30,49	33,54	33,34	34,19	32,94	30,47	1,28	0,00	0,00	
Vdoplň,a [m ³]	0,00	0,00	0,00	24,77	24,23	21,64	20,78	22,25	21,74	0,00	0,00	0,00	135,42

Z tabulky vyplývá, že během vegetačního období, zejména od května do září, potřeba závlahové vody v obou uvažovaných variantách převyšuje množství dostupné srážkové vody. Důvodem je omezená velikost střešní sběrné plochy ve vztahu k rozsahu zavlažovaných částí zahrady. Požadované množství závlahové vody proto nelze zajistit výhradně ze srážkové vody a je nutné uvažovat její doplňování z externího zdroje. V úsporném režimu je potřeba doplňované vody přibližně o polovinu nižší než v optimálním režimu. Optimální režim naopak poskytuje lepší podmínky pro vegetaci, avšak vyžaduje vyšší podíl doplňkové vody. Volba režimu závlahy závisí na preferencích vlastníka pozemku.

Vzhledem k tomu, že se v řešené lokalitě nenachází žádný povrchový vodní zdroj ani stávající studna, byly v návrhu posouzeny další dvě možné varianty zajištění závlahové vody. Základní uvažovanou variantou je doplňování závlahové vody z veřejného vodovodního řadu. Současně byla orientačně posouzena také možnost realizace vlastního vrtu jako alternativního zdroje závlahové vody, a to včetně základního vyhodnocení ekonomické návratnosti této investice.

10.4.4.1 Dopouštění z vodovodní sítě

Pro stanovení ročních nákladů na doplňování vody z veřejného vodovodního řadu byla použita cena vodného dle aktuálního ceníku společnosti VHOS, a.s., platného od 1. ledna 2025. Ve výpočtu jsou uvažovány pouze provozní náklady na dopouštění vody, zatímco investiční náklady spojené se zřízením přívodu vody, osazením podružného vodoměru a souvisejících armatur nejsou zahrnuty. [41]

Jednotková cena vodného byla uvažována 51,90 Kč/m³. Roční náklady na dopouštění vody byly stanoveny jako součin ročního objemu doplňované vody a jednotkové ceny vodného a jsou uvedeny v tabulce 20.

Tabulka 20 - Roční náklady na doplňování závlahové vody z vodovodního řadu

Závlahový režim	Vdoplň,rok	Vodné	Náklady
	m ³ /rok	Kč/m ³	Kč/rok
Optimální režim	268,41	51,90	13 930, 31
Úsporný režim	135,42	51,90	7 028, 06

Z výsledků je patrné, že náklady na doplňování vody se výrazně liší v závislosti na zvoleném závlahovém režimu.

10.4.4.2 Vlastní vrt jako alternativní zdroj závlahové vody

Pro orientační posouzení možnosti zhotovení vrtané studny byly posouzeny hydrogeologické podmínky v řešeném území na základě archivní dokumentace vrtu evidovaného v databázi Česká geologická služba v blízkosti posuzovaného pozemku. Archivní vrt má hloubku 85 m, hladina podzemní vody se nachází přibližně v hloubce 42 m pod terénem a zvodnělá vrstva je vázána na dolní část vrtu. Z těchto údajů je uvažována realizace vrtané studny do hloubky přibližně 85 m. Detailní informace o vrtu jsou uvedeny v příloze A.10. Uvedené podklady slouží pouze k orientačnímu posouzení. Pro návrh a realizaci vrtané studny je nutné zpracování hydrogeologického posudku oprávněnou osobou. [42]

Roční náklady na provoz vrtu byly stanoveny na základě ceny elektrické energie a orientačně odhadnuté měrné spotřeby energie pro čerpání vody. Další náklady na provoz vrtu nejsou ve výpočtech uvažovány.

Tabulka 21 - Roční náklady na elektrickou energii pro čerpání vody z vrtu

Závlahový režim	Vdoplň,rok	Měrná spotřeba e	Elektřina	Náklady
	m ³ /rok	kWh/m ³	Kč/kWh	Kč/rok
Optimální režim	268,41	0,45	6	724,70

Posouzení ekonomické návratnosti realizace vrtané studny vychází z investičních nákladů převzatých z odhadovaného rozpočtu zpracovaného hydrogeologem, uvedeného v příloze A.11, a z ročních nákladů na elektrickou energii potřebnou k čerpání vody. Orientační doba návratnosti investice vychází na přibližně 22,6 let. V praxi by byla návratnost pravděpodobně delší kvůli dalším provozním nákladům. Na druhou stranu lze očekávat růst ceny vodného, který by návratnost investice do vrtané studny mohl zkrátit.

Tabulka 22 - Posouzení ekonomické návratnosti realizace vrtu

Roční objem doplňované vody	268,41	m ³ /rok
Roční náklady - dopouštění z vodovodu	13 930	Kč/rok
Roční náklady - provoz vrtu (elektřina)	725	Kč/rok
Roční úspora oproti vodovodu	13 206	Kč/rok
Investiční náklady vrtu	298 800	Kč/rok
Orientační doba návratnosti	22,6	let

10.4.5 Návrh a výběr čerpadla

Pro stanovení návrhových parametrů čerpacího systému byly posouzeny dvě hydraulicky nejnáročnější zavlažovací sekce. Z hlediska požadovaného průtoku byla rozhodující sekce 6 s návrhovým průtokem 25,54 l/min. Z hlediska dopravní výšky byla určující sekce 3, která vykazovala nejvyšší požadovaný tlak na tryskách postřikovačů ve výši 3,8 bar. Výsledné hodnoty tlakových ztrát v potrubní síti těchto sekcí a stanovení návrhových parametrů čerpadla jsou uvedeny v příloze A.4.

Na základě těchto výpočtů bylo pro zásobování navrženého závlahového systému zvoleno ponorné tlakové čerpadlo typu LEO LDW 6-55. Čerpadlo je výrobcem deklarováno jako vhodné pro čerpání dešťové vody za předpokladu omezení nasávání mechanických nečistot. Vzhledem k filtraci dešťové vody na vstupu do akumulární nádrže splňuje navržené řešení požadavky výrobce na kvalitu čerpaného média. Navržené čerpadlo je dimenzováno na maximální průtok 100 l/min a maximální dopravní výšku 55 m. Při požadovaném návrhovém průtoku 25,54 l/min dosahuje čerpadlo dostatečné dopravní výšky s provozní rezervou, což vyplývá z jeho hydraulické charakteristiky. Tato rezerva zajišťuje spolehlivý provoz i v hydraulicky nejnáročnějších zavlažovacích sekcích systému.

Čerpadlo je navrženo pro provoz v akumulární nádrži a umožňuje maximální hloubku ponoru až 19 m. Je vybaveno integrovanou řídicí jednotkou s ochranou proti chodu nasucho a funkcí automatického spínání v závislosti na odběru vody. Toto řešení umožňuje bezpečný a plně automatický provoz závlahového systému bez nutnosti manuální obsluhy. [43]



Obrázek 45 - Navrhované čerpadlo LEO LDW 6-55 [43]

10.4.6 Návrh závlahového systému

Navrhovaný závlahový systém je koncipován jako automatizovaná soustava využívající dešťovou vodu akumulovanou v nádrži. Základem systému je čerpání vody z akumulární nádrže, na které navazuje rozvodná síť zahrnující kapkovou závlahu a závlahu formou postřiku. Voda je z nádrže přiváděna přívodním potrubím do rozvodného systému, který je dále veden do pěti ventilových šachet. V těchto šachtách jsou umístěny elektromagnetické ventily a u sekcí kapkové závlahy také filtry.

Z ventilových šachet je následně rozvedeno potrubí k jednotlivým zavlažovacím sekcím. Elektromagnetické ventily zajišťují samostatné ovládání jednotlivých závlahových sekcí a regulaci provozního tlaku vody v souladu s požadavky jednotlivých závlahových prvků. Velikost ventilových šachet byla navržena s ohledem na počet osazených ventilů a na požadavky přehledného uspořádání technologie a snadné údržby.

10.4.6.1 Závlaha postřikem travnatých ploch

Závlahový systém zatravněné části zahrady byl navržen pro plochu o výměře 462,7 m² a byl rozdělen do osmi samostatně ovládaných sekcí. Pro závlahu bylo použito celkem 54 postřikovačů s rotačními tryskami typu MP rotátor výrobce Hunter, které zajišťují rovnoměrné rozdělení vody při nízké intenzitě srážky. V rámci jedné ze sekcí byly uplatněny také pásové MP trysky určené pro zavlažování úzkých a podélných ploch. Postřikovače jsou umístěny převážně po obvodu zavlažovaných ploch s cílem minimalizovat jejich vliv na sečení a běžnou údržbu trávníku. Použité nastavitelné trysky s výsečemi v rozsahu 90–180 stupňů případně s pásovým charakterem postřiku jsou přizpůsobeny tvaru jednotlivých ploch tak aby bylo zajištěno rovnoměrné překrytí závlahy. Podrobný popis použitých postřikovačů a rozdělení závlahových sekcí je uveden v příloze A.1.

Jako rozvodné potrubí k tryskám postřikovačů bylo navrženo potrubí z materiálu HDPE 100. Celkem je uvažováno 36,97 m potrubí o rozměru 25 × 2,0 mm a 192,46 m potrubí o rozměru 16 × 1,5 mm. Návrh rozvodného potrubí sekcí postřikovačů je uveden v příloze A.2.



Obrázek 46 - Rotační trysky MP Rotator [44]

10.4.6.2 Kapková závlaha okrasných ploch

Zavlažování okrasných ploch je navrženo pro plochu o celkové výměře 187,30 m², která je rozdělena do čtyř závlahových sekcí. Tři sekce jsou určeny pro okrasné plochy tvořené keřovými a trvalkovými výsadbami, rozmístěnými v okolí rodinného domu, které tvoří významný prvek zahradní kompozice. Čtvrtá sekce je určena pro živý plot, uvažovaný jako jehličnatý, tvořený zeravem.

