

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2021

Jan Pikna



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

KAPKOVÁ ZÁVLAHA ZEMĚDĚLSKÝCH PLOCH

DRIP IRRIGATION OF AGRICULTURAL LAND

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Jan Pikna

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

KAPKOVÁ ZÁVLAHA ZEMĚDĚLSKÝCH PLOCH

DRIP IRRIGATION OF AGRICULTURAL LAND

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Jan Pikna

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Pikna
Název	Kapková závlaha zemědělských ploch
Vedoucí práce	Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

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

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude z části koncipována jako literární rešerše v oblasti závlahových systémů menších zemědělských ploch se zaměřením na lokalizované závlahy. Rozebrány budou jednotlivé systémy, možnosti a vhodnost jejich použití.

Druhou částí práce bude aplikace získaných poznatků pro vypracování studie závlahového systému pěstebních ploch v areálu zemědělské farmy. Bude vybrána nejvhodnější varianta a zpracováno základní technické řešení. Studie bude obsahovat jak textovou, tak výkresovou část v rozsahu dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje problematice závlah se zaměřením na kapkové závlahy. První polovina práce je odbornou rešerší na toto téma, zmiňuje důvody výstavby závlahových systémů a vyjmenovává příčiny a druhy sucha a klimatické krize. Stručně jsou zde vyjmenovány druhy závlah a způsoby úpravy závlahové vody. Podstatná část rešerše se věnuje kapkové závlaze, jejím výhodám a nevýhodám, použitím v praxi a jednotlivým důležitým součástem systému kapkové závlahy. Závěr rešerše je věnován filtraci vody pro kapkovou závlahu.

Druhou částí práce je praktický návrh kapkové závlahy zemědělských ploch pro pěstování zeleniny. Je zde stanoveno posouzení suchosti oblasti, návrh pěstovaných plodin, stanovena vláhová potřeba rostlin a závlahové množství a samotný návrh kapkovacího potrubí. Praktický návrh je zakončen návrhem filtrů a čerpadla.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kapková závlaha, sucho, závlahová voda, návrh kapkové závlahy, úprava závlahové vody

ABSTRACT

This thesis is about irrigation systems, especially drip irrigation. The first part of the thesis is a research of irrigation. It mentions reasons of constructing irrigation systems and causes and types of droughts and climate change. Briefly, the types of irrigation and ways of treatment irrigation water are mentioned. The main part of the research is about drip irrigation, its advantages and disadvantages, using in practice and different parts of drip irrigation systems. The filtration of drip irrigation water is also discussed.

The second part of the thesis is a design of drip irrigation in practice. There is determinate assessment of land droughts, design of land crop in the area, determinate moisture need of plants and irrigation amount of water, and design of dripline. The practical design is ended by design of filters and pump.

KEYWORDS

Drip irrigation, drought, irrigation water, drip irrigation design, irrigation water treatment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jan Pikna *Kapková závlaha zemědělských ploch*. Brno, 2021. 60 s., 15 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Kapková závlaha zemědělských ploch* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27.5. 2021

Jan Pikna
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Kapková závlaha zemědělských ploch* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5. 2021

Jan Pikna
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych zde poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Evě Hyánkové, Ph.D, za poskytnutí velkého množství podkladů, odbornou konzultaci a ochotou s čímkoliv pomoci a poradit. Také děkuji své rodině za podporu během celého studia a pomoc při dokončování bakalářské práce.

OBSAH

OBSAH.....	10
1. ÚVOD.....	12
2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	13
3. ROZBOR PROBLEMATIKY	14
3.1. Klimatická změna a sucho.....	14
3.1.1 Vývoj a výhled změny klimatu	14
3.1.2 Změna klimatu v ČR.....	15
3.1.3 Dopad sucha na zemědělství a adaptační programy	17
3.2. Potřeba závlah	17
3.2.1. Hodnocení oblastního sucha.....	18
3.2.2. Hodnocení lokálního sucha	19
3.2.3. Potřeba vody pro závlahu.....	20
3.3. Dělení a typy závlah	20
3.3.1. Gravitační závlaha.....	20
3.3.2. Závlaha postřikem	20
3.3.3. Lokalizovaná závlaha	21
3.4. Závlahová voda	21
3.4.1. Zdroje závlahové vody	21
3.4.2. Jakost závlahové vody.....	22
3.4.3. Úprava vody	22
4. KAPKOVÁ ZÁVLAHA	24
4.1. Výhody a nevýhody kapkové závlahy.....	24
4.1.1. Výhody	24
4.1.2. Nevýhody	24
4.2. Použití kapkové závlahy.....	25
4.2.1. Sady, vinice, chmelnice.....	25
4.2.2. Pěstování zeleniny	25
4.2.3. Lesní hospodářství.....	26
4.2.4. Okrasné plochy.....	26
4.3. Součásti kapkové závlahy	27
4.3.1. Kapkovače	27
4.3.2. Potrubí.....	27
4.3.3. Řídící systémy	29
4.4. Filtrace.....	29
4.4.1. Mesh a micron	29
4.4.2. Primární filtrace	30
4.4.3. Sekundární filtrace.....	30
5. NÁVRH KAPKOVÉ ZÁVLAHY ZELINÁŘSKÉ PLOCHY V HORNÍCH DUNAJOVICÍCH	31

5.1. Úvod	31
5.1.1. <i>Vstupní podklady</i>	31
5.1.2. <i>Popis lokality</i>	31
5.1.3. <i>Hydromeliorační stavby v okolí</i>	33
5.2. Posouzení potřeby závlah	34
5.2.1. <i>Půdní poměry</i>	35
5.2.2. <i>Klimatické poměry</i>	37
5.2.3. <i>Posouzení sucha</i>	38
5.2.4. <i>Hodnocení oblastního sucha</i>	38
5.2.5. <i>Posouzení konkrétního stanoviště</i>	39
5.3. Potřeba vody pro závlahu	40
5.3.1. <i>Rozdělení plodin po ploše</i>	40
5.3.2. <i>Vláhová potřeba rostlin</i>	44
5.3.3. <i>Závlahové množství</i>	45
5.4. Návrh závlahy	46
5.4.1. <i>Návrh kapkovačů</i>	47
5.4.2. <i>Návrh filtrů</i>	49
5.4.3. <i>Zapojení sekcí do skupin</i>	50
5.4.4. <i>Návrh čerpadla</i>	51
6. ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
SEZNAM TABULEK	57
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM PŘÍLOH	60

1. ÚVOD

Zemědělství je závislé mj. na dostatečném množství vody, slunečním svitu, vhodné teplotě a dostatku živin. Právě nedostatek vláhy často způsobuje (a způsoboval i v minulosti) problémy s nízkými úrodami až hladomory. Proto lidé od počátku zemědělství budovali nejrůznější meliorační a závlahové systémy, které v různých podobách nalezneme prakticky po celém světě.

Oblasti, ve kterých převažuje srážkový úhrn nad výparem, se nazývají humidní. Oblasti, kde výpar převažuje nad srážkovým úhrnem se nazývá aridní. V humidních oblastech budujeme odvodňovací systémy, naopak v aridních oblastech je k optimálním podmínkám potřeba závlah.

Z celkové plochy zemského povrchu je k zemědělství využíváno asi 16 mil. km², což činí přibližně 10 % plochy Země. Naopak pouště, polopouště, zastavěná území a půdy trvale zaledněné zabírají dohromady 42 mil. km² (28,5 %), tedy téměř trojnásobně více [1]. Právě budováním závlahových systémů můžeme rozšiřovat pěstební plochy a zajišťovat dostatek vláhy rostlinám a zareagovat tak na neustále rostoucí lidskou populaci. Dobrou zprávou je, že s rostoucí populací roste i podíl zavlažovaného území. V současné době je zavlažováno přibližně 2,75 mil km² (20 % obdělávané plochy) [2].

V České republice se nachází 3,5 mil. ha zemědělské plochy, z čehož je pouze 20 000 ha zavlažováno, což činí pouhé 0,5 % obdělávané plochy [3].

Zemědělství je ohrožováno probíhající klimatickou změnou, při které dochází k oteplování a změně srážkového úhrnu. Zavlažování tak bude potřeba i v místech, kde v minulosti díky dostatečnému srážkovému úhrnu nebylo potřeba.

V České republice je největší potřeba závlah na jižní Moravě a dále na Žatecku a Polabí. Zde totiž kvůli vysokým teplotám v létě a srážkovému stínu (Krušné hory, Vysočina, Krkonoše) převládají aridní podmínky. V současné době je tak téma závlah velmi aktuální a bez vybudování rozsáhlých závlahových systémů se zemědělství v budoucnosti neobejde. Ve světě je nejvíce zavlažovaných ploch v Asii, zejména v Indii a Číně. Světovou špičkou v oblasti závlah je však nyní stát Izrael, kde se podíl zavlažovaného území rychle zvyšuje.

V poslední době se velmi rozvíjejí systémy kapkové závlahy, jejichž výhodou je značná úspora vody a energie. Právě díky kapkové závlaze se můžeme ještě efektivněji vyrovnávat s nepřízní klimatu a udržovat či ještě více navyšovat výnosy plodin velmi šetrným způsobem. Je tedy jen na uživateli půdy, jestli tyto inovace v zemědělství využijí či své pozemky nechají napospas klimatické změně.

2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je rozbor problematiky závlah s praktickou aplikací. První částí práce je literární rešerše věnovaná sběru poznatků, které následně poslouží pro praktický návrh kapkové závlahy na konkrétním stanovišti v Horních Dunajovicích.

Rešerše se dotýká témat příčin a dopadů sucha, klimatické krize a posouzení sucha. Dále se zabývá různými typy závlah, zdroji závlah a jakostí a úpravou závlahové vody. Hlavní část rešerše se bude věnovat kapkové závlaze, jejímu použití a jednotlivým součástem závlahového systému.

Tyto poznatky budou aplikovány při návrhu konkrétního projektu kapkové závlahy. Pro realizaci praktické části byly vybrány zemědělské plochy v Horních Dunajovicích. Praktická část se bude skládat ze shromáždění podkladů pro návrh závlahy, hydrotechnických výpočtů a výkresové části závlahového detailu.

Závěrem budou zhodnoceny výhody a návratnost navrženého řešení.

3. ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1. Klimatická změna a sucho

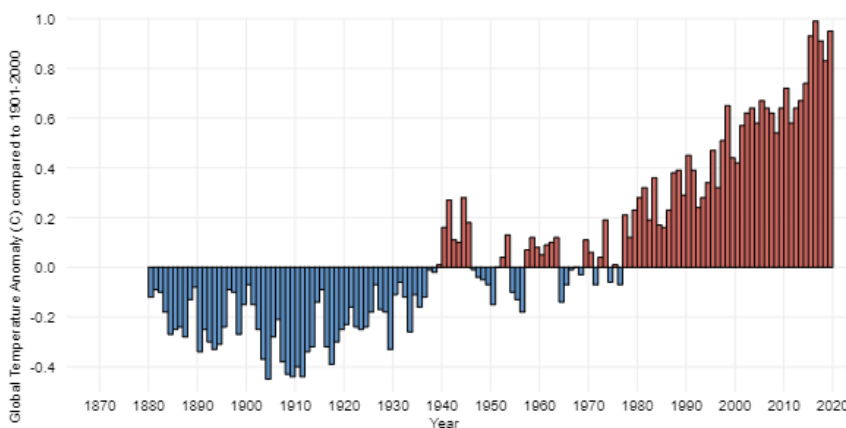
Klima je dlouhodobý stav atmosféry v určité oblasti. V posledních třech dekadách vědci zkoumající klima naší planety zjistili, že dochází k výrazným změnám v atmosféře, které vedou k řadě problémům. Tyto změny jsou znát takřka na všech místech Země. Nejčastějšími projevy změny klimatu jsou oteplování a změna srážkového procesu. Tyto skutečnosti vedou k problémům v zemědělství v podobě sucha a s tím souvisejícím úbytkem sklizně. Dalšími pozorovanými jevy je oteplení oceánů a působení skleníkového efektu. Nejviditelnější a nejlépe pozorovatelnou změnou je právě nárůst teploty, proto se většina pozornosti a vysvětlení prezentuje právě na změně teploty atmosféry při povrchu země.

3.1.1 Vývoj a výhled změny klimatu

Mezi roky 1880 a 2012 se průměrná roční teplota Země při zemském povrchu zvýšila o 0,85 °C [1]. Vědci tyto změny připisují dvěma vlivům:

- přirozeným vývojem planety
- lidskou činností

Výsledkem výzkumů je mj. zjištění, že se některé změny odehrávají periodicky ve vlnách o různých periodách a intenzitách změn, a to jak krátkodobých (s periodicitou v řádu desítek let), tak i dlouhodobých (s periodicitou desítek tisíc let). Tímto způsobem se např. opakují doby ledové a meziledové. Bylo zjištěno, že hlavním faktorem zvyšující teplotu, je skleníkový efekt.



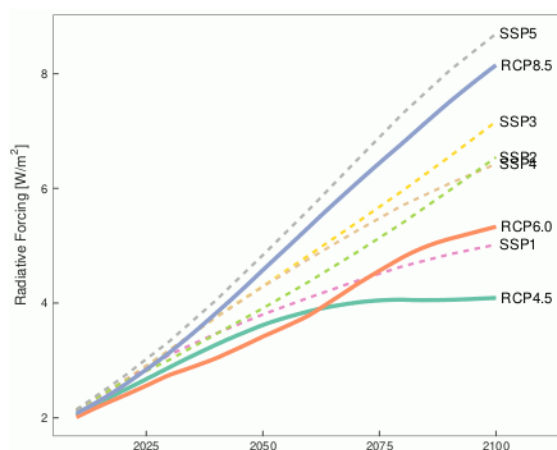
Obr. 1 Průměrná teplota vzduchu na Zemi 1880-2020, zdroj: climate.gov

V době posledních přibližně 30 let vědci pozorují zvýšené tempo klimatické změny a zejména rychlému nárůstu teploty, což zdůvodňují intenzivní lidskou činností. Této problematice se věnujeme podrobněji níže.

Aby se na probíhající změny mohli lidé, státy a všechny zasažené subjekty vhodně a včas připravit, sestavili odborníci několik klimatických modelů, např. HadGEM, IPSL, CNRM

a další. V těchto modelech se počítá s různou produkcí skleníkových plynů a chování společnosti a ekonomiky. Modely následně ukazují, k jak velké změně může v daném období dojít. Výhledy se provádí zpravidla na 3 období: krátkodobé (roky 2020-2040), střednědobé (roky 2040-2060) a dlouhodobé (2080-2100) [2].

Pro zjednodušení predikce byly vytvořeny 3 emisní scénáře: Nízké emise (RCP 2,6), střední emise (RCP 4,5) a vysoké emise (RCP 8,5). Zatímco poslední zmiňovaný scénář nepředpokládající žádné socio-ekonomické změny chování společnosti způsobí průměrné oteplení planety v roce 2100 na hodnotu $+8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ oproti roku 1850, scénář RCP 2,6, který představuje stabilitu klimatu po roce 2050 na hodnotě $+2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ oproti roku 1850, vyžaduje zásadní omezení produkce skleníkových plynů [3]. Stabilizace klimatu na naší planetě bude tedy pro lidstvo velkou výzvou a bude nezbytné mezioborové a mezinárodní spolupráce a aktivního přístupu celé společnosti.

