

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



Bakalářská práce

Praha 2022

Potenciál a možnosti řešení kapkové závlahy

Potential and possibilities of drip irrigation solution

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Vedoucí práce: Ing. Pavla Schwarzová, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šnábl	Jméno: Jan	Osobní číslo: 32630
Zadávací katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Potenciál a možnosti řešení kapkové závlahy	
Název bakalářské práce anglicky: Potential and possibilities of drip irrigation solution	
Pokyny pro vypracování: V teoretické části zpracujte rešerši odborné literatury pro aktuální využití kapkových závlah ve světě, jejich výhody a nevýhody. Uveďte zkušenosti s kapkovými závlahami v ČR a zhodnoťte aktuální situaci a trendy do budoucna (příprava nové legislativy v ČR a výhled v používání srážkové, lehké šedé a recyklované vody). V praktické části Vaší bakalářské práce vypracujte přehled teplot a srážek v řešené lokalitě a zhodnoťte aktuální vývoj klimatu. V zadané situaci řešte závlahu vinné révy kapkovacím potrubím a proveďte potřebné výpočty (stanovení potřeby závlahové vody, návrh čerpací stanice, návrh filtrace, hnojení a výpočet trubní sítě). Diskutujte výhody umístění kapkovacího potrubí na vodící lanko, povrchové nebo podzemní.	
Seznam doporučené literatury: 1) Seth M. Siegel: Budiž voda 2) články v časopisech indexovaných v databázích WOS a SCOPUS 3) ČSN 75 0434 Meliorace - Potřeba vody pro doplňkovou závlahu. 4) TNV 75 4310 Závlahová zařízení pro mikrozávlahy 5) TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami 6) Rehák, S.et.al.: Zavlažovanie polných plodín, zeleniny a ovocných sádov.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Pavla Schwarzová, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2022	Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022 <small>Udaj uvedte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Potenciál a možnosti řešení kapkové zvlahy“ vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem řádně označil a uvedl v příloženém seznamu.

V Praze dne

Podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval své vedoucí bakalářské práce paní Ing. Pavle Schwarzové, Ph.D. za její odborné konzultace, cenné rady a veškerý věnovaný čas. Poděkování patří také mé rodině, která mě podporovala během celého bakalářského studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá popisem situace závlah v České republice a jejími trendy. V současné době je používání kapkové závlahy vyhodnoceno jako nejúspornější závlahový způsob z hlediska využívání vodních zdrojů. Reakcí na klimatickou změnu byl zhotoven nástin řešení automatického závlahového systému ve vinohradu Havlíčkovy sady umístěného v Praze 2. Po porovnání jednotlivých možností řešení závlahy bylo pro danou situaci navrženo povrchové kapkovací potrubí zavěšené na drátětku.

Klíčová slova

Kapková závlaha, závlaha vinné révy, automatický zavlažovací systém, klimatická změna

Abstract

The bachelor thesis deals with the description of the irrigation situation in the Czech Republic and its trends. Currently, the use of drip irrigation is evaluated as the most economical irrigation method in terms of water resources use. In response to climate change, an outline of an automatic irrigation system solution was made in the vineyard Havlíčkovy sady located in Prague 2. After comparing the different irrigation solution options, a surface drip line suspended on a wire was designed for the situation.

Keywords

Drip irrigation, vine irrigation, automatic irrigation system, climate change

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Teoretická část	10
2.1 Kapková závlaha	10
2.1.1 Historie kapkové závlahy.....	10
2.1.2 Současnost.....	11
2.2 Výhody a nevýhody kapkové závlahy	12
2.3 Kvalita závlahové vody pro mikrozávlahy	13
2.4 Potenciál využití šedé a recyklované vody pro závlahu	14
2.5 Závlaha vinné révy.....	16
2.6 Závlaha vinohradů.....	19
2.7 Rostoucí trend zavlažování vinic	20
2.8 Praktické zkušenosti pro zavlažování vinohradů v ČR.....	21
2.9 Přehled výměry vinic v České republice.....	22
2.10 Obecná skladba kapkové závlahy	23
2.10.1 Kapkovací potrubí.....	24
2.10.2 Filtrace	27
2.10.3 Kapkovač, multikapkovač.....	28
2.10.4 Redukční ventil	29
2.10.5 Elektromagnetický uzávěr	29
3. Praktická část	30
3.1 Přehled teplot a srážek	30
3.1.1 Meteorologická stanice Praha-Karlov.....	33
3.2 Terénní průzkum.....	33
3.2.1 Historie zájmového území	34
3.2.2 Popis lokality Havlíčkovy sady	34