Pro kapkovou závlahu všech čtyř sekcí byla navržena kapkovácí hadice typu DRIP IN PC o průměru 16 mm s roztečí kapkovačů 33 cm a průtokem 2 l/h na kapkovač. Při této konfiguraci připadá přibližně devět kapkovačů na 1 m² zavlažované plochy. Kapkovácí hadice je navržena k instalaci na povrchu terénu pod vrstvou kůrové mulče, čímž je zajištěno cílené přivádění vody ke kořenovému systému rostlin a současně je omezen výpar vody z půdy. Vzhledem k tomuto způsobu uložení byla zvolena vzdálenost jednotlivých řad kapkovačů 0,33 m.

10.4.6.3 Kapková závlaha pěstební plochy

Pěstební plocha má celkovou výměru 42 m² a je rozdělena do tří pěstebních pásů označených jako sekce A, B a C. Pěstební pás A je určen pro pěstování pozdních brambor, pás B pro rajčata a pás C pro raný salát.

Kapková závlaha jednotlivých pěstebních pásů byla navržena samostatně s ohledem na způsob výsadby a specifické nároky pěstovaných plodin. Závlahový systém je koncipován s provozní rezervou a umožňuje jeho flexibilní přizpůsobení při případné změně pěstovaných plodin nebo způsobu výsadby v dalších letech. Pro jednotlivé pásy byly individuálně stanoveny rozteče kapkovačů, vzdálenosti mezi kapkovačemi i počet pěstebních řádků. Podrobné parametry návrhu kapkové závlahy jsou uvedeny v příloze A.3.

Pro všechny tři sekce byla navržena kapkovácí hadice typu AQUA TRAXX PBX o průměru 16 mm se zabudovanými kapkovači. Průtok jednoho kapkovače činí 1,41 l/h při provozním tlaku 0,7 bar. Kapkovácí závlahové hadice jsou napojeny na hadici typu LAYFLAT DN 40, vyrobené ze syntetických přízí z vysokopevnostního polyesteru ve vícevrstvé konstrukci. Jedná se o plochou a flexibilní hadici, která umožňuje snadnou manipulaci i sezónní instalaci.



Obrázek 47 - Kapkovácí hadice Aqua-Traxx [45]



Obrázek 48 - Rozvodná hadice LAYFLAT [46]

10.4.6.4 Kapková závlaha ovocného sadu

Zavlažovaná plocha ovocného sadu má celkovou výměru 60 m² a je rozdělena do dvou závlahových sekcí označovaných jako sekce D a E. Sad je tvořen dvěma řadami ovocných dřevin, konkrétně meruňkami a jabloněmi, které se liší způsobem výsadby.

Kapková závlaha řady jabloní je navržena pomocí nadzemní silnostěnné kapkovácí hadice typu in line s integrovanými kapkovači v rozteči 1 m. Použita je kapkovácí hadice NEPTUNE PC AS o průměru 16 mm s průtokem 3,8 l/h na jeden kapkovač, přičemž při délce řady přibližně 15 m je v této sekci uvažováno celkem 15 kapkovačů. Závlaha řad meruněk je řešena pomocí bodových on line kapkovačů, kdy jsou ke každému stromu navrženy dva kapkovače. Použity jsou knoflíkové kapkovače Euro Key s průtokem 5 l/h na jeden kapkovač při provozním tlaku 1,25 bar, instalované na rozvodné potrubí LDPE HOSE o průměru 16 mm. Obě závlahové větve jsou napojeny na rozvodné potrubí z materiálu HDPE 100 o rozměru 16 × 1,5 mm, které je přivedeno do příslušné ventilové šachty, odkud je zajištěno jejich samostatné řízení.

10.4.7 Návrh vsakovacího zařízení

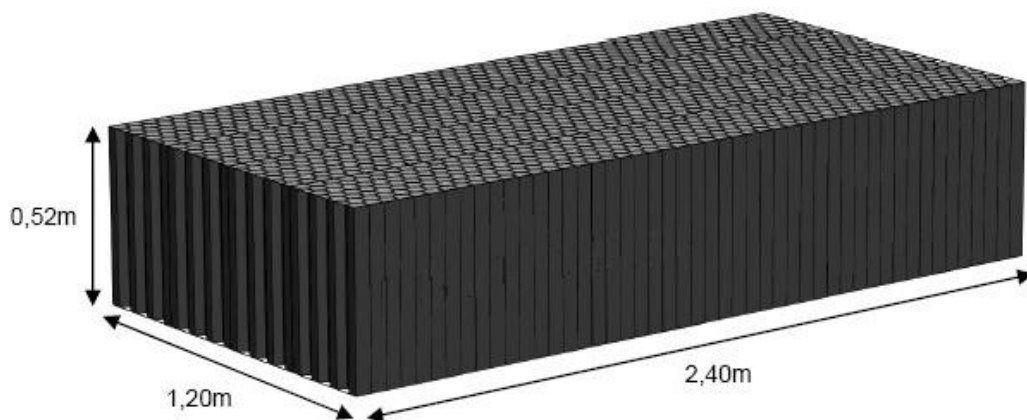
V rámci návrhu byly navrženy dvě možné varianty vsakovacího zařízení. Volba konkrétního řešení je ponechána na vlastníkovvi pozemku s ohledem na finanční náročnost a prostorové možnosti. Obě varianty vycházejí ze stejného hydraulického posouzení a splňují požadavky normy ČSN 75 9010.

Vsakovací zařízení je navrženo jako navazující prvek na akumulární nádrž prostřednictvím přepadového potrubí. Dešťová voda, která nebude využita pro závlahu, bude v akumulární nádrži zadržena a následně odváděna do vsakovacího zařízení, kde dojde k její akumulaci a postupnému vsakování do podloží. V případě překročení vsakovací kapacity zařízení je uvažováno s nouzovým přepadem umožňujícím bezpečné odvedení přebytečné vody v rámci pozemku.

10.4.7.1 Podzemní vsakovací bloky

Jako primární varianta byly navrženy podzemní retenční a vsakovací bloky typu AS-NIDAPLAST od společnosti ASIO. Jedná se o modulové plastové bloky s voštinovou strukturou, určené k vytvoření podzemního retenčního a vsakovacího prostoru. Díky vysoké akumulární schopnosti bloků je umožněno efektivní zadržení srážkových vod při minimálních prostorových nárocích. Bloky jsou ukládány na podkladní šterkovou vrstvu, přičemž rozvod vody v objektu je zajištěn drenážním potrubím. [47]

Návrhový výpočet byl proveden pomocí výpočetního programu společnosti ASIO, přičemž použité postupy a vztahy odpovídají normě ČSN 75 9010. Vsakovací objekt je navržen jako sestava tří modulových bloků. Celková skladební délka objektu činí 7,20 m, šířka 1,20 m a výška 0,52 m. Návrhový retenční objem byl stanoven pro dobu trvání srážky 60 minut a činí 3,5 m³. Doba prázdnění vsakovacího objektu vychází přibližně čtyři hodiny. Podrobné výpočty jsou uvedeny v příloze A.8. [47]



Obrázek 49 - Podzemní vsakovací blok typu AS-NIDAPLAST [47]

10.4.7.2 Vsakovací rýha vyplněná štěrkem

Alternativně lze vsakovací zařízení realizovat jako vsakovací rýhu vyplněnou propustným štěrkem frakce 16/32 mm. Toto řešení představuje finančně méně náročnou variantu. Za návrhový retenční objem vsakovacího zařízení je i v tomto případě považována největší vypočtená hodnota retenčního objemu, která při době trvání srážky 60 minut činí 3,5 m³. Celkový stavební objem vsakovací rýhy se stanoví ze vztahu:

$$W = \frac{V_{vz}}{m} \quad (8)$$

kde V_{vz} představuje návrhový retenční objem a m pórovitost výplňového materiálu. Pro štěrk uvažované frakce se podle normy ČSN 75 9010 běžně uvažuje hodnota pórovitosti 0,3. [29]

Na základě uvažovaných návrhových parametrů byl stanoven potřebný objem štěrku přibližně na 11,7 m³. Při předpokládané výšce štěrkového lože 1,0 m tomuto objemu odpovídá půdorysná plocha přibližně 11,7 m².

10.4.8 Systém spouštění závlahy

Nastavení spouštění závlahy vychází z vypočtené potřeby závlahové vody jednotlivých ploch a z návrhových parametrů závlahového systému. Provoz závlahy je časově uspořádán tak, aby byla zajištěna rovnoměrná distribuce vody a zároveň nedocházelo k nadměrnému zatížení systému. Zavlažování je zahajováno v brzkých ranních hodinách ve 03:00, kdy jsou vytvořeny vhodné podmínky pro efektivní aplikaci vody s minimálními ztrátami výparem.

Řízení závlahového systému je zajištěno centrální řídicí jednotkou, která ovládá elektromagnetické ventily ve ventilových šachtách. Na jednotlivých závlahových větvích je provedena regulace provozního tlaku nastavením ventilů tak, aby byly dodrženy návrhové tlakové poměry jednotlivých sekcí a zajištěna správná funkce postřikovačů i kapkovacích prvků.

Přehled závlahových režimů a závlahových dávek jednotlivých částí pozemku je uveden v tabulce 23.

Tabulka 23 - Přehled závlahových režimů a návrhových dávek

Plocha	Typ závlahy	Četnost	1 závlahová dávka
Travnatá plocha	postřik	2x týdně	optimální režim 10 mm
			úsporný režim 5 mm
Okrasná plocha	kapková	1x týdně	10 mm
Pěstební plocha	kapková	denně	dle tabulky potřeby vody
Ovocný sad	kapková	2x týdně	dle tabulky potřeby vody

Závlaha pěstebních ploch je v běžném provozním režimu zařazena až po ukončení hlavního zavlažovacího bloku, ve víkendovém režimu je realizována již v ranních hodinách. Sekce travnatých a okrasných ploch jsou uváděny do provozu postupně, zatímco u pěstebních ploch a ovocného sadu je umožněn souběžný provoz jejich jednotlivých sekcí. Na základě návrhu závlahového systému byl sestaven týdenní harmonogram zavlažování jednotlivých ploch.