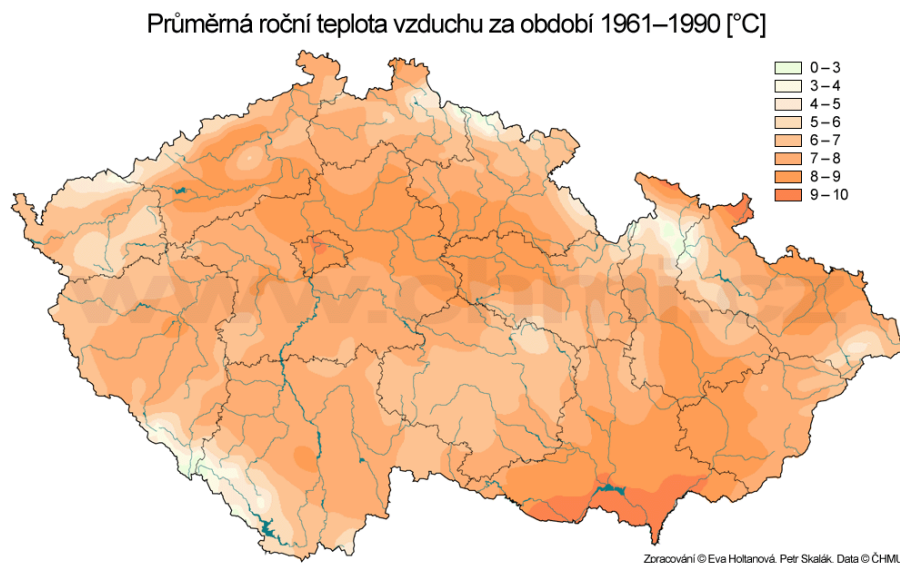


Obr. 2 RPC modely, country-level-scc.github.io

3.1.2 Změna klimatu v ČR

V České republice se změně klimatu nejvíce věnují ČHMÚ a CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny klimatu ve spolupráci s dalšími institucemi. Pro veřejnost pak získaná data zpracovává a publikuje server klimatickazmena.cz, který nabízí obrovské množství dat s mapovými podklady v různých dotčených oblastech. Problematice sucha se věnuje společnost intersucho.cz.

Mezi roky 1961–1980 byla průměrná teplota v ČR $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, v letech 2015–2019 byla tato hodnota o celé $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyšší, tedy $9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rok 2018 se přitom stal s průměrnou teplotou vzduchu $9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ nejteplejším rokem v historii měření na území dnešní ČR [4]. Vysoká teplota má na svědomí vyšší evapotranspiraci i zvýšenou hodnotu výparu z půdy a vodní hladiny.



Obr. 3 Průměrná teplota v ČR 1960-1990, zdroj: ČHMÚ

Rostoucí teplota však není jediným dopadem změny klimatu v ČR. Možná ještě viditelnějším problémem je úbytek a redistribuce srážek. Dlouhodobý roční úhrn srážek v ČR činí 672 mm. Roční úhrn srážek v letech 2015-2019 v průměru činil jenom 602 mm. V roce 2018 byla průměrná hodnota úhrnu pouze 522 mm, což činí opět minimum v historii měření [5].

V oblasti srážek ovšem dochází i k dalšímu nepříznivému vlivu. Zatímco v minulosti byl počet srážek během roku vyšší a celkové úhrny dešťů v průměru nižší, dostávala se voda do krajiny pravidelněji a mírnější formou. V současné době přicházejí častěji intenzivní a přívalové deště, které jsou pro zemědělskou výrobu nevhodné. Přívalové deště odtékají rychleji, než se stihne větší množství vody vsáknout do půdy, mohou poškodit rostliny, a také hrozí zvýšené riziko lokálních povodní. Společně s vyšší evapotranspirací tedy rostliny trpí velmi velkým nedostatkem vláh, což se projevuje nižšími výnosy. Význam závlah v České republice je proto nezpochybnitelný.

Podle autorů Brázdila a Trnky lze sucho definovat jako „záporná odchylka vodní bilance od klimatického normálu v dané oblasti během určitého časového intervalu.“ Sucho autoři dělí do 4 kategorií [6]:

- Meteorologické – důsledkem nižších srážek oproti dlouhodobému průměru
- Zemědělské – nedostatek vláh v půdě
- Hydrologické – snížení hladin a průtoků ve vodních tocích
- Socioekonomické – dopad sucha na kvalitu života

V České republice máme tři hlavní oblasti, které se dlouhodobě potýkají se suchem: oblast Žatecka, která leží ve srážkovém stínu Krušných hor, Polabská nížina a nakonec Jižní Morava, které se nedostává dostatku srážek kvůli srážkovému stínu Českomoravské vrchoviny. Všechny tyto oblasti leží v nízké nadmořské výšce a jsou nížinného charakteru [6]. Na Žatecku a v Polabí byla v letech 1981-2010 průměrná teplota nad 9 °C, na Jižní Moravě v okresech Břeclav a

Znojmo dokonce nad 10 °C. Průměrný roční úhrn srážek se přitom v těchto oblastech pohyboval do 500 mm za rok za stejné období. Počet dní se sníženou dostupností vody pro rostliny v povrchové vrstvě byl v těchto oblastech v rozmezí 140-180 dní v roce. Je tedy zcela logické, že největší počet závlahových systémů nalezneme právě zde a v budoucnosti jich bude, doufejme, brzy přibývat, neboť všechny vědecké prognózy počítají s tím, že se rozsah i intenzita sucha budou zvětšovat.

3.1.3 Dopad sucha na zemědělství a adaptační programy

Sucho je nejčastější příčinou malých výnosů úrody. Zemědělské sucho obvykle trvá 6-9 týdnů. Nejvíce jsou postižovány nižší rostliny, které přijímají vodu z povrchu a ze svrchní vrstvy půdy. U lehkých a středně těžkých hlín se k těmto rostlinám dostává právě ze srážek. Vyšší rostliny jsou vůči suchu odolnější, protože obvykle dosahují i na vodu podzemní. Při nedostatku vláhy rostlina trpí stresem sucha a rostlina uvadá [6].

Nižší výnosy jsou však způsobovány i nevhodným hospodařením. V ČR je to velmi častý jev, neboť v 50. a 60. letech minulého století byly původní místní pole scelovány do velkých lánů za účelem kolektivizace a častokrát byly i odvodňovány. To dnes způsobuje vodní a větrnou erozi. Adaptační programy by tak měly jít ruku v ruce i s dalšími problémy, se kterými se zemědělství potýká, neboť dílčí řešení může mít ve výsledku malý efekt.

Sucho může způsobovat nejen vadnutí rostlin, ale také degradační procesy půdy, jako je např. zasolování půd, větrná eroze a dehumifikace (úbytek humusu) až desertifikace (ztráta úrodnosti a vznik pouště). V Česku je tak 25 % půdy náchylné nebo ohrožené větrnou erozí (z toho 5 % silně a velmi silně) a 7,5 % půdy je ohroženo dehumifikací [6].

Aby naše společnost nemusela v budoucnu čelit živelným katastrofám v podobě potravinové nedostatečnosti a výrazným snížením biodiverzity, je zapotřebí v co nejkratším čase udělat vhodná adaptační opatření, které by suchu, erozi a degradaci půdy zabránily. Nejpotřebnějším opatřením jsou komplexní pozemkové úpravy, které vhodně uspořádají pozemky tak, aby se maximálně tyto nepříznivé vlivy eliminovaly. Spolu s pozemkovými úpravami se navrhuje protierozní a protipovodňová opatření (větrolamy, průlehy, dešťové zdrže, terasy a další) a závlahové systémy. Vodu v krajině je zapotřebí co nejvíce zadržet, proto se v ní staví nové rybníky, jezírka, mokřady, tůně a další opatření, které vodu v krajině udrží. Všechna tato opatření jsou sice velmi nákladná, ale pro život v našich končinách je jejich výstavba naprosto nezbytná.

3.2. Potřeba závlah

Sucho lze posuzovat také podle příčiny jeho vzniku. Tam, kde je sucho způsobené klimatickými vlivy (nedostatkem srážek a vysokém výparu), hovoříme o oblastním suchu. Naopak tam, kde jsou hlavní příčinou sucha terénní podmínky (strmý svah, velká propustnost půdy, malý obsah humusu, pokles hladiny podzemní vody, hospodaření těžkými stroji apod.), hovoříme o lokálním suchu. Při posouzení konkrétní lokality musíme ověřit lokalitu podle obou pohledů

(jak podle oblastního, tak lokálního), neboť se na daném stanovišti vyskytuje kombinace obojího sucha [7].

3.2.1. Hodnocení oblastního sucha

Langův dešťový faktor určuje, zda (a do jaké míry) je oblast aridní či humidní. Je stanoven jako poměr průměrného ročního úhrnu ku průměrné teplotě daného území.

$$D_f = \frac{S_r}{T}$$

Kde D_f (ve starší literatuře též K_f) je dešťový faktor dle Langa, S_r je průměrný roční úhrn srážek v oblasti [mm], T je průměrná roční teplota [°C] [7].

S rostoucí nadmořskou výškou obvykle hodnota dešťového faktoru stoupá, neboť ve vyšších polohách bývají teploty nižší, zatímco úhrny srážek vyšší.

Tab. 1: Charakteristika oblasti podle dešťového faktoru:

Hodnota D_f	Podnebí	Opatření
<40	Velmi suché	Závlahy nutné
40–60	Suché	Závlahy doporučené
60–100	Vláhově vyrovnané	
100–160	Vlhké	Odvodnění doporučené
> 160	Velmi vlhké	Odvodnění nutné

Průměrnou vláhovou jistotu stanovil Minář následovně [7]:

$$\alpha = \frac{S - S'}{t}$$

kde S je průměrný roční úhrn srážek [mm], t je průměrná roční teplota [°C]

Hodnota S' je průměrná roční srážka, při které již nenastává sucho. Ta se vypočítá podle Gregora následovně:

$$S' = 30 * (t + 7)$$

Minář určil celkem 6 podnebních oblastí, které nabývají hodnoty α od -4 (nejsušší) do 35 (nejvlhčí).

Dalšími hodnotícími veličinami, které určují míru oblastního sucha jsou:

- Index zavlažování podle Končeka
- Index závažnosti sucha (PDSI) – stanovená panem Palmerem
- Hydrotermický koeficient (Seljaninov)

3.2.2. *Hodnocení lokálního sucha*

Stejnou pozornost pak věnujeme i hodnocení lokálního sucha, neboť to nám slouží k podrobnějšímu posouzení konkrétní lokality a více dbá na místní podmínky. Ty se charakterizují pomocí tzv. stanovištního indexu. Metodiku na stanovení tohoto indexu vypracoval Stehlík.

Stanovištní index se skládá ze 2 složek – klimatické (srážkový úhrn, teplota ovzduší, výpar, vzdušná vlhkost, ...) zastoupené klimatickým indexem a korekčních přírážek (povrchový a podzemní odtok, vztlínání vody, sklon terénu, hydropedologické vlastnosti půd a další). Stanovištní index se pak stanoví součtem těchto dílčích zastoupení [7]:

$$SI = KI + B + C - D$$

Kde KI je hodnota klimatického indexu, B je půdní číslo, C je přírážka na půdní vodu a D je srážka na sklonitosti terénu.

Klimatický index závisí na hodnotě potenciální evapotranspirace E_p , která je vyjádřena vztahem:

$$E_p = S - K - n * s$$

kde S je srážkový úhrn za sledované období [mm], K je korekce na vzdušnou vlhkost, n je počet dní sledovaného období a s je specifická srážka v oblasti polních kultur [mm/den].

Půdní číslo B závisí na zastoupení půdních částic I. kategorie a obsahu humusu a odečítá se z grafu. Přírážka na vodu C se odečítá rovněž z grafu a závisí na hloubce hladiny podzemní vody. Koeficient D je závislý na sklonu svahu a zrnitosti půdy a určuje nám, kolik vody stéká po svahu, aniž by se vsákla [7].

Pokud stanovištní index nabývá záporných hodnot, jedná se o suchá stanoviště, kde je závlaha potřeba. SI o hodnotách 1 až 14 označuje vláhově vyrovnanou lokalitu, kde už potřeba závlah klesá. Hodnoty SI nad 15 pak označují vlhká stanoviště, kde závlaha obvykle nebývá potřeba.

3.2.3. *Potřeba vody pro závlahu*

Vodní bilance závisí na meteorologických a hydrologických procesech. Při výpočtu závlahového množství doplňkové závlahy vycházíme z jednoduché bilanční rovnice, která nám vyjadřuje velikost deficitu vody v půdě [7]:

$$\Delta W = H_S + P + H_k - O_p - E_{et}$$

Kde H_S je úhrn srážek, P je povrchový a podzemní přítok vody, H_k je přírůstek vody kondenzací vodní páry, O_p je povrchový a podzemní odtok a E_{et} je evapotranspirace. Je-li hodnota ΔW kladná, pak je vláhový dostatek, je-li záporná, je nutné dodat vodu závlahou.

Závlahové množství se počítá pro každou plodinu zvlášť, neboť každý druh rostlin má jinou vláhovou potřebu. Stanovuje se vždy jako celkové množství vody, které je potřeba doplnit během celé vegetační doby. Velikost závlahového množství M_z se pak stanoví následovně [7]:

$$M_z = k_1 * (V_c - \alpha * H_{SV} - W_z - W_k)$$

kde k_1 je ztrátový součinitel, V_c je vláhová potřeba plodiny, α je součinitel půdy, H_{SV} je srážkový úhrn za vegetační období, W_z je zásoba vody v půdě na zač. veg. období a W_k je množství vzlínající vody.

3.3. Dělení a typy závlah

Doplňkovou vodu lze k rostlinám dopravit více způsoby. Liší se technologickým provedením, ztrátami, využitím i dobou vzniku.

3.3.1. *Gravitační závlaha*

Nejjednodušší a technicky nejméně náročný způsob dopravy vody k plodinám je gravitační způsob. Tento způsob je využíván v podstatě od začátku zemědělství. Pozůstatky nejstarších gravitačních systémů závlahy sahají až do 5. tisíciletí př.n.l. na území starověkého Egypta. Voda byla odebírána z Nilu a zavlažovacími kanály dopravována do přilehlého okolí až k dílčím polím.

Tento způsob nevyžaduje příliš technického vybavení. Většinou není třeba vodu čerpat a pokud ano, tak jen do velmi malé výšky. Také není kladen důraz na kvalitu závlahové vody. Průtoky jsou regulovány většinou stavidly. Není proto divu, že tento způsob závlahy je nejrozšířenějším ve světě především v Asii, a to i v méně vyspělých zemích. Z celkové zavlažované plochy na světě je zavlažováno celkem 86 % plochy právě tímto způsobem. Nejčastěji se takto zavlažují rýžová pole, cukrová třtina a bavlna.