3.3 Řešení adaptace na změnu klimatu	37
3.4 Hydraulické řešení závlahového systému vinohradu	39
3.5 Hydraulický výpočet	43
3.6 Výpočet testovací závlahové dávky	48
3.7 Umístění kapkovacího potrubí	50
4. Závěr	52
5. Zdroje	53

1. Úvod

Nikdy jsem si neuvědomil, že zavlažování je nedílnou součástí našeho života. Vzpomínám si, jak už na základní škole v hodinách dějepisu nám paní učitelka vyprávěla o zavlažování v Egyptě a v ostatních starověkých civilizacích. Se zavlažováním jsem se následně několikrát potkal v různých předmětech během studia na gymnáziu, ale největší uvědomění přišlo až na vysoké škole. Přesněji to bylo v letním semestru v roce 2021 na předmětu Vodní hospodářství krajiny. Po absolvování tohoto předmětu jsem si ve svém okolí začal více všimnout zavlažování a různých opatření proti suchu. Nejenže se zavlažují chmelnice, sady, parky a golfové hřiště, ale už se i zcela běžně zavlažují například travní plochy ve městech.

V srpnu v roce 2021 jsem navštívil ostrov Tenerife. Jedná se o největší ostrov s rozlohou 2 034,38 km² ze souostroví Kanárských ostrovů, nacházející se v Atlantském oceánu. Nad ostrovem se tyčí aktivní sopka Pico de Teide s výškou 3718 m n. m. Na tomto španělském ostrově žije přes 900 000 obyvatel, jejichž příjem pochází hlavně ze zemědělství (pěstování vína, banánů a pomerančů), chovu ryb a cestovního ruchu. [1]

„Ostrov lze rozdělit na 2 klimatické oblasti. Severní část ostrova je vlhčí, deštivější, s bujnější vegetací, zatímco jih ostrova je suchý a horký. V severní části ostrova, která je přímo vystavena proudění vlhkých pasátových větrů se tvoří tzv. „moře mraků“. Jižní část ostrova, která je v závětrí pasátových větrů, je více vystavena teplému vzduchu původem z Afriky. Panuje zde sušší a teplejší klima.“ Průměrná roční teplota na jihu ostrova je 21,4 °C a roční úhrn srážek 132 mm. [1] I přes vysoké teploty a nízký úhrn srážek se na jihu Tenerife nacházejí obrovské, především banánové plantáže. Bylo mi záhadou, jak v těchto nehostinných podmínkách mohou obyvatelé ostrova něco pěstovat.

Ve městě Las Galletas, jsem si všiml plakátu, který nabízel prohlídku jedné ze zmíněných banánových plantáží. Následující den jsme plantáž navštívili. Prohlídka trvala zhruba 1,5 hodiny, během které nám průvodce vysvětlil, jak to na plantáži funguje, jak se banány pěstují a co vše se musí kvůli pěstování udělat.

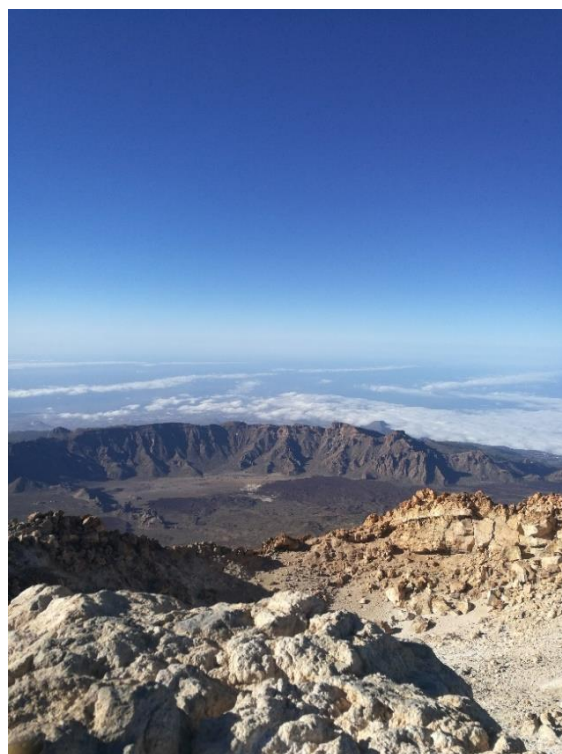
Nejzajímavější pro mě ale byla část, ve které se vyprávělo o vodě. Dozvěděli jsme se, že jeden banánovník potřebuje až 25 litrů vody za den. Pokud bychom toto vynásobili počtem banánovníků na plantáži, dostaneme neskutečné číslo. Následně nám bylo vše krásně vysvětleno. Dostatek vody, které na ostrově není mnoho, pochází hlavně

z odsolování mořské vody, zadržování veškerých srážek a hospodaření s odpadní vodou. Po celém ostrově se nacházejí nádrže a síť potrubí přivádějící vodu tam, kde je potřeba. Tato voda je pak pomocí nadzemního kapkovacího potrubí rozváděna přímo k jednotlivým banánovníkům.