Tabulka 24 - Harmonogram spouštění závlahy

Út+Pá			St			Po+Čt			So+Ne				
Travnatá plocha			Okrasná plocha			Ovocný sad			Pěstební plocha				
Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění	Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění	Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění	Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění		
1	10,30	03:00 - 08:00	9	12,73	03:00 - 05:32	D	1,78	03:00 - 06:10	A	8,23	03:00 - 03:20		
2	5,62		10	23,20		E							
3	19,13		11	10,80									
4	15,35		12	4,07									
5	25,54		Pěstební plocha			Pěstební plocha							
6	25,54		Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění	Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění					
7	18,46		A	8,23	06:10 - 06:30	B	8,23	06:10 - 06:30					
8	18,46		B										
Pěstební plocha			C										
Sekce	Q [l/min]	Čas spuštění											
A	8,23	08:00 - 08:20											
B													
C													

11 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala návrhem systému využití dešťových vod a dalších zdrojů vody pro závlahu travnatých, okrasných a pěstebních ploch u obytného objektu. Cílem práce bylo získat přehled v oblasti navrhování závlahových systémů a možnosti využití dešťové vody a tyto poznatky aplikovat v praktickém návrhu konkrétního řešení, což bylo splněno.

Teoretická část shrnula základní poznatky týkající se potřeby závlahy, zdrojů závlahové vody, typů závlahových systémů a možností akumulace, využití a vsakování dešťových vod, které sloužily jako podklad pro zpracování praktické části práce. Praktická část se věnovala zpracování studie automatizovaného závlahového systému u obytného objektu v obci Dolní Újezd. Navržené řešení zahrnuje kombinaci postřikové a kapkové závlahy s primárním využitím dešťové vody akumulované v nádrži. Pro zajištění provozní spolehlivosti systému je uvažováno doplnění zdroje z veřejné vodovodní sítě a odvedení přebytečného množství dešťové vody do vsakovacího objektu. Součástí návrhu bylo také posouzení alternativní varianty využití vrtané studny jako dalšího zdroje závlahové vody.

V rámci návrhu byly porovnány dva závlahové režimy, a to optimální a úsporný. Jednotlivé režimy se liší v intenzitě závlahové dávky travnatých ploch, která ovlivňuje celkovou potřebu závlahové vody a nároky na její doplňování z externího zdroje. Volba konkrétního řešení tak závisí na preferencích vlastníka objektu, především z hlediska požadované úrovně údržby vegetace, provozních nákladů a dostupnosti vodních zdrojů.

Výsledky práce potvrzují, že využití dešťové vody v kombinaci s automatizovaným závlahovým systémem představuje efektivní a udržitelné řešení pro závlahu menších ploch u obytných objektů a umožňuje flexibilní přístup k hospodaření s vodními zdroji.

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Znázornění půdního sucha [3].....	8
Obrázek 2 - Závislost produktivní fotosyntézy.....	11
Obrázek 3 - Intenzita fotosyntézy a dýchání v průběhu dne [5].....	11
Obrázek 4 - Schéma automatizovaného systému impulzního postřiku [5].....	13
Obrázek 5 - Odběr z vodního toku [11]	15
Obrázek 6- Schéma konstrukce vrtané studny [14].....	16
Obrázek 7 - Schéma pískového filtru [20]	25
Obrázek 8 - Schéma dvou jednotek pískového filtru při filtraci a čištění [20].....	25
Obrázek 9 - Schéma funkce síťového filtru [20].....	26
Obrázek 10 - Schéma výsuvného sektorového postřikovače [20].....	29
Obrázek 11 - Pásový zavlažovač [21]	30
Obrázek 12 - Pivotový zavlažovač [22].....	31
Obrázek 13 - Příklady prvků rychlospojkového trubního systému [20].....	32
Obrázek 14 - Schéma zavlažovaného profilu půdy při kapkové závlaze [20].....	34
Obrázek 15 - Kapková závlaha řádků zeleniny [23]	35
Obrázek 16 - Schéma rozvodu závlahy podmokem [5].....	38
Obrázek 17 - Závlaha svažinovým přeronom [5]	39
Obrázek 18 - Závlaha hřbetinovým přeronom [5]	39
Obrázek 19 - Závlaha pásovým přeronom [5].....	39
Obrázek 20 - Výtopové zdrže [5]	40
Obrázek 21 - Charakteristika čerpadla a pracovního bodu [26].....	41
Obrázek 22 - Redukční membránový ventil [20].....	42
Obrázek 23 - Schéma automatizovaného systému mikrozávlahy [20].....	44
Obrázek 24 - Filtrační hrnec [27]	46
Obrázek 25 - Svodové okapové filtry [27].....	46
Obrázek 26 - Filtrační koš v tělese filtru [27]	47
Obrázek 27 - Filtrační jednotka v interním provedení [27]	47
Obrázek 28 - Samočisticí filtr v interním provedení [27].....	48
Obrázek 29 - Šachtový koš [27]	48
Obrázek 30 - Podzemní akumulční nádrž [30].....	49
Obrázek 31 - Princip návrhu akumulčního objemu nádrže [31]	51
Obrázek 32 - Povrchové vsakovací zařízení [32]	52
Obrázek 33 - Podzemní prostor vyplněný štěrkem [32]	53
Obrázek 35 - Vymezení katastrálního území Dolní Újezd u Litomyšle [33]	56
Obrázek 36 - Znázornění klimatické jednotky řešené lokality [34].....	57
Obrázek 37 - Dlouhodobé průměrné roční teploty vzduchu [36].....	58

Obrázek 38 - Dlouhodobé průměrné roční úhrny srážek [36]	59
Obrázek 39 - Znázornění půdních poměrů řešené lokality [38].....	60
Obrázek 40 - Vibrační prosévačka.....	61
Obrázek 41 - Prosévání pomocí proudu vody.....	61
Obrázek 42 - Hustoměrné válce se suspenzí	62
Obrázek 43 - Používané hustoměry	62
Obrázek 44 - Dvouválcová metoda	64
Obrázek 45 - Navrhovaná akumulční nádrž [43]	71
Obrázek 46 - Navrhované čerpadlo LEO LDW 6-55 [46].....	74
Obrázek 47 - Rotační trysky MP Rotator [47]	76
Obrázek 48 - Kapkovací hadice Aqua-Traxx [48]	77
Obrázek 49 - Rozvodná hadice LAYFLAT [49].....	77
Obrázek 50 - Podzemní vsakovací blok typu AS-NIDAPLAST [50]	78

13 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Součinitele využitelnosti srážek [16]	19
Tabulka 2 - Ztrátové součinitele [16].....	19
Tabulka 3 - Redukční součinitele podle nadmořské výšky [16]	20
Tabulka 4 - Redukční součinitel podle druhu půdy [16].....	20
Tabulka 5 - Možnosti využití jednotlivých typů závlah [6]	27
Tabulka 6 - Součinitele odtoku srážkových povrchových vod [32].....	54
Tabulka 7 - Návrhová periodičita srážek [32].....	55
Tabulka 8 - Dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu [37]	58
Tabulka 9 - Dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty srážkového úhrnu [37].....	59
Tabulka 10 - Přehled zatřídění zemin podle použitých klasifikací.....	63
Tabulka 11 - Přehled propustnosti zemin v závislosti na hodnotě K_s [42].....	64
Tabulka 12 - Posouzení přítoků srážkových vod.....	66
Tabulka 13 - Orientační vymezení závlahové období [16]	67
Tabulka 14 - Výpočet potřeby závlahové vody pěstební plochy a ovocného sadu..	67
Tabulka 15 - Měsíční potřeba závlahové vody v optimálním režimu	68
Tabulka 16 - Měsíční potřeba závlahové vody v úsporném režim	69
Tabulka 17 - Posouzení akumulční nádrže.....	70
Tabulka 18 - Posouzení dostatečnosti zdroje pro optimální režim závlahy.....	71
Tabulka 19 - Posouzení dostatečnosti zdroje pro úsporný režim závlahy	71
Tabulka 20 - Roční náklady na doplňování závlahové vody z vodovodního řadu....	72
Tabulka 21 - Roční náklady na elektrickou energii pro čerpání vody z vrtu	73
Tabulka 22 - Posouzení ekonomické návratnosti realizace vrtu	73
Tabulka 23 - Přehled závlahových režimů a návrhových dávek	80
Tabulka 24 - Harmonogram spouštění závlahy	80

14 ZDROJE

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Sucho [online]. [cit. 2025-08-14]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Definice_sucha.html [1]

HYÁNKOVÁ, Eva. Pedologie a závlahy: Závlahy - 1. přednáška. Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební. [2]

ČHMÚ. Monitoring sucha [online]. [cit. 2025-12-14]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/sucho> [3]

KOZLOVSKY DUFKOVÁ, Jana. Závlahy a odvodnění: teoretické základy a praktická cvičení. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7375-335-1. [4]

KOCHÁNEK, Karel. Hydromeliorační stavby 20: Závlahové stavby. ČVUT, 1992. ISBN 80-01-02369-9. [5]

KULHAVÝ, František. Navrhování hydromelioračních staveb. Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-83-2. [6]

BROUWEREM, C. a JPM HOEVENAARS. Irrigation Water Management: Training Manual No. 6 - Scheme Irrigation Water Needs and Supply <https://www.fao.org/4/U5835E/u5835e00.htm#Contents>. [online]. FAO, 1992. [7]

HYÁNKOVÁ, Eva. Pedologie a závlahy: Závlahy - 2. přednáška. Vysoké učení technické v Brně. [8]

ŠÁLEK, Jan. Vodní hospodářství krajiny I. V Brně: VUTIUM, 1997. ISBN 80-214-0949-5. [9]

Zákon č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách [online]. 2001 [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254> [10]

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Vodohospodářská zařízení III [online]. 2013 [cit. 2025-07-14]. Dostupné z: https://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/odber_a_doprava_vody.html [11]

MZP - MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Podzemní vody [online]. [cit. 2025-07-14]. Dostupné z: <https://mzp.gov.cz/cz/agenda/voda/ochrana-vod/podzemni-vody> [12]

PROFI VODA. Vrtané a kopané studny [online]. [cit. 2025-07-14]. Dostupné z: https://www.profovoda.cz/uvod/vrty-studny/?gclid=Cj0KCOjwmZejBhC_ARIsAGhCqncxjRlKlj_9ZzDxqpe_YFCzBQ5uzpCwnmauGOYd5eeMtTa7NkOq6QAaAvN5EALw_wcB [13]

KRÁLOVÁ, Helena. Vodní hospodářství krajiny I - modul 02: Část II - závlahy. Brno, 2005. [14]