3.3.2. *Závlaha postřikem*

V Evropě a obecně ve vyspělejších zemích je naopak nejčastější závlahou postřik. Závlahová voda se dopraví potrubím k postřikovačům, které rozstříkují vodu po ploše. Zde je kladen větší

důraz na kvalitu vody oproti gravitačním systémům. Také technické vybavení má vyšší nároky. Je potřeba vybudování jímacích objektů, čerpacích stanic, trubního vedení, řídicích jednotek apod. Tento způsob také nabízí mnohem úspornější provoz, protože ztráty vody jsou oproti gravitační závlaze výrazně nižší.

Závlaha postřikem se může dále dělit na mobilní/ statické jednotky, podzemní/ pozemní vedení potrubí, stabilní/ výsuvné jednotky atd. Postřiky se používají na zemědělských, sportovních i okrasných plochách, zejména pak na závlahu trávníků.

3.3.3. Lokalizovaná závlaha

Technickým vrcholem závlahových systémů jsou pak lokalizované závlahy. Jsou tu kladeny nejvyšší nároky na úpravu vody, ovládání závlahy a také vyšší počáteční investice, závlaha nám však nabízí prakticky bezztrátový a energeticky nenáročný provoz. Efektivita spočívá především v tom, že je závlaha přiváděna přímo ke kořenům rostliny a závlahový systém pracuje na velmi malých tlacích.

Do skupiny lokalizované závlahy řadíme mikropostřik, kapkovou závlahu a bodovou závlahu. Téma využití kapkové závlahy, její výhody, nevýhody, způsoby úpravy vody a praktický návrh je centrálním tématem této práce, proto se jí budeme podrobněji věnovat v dalších kapitolách.

Závlaha může probíhat z povrchu země, pod zemí i nad zemí. S lokalizovanou závlahou se můžeme setkat na zemědělských plochách, sadech, vinicích i travnatých a okrasných plochách.

3.4. Závlahová voda

3.4.1. Zdroje závlahové vody

Vodu pro závlahu lze čerpat z různých zdrojů, které mají své výhody, nevýhody a omezení.

Nejvhodnější vodou bývá **povrchová voda**, která bývá běžně dostupná. Dá se použít tekoucí z vodního toku, stojatá z vodní nádrže i dešťová akumulovaná v dešťové nádrži. Hlavní výhodou povrchové vody je teplota vhodná pro zavlažování. Ta se pohybuje v rozmezí 16–30 °C, pro různé plodiny v různých intervalech [8]. Nevýhodami povrchových vod je kolísání jakosti vody, kolísání průtoků (menší vodní toky mohou při extrémním suchu i vyschnout), také snazší vniknutí škodlivých látek do recipientu a v případě vodních toků také plovoucí nečistoty.

V místech, kde není dostupný zdroj povrchové vody, se používá **podzemní voda**. Ta pro svoji nízkou teplotu (obecně 8–11 °C) může způsobit rostlinám teplotní šok, proto se doporučuje ji před aplikací ohřát. Na druhou stranu většinou nevyžaduje další úpravu, protože vykazuje vyšší kvalitu než voda povrchová. Nevhodné jsou však vody termální a minerální. Pokud je však k dispozici zdroj povrchové vody v dostatečné kvalitě, je dobré nechat podzemní vodu pro vodárenské účely.

Krajním řešením je použití **pitné vody** z veřejného vodovodu. Ta má kvalitu vody podzemní, takže nevyžaduje žádnou další úpravu. Je však určena primárně pro obyvatelstvo a ceny za odběry jsou v současné době velmi vysoké (v roce 2018 byla průměrná cena vodného 38,10 Kč za 1 m³ vody) [9].

Jako téma blízké budoucnosti zřejmě bude i využití **odpadních vod** k závlaze. Hlavním motivem je stále větší úbytek vody v krajině. Ve větší míře je tento způsob využíván např. v Izraeli. Odpadní voda však vyžaduje další úpravu vody a nutnou precizní kontrolu kvality vody. V České republice proto zatím není legislativně možné využití odpadní vody k závlaze.

Ke hnojení bývá používáno i závlah kejdou, močůvkou, tekutým hnojem, upravenými kaly z ČOV apod. [8].

3.4.2. Jakost závlahové vody

Jak již bylo výše zmíněno, jakost závlahové vody nelze zanedbat. Důležité je chránit spodní vody, které by mohly být kontaminovány, i samotné zavlažované rostliny. Proto je nutné kvalitu použité vody sledovat a vhodně vodu upravovat. Jakostí závlahové vody se zabývá norma ČSN 75 7143.

Hlavními sledovanými kritérii je teplota, přítomnost pevných částic, pH a pestrá škála chemických látek (např. sírany, dusičnany, fosforečnany, Fe, Mg, a další) [8]. Ke zjištění jakosti vody se provede standardní analýza obsahu fyzikálních a chemických částic, mikrobiologický rozbor a hydrobiologický rozbor [10]. Závlahová voda je zařazena do jedné z osmi kvalitativních kategorií označených JV – 1 (nejlepší kategorie, vhodná k vytvoření umělé mlhy) až JV – 8 (nejhorší, hnojivé závlahy se zvláštní technologií úpravy) [8].

3.4.3. Úprava vody

Podle znečištění závlahové vody navrhujeme konkrétní úpravu. K úpravě vody používáme tři způsoby úpravy: mechanické, chemické a biologické.

Mechanické způsoby mají za úkol odstranit nerozpuštěné látky od koloidů a mikročástic až po hrubé částice. K zachycení plovoucích nečistot se používají česle a síta. Menší částice se nechávají sedimentovat v lapácích písku a usazovacích nádrží. K filtraci jsou používány tlakové a netlakové filtry (pískové, filtry pracích nečistot apod.) [10]. Filtrací vody pro kapkovou závlahu se více věnujeme v kapitole 4.4.

Chemické způsoby bývají využívány výjimečně z důvodu vysokých investičních nákladů. Mezi tyto způsoby patří flotace, provzdušňování, oxidace, vločkování, výměna iontů apod [8].

Biologické způsoby se snaží napodobit přirozené rozkladné procesy. Mezi ně řadíme biologické filtry, aktivační procesy, nebo přírodní procesy ve vodních nádržích [10].

Konkrétní procesy úpravy vody vybíráme podle zdroje a požadavku na kvalitu vody. Úprava vody musí být ekonomická, automatizovaná, dostatečně výkonná, adaptovatelná na rozdílnou

jakost zdrojové vody v různém ročním období a musí pracovat na stejném přetlaku, jako zbytek systému [10].

Nejvyšší nároky na jakost vody má kapková závlaha, protože i velmi jemné koloidní částice, mikročástice a sinice mohou ucpat kapkovače, nebo v nich vytvořit prostředí vhodné pro bakterie. Proto se doporučuje navrhovat dvoustupňovou filtraci [10].

4. KAPKOVÁ ZÁVLAHA

Jak již bylo zmíněno výše, kapková závlaha v současné době představuje nejmodernější systém zavlažování, který je velmi úsporný energeticky i spotřebou vody. O jejích výhodách a nevýhodách, použití, filtraci a jednotlivých součástech se budeme podrobněji věnovat v následujících odstavcích.

4.1. Výhody a nevýhody kapkové závlahy

4.1.1. Výhody

Kapkové závlahy se u nás i ve světě stávají stále více rozšířenými, protože oproti gravitační závlaze i postřiku mají mnohem menší ztráty vody. U postřiku dochází ke ztrátám vody odnosem větru nebo přestřikem mimo pěstební plochu, část vody se odpaří z povrchu rostlin nebo země a u těžších půd také dochází k povrchovému odtoku závlahové vody. U kapkové závlahy k odnosu větrem ani k rozptýlu mimo pěstební plochu dojít nemůže, voda kape v delších intervalech přímo ke kořenům rostliny, takže voda se stíhá zasakovat a k povrchovému odtoku nebo výparu z půdy dochází minimálně. Kapková závlaha tak ztráty vody minimalizuje a snižuje tím potřebu vody pro závlahu.

Další výhodou je práce v nižším tlakovém rozsahu. Zatímco např. postřikovače firmy Hunter pracují v rozmezí 2,0 – 8,3 bar [11], kapková závlaha pracuje při tlacích přibližně 0,5 – 5 bar (většinou však okolo 1 bar) [8]. Dle TNV 75 4310 se tlak vody pro kapkovou závlahu pohybuje v rozmezí 0,4 – 1,2 bar [10]. V praxi to tedy znamená nižší nároky na čerpadla a s tím spojenou nižší spotřebu energie a nižší provozní náklady.

Obecně lze tedy říci, že kapková závlaha je úspornější na provoz a šetrnější k prostředí, protože nemá takové nároky na vodu a energii.

4.1.2. Nevýhody

Mezi nevýhody naopak patří vysoké nároky na kvalitu vody, zejména velikost nerozpuštěných částic. Zatímco běžné postřikovače vyžadují min. filtraci 120 Micron (cca 130 Mesh) [12], kapkovače, aby nedošlo k jejich ucpání, potřebují kvalitu filtrace v rozmezí 40–200 Mesh (200–50 Micron) [13].

U systému kapkové závlahy, kde jsou kapkovací hadice volně loženy na povrchu země, je potřeba hadice a některé další součásti na zimu zazimovat. To přináší každoroční práce s instalací, prostory na uskladnění a výdaje na nákup nových součástí (některé druhy kapkovacích hadic bývají spotřební zboží na jednu sezónu).

Dalo by se zjednodušeně říci, že kapkovací závlahy vyžadují vyšší investiční náklady na nákup kapkovačů, filtrů apod., zato jsou pak méně náročné na provoz (nízká spotřeba energie, vysoká efektivita atd.). Je tedy na každém pěstiteli, zda se pro kapkovou závlahu rozhodne, či použije jiný způsob závlahy.

4.2. Použití kapkové závlahy

Kapková závlaha najde největší využití u plodin, které se pěstují v širokých sponech. Typicky se jedná o sady, vinice, chmelnice, lesní školky, zelinářské záhony, případně okrasné plochy. Kapkovou závlahu také můžeme nalézt ve sklenících.

4.2.1. Sady, vinice, chmelnice

Sady, vinice a chmelnice jsou nejjednodušším prostředím pro využití kapkové závlahy. Stromky bývají v pravidelných rozestupech, v řadách bývají propojené vodícími dráty či jinou podobnou konstrukcí, na kterou se dá snadno připevnit i potrubí kapkové závlahy. Tato aplikace nevyžaduje sezónní zazimování, což snižuje nároky na údržbu.



Obr. 4: Kapková závlaha vinice, zdroj: Netafim – Organizace závlahy vinice kapkovou závlahou Netafim

4.2.2. Pěstování zeleniny

Kapková závlaha je použitelná i pro pěstování brambor a zeleniny s širšími spony. Hadice však kvůli absenci vodících drátů bývají pokládány na povrch země, což prakticky znemožňuje obdělávání půdy po instalaci závlahy. Proto je ke zvážení, zda závlahové potrubí neumístit pod zem.



Obr. 5: Kapková závlaha zeleniny, zdroj: istockphoto.com

4.2.3. Lesní hospodářství

V současné době se české lesnictví snaží vypořádat s kůrovcovou kalamitou, přičemž bývají káceny rozsáhlé lesní plochy. Při výsadbě nového lesního porostu je závlaha více než vhodná, protože na rozlehlých pasekách dochází k velké míře evapotranspirace. Kapková závlaha tak může našim lesům zvýšit šanci na rychlou obnovu.



Obr. 6: Kapková závlaha lesní školky, zdroj: picuki.com

4.2.4. Okrasné plochy

Kapková závlaha najde své využití i v zastavěných částech obce. V zahradách, parcích, na náměstích, mezi budovami kancelářských komplexů i na dalších místech se můžeme setkat s okrasnou výsadbou. Postřikovače by mohly omezovat či obtěžovat kolemjdoucí lidi, proto se nabízí jako lepší řešení použití kapkové závlahy. Kapkovací hadice mohou mít barvu okolí, navíc se dají překrýt tenkou vrstvou mulčovací kůry, takže jsou dokonale skryté a nenarušují estetický vzhled okrasné plochy.



Obr. 7: Kapková závlaha okrasné výsadby, zdroj: zahradapl nazivota.cz

4.3. Součásti kapkové zálahy

4.3.1. Kapkovače

Kapkovač je zařízení, které je napojené na potrubí (či je přímo jeho součástí), ve kterém dochází k velké tlakové ztrátě až na tlak atmosférický. Voda má tedy tak malou energii, že volně skapává z kapkovače, odtud také dostala svoje pojmenování.

Norma TNV 75 4310 rozděluje kapkovače na kapilární trubicové, mikrokanálové, labyrintové, tryskové, plovákové, impulzní, kombinované a další [10]. Zjednodušeně by se daly kapkovače rozdělit do dvou základních skupin:

- in-line – namontované na potrubí z výroby
- on-line – montované na potrubí na místě.

Výhodou prvního způsobu (in-line) je výrobní jednoduchost, nevýhodou malá flexibilita. Způsob on-line, tedy kapkovače připevňované na místě, mají velkou míru možnosti přizpůsobení se místním podmínkám (např. rozestupy stromků, rozmístění okrasné výsadby, použití v květináčích apod). Nevýhodou je náročná a potenciálně zdoluhavá montáž.



Obr. 8: In-line kapkovač, zdroj: graavityagro.com



Obr. 9: On-line kapkovač, zdroj: indiamart.com

Dále rozdělujeme kapkovače se samoregulací výtokového množství (nejčastěji labyrintové s membránou nebo trubicové tryskové s membránou) a bez regulace (kapilární trubicové, mikrokanálové a další) [8].

Kapkovače lze dále dělit na tlakově kompenzované a bez tlakové kompenzace. Tlakově kompenzované kapkovače se používají ve svažitém terénu, kde vhodným zapojením vytvoří několik tlakových pásem [12].

4.3.2. Potrubí

Materiál kapkovacího potrubí je výhradně z plastu, nejčastěji se používá polyethylen (HDPE, MDPE, LDPE). Výhodou těchto materiálů je malá hmotnost, jednoduchá manipulace, nízká pořizovací cena a možnost spojování přes rychlospojky. Nevýhodou může být působení slunečního (UV) záření, které se negativně projevuje na strukturu plastového materiálu, který

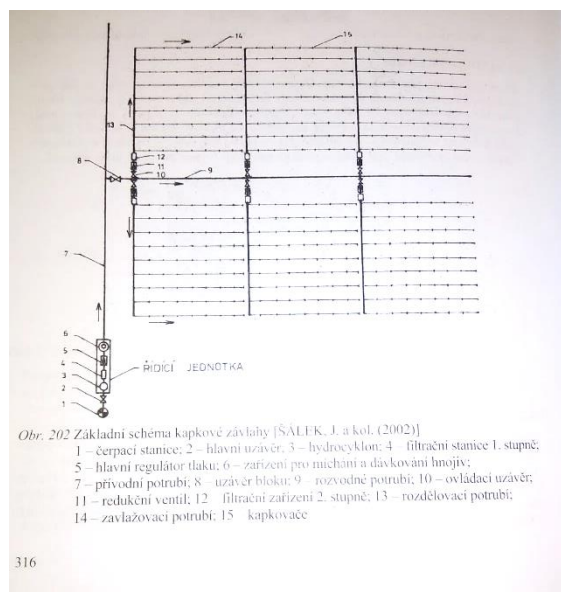
dlouhodobým působením může křehnout, světlat a snižuje se jeho tlaková únosnost [14]. Části potrubí, které se dlouhodobě vystavují slunečnímu záření je tak dobré před začátkem sezóny zkontrolovat a případně nahradit poškozené části.