Exkurze a krásné vyprávění průvodce o hospodaření s vodou pro závlahu plantáží mi vnukla myšlenku na prohloubení znalostí ohledně použití kapkovací závlahy v České republice. Následně navržení zavlažovací soustavy v pražské vinici ve Vršovicích bylo již jen krůčkem. Budování kapkovacího potrubí hlavně ve formě podpůrného zdroje závlahy, pro distribuci hnojiv, zajištění a zhodnocení zdrojů vody pro závlahu nakonec dalo vzniknout této bakalářské práci.



Obr. 1 Závlaha plantáže banánovníků,
Tenerife



Obr. 2 Pohled ze 3718 m n. m., sopka
Pico de Teide, Tenerife

2. Teoretická část

2.1 Kapková závlaha

2.1.1 Historie kapkové závlahy

První zmínky o kapkové závlaze se vyskytují již během prvního století před Kristem na území Číny, pokročilejší verzi pak v roce 1860 začali používat v Německu. Jednalo se o kombinaci podzemních zavlažovacích a drenážních systémů zhotovených pomocí hliněných trubek.

Moderní technologie kapkové závlahy byla vyvinuta izraelským vodohospodářem Simchou Blassem. „*Někdy v polovině třicátých let jsem jednoho dne procházel kolem plotu u domu Abrahama Lobzowského a všiml jsem si, že jeden ze stromů lemujících plot je o deset metrů vyšší než všechny ostatní*“. Simcha Blass, inženýr a vynálezce, narozený 27. listopadu 1897, který nejenže našel nové zdroje vody a zajistil její distribuci k farmářům, založil také národní vodohospodářskou společnost Mekorot, ale významně se podílel i na samotném vzniku a uznání suverenity židovského státu. Pan Simcha Blass přezdíváný „vodní muž“ se vrátil ve věku devětapadesáti let k myšlence, která ho poprvé napadla před více než čtvrtstoletím.

Z řady stromů vysazených podél plotu jeden vyčníval. Přitom všechny stromy byly stejného druhu, vysázeny ve stejnou dobu, rostly ve stejné půdě a dostávaly stejné množství slunečního svitu i dešťových srážek. Všiml si, že kolem plotu vede kovové zavlažovací potrubí a že z něho u nejvyššího stromu kape voda z maličké dírky. To ho přivedlo k myšlence, že drobné, nicméně nepřetržité kapičky pronikající ke kořenům vytvářejí lepší podmínky pro růst stromu. Koncem 50. let, kdy se Blass začal zabývat novým nápadem, byly nejobvyklejší formou zavlažování záplavové systémy (závlaha výtopou). Pole nebo brázdy na poli se zatopily vodou. I přes to, že tato metoda je velmi nevhodná (až 50% vody se na cestě od zdroje k rostlině ztratí výparem a vsakem do půdy dříve, než ji mohou absorbovat kořeny rostlin), byla v Izraeli běžně používána. Dokonce se záplavové systémy používají na mnoha místech po celém světě dodnes. Alternativou k závlaze výtopou byly postřikovače. U postřikovačů byl podobný problém. Některé části zavlažované plochy dostávaly vody moc, jiné naopak měly nedostatek potřebného množství. Stejně jako u záplavové metody je postřik nevhodný z důvodu výparu a odnosu vody větrem mimo zavlažovanou plochu. Pokud ale rostlině dodáváme

vláhu kapku po kapce, omezují se ztráty způsobené odpařováním a voda se dostane přímo ke kořenům.