ČSN 75 0434: Meliorace - Potřeba vody pro doplňkovou závlahu. Česká Agentura pro Standardizaci, 2017. [15]

HYÁNKOVÁ, Eva. Přednáška BS007 - Závlaha travnatých ploch: Projekt VHK. [16]

AYERS, R.S. a D.W. WESTCOT. Water quality for agriculture [online]. Rome: FAO [cit. 2026-01-03]. ISBN 92-5-102263-1. [17]

ČSN 75 7143 - Jakost vody pro závlahu. Praha: Česká Agentura pro Standardizaci, 1992. [18]

VEVERKA, Vladimír. Speciální mechanizace - závlahová technika pro zahradnictví. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-738-3. [19]

AQUAHOP. Zavlažovač Bauer Rainstar A2 [online]. [cit. 2026-01-08]. Dostupné z: <https://www.aquahop.cz/zavlahove-systemy/zavlazovac-bauer-rainstar-a2/> [20]

BBTEAMAGRO. Pivotový zavlažovač [online]. [cit. 2026-01-08]. Dostupné z: <https://bbteamagro.sk/pivot-valley.html> [21]

KSNM DRIP. Inline vs Online Drippers: Which is Right for My Business? [online]. 2025 [cit. 2026-01-08]. Dostupné z: <https://ksnmdrip.com/blogs/inline-vs-online-drippers> [22]

PUMP HANDBOOK [online]. Grundfos Management [cit. 2026-01-03]. [23]

TZBINFO. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění: Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení [online]. 2007 [cit. 2025-11-25]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni> [24]

Rainwater harvesting : a lifeline for human well-being [online]. United Nations Environment Programme (UNEP), 2009 [cit. 2026-01-03]. ISBN 978-92-807-3019-7. [25]

Využití srážkových vod [online]. [cit. 2025-11-26]. Dostupné z: <https://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/6-vyuziti-srazkovych-vod> [26]

ALIAxis. Nádrže na dešťovou vodu [online]. [cit. 2025-11-26]. Dostupné z: <https://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/nadrze-na-destovou-vodu> [27]

Metodika výpočtu objemu akumulčních nádrží pro srážkové vody. ČVUT, 2021. [28]

ČSN 75 9010 - Vsakovací zařízení srážkových vod. Česká Agentura pro Standardizaci, 2012. [29]

Základní mapa [online]. [cit. 2025-12-14]. Dostupné z: <https://mapy.com/cs/zakladni?source=muni&id=2775&ds=1&x=16.2625531&y=49.8184477&z=12> [30]

ESRI. Klimatické oblasti České republiky [online]. [cit. 2025-12-27]. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ee190990a1be4ac685d5f7c69c637ae4> [31]

KVĚTOŇ, Vít a Vít VOŽENÍLEK. Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961- 2000. Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2813-0. [32]

ČHMÚ. Mapy charakteristik klimatu [online]. [cit. 2025-12-05]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu> [33]

ČHMÚ. Historická data [online]. [cit. 2025-12-07]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data> [34]

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Půdní mapa ČR [online]. [cit. 2025-12-27]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/#> [35]

ČSN EN 933-1: Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor. Česká Agentura pro Standardizaci, 2012. [36]

NĚMEČEK, Jan. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha, 2001. ISBN 80-238-8061-6. [37]

VOKOUN, Jiří. Příručka pro průzkum lesních půd. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, 2002. [38]

AGROBIOLOGIE. Nasycená hydraulická vodivost - dvouálcový infiltrometr [online]. [cit. 2025-12-02]. Dostupné z: <http://hydropedologie.agrobiologie.cz/dvouvalec.html> [39]

ASIO. Nádrže na dešťovou vodu AS-REWA [online]. [cit. 2026-01-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/85.nadrze-na-destovou-vodu-as-rewa> [40]

VHOS A.S. Ceník vodného a stočného [online]. [cit. 2026-01-15]. Dostupné z: <https://www.vhos.cz/qf/cs/ramjet/moje-obec/cenik-vodne-stocene?localPartId=30309&utm> [41]

ČGS. Databáze geologicky dokumentovaných objektů [online]. [cit. 2026-01-15]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/app/gdo/d.php#> [42]

E-CERPADLA.CZ. Leo LDW-6-55-1100EL 4" [online]. [cit. 2026-01-13]. Dostupné z: <https://www.e-cerpadla.cz/leo-ldw-6-55-1100el-4-s-bocnim-sanim-230-v-22-m-kabel-domaci-vodarna-d-9987.html> [43]

SPRINKLER SYSTEM. MP Rotaror – Rotační Trysky [online]. [cit. 2026-01-09]. Dostupné z: <https://www.sprinklersystem.cz/material/mp-rotator-rotacni-trysky/> [44]

PROFIGRASS. Aqua-TraXX® PBX 16 mm [online]. [cit. 2026-01-09]. Dostupné z: https://www.profigrass.cz/aqua-traxx-pbx-16-mm--tl--steny-0-15-mm--roztec-odkapavacu-30-cm--prutok-1-14-l-h--role-3-048-m/?srsId=AfmBOor_HKadamvn3NHfbvUI04BRIfMdNTSy_yOP_cX7IHgxqh9uJQLT [45]

TORO. Layflat Discharge Hose [online]. [cit. 2026-01-09]. Dostupné z: https://www.toro.com/en/product/Layflat-Discharge-Hose?srsId=AfmBOoqay6UeXWbPtmsHxDtjTfB4J5CpGNtNusmVFYUE7kynvf9N6_L [46]

ASIO. Vsakovací blok AS-NIDAPLAST [online]. [cit. 2026-01-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/100.vsakovaci-blok-as-nidaplast> [47]

EKODRILL. Vrtané studny [online]. [cit. 2026-01-11]. Dostupné z: <https://www.ekodrill.cz/sluzby/vrtane-studny/> [48]

DOLTAK. Kapková závlaha, jak na to? [online]. [cit. 2026-01-08]. Dostupné z: [https://www.doltak.cz/blog-detail/kapkova-zavlaha-jak-na-to-/](https://www.doltak.cz/blog-detail/kapkova-zavlaha-jak-na-to/) [49]

LANGFANG SPRINGRAIN WATER SAVING SCIENCE & TECHNOLOGY CO. The Complete Guide to Drip Irrigation Emitter Types [online]. 2025 [cit. 2026-01-08]. Dostupné z: <https://www.sprrain.com/resources/the-complete-guide-to-drip-irrigation-emitter-types-6853d23249fb7.html>[50]

15 SEZNAM PŘÍLOH

TEXTOVÁ ČÁST

- A.1 PODROBNÝ POPIS POSTŘIKOVAČŮ
- A.2 NÁVRH ROZVODNÉHO POTRUBÍ K POSTŘIKOVAČŮM
- A.3 NÁVRH KAPKOVÉ ZÁVLAHY
- A.4 NÁVRH ČERPADLA
- A.5 ZRNITOSTNÍ ROZBOR A AEROMETRICKÁ ZKOUŠKA
- A.6. KLASIFIKACE ZEMIN
- A.7 INFILTRAČNÍ ZKOUŠKA
- A.8 NÁVRH VSAKOVAČÍHO OBJEKTU
- A.9 SYSTÉM SPOUŠTĚNÍ ZÁVLAHY
- A.10 HYDROGEOLOGICKÉ ÚDAJE ARCHIVNÍHO VRTU
- A.11 ORIENTAČNÍ INVESTIČNÍ NÁKLADY VRTANÉ STUDNY

VÝKRESOVÁ ČÁST

- B.1 SITUACE ŠIRŠÍCH VZTAHŮ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ
- B.2 SITUACE NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ
- B.3 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ
- B.4 NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ POSTŘIKOVAČŮ
- B.5 NÁVRH UMÍSTĚNÍ POTRUBÍ
- B.6 NÁVRH ZÁVLAHY PĚSTEBNÍ PLOCHY
- B.7 NÁVRH ZÁVLAHY OVOCNÉHO SADU
- B.8 SCHÉMA ZAPOJENÍ VENTILOVÝCH ŠACHET

A.1 PODROBNÝ POPIS POSTŘIKOVAČŮ

Výrobce trysek do postřikovačů: **HUNTER**

Počet postřikovačů: **54 ks**

SEKCE 1

Ozn.	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 2000-90	6,4	5,8	90	3	1,74	12
2	MP 1000-180	4,3	-	180	3	1,67	13
3	MP 2000-90	6,4	5,8	90	3	1,74	12
4	MP 2000-90	6,4	5,8	90	3	1,74	12
5	MP 1000-180	4,3	-	180	3	1,67	13
6	MP 2000-90	6,4	5,8	90	3	1,74	12

10,3

SEKCE 2

Ozn.	Typ trysky	Rozměr dostřiku [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MPLCS-515	1,7x4,8	-	3,5	0,94	15
2	MPSS-530	1,7x9,6	-	3,5	1,87	15
3	MPSS-530	1,7x9,6	-	3,5	1,87	15
4	MPLCS-515	1,7x4,8	-	3,5	0,94	15

5,62

SEKCE 3

Ozn.	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
2	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
3	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
4	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
5	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
6	MP 800SR-90	3,5	-	90	3,8	1,06	23
7	MP 800SR-90	3,5	-	90	3,8	1,06	23
8	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
9	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
10	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
11	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21

19,13

SEKCE 4

Ozn.	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
2	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
3	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
4	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
5	MP 800SR-90	3,5	-	90	3,8	1,06	23
6	MP 800SR-90	3,5	-	90	3,8	1,06	23
7	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
8	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
9	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
10	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21
11	MP 800SR-180	3,5	-	180	3,8	1,89	21

15,35**SEKCE 5**

Ozn.	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 3000-180	8,5	7,2	180	2,5	6,44	12
2	MP 3000-90	8,5	7,2	90	2,5	3,11	12
3	MP 3000-90	8,5	7,2	90	2,5	3,11	12
4	MP 3000-180	8,5	7,2	180	2,5	6,44	12
5	MP 3000-180	8,5	7,2	180	2,5	6,44	12