Kapkový potrubí může být vedeno nad zemí, při povrchu země či pod zemí. Nadzemní vedení se používá nejvíce tam, kde je použita nějaká pevná podélná konstrukce, na kterou lze potrubí přichytit. Nejčastěji se jedná o sady, vinice a chmelnice. Výhodou tohoto způsobu je možnost obdělávání půdy i pod kapkovačem. Nevýhodou je pak kinetická energie padající kapky, která narušuje povrch zeminy pod kapkovačem.

V místech, kde žádná taková nosná konstrukce není, se kapkový potrubí pokládá rovnou na zem mezi řádky. Takovýto způsob ale může omezovat či znepríjemňovat obdělávání půdy.

Posledním způsobem je možnost vedení potrubí pod zemí, kde však hrozí ucpání kapkovačů okolní zeminou. Proto se tento způsob příliš nepoužívá.

Schéma rozvodu se dá přizpůsobit tvaru plochy, kterou zavlažujeme. Nejčastěji se používá tvar obdélníku, který je i pro aplikaci nejjednodušší. Rozvodná síť se skládá z přívodního potrubí (většinou pod zemí), rozvodného potrubí (většinou na obvodu a kolmo na směr výsadby) a rozdělovacího (kapkový) potrubí [8].



Obr. 10: Základní schéma kapkové závlahy, zdroj: [7]

Dále se na síti nachází filtrační zařízení, redukce tlaku (v případě závlahy ve svažitém území), ovládací uzavěry, kalníky a vzdušníky.

Aby se potrubí dalo vypustit, jsou na začátcích a koncích potrubí instalovány kalníky a vzdušníky. Vzdušník je zařízení, které se nachází ve výše položeném konci větve rozdělovacího potrubí a slouží k přístupu vzduchu do potrubí, který svým atmosférickým tlakem vytlačí vodu do nižších poloh potrubí.

Kalník je naopak zařízení instalované v nejnižším bodě větve, které slouží k vypouštění vody z potrubí.

4.3.3. Řídící systémy

Provoz závlahových systému řídí automatické ovládací jednotky. Tyto jednotky dle potřeby a závlahového harmonogramu spínají jednotlivé elektroventily a tím umožňují proudění vody v kapkovacím potrubí. Ovládací systémy rovněž řídí provoz čerpadel. Součástí těchto jednotek bývají i meteostanice, které závlahu nespustí v případě, že prší. Chceme-li dosáhnout ještě větších úspor vody, je možné na pěstební ploše umístit čidla monitorující půdní vlhkost, které dokážou měnit závlahové množství podle aktuální potřeby. Některé řídicí jednotky také dohlíží na dávkování hnojiva do závlahové vody a další vedlejší funkce [12].

4.4. Filtrace

Pro správné fungování kapkové závlahy je naprosto nezbytné dodržet potřebnou jakost vody. To se týká zejména velikostí nerozpuštěných částic. Každý kapkovač má předepsanou maximální velikost částice, která jím může projít, aniž by došlo k ucpaní nebo poškození kapkovače. V kapkovači se totiž nachází velmi jemné kanálky, které by se v případě průchodu velké částice při nedostatečné filtraci mohly zaslepit.

Jednotlivé druhy filtrů lze zařadit do více kategorií dle velikosti, umístění, rychlosti filtrace, materiálu, použité metody filtrace, provozního tlaku, velikosti oddělených nečistot a dalších kritérií.

V praxi se nejčastěji používá dvoustupňová filtrace.

4.4.1. Mesh a micron

K určení přesnosti filtrace slouží dvojice jednotek – Mesh a Micron. V praxi výrobci uvádějí obojí z nich, proto by měli být projektanti seznámeni s obojím systémem číslování. Obě číselné řady jdou hodnotově proti sobě.

Jednotka Mesh vyjadřuje počet ok síťového filtru na délce jednoho anglického palce (cca 25,4 mm). Čím je tedy číslo Mesh větší, tím více ok se vyskytuje na jednotkovém úseku filtru a tím méně částic filtr propustí. Filtr s hodnotou Mesh 100 má tak propustnost částic max. 0,25 mm [15].

Naopak jednotka Micron udává maximální velikost částice, kterou filtr propustí. Jeden Micron je velký 1 μm ($1 \cdot 10^{-6}$ m), tedy jeden mikrometr.

Příklad převodu jednotek Mesh a Micron u filtrů výrobní řady Arkal je znázorněn v následující tabulce:

Barevné značení disků podle oddělené nečistoty

DISKY	modré	žluté	červené	černé	hnědé	zelené	fialové	šedé
Mesh	40	80	120	140	-	-	-	-
Micron	400	200	130	100	70	55	40	20



Obr. 11: Porovnání jednotek Mesh a Micron, zdroj: netafim.cz

4.4.2. Primární filtrace

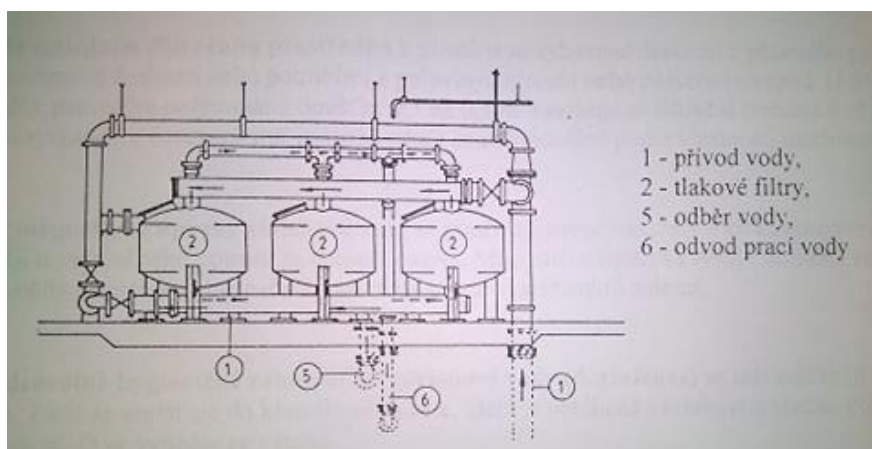
Primární filtrace u kapkových závlah je prakticky totožná s filtrací ostatních závlahových systémů. Jedná se nejčastěji o pískové filtry (gravitační nebo tlakové) a filtry pracích nečistot. Často se umísťují do čerpacích stanic, kde slouží pro celou zavlažovanou oblast, případně mohou být i mobilní (mimo čerpací stanici), pro zapojení různých sekcí apod. Primární filtrace se tedy dá kombinovat i s dalšími typy závlah. Primární filtry mohou být sloučeny s dalšími technologickými prvky, např. s dávkováním hnojiva apod [16]. Primární filtry mají za cíl ochraňovat armatury na trubicí síti (uzávěry, rychlospojky, průtokoměry apod.) a odlehčení sekundárním filtrům, a tedy zvýšení jejich životnosti.

Pro primární filtraci se používají pískové rychlofiltry a pomalé filtry. Pískové rychlofiltry používají jako filtrační náplň zrna křemičitého písku 1,1–1,4 mm vysokou o velikosti zrna 0,7–1,0 mm. Filtrační rychlost je zde asi 3,5–4,5 m/h [10].

Pro kapkovou závlahu se však častěji používají tlakové filtry, které se umísťují do ocelových nádrží, které dohromady tvoří baterii. Filtrační rychlost v tlakových filtrech je až o polovinu rychlejší oproti beztlakým filtrům [10].

4.4.3. Sekundární filtrace

Sekundární filtrace se řadí za filtraci primární, nikoliv však do čerpací stanice, ale většinou za rozvětvení do menších skupin (sekcí). Filtrov tak slouží určité skupině (sekcí) kapkovacích potrubí, které mají stejné filtrační požadavky. Pro sekundární filtraci se používají síťové a diskové filtry, které umožňují filtraci až do 220 Mesh.



Obr. 12: Schéma baterie tlakových pískových filtrů, zdroj: [10]

5. NÁVRH KAPKOVÉ ZÁVLAHY ZELINÁŘSKÉ PLOCHY V HORNÍCH DUNAJOVICÍCH

5.1. Úvod

Pro realizaci praktické části bakalářské práce byly vybrány pozemky na rozhraní obcí Horní Dunajovice a Mikulovice. Na pozemcích hospodaří soukromí zemědělci z malé rodinné farmy z Horních Dunajovic, pěstována je zde převážně polní zelenina.

5.1.1. Vstupní podklady

Podkladní mapy pro vytvoření projektu byly stáhnuty z mapových aplikací geoportal.gov.cz a mapy.cz. Jako další podklady pro vypracování byly použity územní plán obce Mikulovice, webové stránky obcí Mikulovice a Horní Dunajovice a katastr nemovitostí. Klimatické údaje byly webové aplikace klimatickazmena.cz a z veřejně dostupných informací ČHMÚ. Z webových stránek České geologické společnosti (geology.cz) byly zjištěny pedologické a geologické údaje.

Dále bylo postupováno podle následujících zákonů a technických norem:

- TNV 75 4310 Závlahová zařízení pro mikrozávlahy
- ČSN 75 0434 Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb., s vyznačením navrhovaných změn.

Jako další podklady, zejména pro návrh kapkovacích hadic, byly použity katalogy výrobců Toro a Rain Bird.

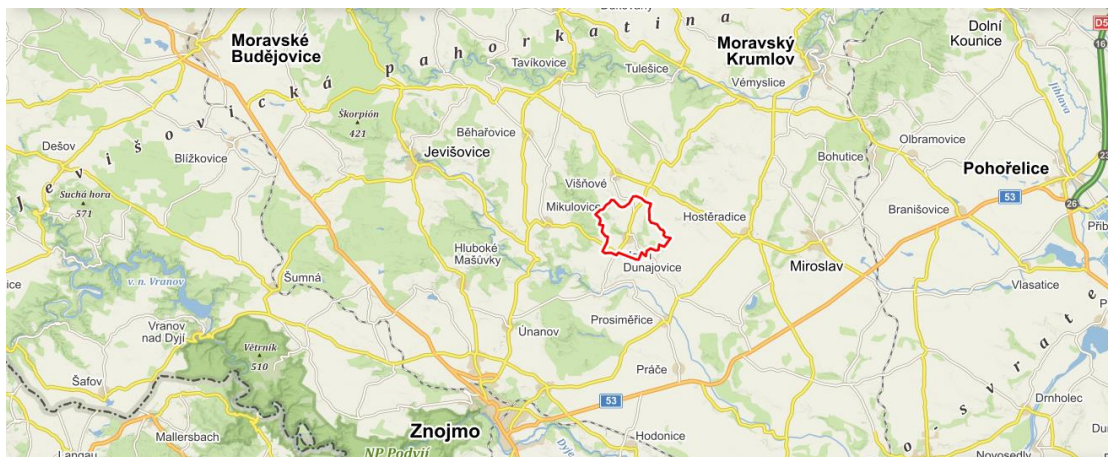
5.1.2. Popis lokality

Obec Horní Dunajovice leží v Jihomoravském kraji v okrese Znojmo, asi 12 km severovýchodním směrem od Znojma a 15 km od Moravského Krumlova. Stavba se nachází v jihozápadní části Horních Dunajovic asi 1 500 m od středu obce a asi 3,5 km východně od Mikulovic. Okolí je mírně zvlněné, mírně zde převládá polní kultura nad lesní. Nadmořská výška lokality se pohybuje v rozmezí 268–302 m.n.m.

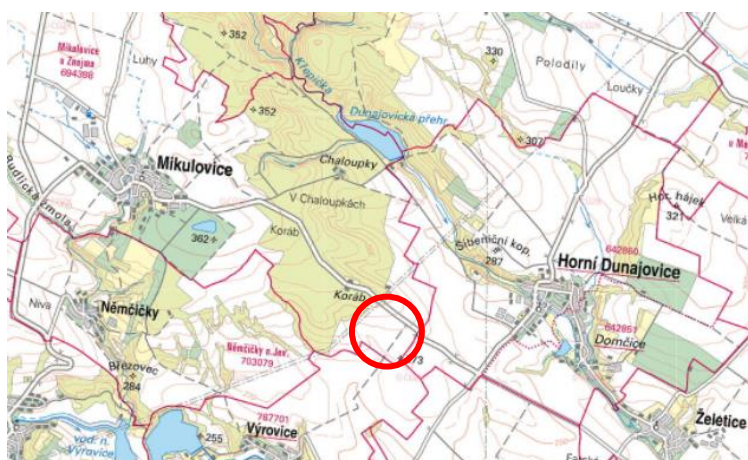
Zájmové území se nachází v povodí řeky Jevišovky, která je levým přítokem Dyje. Nejbližšími vodními nádržemi jsou Dunajovická přehrada na toku Křepička (2 km) a vodní nádrž Výrovce na řece Jevišovce (2,8 km).

Přístup k pozemkům je možný ze silnice II/398 mezi obcemi Horní Dunajovice a Mikulovice a po přilehlých polních cestách.

Území se nenachází v žádné chráněné oblasti (CHKO, přírodní rezervace apod.) ani v záplavovém území. Není součástí památkové rezervace, památkové zóny ani vojenského prostoru.