Několik let experimentování trvalo panu Blassovi a jeho následovníkům vypořádat se s několika problémy. Jaký materiál použít, jak zabránit ucpání otvorů zeminou a kořeny, jak dostat potřebnou závlahu k dlouhým řadám rostlin ve stejnou dobu, jak se vypořádat s různými klimatickými podmínkami, anebo jak udržet všude stejný tlak, vyrovnat se s gravitací a terénní nerovností. Simcha Blass došel ke dvěma poznatkům. Kapková závlaha spotřebuje mnohem méně vody než závlaha výtopou nebo postřikovacím zavlažováním. Druhým poznatkem bylo, že plodiny zavlažované kapkovým systémem dosahovaly vyšších výnosů. Navzdory řadě odpůrců a pochybností samotného pana Blasse vzniká firma Netafim (hebrejský výraz pro slovo kapat), která zahájila svou činnost v lednu roku 1966. Simcha Blass sice objevil kapkovou závlahu, ovšem důležitým vynálezcem v tomto oboru je Rafi Mehoudar. Právě on vymyslel desítky inovací a pomohl kapkové zavlažování výrazně zdokonalit. Rafi Mehoudar také nabízí vysvětlení lepších výnosů plodin: *„Když rostlině dodáte nadměrné množství vody, což se děje v případě záplavového a postřikovaného zavlažování, kořeny stojí ve vodě a chybí jim kyslík. To rostlinu stresuje. Pak jí po určité době nedáme pro změnu žádnou vodu, což znamená další stres, jen jiného druhu. A tohle děláme pořád dokola, během celého vegetačního cyklu. Oproti tomu kapková závlaha dodává rostlině vodu pravidelně a přiměřeně, takže může v klidu růst a dělat to, co umí nejlépe.“* Z tohoto tvrzení dokonce plyne, že kapková závlaha je nejen lepší než klasické zavlažovací přístupy, které napodobují přírodní podmínky, ale i vytváří stálejší prostředí pro růst než samotný déšť.
[2]

2.1.2 Současnost

Rostliny zavlažované kapkovým systémem dostávají v současné době směs vody a kapalných hnojiv. Pro tuto metodu vznikl odborný název fertigace (anglicky fertigation). Označení vzniklo zkombinováním slov fertilizer (hnojivo) a irrigation (závlaha). Velkou výhodou tohoto procesu je, že se spotřebuje menší množství hnojiv, hnojivo směřuje přímo ke kořenům, odkud ji rostlina vstřebává, a také téměř nezůstávají zbytky hnojiva na povrchu. Oproti plošnému hnojení, kdy větší srážka spláchne hnojiva z povrchu do nejbližšího vodního toku a znečistí vodní zdroj. Obohacuje pak vody dusičnany a

fosforem (vzniká proces eutrofizace) z hnojiv, a to dále slouží jako potrava pro řasy a sinice, které odčerpávají kyslík z vody. Následkem toho dochází k úhynu vodních rostlin a ryb. Dalším důležitým pojmem je nutrigace (angl. nutrigation). V této metodě se využívá kapkové závlahy k dodávání živin, které v půdě chybí. To umožňuje pěstovat plodiny v méně kvalitní půdě, a dokonce i na poušti. Rostlině se společně s vodou dodají všechny potřebné živiny, které by za normálních podmínek získala z okolního prostředí. [2]

Kapková závlaha se neustále zdokonaluje. Firma Netafim přišla s nápadem umístit v půdě u kořenů rostlin pomůcku, která vyšle signál pokaždé, když rostlina potřebuje dodat vodu nebo živiny. Díky tomu, že se podařilo izraelským šlechtitelům vyšlechtit odrůdy, které spotřebují méně vody, a dokonce vyšlechtit rostliny, kterým vyhovuje brakická voda (směs slané a sladké vody), musela se i technologie kapkové závlahy přizpůsobit. Nyní se může na mnohých místech zavlažovat ředěnou nebo částečně odsolenou brakickou vodou. Doktorka Shoshana Haran říká, že v současné době je v Izraeli nejlepším místem k pěstování plodin poušť a dodává: „*Já vím, že to zní divně, ale je tomu tak, vzhledem k druhům semen a typu zavlažování, které používáme... Kapkové zavlažování a nově vyšlechtěná semena dnes hrají v Izraeli významnou roli. Brzy budou hrát zásadní roli po celém světě.*“ [2]

2.2 Výhody a nevýhody kapkové závlahy

Závlaha je důležitou složkou zemědělství. Z celkové plochy světa je jen 11 % plocha zemědělské půdy, z té je pouze 17 % zavlažováno. Nicméně se na této zavlažované zemědělské půdě produkuje 45 % všech potravin pro celý svět. Výstavba závlahového systému je nákladná a zdrojů vody ubývá, proto je zapotřebí závlahu navrhovat efektivně a precizně. Česká republika, která je odkázána na množství srážek, proto hledá inspiraci pro správné budování zavlažovacích systémů ve světě. Dobrým příkladem je Izrael, země, která je světově uznávaným odborníkem na šetrné hospodaření s vodními zdroji, ve které se maximálně omezilo plýtvání vodou a ve které se vynalezla a hojně využívá kapková závlaha. [3]