25,54**SEKCE 6**

Ozn.	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 3000-180	8,5	7,2	180	2,5	6,44	12
2	MP 3000-180	8,5	7,2	180	2,5	6,44	12
3	MP 3000-90	8,5	7,2	90	2,5	3,11	12
4	MP 3000-90	8,5	7,2	90	2,5	3,11	12
5	MP 3000-180	8,5	7,2	180	2,5	6,44	12

25,54

SEKCE 7

Ozn	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24
2	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24
3	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24
4	MP 815-90	4,8	4,6	90	3,1	1,97	24
5	MP 815-90	4,8	4,6	90	3,1	1,97	24
6	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24

18,46**SEKCE 8**

Ozn.	Typ trysky	Dostřik [m]	Redukce [m]	Úhel [°]	Tlak [bar]	Průtok [l/min]	Úhrn [mm/ha]
1	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24
2	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24
3	MP 815-90	4,8	4,6	90	3,1	1,97	24
4	MP 815-90	4,8	4,6	90	3,1	1,97	24
5	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24
6	MP 815-180	4,6	-	180	3,1	3,63	24

18,46**A.2 NÁVRH ROZVODNÉHO POTRUBÍ K POSTŘIKOVAČŮM**Materiál trubního systému: **HDPE 100****SEKCE 1**

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ1-1	HDPE 100 16×1,5	0,88	10,3	0,85	0,14
1-2	HDPE 100 16×1,5	4	8,56	0,71	0,46
2-3	HDPE 100 16×1,5	3,9	6,89	0,57	0,30
3-4	HDPE 100 16×1,5	5,21	5,15	0,43	0,23
4-5	HDPE 100 16×1,5	3,82	3,41	0,28	0,08
5-6	HDPE 100 16×1,5	4,04	1,74	0,14	0,02

SEKCE 2

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ1-1	HDPE 100 16×1,5	1,65	5,62	0,47	0,09
1-2	HDPE 100 16×1,5	5,98	4,68	0,39	0,23
2-3	HDPE 100 16×1,5	6,1	2,81	0,23	0,09
3-4	HDPE 100 16×1,5	4,57	0,94	0,08	0,01

SEKCE 3

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ1-1	HDPE 100 25×2,0	1,97	19,13	0,65	0,10
1-2	HDPE 100 25×2,0	3,6	17,24	0,59	0,15
2-3	HDPE 100 25×2,0	3,6	15,35	0,52	0,12
3-4	HDPE 100 16×1,5	3,6	13,46	1,12	0,96
4-5	HDPE 100 16×1,5	3,6	11,57	0,96	0,73
5-6	HDPE 100 16×1,5	3,84	9,68	0,80	0,56
6-7	HDPE 100 16×1,5	3,12	8,62	0,71	0,37
7-8	HDPE 100 16×1,5	3,84	7,56	0,63	0,35
8-9	HDPE 100 16×1,5	3,6	5,67	0,47	0,19
9-10	HDPE 100 16×1,5	3,6	3,78	0,31	0,09
10-11	HDPE 100 16×1,5	3,6	1,89	0,16	0,03

SEKCE 4

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ2-3	HDPE 100 16×1,5	2,6	15,35	1,27	0,89
3-2	HDPE 100 16×1,5	3,6	3,78	0,31	0,09
2-1	HDPE 100 16×1,5	3,6	1,89	0,16	0,03
3-4	HDPE 100 16×1,5	3,6	13,46	1,12	0,96
4-5	HDPE 100 16×1,5	3,3	11,57	0,96	0,67
5-6	HDPE 100 16×1,5	3,0	10,51	0,87	0,51
6-7	HDPE 100 16×1,5	3,38	9,45	0,78	0,47
7-8	HDPE 100 16×1,5	3,6	7,56	0,63	0,33
8-9	HDPE 100 16×1,5	3,6	5,67	0,47	0,19
9-10	HDPE 100 16×1,5	3,6	3,78	0,31	0,09
10-11	HDPE 100 16×1,5	3,6	1,89	0,16	0,03

SEKCE 5

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ2-1	HDPE 100 16×1,5	5,5	6,44	0,53	0,38
VŠ2-2	HDPE 100 16×1,5	1,06	19,1	1,58	2,81
2-3	HDPE 100 16×1,5	6,9	15,99	1,33	2,02
3-4	HDPE 100 16×1,5	6,9	12,88	1,07	1,35
5-6	HDPE 100 16×1,5	5,3	6,44	0,53	0,38

SEKCE 6

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ2-1	HDPE 100 25×2,0	11,12	25,54	0,87	0,94
1-2	HDPE 100 25×2,1	5,37	19,1	0,65	0,27
2-3	HDPE 100 16×1,5	6,9	12,66	1,05	1,65
3-4	HDPE 100 16×1,5	6,8	9,55	0,79	0,96
5-6	HDPE 100 16×1,5	6,88	6,44	0,53	0,47

SEKCE 7

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ3-1	HDPE 100 25×2,0	1,38	18,46	0,63	0,06
1-2	HDPE 100 25×2,0	3,87	14,83	0,50	0,12
2-3	HDPE 100 16×1,5	4,64	11,2	0,93	0,88
3-4	HDPE 100 16×1,5	4,29	7,57	0,63	0,39
4-5	HDPE 100 16×1,5	4,24	5,6	0,46	0,22
5-6	HDPE 100 16×1,5	4,3	3,63	0,30	0,10

SEKCE 8

Úsek	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
VŠ3-1	HDPE 100 25×2,0	6,06	18,46	0,63	0,28
1-2	HDPE 100 16×1,5	4,8	14,83	1,23	1,53
2-3	HDPE 100 16×1,5	4,34	11,2	0,93	0,83
3-4	HDPE 100 16×1,5	4,01	9,23	0,77	0,53
4-5	HDPE 100 16×1,5	4,29	7,26	0,60	0,37
5-6	HDPE 100 16×1,5	4,88	3,63	0,30	0,12

A.3 NÁVRH KAPKOVÉ ZÁVLAHY

A.3.1 OKRASNÉ PLOCHY

Výrobce kapkovací závlahy: **TORO**
Typ a model kapkovací hadice: **DRIP IN PC 16 mm**

Sekce	Plocha [m ²]	Délka hadice [m]	Počet kapkovačů [ks]	Průtok 1 kapk. [l/hod]	Průtok sekce [l/min]	Závlahová dávka [mm/týdně]	Potřeba vody na den [l]
9	45,6	125,4	382	2	12,73	10	65,16
10	90,7	229,5	696	2	23,20	10	129,61
11	36,0	106,5	324	2	10,80	10	51,39
12	15,0	40,2	122	2	4,07	10	21,43

Materiál přívodního potrubí: **HDPE 100**

Sekce	Potrubí	Délka [m]	Q [l/min]	v [m/s]	Ztráty třením [m]
9	HDPE 100 16×1,5	15,69	12,73	1,06	3,78
10	HDPE 100 25×2,0	22,57	23,20	0,79	1,60
11	HDPE 100 16×1,5	13,28	10,80	0,90	2,36
12	HDPE 100 16×1,5	10,55	4,07	0,34	0,31

A.3.2 PĚSTEBNÍ PLOCHA

Výrobce kapkovací závlahy: **TORO**
Typ a model rozvodné hadice: **LAYFLAT DN 40**
Typ a model kapkovací hadice: **AQUA-TRAXX DN 16**
Materiál přívodního potrubí: **HDPE 100**

Sekce	Plodina	Plocha [m ²]	Počet kapkovačů [ks]	Závlahové období [měs]	Průtok 1 kapk. [l/hod]	Průtok sekce [l/min]	Potřeba vody na den [l]
A	Brambory	18	150	2,8	1,41	3,525	16,58
B	Rajčata	12	100	3,3	1,41	2,35	11,88
C	Salát	12	100	2,3	1,41	2,35	22,17

A.3.3 OVOCNÝ SAD

Výrobce kapkovací závlahy:	TORO
Typ a model kapkovací hadice sekce D:	LDPE HOSE DN 16
Typ a model kapkovací hadice sekce E:	NEPTUNE PC AS DN 16
Materiál rozvodného potrubí:	HDPE 100
Materiál přívodního potrubí:	HDPE 100

Sekce	Plodina	Plocha [m ²]	Počet kapkovačů	Závlahové období [měs]	Průtok 1 kapk. [l/hod]	Průtok sekce [l/min]	Potřeba vody na den [l]
D	Meruňky	30	10	3,4	5,00	0,83	37,12
E	Jabloně	30	15	4,5	3,80	0,95	51,51

A.4 NÁVRH ČERPADLA

Byly posouzeny dvě hydraulicky nejnáročnější zavlažovací sekce, a to sekce 6 rozhodující z hlediska požadovaného průtoku a sekce 3 rozhodující z hlediska požadované dopravní výšky.

Tlakové ztráty byly stanoveny po jednotlivých úsecích potrubí k nejvzdálenějšímu postřikovači od akumulární nádrže. Místní ztráty byly určeny pomocí ekvivalentních délek L_{eq} z tabulkových hodnot pro plastové závlahové potrubí.