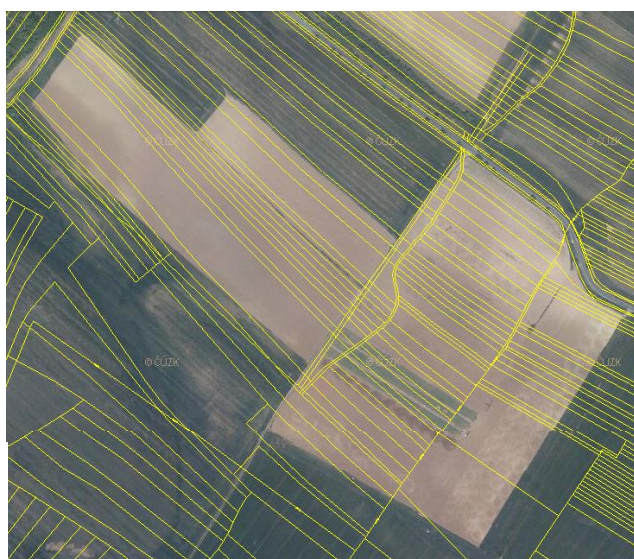


Obr. 13: Obec Horní Dunajovice, zdroj: mapy.cz



Obr. 14: Zájmové území, zdroj: geoportal.gov.cz

Tvar obdělávaných ploch nerespektuje v dané oblasti tvar pozemků. Na místě je tak velmi obtížné určit, hranice pozemků. Situaci hranic jednotlivých parcel ukazuje následující obrázek:

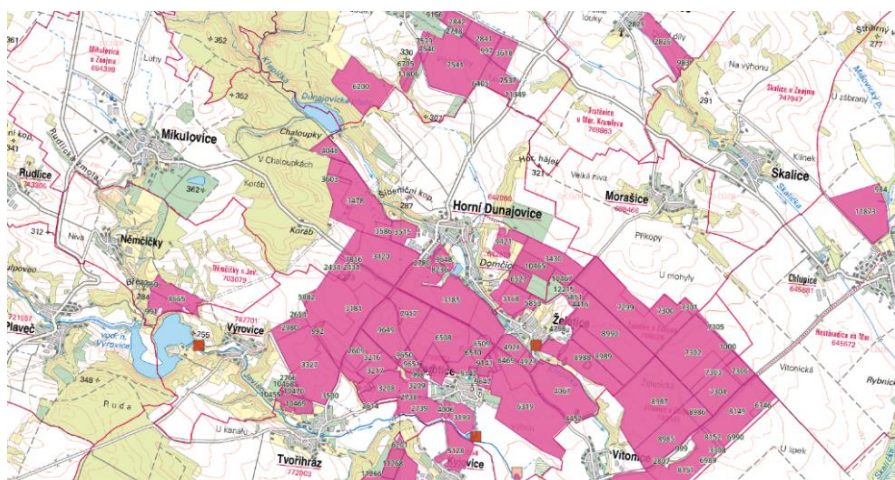


Obr. 15: Situace pozemků, zdroj: sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz

5.1.3. Hydromeliorační stavby v okolí

V lokalitě již byly v minulosti vybudovány meliorační stavby a závlahové systémy. V okolí Horních Dunajovic se v 80. letech 20. století vybudoval rozsáhlý závlahový komplex, který provozovala místní jednotná zemědělská družstva. Voda byla odebírána z Dunajovické přehrady, kde se čerpací stanicí a trubním systémem rozváděla po okolí až k postřikovačům, které místní lány polí zavlažovaly. Po pádu komunismu v roce 1989 se však změnilы majetkoprávní vztahy, centrální závlahový systém se rozdrobil na menší části a z důvodu nedostatečné údržby, nezájmu nových majitelů a často finanční tísní provozovatelů závlahový systém zcela zchátral.

Rozsah vybudovaných závlah je na následujícím obrázku:



Obr. 16: Závlahové stavby neprovozované, zdroj: meliorace.vumop.cz

Fialová barva značí plochy, kde byly v minulosti závlahy vybudovány, ale již nejsou v současné době provozovány.



Obr. 17: Objekt staré čerpací stanice

Majitelé řešených pozemků si však na svých pozemcích závlahu znovu vybudovali, přičemž se z části používá infrastruktury z 80. let. Konkrétně je využívána část vybavení původní čerpací stanice, do které bylo osazeno nové čerpadlo, a hlavní rozvodné řady. Konkrétní údaje o trubních rozvodech se však nepodařilo získat. Přibližné vedení potrubí je na mapě v příloze P5.

K závlaze jsou používány postřikovače, které jsou však umístěny bez odborného návrhu a spíše nahodile. Vybudování systému kapkové závlahy by závlahu výrazně zefektivnilo a snížilo spotřebu vody a energií. Lze tedy očekávat i vyšší výnosy plodin.



Obr. 18: Pěstební plocha A



Obr. 19: Pěstební plocha B a C

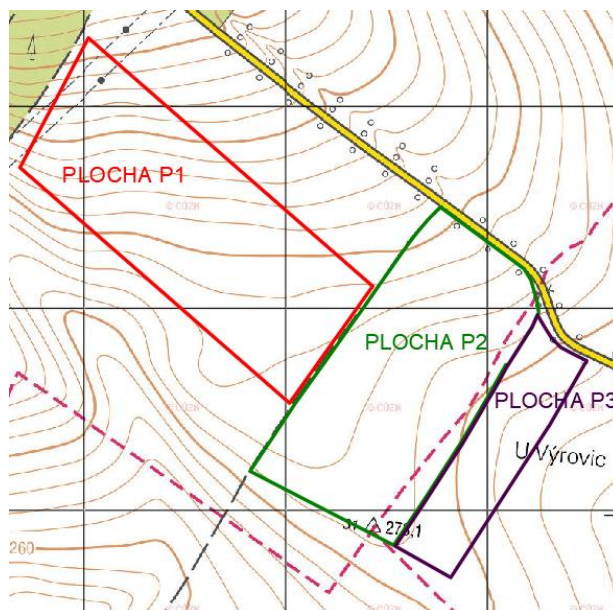
V okolí byly též některé pozemky v minulosti odvodněny, řešené pozemky však odvodněny nejsou.

Při řešení projektu se nadále nepočítá s použitím původních postřikovačů. Z většiny se bude jednat o demontovatelné části (jednorázové kapkovací hadice), které se na konci sezóny zazimují, případně zlikvidují.

5.2. Posouzení potřeby závlah

Posuzované stanoviště bylo rozděleno na 3 dílčí plochy: A, B a C. Posouzení se provedlo kvůli různým hodnotám sklonu, pedologickým charakteristikám a dalším faktorům pro každou plochu zvlášť.

Při výpočtu posouzení sucha, vláhové potřeby rostli a závlahového množství bylo postupováno podle metodiky prof. Šálka [7] a normy ČSN 75 0434 Meliorace – potřeba vody pro doplňkovou závlahu [17].



Obr. 20: Rozdělení na dílčí plochy

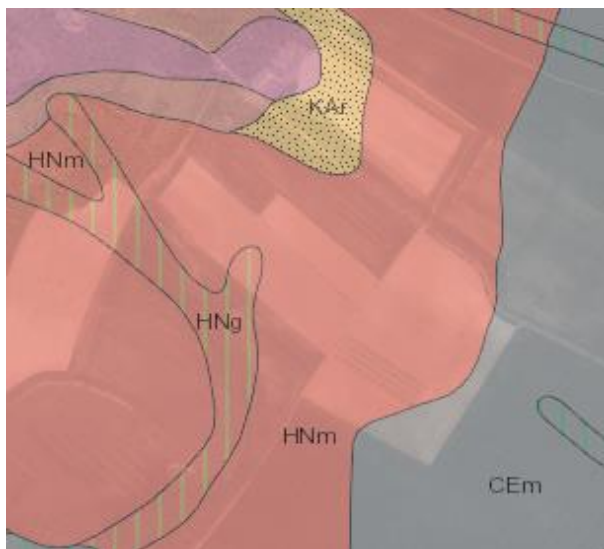
5.2.1. Půdní poměry

Pro stanovení půdních poměrů bylo použito webových aplikací české geologické společnosti, katalogu BPEJ, mapových podkladů a zkušenosti místních hospodářů. Půdní poměry pro jednotlivé plochy jsou v následující tabulce:

Tab. 2: Půdní poměry stanoviště

Půdní poměry:	Plocha A	Plocha B	Plocha C
Půdní typ:	Hnědozem modální	Hnědozem modální	Černozem modální
Půdní druh:	Hlinitá	Hlinitá	Hlinitá
BPEJ:	2.08.10	2.08.10 2.08.00	2.08.00 2.01.00
Obsah humusu:	2,0 %	2,5 %	3,0 %
Hl. podz. vody:	V hloubce pod 2,5 m	V hloubce pod 2,5 m	V hloubce pod 2,5 m
Sklonitost:	4,3 %	3,5 %	0,9 %
Expozice:	JV	JV	S
Plocha:	8,48 ha	7,75 Ha	2,68 ha

Půdní typy byly stanoveny na základě podkladů z České geologické společnosti. V lokalitě se vyskytují úrodné půdy modální hnědozemě a černozemě. Horninový podklad tvoří kvartérní spraše a sprašové hlíny [18].



Obr. 21: Půdní typy stanoviště, zdroj: mapy.geology.cz

BPEJ a půdní druhy pro jednotlivé plochy byly stanoveny z e-katalogu BPEJ. V místě se nachází velmi úrodné hlinité půdy se střední rychlostí infiltrace, středně až velmi dobře odvodněné a mají vysokou využitelnou vodní kapacitu a retenční vodní kapacitu. Půdy zde nejsou zamokřené ani vysychavé a jsou mírně ohroženy větrnou erozí. Takovéto půdy jsou velmi úrodné, a proto mají vysokou třídu ochrany [19].



Obr. 22: Hodnoty BPEJ, zdroj: bpej.vumop.cz

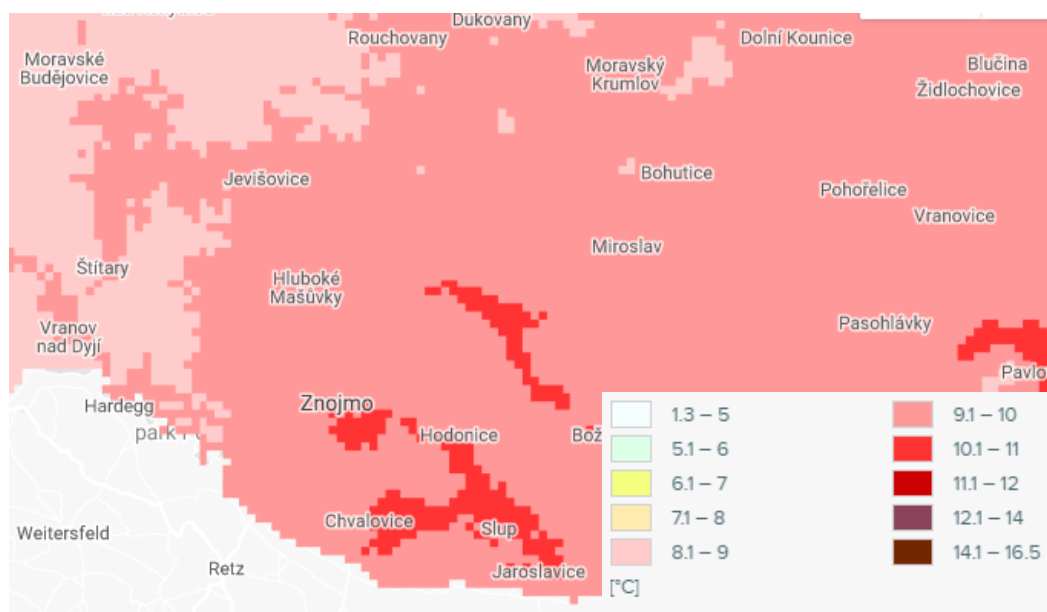
Obsah humusu v půdě byl stanoven odhadem místními hospodáři. Hladina podzemní vody v lokalitě v průběhu roku kolísá, proto zde byl použit nejméně příznivý extrém, tedy pod 2,5 m.

5.2.2. Klimatické poměry

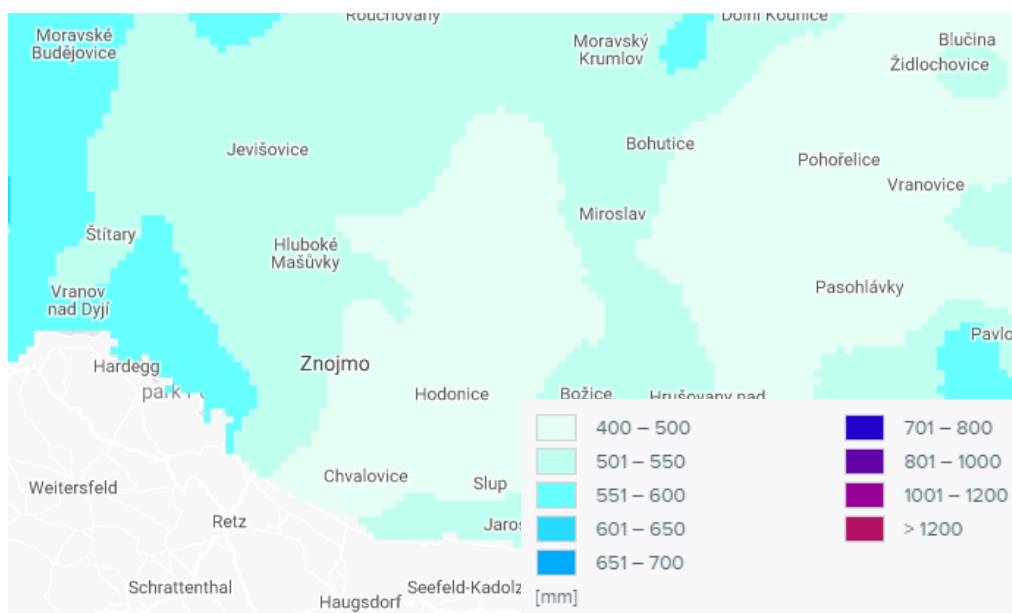
Při stanovování průměrných teplot a ročních úhrnů srážek bylo vycházeno z webové aplikace klimatickazmena.cz. Jedná se o dlouhodobé průměry z let 1981–2010 [20]. Velikost a směr větru a vlhkost vzduchu byly určeny z klimatických atlasů. Zjištěné údaje jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 3: Klimatické poměry Horní Dunajovice

prům. roční sráž. úhrn:	450	mm
úhrn srážek ve veg. obd.:	320	mm
prům. roční teplota:	9,5	°C
prům. teplota ve veg. obd.:	16,2	°C
mezoklima:	teplá oblast A	
vlh. vzduchu ve veg. obd.:	65	%
velmi dobře osluněné plochy:	ANO	
převládající směr větru:	SZ	
prům. rychl. větru ve veg. obd.:	1,7	m/s



Obr. 23: Průměrná roční teplota v oblasti, zdroj: klimatickazmena.cz



Obr. 24: Průměrný roční úhrn srážek v oblasti, zdroj: klimatickazmena.cz

5.2.3. Posouzení sucha

Podle jednoduché metodiky prof. Karla Jůvy spadá lokalita dle průměrného ročního úhrnu srážek do polosuché podnebné oblasti (400–500 mm/rok). Tento údaj je však pouze orientační, protože suchost lokality závisí na více faktorech.

5.2.4. Hodnocení oblastního sucha

Tomuto tématu jsme se věnovali již v kapitole 3.2., zde je prakticky ukázaná aplikace výpočtů pro konkrétní lokalitu.