SEKCE 6

Návrhový průtok:	25,54 l/min
Dopravní výška:	31,98 m
Potřebný přetlak:	2,5 bar = 25 m v. sl.
Geodetická výška:	2 m
Ztrátová výška:	4,98 m

Úsek	Délka [m]	DN	Ztráta třením [m]	Armatury na úseku	ΣL_{eq}	Ztráta místní [m]
VŠ2 - 1	11,12	25	0,94	2x koleno 15°, 1x T-kus	1,6	0,08
1-2	5,37	25	0,27	1x T-kus	0,8	0,04
2-3	6,9	16	1,65	1x koleno 90°, 1x T-kus, 1x redukce	1,6	0,38
3-4	6,8	16	0,96	1x koleno 90°, 1x T-kus	1,28	0,16
5-6	6,88	16	0,47	1x T-kus	0,64	0,04
			4,28			0,70

SEKCE 3

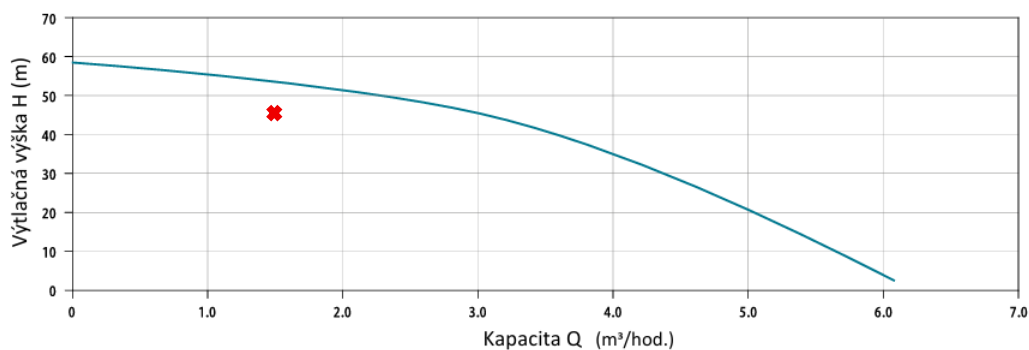
Návrhový průtok: 19,13 l/min
Dopravní výška: 44,54 m
Potřebný přetlak: 3,8 bar = 38 m v. sl.
Geodetická výška: 2 m
Ztrátová výška: 4,54 m

Úsek	Délka [m]	DN	Ztráta třením [m]	Armatury na úseku	ΣLeq	Ztráta místní [m]
VŠ1-1	1,97	25	0,10	1x koleno 15°	0,1	0,00
1-2	3,6	25	0,15	2x T-kus	1,6	0,07
2-3	3,6	25	0,12	1x T-kus	0,8	0,03
3-4	3,6	16	0,96	1x T-kus	0,8	0,21
4-5	3,6	16	0,73	1x T-kus	0,6	0,12
5-6	3,84	16	0,56	1x T-kus, 1x koleno 90°, 1x redukce	1,6	0,23
6-7	3,12	16	0,37	1x T-kus, 1x koleno 90°	1,1	0,13
7-8	3,84	16	0,35	1x T-kus	0,6	0,06
8-9	3,6	16	0,19	1x T-kus	0,6	0,03
9-10	3,6	16	0,09	1x T-kus	0,6	0,02
10-11	3,6	16	0,03	1x T-kus	0,6	0,00
			3,64			0,90

Návrhové parametry čerpadla

Návrhový průtok: **25,54 l/min = 1,53 m³/hod**
Dopravní výška: **44,54 m**
Vybraný typ čerpadla: **LEO LDW 6-55**

Navržený pracovní bod, označený červeným křížkem, se podle hydraulické charakteristiky čerpadla nachází v oblasti s dostatečnou rezervou dopravní výšky.



A.5 ZRNITOSTNÍ ROZBOR A AEROMETRICKÁ ZKOUŠKA

A.5.1 VZOREK ZEMINY Č. 1 – PĚSTEBNÍ PLOCHA

Celková navážka [g]	100			
Prosévání	Síta [mm]	Podíl [g]	Podíl [%]	Propad [%]
Sítový rozbor za sucha	4	0.00	0.00	100.00
	2	1.73	1.73	98.27
Sítový rozbor za mokra	1	8.25	8.25	90.02
	0.5	23.92	23.92	66.10
	0.5	22.37	22.37	43.73
	0.125	14.45	14.45	29.28
	0.063	12.07	12.07	17.21
	<0,063	17.21	17.21	0.00

100.00

t [s]	T [°C]	Ro [-]	Rm [-]	D [mm]	W [%]	X [%]
30	18.5	17	15.75	0.071	139.68	24.04
60	18.5	15.5	14.25	0.051	126.38	21.75
120	18.5	14.5	13.25	0.037	117.51	20.22
300	18.5	13	11.75	0.024	104.21	17.93
900	18.5	10	8.75	0.014	77.60	13.36
2700	18.5	8.5	7.25	0.008	64.30	11.07
7200	19	5.5	4.25	0.005	37.69	6.49
18000	18.8	3	1.75	0.003	15.52	2.67
86400	18.1	1.9	0.65	0.002	5.76	0.99

T [s] – čas

T [°C] – teplota

Ro [-] – odečet hustoměru

Rm [-] – korigovaný odečet hustoměru (zohlednění teploty a menisku)

D [mm] – ekvivalentní průměr částic odpovídající dané době sedimentace

W [%] – hmotnostní podíl částic jemnějších než D

X [%] – hmotnostní procento částic jemnějších než D v celé zemině

A.5.2 VZOREK ZEMINY Č. 2 – OVOCNÝ SAD

Celková navážka [g]	100			
Prosévání	Síta [mm]	Podíl [g]	Podíl [%]	Propad [%]
Sítový rozbor za sucha	4	0.00	0.00	100.00
	2	2.96	2.96	97.04
Sítový rozbor za mokra	1	17.83	17.83	79.21
	0.5	19.92	19.92	59.29
	0.5	15.74	15.74	43.55
	0.125	11.43	11.43	32.12
	0.063	12.25	12.25	19.87
	<0,063	19.87	19.87	0.00
100.00				

t [s]	T [°C]	Ro [-]	Rm [-]	D [mm]	W [%]	X [%]
30	18.5	20.1	18.85	0.067	144.80	28.77
60	18.5	18.8	17.55	0.048	134.81	26.79
120	18.5	16.5	15.25	0.036	117.14	23.28
300	18.5	14	12.75	0.023	97.94	19.46
900	18.5	11.5	10.25	0.014	78.74	15.64
2700	18.5	8	6.75	0.008	51.85	10.30
7200	19	4.5	3.25	0.005	24.96	4.96
18000	18.8	3	1.75	0.003	13.44	2.67
86400	18.1	2.7	1.45	0.002	11.14	2.21

T [s] – čas

T [°C] – teplota

Ro [-] – odečet hustoměru

Rm [-] – korigovaný odečet hustoměru (zohlednění teploty a menisku)

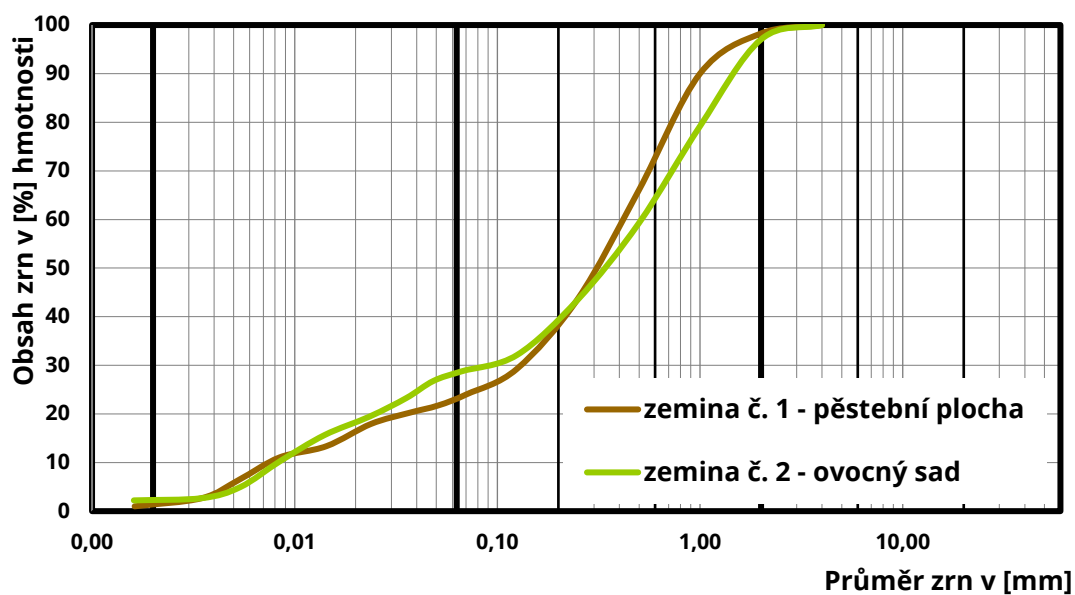
D [mm] – ekvivalentní průměr částic odpovídající dané době sedimentace

W [%] – hmotnostní podíl částic jemnějších než D

X [%] – hmotnostní procento částic jemnějších než D v celé zemině

Výsledné křivky zrnitosti

Prosévání + aerometrická zk.	Vzorek zeminy č. 1		Vzorek zeminy č. 2	
	Síta [mm]	Propad [%]	Síta [mm]	Propad [%]
Sítový rozbor za sucha	4	100.00	4	100.00
Sítový rozbor za mokra	2	98.27	2	97.04
	1	90.02	1	79.21
	0.5	66.10	0.5	59.29
	0.25	43.73	0.25	43.55
	0.125	29.28	0.125	32.12
Aerometrická zkouška	0.071	24.04	0.067	28.77
	0.051	21.75	0.048	26.79
	0.037	20.22	0.036	23.28
	0.024	17.93	0.023	19.46
	0.014	13.36	0.014	15.64
	0.008	11.07	0.008	10.30
	0.005	6.49	0.005	4.96
	0.003	2.67	0.003	2.67
0.002	0.99	0.002	2.21	

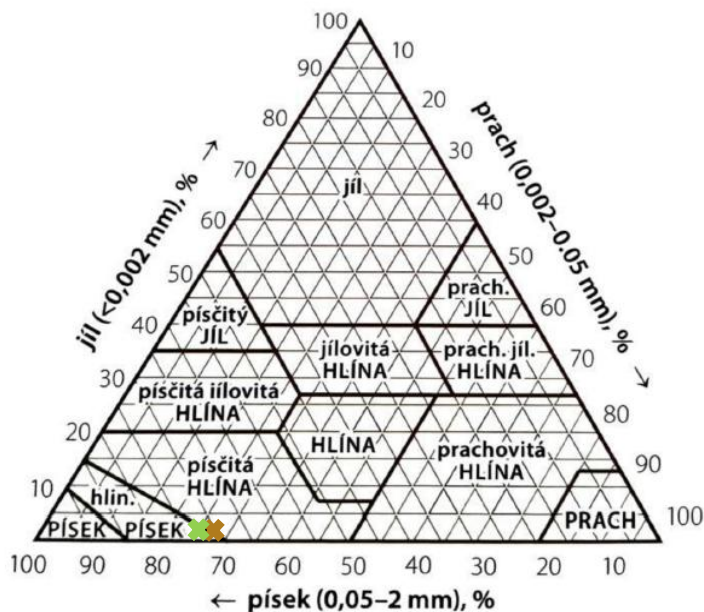


A.6 KLASIFIKACE ZEMIN

A.6.1 DLE TROJÚHELNÍKOVÉHO DIAGRAMU

Obě zkoumané zeminy se podle trojúhelníkového diagramu nacházejí na pomezí hlinitého písku a písčité hlíny. Vzhledem k převažujícímu podílu písčité frakce a velmi nízkému obsahu jílu však byly obě zeminy zaříděny jako hlinitý písek.