Tab. 4: Stanovení dešťového faktoru

Langův dešťový faktor:		
$D_f =$	47	...přechodná oblast

Tab. 5: Stanovení indexu zavlažování

Index zavlažení podle Končeka:		
$\Delta r =$	3,9	mm
$I_z =$	-31,0	...suchá podoblast

Tab. 6: Stanovení vláhové jistoty

Vláhová jistota podle Mináře:		
$S' =$	495	-
$\alpha =$	-4,7	...nejsušší

Výpočtem jsme zjistili, že se lokalita nachází v suché oblasti, kde je více 50 % suchých roků, kdy je potřeba dodávat rostlinám vodu nad rámec dešťového úhrnu.

5.2.5. Posouzení konkrétního stanoviště

Při posuzování suchosti stanoviště bylo postupováno podle metodiky z publikace prof. Jana Šálka [7]. Nejprve byla vypočítána potenciální evapotranspirace, následně klimatický index, který nám posloužil pro výpočet stanovištního indexu. Ten už slouží jako vyhodnocení konkrétního stanoviště a společně s posudkem oblastního sucha nám udává, jak moc je potřeba v dané lokalitě zavlažovat, aby nebyly rostliny postiženy nedostatkem vláhy.

Zde už bylo nutné posoudit jednotlivé pěstební plochy zvlášť, neboť se u nich vyskytují různé hodnoty některých parametrů.

Tab. 7: Stanovení potenciální evapotranspirace

Potenciální evapotranspirace:				
Plocha:	A	B	C	
H _s =		320		mm
K=		40,9		
n=		205		dní
e _r =		65		%
S _s =	2,00	2,00	1,91	
e=	1,07	1,07	1,00	
E _p =	-130,9	-130,9	-111,8	mm

kde H_s je úhrn srážek ve veg. období, K je korekce na vzdušnou vlhkost, n je počet dnů veg. období, e_r je relativní vzdušná vlhkost veg. období, S_s je specifická dešťová srážka polních kultur a E_p je výsledná hodnota potenciální evapotranspirace [7].

Tab. 8: Stanovení klimatického indexu

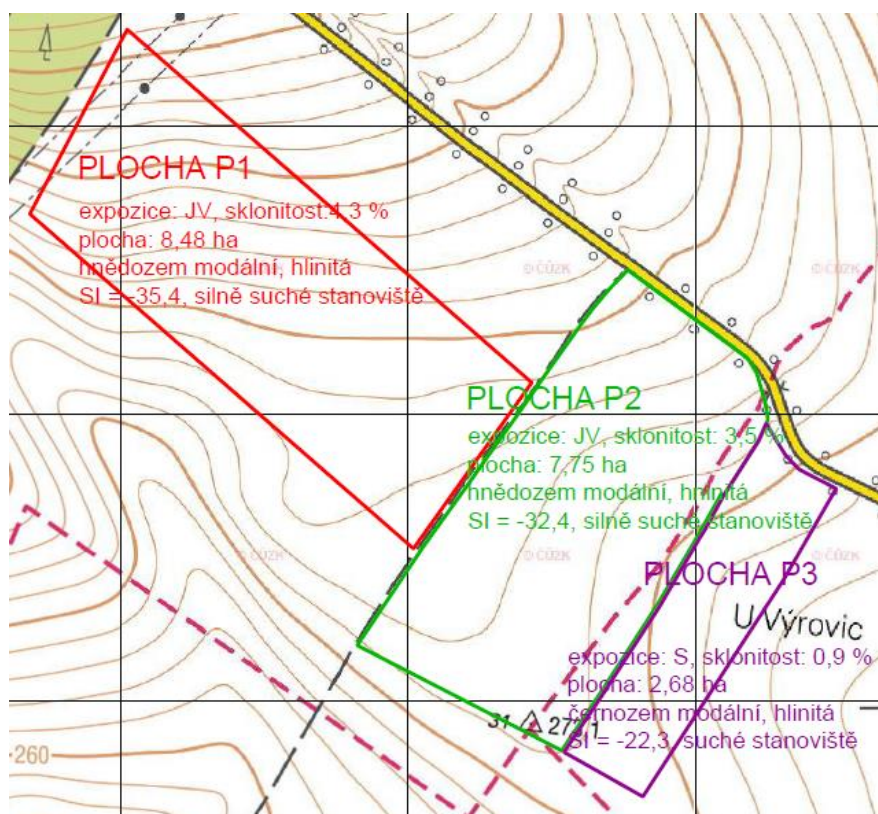
Klimatický index:			
Plocha:	A	B	C
KI=	-40,4	-40,4	-32,3

Tab. 9: Stanovení stanovištního indexu

Stanovištní index:			
Plocha:	A	B	C
B=	5	8	10
C=		0	
k=		0,7	
D=	0,030	0,025	0,006
SI=	-35,4	-32,4	-22,3
Stanoviště:	silně suché	silně suché	suché

kde B je půdní číslo, C je přírážka na půdní vodu, D je srážka na sklonitost terénu a k je součinitel závislý na zrnitosti půdy [7].

Přehledné shrnutí posouzení konkrétních stanovišť je na následující situaci:



Obr. 25: Posouzení stanoviště

Určením vláhové jistoty a stanovištního indexu jsme si ověřili, že je zkoumané stanoviště velmi náchylné na sucho a pravděpodobnost vzniku sucha je velická. Proto se zde doporučuje použít doplňkové závlahy, aby plodiny netrpěly stresem z nedostatku vláhy a nesnižovaly se výnosy plodin.

5.3. Potřeba vody pro závlahu

5.3.1. Rozdělení plodin po ploše

Po domluvě se zemědělci hospodařícími na pozemcích bylo určeno rozdělení plodin na jednotlivé části plochy. Zemědělci zde pěstují nejčastěji zeleninu, okopaniny a obiloviny.

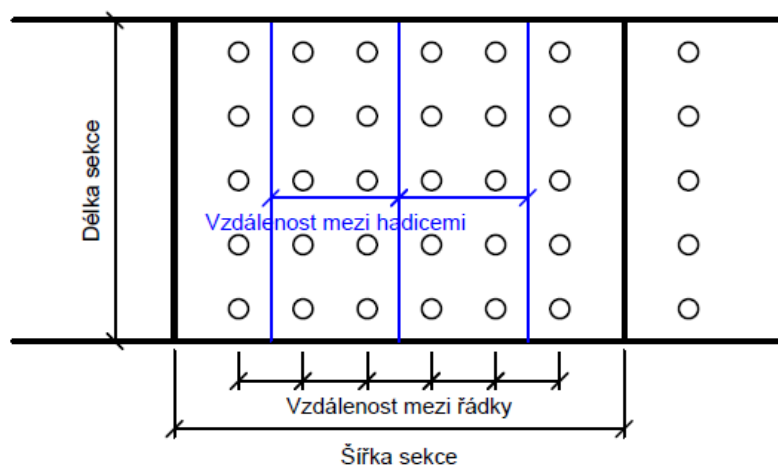
Následující výčet vznikl po domluvě s hospodáři podle toho, jaké plodiny zde plánují v nejbližších letech pěstovat. Jedná se o návrhové uspořádání plodin po ploše, které slouží pro stanovení návrhu armatury, rozvodů a čerpadla.

Skutečné osazení plodin se může měnit podle aktuálních potřeb zemědělců, kteří však budou limitováni návrhovými parametry. Proto by se každou sezónu měl udělat přesný plán a propočít, zda sezónní návrh koresponduje s návrhovými parametry projektu.

V případě, že se na dané ploše plánuje pěstování více plodin, bylo pro návrh rozmístění na pozemku vyhověno rozměrově a vlahově náročnější plodině. Plodiny byly však dávány do skupin tak, aby měly tyto parametry co nejpodobnější.

Vzdálenost v řádcích uvádí, jaký je rozestup mezi jednotlivými rostlinami v rámci jednoho řádku. Vzdaľenost mezi řádky závisí na prostorových potřebách rostliny a rozměrech potřebných na průchod a obdělávání půdy. Vzdaľenost mezi kapkovacími hadicemi závisí na tom, zda jedna hadice slouží pro jeden řádek, nebo se nachází uprostřed tzv. „dvojřádku“ – tedy dvojicí řádků, mezi kterými vede jedna kapkovací hadice pro oba řádky. Takto se střídá mezera mezi řádky průchozí s mezerou mezi řádky zavlažovací.

Pro větší přehlednost zde uvádíme v následujícím schématickém obrázku značení roztečí a rozměrů:



Obr. 26: Značení roztečí

Tab. 10: Rozměry na ploše A

Plocha A	Plodiny	Plocha [m ²]	Délka sekce [m]	Šířka sekce [m]	Vzdaľenost v řádcích [m]	Vzdaľenost mezi hadicemi [m]	počet řadů	celk. délka hadic [m]
A1	brambory	53 293	471,9	109,9	0,25	0,7	157	74 088
A2	brambory	18 497	268,0	70,4	0,25	0,7	100	26 271
A3	brambory	12 942	211,8	64,4	0,25	0,7	92	18 489

Celková délka hadic na ploše A činí 118 848 m.

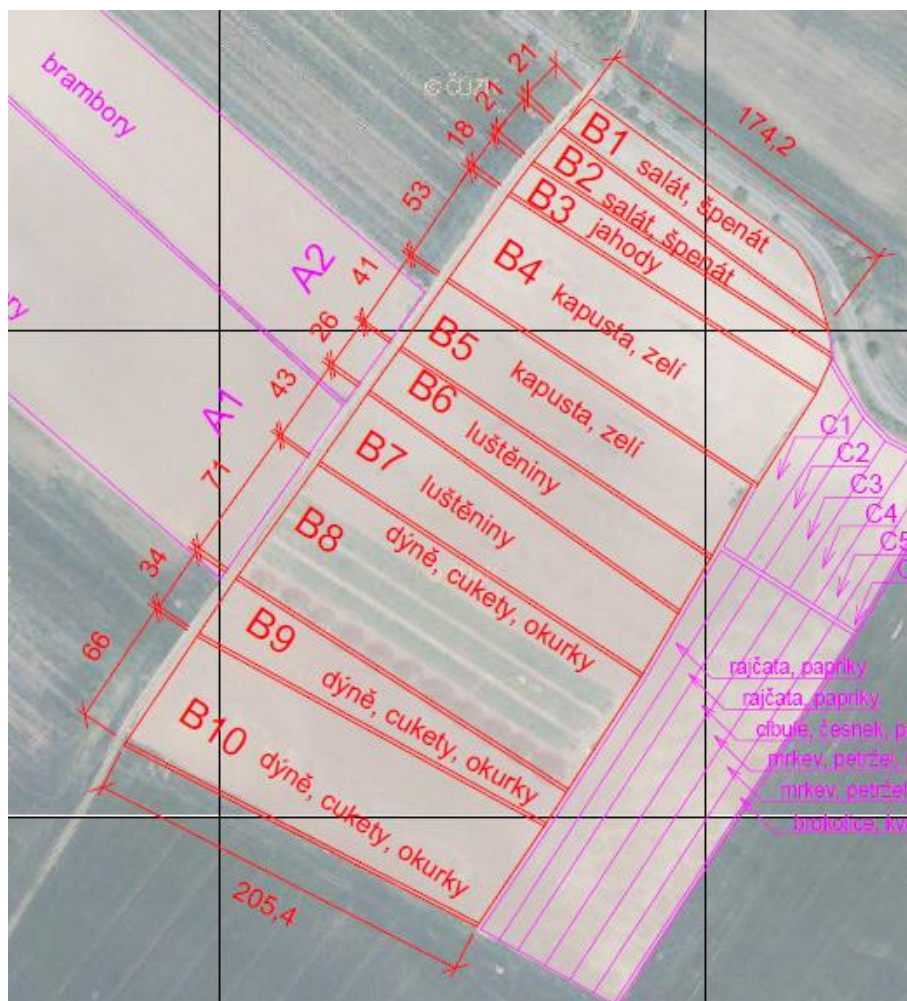


Obr. 27: Rozměry plochy A

Tab. 11: Rozměry na ploše B

Plocha B	Plodiny	Plocha [m ²]	Délka sekce [m]	Šířka sekce [m]	Vzdálenost v řádcích [m]	Vzdálenost mezi hadicemi [m]	počet řadů	celk. délka hadic [m]
B1	salát, špenát	3 653	174,2	21	0,2	0,4	52	9 045
B2	salát, špenát	2 991	185,5	21	0,2	0,4	52	7 385
B3	jahody	3 727	189,9	18	0,4	1,0	18	3 418
B4	kapusta, zelí	10 978	192,5	53	0,5	1,0	53	10 203
B5	kapusta, zelí	8 353	194,1	41	0,5	1,0	41	7 958
B6	luštěniny	5 950	197,2	26	0,2	0,8	32	6 310
B7	luštěniny	8 239	200,4	43	0,2	0,8	53	10 148
B8	dýně, cukety, okurky	14 573	204,0	71	0,9	1,5	47	9 588
B9	dýně, cukety, okurky	5 824	205,0	34	0,9	1,5	22	3 746
B10	dýně, cukety, okurky	13 340	205,4	66	0,9	1,5	44	8 893

Celková délka hadic na ploše B činí 76 695 m.

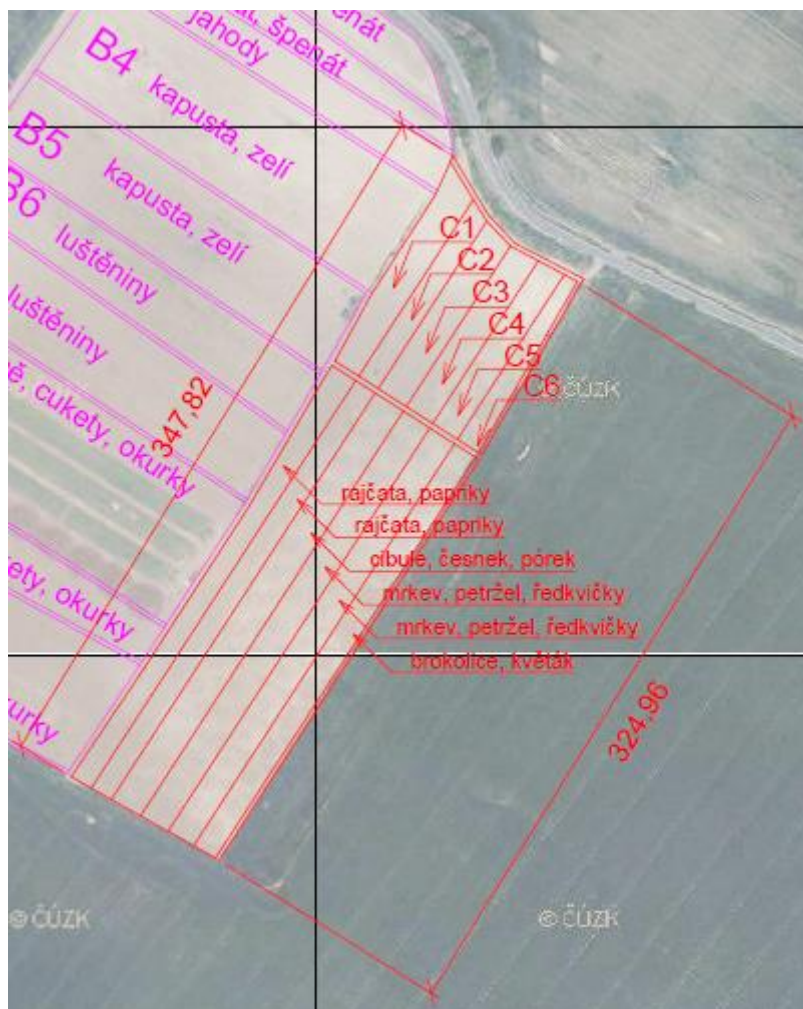


Obr. 28: Rozměry plochy B

Tab. 12: Rozměry na ploše C

Plocha C	Plodiny	Plocha [m ²]	Délka sekce [m]	Šířka sekce [m]	Vzdálenost v řádcích [m]	Vzdálenost mezi hadicemi [m]	počet řadů	celk. délka hadic [m]
C1	rajčata, papriky	4 167	344,8	11	0,5	0,7	15	5 172
C2	rajčata, papriky	3 617	335,0	10	0,5	0,7	14	4 690
C3	cibule, česnek, pórek	5 176	329,0	15	0,1	0,6	25	8 225
C4	mrkev, petržel, ředkvičky	4 818	324,2	14	0,05	0,4	35	11 347
C5	mrkev, petržel, ředkvičky	4 501	324,4	13	0,05	0,4	32	10 381
C6	brokolice, květák	3 658	324,9	11	0,4	1,0	11	3 574

Celková délka hadic na ploše C činí 43 389 m.