Frakce v [%]	Písek	Prach	Jíl	
Vzorek zeminy č. 1	70,7	26,6	1	=> hlinitý písek ✖
Vzorek zeminy č. 2	67,9	29,5	2,2	=> hlinitý písek ✖



A.6.2 DLE NOVÁKA

Obsah částic < 0,01			
Vzorek zeminy č. 1	12	[%]	=> hlinitopísčité HP (lehká)
Vzorek zeminy č. 2	12,4	[%]	=> hlinitopísčité HP (lehká)

Obsah částic < 0,01 mm [mm]	Označení durhu půdy	Zkratka	Klasifikace půdy
0 - 10	písčité	P	lehká
10 - 20	hlinitopísčité	HP	
20 - 30	písčitohlinité	PH	středně těžká
30 - 45	hlinité	H	
45 - 60	jílovitohlinité	JH	těžká
60 - 75	jílovité	JV	
>75	jílo	J	

A.7 INFILTRAČNÍ ZKOUŠKA

Dvouválcový infiltrometr

Průměr vnitřního válce R:

0,32 m

Infiltrační plocha S:

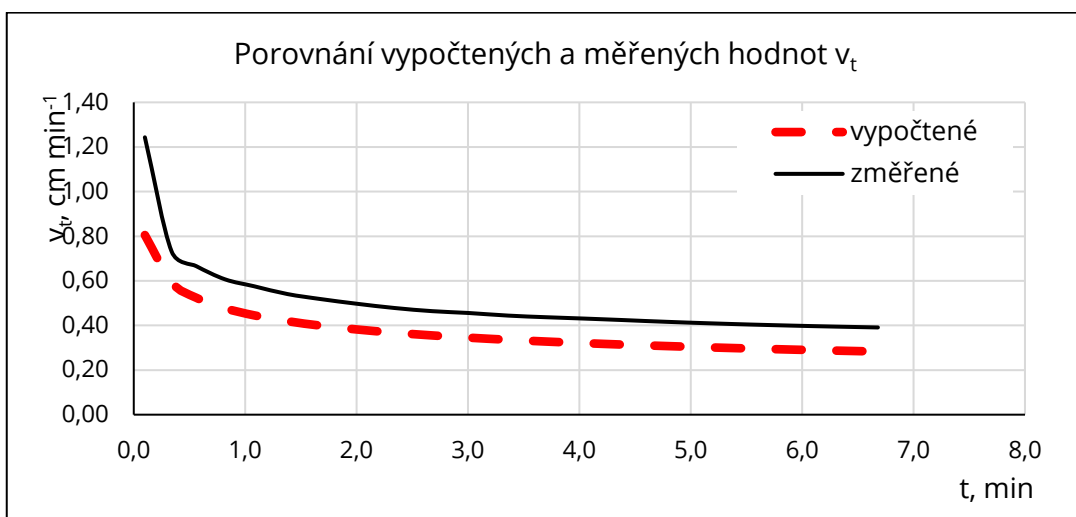
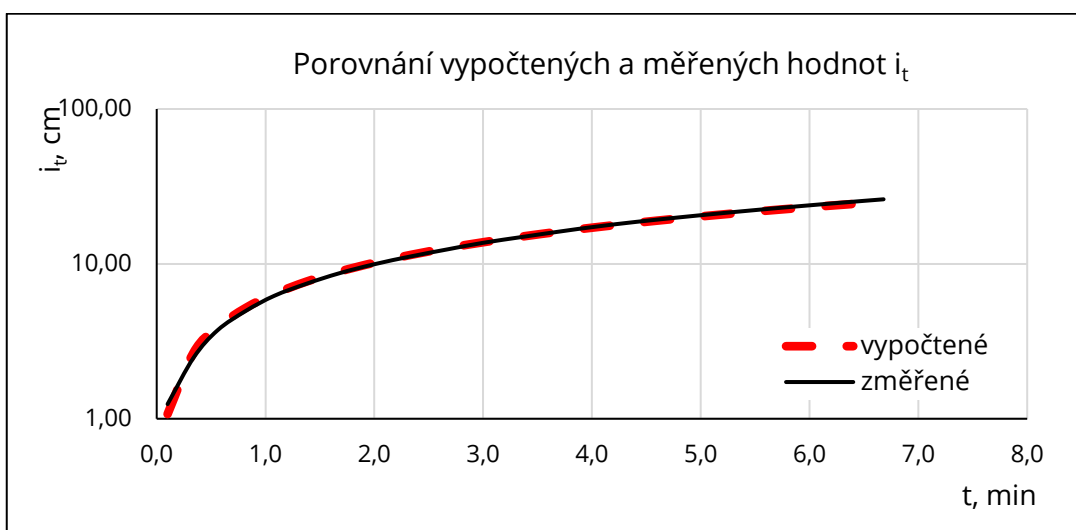
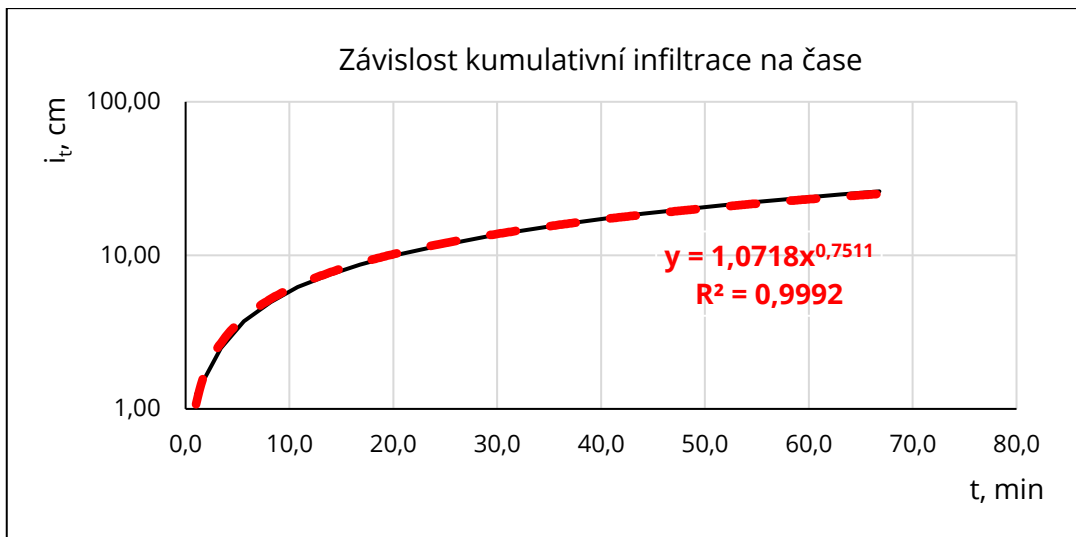
0,0804 m²

Pořadí měření	t _{kum} (min)	Změřeno				Kostjakov	
		Doplněný objem	Vsáknutý objem	Kumulativní infiltrace	Vsakovací rychlost	Kumulativní infiltrace	Vsakovací rychlost
		ΔV (cm ³)	V (l)	i _t (cm)	v _t (cm/min)	i _{t,K} (cm)	v _{t,K} (cm/min)
1	start = 0	1	0	0	0		
2	1,0	1	1,0	1,24	1,24	1,07	0,81
3	3,4	1	2,0	2,49	0,73	2,69	0,59
4	5,6	1	3,0	3,73	0,67	3,91	0,52
5	8,2	1	4,0	4,97	0,61	5,21	0,48
6	10,8	1	5,0	6,22	0,58	6,40	0,45
7	13,8	1	6,0	7,46	0,54	7,70	0,42
8	16,8	1	7,0	8,70	0,52	8,92	0,40
9	20,0	1	8,0	9,95	0,50	10,17	0,38
10	23,4	1	9,0	11,19	0,48	11,44	0,37
11	26,8	1	10,0	12,43	0,46	12,67	0,36
12	30,0	1	11,0	13,68	0,46	13,79	0,35
13	33,6	1	12,0	14,92	0,44	15,02	0,34
14	37,0	1	13,0	16,16	0,44	16,15	0,33
15	40,4	1	14,0	17,41	0,43	17,25	0,32
16	44,0	1	15,0	18,65	0,42	18,39	0,31
17	47,8	1	16,0	19,89	0,42	19,57	0,31
18	51,6	1	17,0	21,14	0,41	20,73	0,30
19	55,4	1	18,0	22,38	0,40	21,86	0,30
20	59,2	1	19,0	23,62	0,40	22,98	0,29
21	63,0	1	20,0	24,87	0,39	24,08	0,29
22	66,8		21,0	26,11	0,39	25,16	0,28
23	4320					576,51	0,10

Parametry pro výpočet infiltrace dle Kostjakova

i ₁	1,072	α	0,249
β	0,751	v ₁	0,805

Výsledná kumulativní infiltrace dle Kostjakova - i _{t,K}	25,16	cm
Výsledná vsakovací rychlost dle Kostjakova - v _{t,K}	0,28	cm/min
Vsakovací rychlost v čase 72 hodin v _{t,72}	0,10	cm/min



A.8 NÁVRH VSAKOVACÍHO OBJEKTU

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

Akce: **Návrh zasakovacího objektu**
 Vypracoval: **Veselá Romana**



Datum zpracování: 25.12.2025
 Výpočtový program: ASIO NEW RN V4.0

1. Návrh typu RN

Výrobek: AS-NIDAPLAST

Délka L: 7,20 m
 Šířka B: 1,20 m
 Výška H: 0,52 m
 Plocha vsaku $A_{vsak} = L * B$: 8,64 m²

AS-NIDAPLAST L / B / H 2.4 / 1.2 / 0.52 m
 AS-KRECHT L / B / H 2.3 / 1.3 / 0.8 m
 AS-NIDAFLOW L / B / H 2.4 / 1.2 / 0.52 m
 AS-KRECHT OPTIMAL L / B / H 2.15 / 1.15 / 0.68 m

2. Stanovení vsaku

podstata: písek střední (5.10-5)

Koeficient vsaku K_v : 5,00E-05 m/s k, nutno zadat dle HGP, pouze pro orientaci necháváme součinitel infiltrace
 Součinitel bezpečnosti vsaku f: 2
 Vsakový Q_v : 160 / 320 **0,216 l/s**

3. Povolný odtok do kanalizace

Povolný odtok do kanalizace $Q_o(Q_o^{**})$: **0,000 l/s** stanoví správce toku, provozovatel kanalizace nebo příslušný úřad

4. Stanovení povrchového odtoku

Oblast: 3 Políčka
 Periodicita: 0,2 Komentář

Typ plochy -> součinitel odtoku ϕ	Odtok. souč. ϕ	Odvodňovaná plocha S [m]	S [ha]	Redukovaná plocha $S_r = S * \phi$	S_r [m ²]
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	132	0,01	132	132
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	35	0,00	35	35
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
Celkem				167,00	167

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

Doba trvání deště T_c	min	5	10	15	20	30	40	60	120	
Návrhové úhrny srážek	mm	9,7	13,7	16,0	17,8	20,2	21,7	24,1	28,2	
Povrchový odtok Q_d (Q_c^{**})	l/s	5,4	3,8	3,0	2,5	1,9	1,5	1,1	0,7	
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(c)} - Q_o - Q_v$	l/s	5,2	3,6	2,8	2,3	1,7	1,3	0,9	0,4	
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} * T_c$	m ³	1,6	2,3	2,6	2,9	3,2	3,3	3,5	3,4	
Doba trvání deště T_c	hod	4	6	8	10	12	18	24	48	72
Návrhové úhrny srážek	mm	34,1	39,9	41,7	42,7	43,7	46,8	49,0	64,3	73,9
Povrchový odtok Q_d (Q_c^{**})	l/s	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(c)} - Q_o - Q_v$	l/s	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} * T_c$	m ³	2,9	2,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

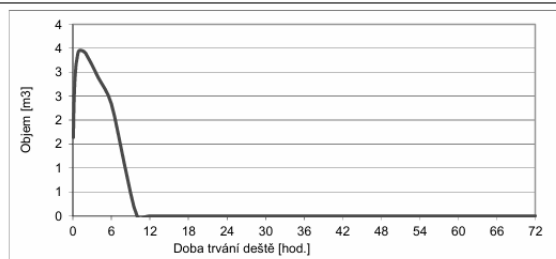
5. Stanovení retenčního objemu

Vypočteno pro T_e :
Retenční objem V: 3,5 m³
Doba prázdnění RN: 4 hod

6. Posouzení výrobku

1,3

Výrobek: AS-NIDAPLAST
Skladební délka: 7,20 m
Skladební šířka: 1,20 m
Skladební výška: 0,52 m
Výška plnění: 0,42 m
Využití: 80,0 %
Počet bloků: 3 ks



Drenáž pod bloky **Aktivní pouze pro AS-NIDAFLOW**

*Optimalizujte využití RN, pomocí tlačítek <> můžete změnit výšku, šířku a délku RN.
**Platí pro návrh AS-NIDAFLOW

www.asio.cz
asio@asio.cz

ASIO NEW, spol. s r. o.
Kšírova 552/45, 619 00 Brno

A.9 SYSTÉM SPOUŠTĚNÍ ZÁVLAHY

A.9.1 TRAVNATÁ PLOCHA

Četnost zavlažování:

2x týdně

Závlahová dávka v optimálním režimu:

10 mm

Sekce	Q [l/min]	Úhrn [mm/h]	Doba 1 spuštění [min]	Čas spuštění
1	10,30	13	50	03:00 - 03:50
2	5,62	15	40	03:50 - 04:30
3	19,13	23	29	04:30 - 05:00
4	15,35	23	29	05:00 - 05:30
5	25,54	12	50	05:30 - 06:20
6	25,54	12	50	06:20 - 07:10
7	18,46	24	25	07:10 - 07:35
8	18,46	24	25	07:35 - 08:00

A.9.2 OKRASNÁ PLOCHA

Četnost zavlažování: **1x týdně**

Závlahová dávka: **10 mm**

Sekce	S [m ²]	Q [l/min]	Doba 1 spuštění [min]	Čas spuštění
9	45,61	12,73	36	03:00 - 03:36
10	90,73	23,20	39	03:40 - 04:19
11	35,97	10,80	33	04:20 - 04:53
12	15	4,07	37	04:55 - 05:32

A.9.3 PĚSTEBNÍ PLOCHA

Četnost zavlažování: **každý den**

Sekce spouštěny současně.

Sekce	Potřeba vody [m ³ /den]	Q [l/min]	Doba 1 spuštění [min]	Čas spuštění
A	0,0166	3,53	5	03:00 - 03:05
B	0,0119	2,35	5	03:05 - 03:10
C	0,0222	2,35	9	03:10 - 03:19
Σ	0,0506	8,23	19,20	03:00 - 03:20

A.9.4 OVOCNÝ SAD

Četnost zavlažování: **2x týdně**

Sekce spouštěny současně.

Sekce	Potřeba vody [m ³ /den]	Q [l/min]	Doba 1 spuštění [min]	Čas spuštění
D	0,04	0,83	155,90	03:00 - 05:36
E	0,05	0,95	189,76	03:00 - 06:10
Σ	0,09	1,78	345,66	03:00 - 06:10

A.10 HYDROGEOLOGICKÉ ÚDAJE ARCHIVNÍHO VRTU

Česká geologická služba
databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU HV-1 [Dolní Újezd, okres Svitavy]

Klíč báze GDO : 743195 Číslo posudku : P154703 Mapy 1:25.000 14-332 M-33-81-D-a
Souřadnice - X : 1088775.70 Y : 616348.60 [odečteno autory zprávy]
Nadmořská výška : 418.00 [nezaměřeno (odečteno z mapy)] Rok ukončení : 2017
Hloubka / délka : 85.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 9.1.2026
Účel objektu : hydrogeologický
Realizace : CHOMEX s.r.o.
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
komentář k poloze

Kvartér
0.00 - 2.50 : **hlína** jílovitá, písčitá, šterkovitá
přítomnost : šterk jílovcový, v ostrohranných úlomcích
Křída - turon
2.50 - 5.00 : **eluvium** jílovcové, vápnité, rozpadavé, hnědé
přechod : jílovec vápnitý, rozpadavý, navětralý hnědý
5.00 - 42.00 : **jílovec** jemně písčitý, prachovitý, slabě rozpukaný, šedohnědý
přítomnost : pískovec jemnozrný, ve vložkách
42.00 - 55.00 : **jílovec** prachovitý, slabě rozpukaný, kompaktní, šedý
přítomnost : jílovec jemně písčitý, ve vložkách hnědošedý
55.00 - 80.00 : **jílovec** vápnitý, slabě rozpukaný, kompaktní, tmavě šedý
80.00 - 85.00 : **pískovec** jemnozrný, rozpukaný, silně zvodnělý, světle hnědý
přítomnost : jílovec ve vložkách šedý

ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY
2.50 - 85.00 : Orlicko-žďárský vývoj české křídý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 41.67 druh hladiny : ustálená

Provedené zkoušky

zkoušky vody na kontaminaci, hydrogeologické zkoušky a měření, chemické rozbory vody

A.11 ORIENTAČNÍ INVESTIČNÍ NÁKLADY VRTANÉ STUDNY

Název	Jednotka	Počet	Cena za jednotku	Celkem
			Kč	Kč
Zhotovení prováděcího projektu hydrogeol. průzkumu, vodoprávní souhlas, stanovisko krajského úřadu, ohlášení obci, evidence v Geofondu	ks	1	9 500	9 500
Vrtné práce - včetně vystrojení				
převážka vrtné soupravy a materiálu	ks	1	8 000	8 000
příprava a likvidace staveniště - nájezd v těžko přístupném terénu			dle skutečnosti	
montáž a demontáž soupravy	ks	2	1 500	3 000
vrtné práce D 300 mm rotační a 254 mm- rotačně přiklepové	bm	85	2 000	170 000
pažení a odpažení vrtu ocelovou pažnicí D 273 mm (dle skutečnosti)	bm	6	500	3 000
vystrojení vrtu - výstroj PVC D 160 (140) mm (plná a perforovaná)	bm	85	500	42 500
dno výstroje	ks	1	300	300
obsyp kačirkem frakce 4/8 mm	bm	80	200	16 000
jílování	bm	5	1 200	6 000
zabezpečení vrtu skruží	ks	0	5 500	00
Vrtné práce celkem				248 800
Hydrodynamická zkouška				
montáž a demontáž čerpacího zařízení	ks	2	1 000	2 000
krátkodobá čerpací zkouška (3 dny) se stoupací zkouškou (1 den)	den	4	2 500	10 000
vyčištění vrtu	ks	1	4 000	4 000
doprava 3x	kmpl	1	1 500	1 500
Hydrodynamická zkouška celkem				17 500
Hydrochemické práce				
Odběr vzorků podzemní vody	sada	1	200	200
Odvoz vzorků do laboratoře	kmpl	1	300	300
Laboratorní analýza dle vyhl. č. 252/2004 Sb. - krácený rozsah	sada	1	1 500	1 500
Hydrochemické práce celkem				2 000
Hydrogeologické práce				
sled a řízení prací osobou s odb. způsobilostí v oboru hydrogeologie (řešitel)	ks	1	4 000	4 000
doprava odpovědného řešitele hg průzkumu 2x	kmpl	1	1 000	1 000
vyhodnocení prací závěrečnou zprávou, hg. vyjádření	ks	1	8 500	8 500
projekt autorizované osoby v oboru vodních staveb	ks	1	7 500	7 500
Hydrogeologické práce celkem				21 000
Celkem				298 800

POZNÁMKY:

Ceny bez DPH.

Nabídka je zpracována tak, aby vykonané činnosti odpovídaly zákonům platným v ČR. Použitá výstroj (PVC) a ostatní materiály budou mít atest na pitnou vodu.



ALTEC International s.r.o.

Holešov - leden 2026

Zpracoval:

Ing. Jaroslav Sedláček