Obr. 29: Rozměry plochy C

5.3.2. Vláhová potřeba rostlin

V následujících třech tabulkách jsou stanoveny délky vegetačního období jednotlivých plodin, vláhová potřeba rostlin (V_c) a zásoba vody v půdním horizontu na začátku vegetačního období (W_z). Vláhová potřeba slouží jako podklad pro výpočet závlahového množství bilanční rovnicí.

Tab. 13: Vláhová potřeba rostlin na ploše A

Plocha A	Plodiny	Vegetační období	počet dnů veg. období	vláh. potř. rostlin V_c [m ³ /ha]	zás. vody v půdě W_z [m ³ /ha]
A1	brambory	10.4. - 10.9.	80	3200	300
A2	brambory	10.4. - 10.9.	80	3200	300
A3	brambory	10.4. - 10.9.	80	3200	300

Tab. 14: Vláhová potřeba rostlin na ploše B

Plocha B	Plodiny	Vegetační období	počet dnů veg. období	vláh. potř. rostlin V_c [m ³ /ha]	zás. vody v půdě W_z [m ³ /ha]
B1	salát, špenát	5.3. - 15.6. 15.8. - 25.10.	173	2800	200
B2	salát, špenát	5.3. - 15.6. 15.8. - 25.10.	173	2800	200
B3	Jahody	5.5. - 15.6. 5.8. - 25.8.	60	3600	200
B4	kapusta, zelí	15.5. - 25.10.	162	3000	200
B5	kapusta, zelí	15.5. - 25.10.	162	3000	200
B6	Luštěniny	15.4. - 5.7.	81	2000	350
B7	Luštěniny	15.4. - 5.7.	81	2000	350
B8	dýně, cukety, okurky	15.5. - 25.8.	101	3000	200
B9	dýně, cukety, okurky	15.5. - 25.8.	101	3000	200
B10	dýně, cukety, okurky	15.5. - 25.8.	101	3000	200

Tab. 15: Vláhová potřeba rostlin na ploše C

Plocha C	Plodiny	Vegetační období	počet dnů veg. období	vláh. potř. rostlin V_c [m ³ /ha]	zás. vody v půdě W_z [m ³ /ha]
C1	rajčata, papriky	20.5. - 25.9.	127	3400	200
C2	rajčata, papriky	20.5. - 25.9.	127	3400	200
C3	cibule, česnek, pórek	5.6. - 25.7.	50	2000	200
C4	mrkev, petržel, ředkvičky	5.5. - 15.10.	162	2500	200
C5	mrkev, petržel, ředkvičky	5.5. - 15.10.	162	2500	200
C6	brokolice, květák	15.6. - 25.9.	102	3500	200

U salátu, špenátu a jahod se počítá se dvěma úrodami za rok, tedy s ranou sklizní a následně se sklizní pozdní.

5.3.3. Závlahové množství

Velikost závlahového množství (M_z) závisí na více faktorech – např. vláhové potřebě rostlin, na úhrnu srážek během vegetačního období, na množství vody v půdě na začátku veg. období apod. Závlahové množství bylo spočítáno bilanční rovnicí pro suchý rok s pravděpodobností sucha 20 %.

Tab. 16: Závlahové množství plochy A

Plocha A	Plodiny	Závl. množ. v suchém roce M_{zs} [m ³ /ha]	Celk. potř. v suchém roce V_{zs} [m ³]	Potřeba vody za den [m ³ /den]
A1	Brambory	658	3505	43,81
A2	Brambory	658	1216	15,21
A3	Brambory	658	851	10,64

Tab. 17: Závlahové množství plochy B

Plocha B	Plodiny	Závl. množ. v suchém roce M_{zs} [m ³ /ha]	Celk. potř. v suchém roce V_{zs} [m ³]	Potřeba vody za den [m ³ /den]
B1	salát, špenát	461	168	0,97
B2	salát, špenát	461	138	0,80
B3	Jahody	976	364	6,06
B4	kapusta, zelí	590	648	4,00
B5	kapusta, zelí	590	493	3,04
B6	Luštěniny	326	194	2,39
B7	Luštěniny	326	268	3,31
B8	dýně, cukety, okurky	590	860	8,51
B9	dýně, cukety, okurky	590	344	3,40
B10	dýně, cukety, okurky	590	787	7,79

Tab. 18: Závlahové množství plochy C

Plocha C	Plodiny	Závlahové množství M_z [m ³ /ha]	Celk. potř. v suchém roce V_{zs} [m ³]	Potřeba vody za den [m ³ /den]
C1	rajčata, papriky	454	345	2,72
C2	rajčata, papriky	454	300	2,36
C3	cibule, česnek, pórek	0	168	3,37
C4	mrkev, petržel	0	157	0,97
C5	mrkev, petržel	0	147	0,90
C6	brokolice, květák	512	327	3,20

5.4. Návrh závlahy

Zavlažování kapkovou závlahou probíhá každý den vegetačního období roku dané plodiny, pokud to meteorologická situace vyžaduje.

5.4.1. Návrh kapkovačů

Pro návrh konkrétních kapkovačů byly použity produktové katalogy firmy Toro:

- Toro – Strawberries Drip Irrigation
- Toro – Superior Drip Tape
- Toro – Drip irrigation in Citrus groves

Produkty těchto katalogů vychází z výrobní řady Toro – Aqua-Traxx, která představuje nejrozšířenější nabídku kapkové zálahy této firmy. Pouze u sekcí, které budou zavlažovat okurky je použita výrobní řada Neptune PC.

Na plochách A a B budou položeny kapkovací hadice s tlakově kompenzovanými kapkovači, protože plochy jsou ve sklonu převyšujícím 2 %. Naopak na ploše C budou běžné kapkovací hadice (bez tlakové kompenzace), protože je to plocha rovinatá.

Tab. 19: Kapkovače na ploše A

Plocha A	Kapkováč	tlak [bar]	Průtok kapkovačem [l/h]	Spotřeba sekce [m³/h]	Spotřeba sekce [l/s]	doba spuštění [hod]	doba spuštění [min]	filtrace [mesh]
A1	EAFC 7 08 1234	0,7	0,51	125,95	35,0	0,35	20,9	150
A2	EAFC 5 10 1234	1,6	0,76	66,55	18,5	0,23	13,7	150
A3	EAFC 5 10 1245	1,2	1,01	62,24	17,3	0,17	10,3	150

Tab. 20: Kapkovače na ploše B

Plocha B	Kapkováč	tlak [bar]	Průtok kapkovačem [l/h]	Spotřeba sekce [m³/h]	Spotřeba sekce [l/s]	doba spuštění [hod]	doba spuštění [min]	filtrace [mesh]
B1	EAFC 5 06 0850	1,0	0,76	34,37	9,5	0,03	1,7	150
B2	EAFC 5 06 0850	1,0	0,76	28,06	7,8	0,03	1,7	150
B3	EAFC 5 06 0850	1,0	0,76	12,99	3,6	0,47	28,0	150
B4	EAFC 5 06 1830	0,7	1,01	22,90	6,4	0,17	10,5	150
B5	EAFC 5 06 1830	0,7	1,01	17,86	5,0	0,17	10,2	150
B6	EAFC 7 08 0867	0,7	1,01	31,87	8,9	0,08	4,5	150
B7	EAFC 7 08 0867	0,7	1,01	51,25	14,2	0,06	3,9	150
B8	PP 20 12 80 38	1,5	3,80	45,54	12,7	0,19	11,2	150
B9	PP 20 12 80 38	1,5	3,80	17,79	4,9	0,19	11,5	150
B10	PP 20 12 80 38	1,5	3,80	42,24	11,7	0,18	11,1	150

Tab. 21: Kapkovače na ploše C

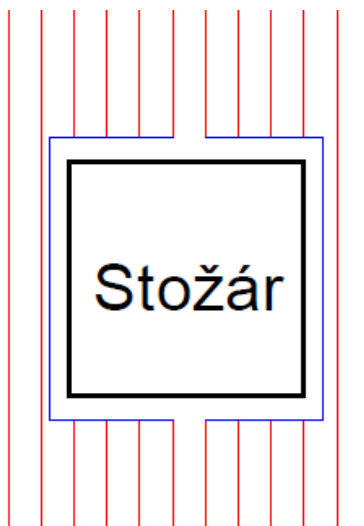
Plocha C	Kapkováč	tlak [bar]	Průtok kapkováčem [l/h]	Spotřeba sekce [m ³ /h]	Spotřeba sekce [l/s]	doba spuštění [hod]	doba spuštění [min]	filtrace [mesh]
C1	EA 5 04 1838	0,55	1,27	14,60	4,1	0,19	11,2	140
C2	EA 5 04 1838	0,55	1,27	13,24	3,7	0,18	10,7	140
C3	EA 5 04 0467	0,55	0,51	41,95	11,7	0,08	4,8	140
C4	EA 5 04 0467	0,55	0,51	57,87	16,1	0,02	1,0	140
C5	EA 5 04 0467	0,55	0,51	52,94	14,7	0,02	1,0	140
C6	EA 5 04 1666	0,55	2,01	17,96	5,0	0,18	10,7	140

Značení kapkováčů probíhá následovně: Kapkovače výrobní řady Toro – Neptune PC jsou označeny počátečními písmeny PP. Označení „PC“ za názvem řady říká, že se jedná o tlakově kompenzované kapkovače (PC = pressure control), které lze použít i na sklonitém území. Kapkovače s označením začínajícím na EA jsou výrobní řady Toro Aqua-Traxx, písmena „FC“ značí, že se jedná o kapkovače s regulací průtoku (FC = flow control). Ty pracují na podobné bázi, jako tlakově kompenzované kapkovače, výsledek je rovněž shodný – kapkovači protéká návrhové množství závlahové vody [13].

První číslo za písmennou částí kódu u řady Aqua-Traxx značí vnější rozměr v palcích. Číslo „5“ je zkratka pro 5/8 palců (16 mm), číslo „7“ značí 7/8 palce (22 mm). Další dvojčíslí pak značí sílu stěny kapkovacího potrubí v desetinách mm (tedy 04 znamená 0,4 mm apod.). Poslední, čtyřmístná, část kódu značí rozestupy kapkováčů na kapkovací hadici (v palcích) a průtok [13].

U řady Neptune PC je označování podobné, hlavní rozdíl je v tom, že udávané jednotky jsou vyjádřeny v mm. První dvojčíslí opět označuje vnější průměr hadice v mm, druhé dvojčíslí tloušťku stěny hadice v desetinách mm (tedy kód „12“ je 1,2 mm). Třetí dvojčíslí vzdálenost mezi kapkovači a čtvrté průtok jedním kapkováčem v litrech za hodinu.

V horní části plochy A3 se nachází stožár velmi vysokého napětí, který brání plynulému roztáhnutí kapkovacích hadic po celé délce zavlažované plochy. Rozměry zabrané půdorysné plochy stožáru je přibližně 5 x 5 m. Tato překážka bude překonána tak, že v místě stožáru bude kapkovací potrubí napojeno rychlospojkami a T-kusy na obtokové potrubí bez kapkováčů, které stožár VVN obejde po obvodu. Na druhé straně překážky bude pokračovat opět kapkovací potrubí. Situaci popisuje následující schéma:



Obr. 30: Obtok stožáru VVN

Vysvětlivky: modrá čára značí obtokové potrubí bez kapkovačů, červená čára kapkovací potrubí, černou čarou jsou znázorněny hranice plochy zabrané stožárem VVN.

5.4.2. Návrh filtrů

Primární filtrace probíhá přímo na čerpací stanici u Dunajovické přehrady. Filtry mají vyhovující parametry, proto není potřeba provádět návrh nových filtrů primárního stupně.

Na začátku rozdělovacího potrubí (před rozvětvením) každé sekce bude umístěn diskový filtr, který bude dimenzován dle požadavků kapkovačů každé sekce. Byly navrženy filtry firmy Toro výrobních sérií F-series a SD-series. U sekcí, kde by kapacitně nepostačoval jeden filtr, budou zapojeny dva filtry paralelně.

Tab. 22: Filtry na ploše A

Plocha A	tlak [bar]	Průtok sekce [l/s]	Filtr	počet
A1	0,7	17,5	IT-ABF 75 15 3XS	2
A1	0,7	17,5	IT-ABF 75 15 3XS	2
A2	1,6	18,5	IT-ABF 75 15 3X	1
			IT-ABF 50 15 3X	1
A3	1,2	17,3	IT-ABF 75 15 3XS	2

Plocha A1 byla rozdělena na dvě poloviny (viz kapitola níže), proto bude u každé skupiny po dvou filtrech.

Tab. 23: Filtry na ploše B

Plocha B	tlak [bar]	Průtok sekce [l/s]	Filtr	počet
B1	1,0	9,5	IT-ABF 40 15 3FW	2
B2	1,0	7,8	IT-ABF 75 15 3XS	1
B3	1,0	3,6	IT-ABF 32 15 3FW	1
B4	0,7	6,4	IT-ABF 50 15 3X	1
B5	0,7	5,0	IT-ABF 40 15 3FW	1
B6	0,7	8,9	IT-ABF 75 15 3XS	1
B7	0,7	14,2	IT-ABF 75 15 3X	1
B8	1,5	12,7	IT-ABF 75 15 3X	1
B9	1,5	4,9	IT-ABF 40 15 3FW	1
B10	1,5	11,7	IT-ABF 75 15 3X	1

Tab. 24: Filtry na ploše C

Plocha C	tlak [bar]	Průtok sekce [l/s]	Filtr	počet
C1	0,55	4,1	IT-ABF 32 15 3FW	1
C2	0,55	3,7	IT-ABF 32 15 3FW	1
C3	0,55	11,7	IT-ABF 75 15 3X	1
C4	0,55	16,1	IT-ABF 75 15 3XS	2
C5	0,55	14,7	IT-ABF 75 15 3XS	2
C6	0,55	5,0	IT-ABF 32 15 3FW	1

Celkem tak bude použito 27 filtrů 5 různých typů. Počty jednotlivých typů filtrů jsou v následující tabulce:

Tab. 25: Počty filtrů dle typů

Filtr	Počet
IT-ABF 75 15 3XS	12
IT-ABF 75 15 3X	5
IT-ABF 50 15 3X	2
IT-ABF 40 15 3FW	4
IT-ABF 32 15 3FW	4

5.4.3. Zapojení sekcí do skupin

Závlaha nebude probíhat u všech ploch současně, ale spínání jednotlivých sekcí bude probíhat postupně. Jednotlivé sekce budou spouštěny ve skupinách tak, aby průtok byl co nejrovnoměrnější a zároveň byl dodržen předepsaný čas na závlahu jednotlivých plodin.

Plocha A1, která má ze všech ploch největší výměru a odběr vody by zde byl příliš velký, bude rozdělena na dvě shodné poloviny a závlaha zde bude probíhat na dvakrát. Ostatní sekce se spouští samostatně nebo ve skupinách.

Tab. 26: Zapojení zavlažovaných ploch do skupin

Skupina	Plochy	průtok skupiny [l/s]	doba spuštění skupiny [hod]	doba spuštění skupiny [min]
S1	A1	17,5	0,17	10,4
S2	A1	17,5	0,17	10,4
S3	A2	18,5	0,23	13,7
S4	A3	17,3	0,17	10,3
S5	B1+B2	17,3	0,03	1,7
S6	B3+B4+B5+C6	19,9	0,17	10,5
S7	B6+C3	20,5	0,08	4,7
S8	B3+B7	17,8	0,06	3,9
S9	B3+B8+C1	20,3	0,19	11,2
S10	B9+B10+C2	20,4	0,19	11,3
S11	B3+C4	19,7	0,02	1,0
S12	B3+C5	18,3	0,02	1,0

Celková doba zavlažování je 90,1 minut, což je přesně 1,5 hodiny.

Závlaha bude probíhat v nočních hodinách, kdy jsou nižší teploty, je nejnižší výpar a evapotranspirace a také může čerpadlo využívat levnější noční proud.

5.4.4. Návrh čerpadla

V čerpací stanici jsou v současné době osazeny čerpadla, o kterých jsme však nedohledali provozní informace (Q/h křivka, výkon apod.). Proto se v této práci budeme věnovat také návrhu nového čerpadla, které bude vyhovovat nově navrženému závlahovému systému a jehož provoz bude ekonomický.

Čerpadlo potřebuje překonat geodetickou dopravní výšku, která je daná rozdílem spodní provozní hladiny přehrady Dunajovice, odkud se voda čerpá. Dále je potřeba vyvinout potřebný přetlak pro správnou funkci kapkovačů. Nakonec je pak potřeba překonat i ztrátovou výšku danou třením v potrubí a deformací průtokových paprsků při překonávání nejrůznějších překážek (oblouky, armatury apod.). Z celkového součtu těchto výšek získáme celkovou dopravní výšku, na kterou čerpadlo navrhujeme.

Tab. 27: Výpočet výtlačné výšky čerpadla

Výtlačná výška		
$H_g =$	48,0	m
$H_z =$	26,6	m
$H_p =$	12,0	m
$H =$	86,6	m

kde H_g je geodetická výška, H_z je ztrátová výška a H_p je tlaková výška závlahového systému.

Pro potřeby kapkové závlahy bylo navrženo monoblokové odstředivé čerpadlo firmy Calpeda NM 65/250A, které má $Q_{\max} = 75,0 \text{ m}^3/\text{h}$ a $h_{\max} = 87,5 \text{ m}$. Podrobnější parametry čerpadla jsou v následující tabulce:

Tab. 28: Návrhové parametry čerpadla

Návrhové parametry čerpadla:							
$Q_{\max} [\text{l/s}]$	$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{hod}]$	$H [\text{m}]$	Typ	$Q_{\text{náv.}} [\text{m}^3/\text{hod}]$	$H [\text{m}]$	$P [\text{kW}]$	$\mu [\%]$
20,5	73,8	86,6	Calpeda NM 65/250A	75	87,5	29	62

6. ZÁVĚR

V bakalářské práci jsme se věnovali problematice závlah, zejména závlaze kapkové, a dalším tématům se závlahami souvisejícími. První částí bakalářské práce je odborná rešerše, ve kterém se zabýváme teoretickými tématy se závlahou související.

Zjednodušeně zde byla popsána klimatická změna, která v současné době probíhá, a která zvyšuje potřebu závlah na našem území. Následně se bylo věnováno i problematice sucha, které je s klimatickou změnou velmi propojené. Bylo popsáno, jakým způsobem se vyhodnocuje suchost oblasti a konkrétního stanoviště. Také bylo zmíněno, jak se stanoví vláhová potřeba rostlin a závlahové množství.

V následujících odstavcích byly popsány jednotlivé druhy závlah, které se ve světě používají, a jejich konkrétní použití. Také jsme se věnovali způsobům úpravy vody.

Dále se již pozornost věnovala přímo kapkové závlaze. Byly vypsány její výhody a nevýhody, její nejvhodnější použití v praxi a specifické součásti, jako jsou kapkovače, kapkovací potrubí a řídicí jednotky. Byla popsána také problematika úpravy vody pro kapkovou závlahu a vyjmenovány některé druhy filtrů.

Druhou částí této práce je praktické zpracování výše nabytých znalostí z předchozí poloviny. Byl vypracován moderní a efektivní způsob závlahy zemědělských ploch v Horních Dunajovicích, který v budoucnu sníží zemědělcům náklady na pěstování zeleniny a dalších komodit.

Nejprve byly nashromážděny klimatické a pedologické údaje, ze kterých bylo zjištěno, že se lokalita nachází v oblasti náchylné na sucha, kde je potřeba doplňkové závlahy vysoká. Díky tomuto zjištění jsme přikročili k dalšímu stupni, kterým bylo návrh plodin po ploše, výpočet vláhové potřeby jednotlivých plodin a závlahového množství. Následně již bylo možné přikročit k návrhu kapkovačů a filtrů a umístit jednotlivé zavlažované sekce do skupin, které budou spínány zároveň. Praktická část bakalářské práce je zakončena návrhem čerpadla, které bude dopravovat závlahovou vodu ze zdroje až ke kapkovačům.

Na zemědělských plochách o výměře 18,8 ha byly navrženy kapkovací hadice o celkové délce 238,9 km, na kterých je celkem 976 210 kapkovačů.

Přesné celkové náklady nebyly v rámci této práce zpracovány, odhad na vybudování navrženého systému kapkové závlahy byl odhadnut na 1,25 mil. Kč. Přibližně 500 000 Kč z této částky je na vybudování trvalých částí, zbylých 0,75 mil. Kč je na nákup kapkovacích hadic. Ty bude potřeba každý rok dokupovat podle aktuální potřeby.

V minulých letech bývaly Evropským zemědělským fondem vypisovány dotační programy na rozvoj venkova. Tyto dotace měly za cíl např. konkurenceschopnost zemědělské činnosti nebo podporu účinného využívání zdrojů. Lze očekávat, že podobné dotace budou vypisovány i v budoucnosti, a tak část těchto nákladů půjde snížit pomocí některých dotačních titulů [21].

Návratnost celkových nákladů se těžko odhaduje, protože nejsou k dispozici zisky z prodejů zeleniny za minulé roky. Nicméně dle výzkumu vědců z brněnské Mendelovy univerzity může být výnos plodin zavlažovaných kapkovou závlahou v suchém roce až trojnásobně vyšší než na polích bez závlahy [22]. Vzhledem k měnícímu se klimatu na území jižní Moravy bude ale potenciál kapkové závlahy ještě vyšší. Návratnost celého projektu lze tedy očekávat v řádu jednotek let.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2015, 2015, 130 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)
- [2] *Klimatickazmena.cz* [online]. Klimatická změna, 2021 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/metodika/model-pro-extremy-a-klima/>
- [3] *Model pro extrémy a klima* [online]. Klimatická změna, 2021 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/metodika/uvod-do-metodiky/>
- [4] *Český hydrometeorologický ústav - územní teploty* [online]. ČHMÚ, 2021 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
- [5] *Český hydrometeorologický ústav - územní srážky* [online]. ČHMÚ, 2021 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [6] BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA. *Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. 1. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015. ISBN 978-80-87902-11-0.
- [7] ŠÁLEK, Jan. *Závlahové stavby*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0497-3.
- [8] KULHAVÝ, František a Zbyněk KULHAVÝ. *Navrhování hydromelioračních staveb*. 1. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-808-7093-832.
- [9] *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cesi-v-domacnostech-denno-spotrebuji-pres-89-litru-pitne-vody>
- [10] TNV 75 4310. *Závlahová zařízení pro mikrozávlahy: Navrhování*. Praha: Hydroprojekt a.s., 1997.
- [11] *Golf Irrigation Product Catalogue: Golf irrigation*. Hunter Industries Inc. Hunter, 2019.

- [12] MAROÚŠEK, Jan. *Zavlažování: zahrada*. 1. vydání. Brno: ERA, 2008. Stavíme. ISBN 978-807-3661-199.
- [13] *Aqua-Traxx - Design manual: Metric version*. 5th edition. Toro, 2007.
- [14] JASIM, Kareem A., Widad Hamdi JASIM a Shatha MAHDI. The effect of sunlight on medium density polyethylene Water pipes. *Energy Procedia* [online]. 2017, **2017**(119), 650-655 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217326334>
- [15] *Technologické riešenia pestovania rastlín: Čo znamená MESH* [online]. Profesionalservis, 2019 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.profesionalservis.sk/sk/co-znamena-mesh>
- [16] *Aqua Industrial: Kapkové závlahy*. Olomouc - Chomoutov: Aqua Industrial s.r.o.
- [17] ČSN 75 0434 *Meliorace - potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [18] *Česká geologická služba: Mapové aplikace* [online]. Resort životního prostředí [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [19] *EKatalog BPEJ* [online]. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2019 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/20810>
- [20] *Klimatická změna* [online]. Brno: Ústav výzkumu globální změny AV ČR v.v.i., 2021 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/>
- [21] *EAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021 [cit. 2021-05-27]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/program-rozvoje-venkova-na-obdobi-2014/zakladni-informace/>
- [22] E15.cz. *E15.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER a.s., 2018 [cit. 2021-05-27]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/potraviny/kapкова-zavlahu-muze-zajistit-az-trikrat-vetsi-urodu-brambor-zjistili-cesti-vedci-1352599>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Charakteristika oblasti podle dešťového faktoru:	18
Tab. 2: Půdní poměry stanoviště	35
Tab. 3: Klimatické poměry Horní Dunajovice	37
Tab. 4: Stanovení dešťového faktoru	38
Tab. 5: Stanovení indexu zavlažování	38
Tab. 6: Stanovení vláhové jistoty	38
Tab. 7: Stanovení potenciální evapotranspirace	39
Tab. 8: Stanovení klimatického indexu	39
Tab. 9: Stanovení stanovištního indexu	39
Tab. 10: Rozměry na ploše A	41
Tab. 11: Rozměry na ploše B	42
Tab. 12: Rozměry na ploše C	43
Tab. 13: Vláhová potřeba rostlin na ploše A	44
Tab. 14: Vláhová potřeba rostlin na ploše B	45
Tab. 15: Vláhová potřeba rostlin na ploše C	45
Tab. 16: Závlahové množství plochy A	46
Tab. 17: Závlahové množství plochy B	46
Tab. 18: Závlahové množství plochy C	46
Tab. 19: Kapkovače na ploše A	47
Tab. 20: Kapkovače na ploše B	47
Tab. 21: Kapkovače na ploše C	48
Tab. 22: Filtry na ploše A	49
Tab. 23: Filtry na ploše B	50
Tab. 24: Filtry na ploše C	50
Tab. 25: Počty filtrů dle typů	50
Tab. 26: Zapojení zavlažovaných ploch do skupin	51
Tab. 27: Výpočet výtlačné výšky čerpadla	52
Tab. 28: Návrhové parametry čerpadla	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Průměrná teplota vzduchu na Zemi 1880-2020, zdroj: climate.gov	14
Obr. 2 RPC modely, country-level-scc.github.io	15
Obr. 3 Průměrná teplota v ČR 1960-1990, zdroj: ČHMÚ	16
Obr. 4: Kapková závlaha vinice, zdroj: Netafim – Organizace závlahy vinice kapkovou závlahou Netafim	25
Obr. 5: Kapková závlaha zeleniny, zdroj: istockphoto.com	25
Obr. 6: Kapková závlaha lesní školky, zdroj: picuki.com	26
Obr. 7: Kapková závlaha okrasné výsadby, zdroj: zahradaplnozivotu.cz	26
Obr. 8: In-line kapkovač, zdroj: graavityagro.com	28
Obr. 9: On-line kapkovač, zdroj: indiamart.com	27
Obr. 10: Základní schéma kapkové závlahy, zdroj: [7]	28
Obr. 11: Porovnání jednotek Mesh a Micron, zdroj: netafim.cz	30
Obr. 12: Schéma baterie tlakových pískových filtrů, zdroj: [10]	30
Obr. 14: Obec Horní Dunajovice, zdroj: mapy.cz	32
Obr. 15: Zájmové území, zdroj: geoportal.gov.cz	32
Obr. 16: Situace pozemků, zdroj: sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz	32
Obr. 17: Závlahové stavby neprovozované, zdroj: meliorace.vumop.cz	33
Obr. 18: Objekt staré čerpací stanice	33
Obr. 19: Pěstební plocha A	35
Obr. 20: Pěstební plocha B a C	34
Obr. 21: Rozdělení na dílčí plochy	35
Obr. 22: Půdní typy stanoviště, zdroj: mapy.geology.cz	36
Obr. 23: Hodnoty BPEJ, zdroj: bpej.vumop.cz	36
Obr. 24: Průměrná roční teplota v oblasti, zdroj: klimatickazmena.cz	37

Obr. 25: Průměrný roční úhrn srážek v oblasti, zdroj: klimatickazmena.cz	38
Obr. 26: Posouzení stanoviště	40
Obr. 27: Značení roztečí	41
Obr. 28: Rozměry plochy A	42
Obr. 29: Rozměry plochy B	43
Obr. 30: Rozměry plochy C	44
Obr. 31: Obtok stožáru VVN	49

Obrázky, u kterých není uveden zdroj, jsou vlastní tvorbou autora bakalářské práce.

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 – Přehledná situace zavlažovaného stanoviště
- P2 – Závlahový detail plochy A
- P3 – Závlahový detail plochy B
- P4 – Závlahový detail plochy C
- P5 – Přibližná trasa přívodního potrubí