Výhodou kapkové závlahy je úspora vody oproti jiným závlahovým způsobům. Pomalé dávkování malých závlahových množství směřuje přímo k rostlinám a zamezuje zavlažování mezilehlých ploch. Kapková závlaha „omezuje ztráty vody povrchovým

odtokem, neefektivním průsakem a výparem.“ [3] Z hlediska výnosů plodin je kvůli přesnému a cílenému dávkování vody, hnojiv a ochranných látek kapková závlaha vysoce efektivní. Další výhodou kapkové závlahy je nízký průtok (2 až 10 l/h) a nízký požadavek na dodaný tlak (0,5 až 4 bary). Kapkovací potrubí je vhodné pro dlouhodobější kultury, tedy pro chmelnice, ovocné sady i skleníky.

Naproti tomu nevýhodou kapkové závlahy je její vysoký požadavek na čistotu vody, zajišťovanou dostatečně jemnou filtrací (155 MESH = 95 mikronů). „Nedostatečná úprava závlahové vody má za následek snížení životnosti kapkové závlahy. Úprava vod povrchových, dešťových, šedých nebo předčištěných vyžaduje většinou i odstranění biologického znečištění pískovou filtrací, a přesto tato závlaha nebývá bezproblémová a rentabilní.“ [3] U každoročně obměňovaných plodin v závislosti na osevním postupu, obnáší využití kapkové závlahy velkou pracnost, vysoké pořizovací náklady a velké množství plastového odpadu. I přes svoji velkou úsporu vody není kapková závlaha nejlevnější ani nejefektivnější a také její použití je omezené. Kapková závlaha nenahradí funkce postřikovačů, jako je ochrana proti škůdcům, protimrazová závlaha nebo plošné vzházení plodin. Konkrétně u vinné révy dochází dávkováním kapkové závlahy v mělkých hloubkách k nežádoucímu omezení vývoje kořenů. [3]

2.3 Kvalita závlahové vody pro mikrozávlahy

Voda učená na závlahy musí splňovat řadu parametrů. Při závlaze postřikem běžným závlahovým zařízením činí maximální velikost částic 1 mm, výjimečně 2 mm. Při mikrozávlahách (bodové, kapkové závlaze a mikropostřiku) nemá maximální přípustná velikost tvrdých částic přesáhnout 1/5 až 1/10 výtokových otvorů, u měkkých částic 1/6 až 1/3 průměru výtokových otvorů.

Na ucpání kapkovačů se podílejí mikrořasy a mikroorganismy, především železité bakterie. V současnosti je běžné u jednotlivých typů kapkovačů a mikropostřikovačů uvádět požadavek na jakost vody. Vodu určenou pro kapkovou závlahu lze kvalifikovat podle Buckse a kol. (1979). [4]

Další zatřídění závlahové vody lze provést na základě chemických vlastností. Rozdělení na jednotlivé třídy se řídí dle ČSN 75 7143 Jakost vody pro závlahu, která vymezuje tři třídy závlahové vody.

- I. třída – voda vhodná k závlaze
- II. třída – voda podmíněně vhodná k závlaze
- III. třída – voda nevhodná k závlaze

Součástí této normy je také tabulka nejvyšších přípustných hodnot (NPH) ukazatelů jakosti vody pro jednotlivé třídy. Ukazatele se dělí na 4 základní skupiny: [5]

- fyzikální (teplota závlahové vody, která by měla být v jarním období 10 až 15 °C, v létě 15 až 20 °C. Maximální teplota závlahové vody činí 35 °C)
- chemické (stanovují limitní hodnoty pH, rozpuštěných látek, síranů, chloridů, manganů, mědi atd.)
- biologické (množství koliformních bakterií, fekálních koliformních bakterií, patogenní mikroorganismy atd.)
- ukazatele radioaktivity

Co se týče vinné révy, patří společně například s kukuřicí, čekankou, česnekem, ředkvičkami, pórkem a mrkví k plodinám s mírnou odolností vůči obsahu solí v závlahové vodě. Je tedy zapotřebí kvalitu závlahové vody hlídat a dostatečně ji vyčistit a filtrovat. Kvalita dostupných vodních zdrojů ovlivňuje samotný návrh a provoz závlah. Při závlaze vodou I. třídy nejsou žádná omezení, s výjimkou závlahy v místech vodních zdrojů. Tam je třeba dodržovat ustanovení pásem hygienické ochrany a individuálně posuzovat jednotlivé případy. Při závlaze vodou II. třídy (voda podmíněně vhodná k závlaze) je třeba dodržovat pásma hygienické ochrany kolem bytové zástavby a komunikací a ochranné lhůty mezi poslední závlahou a sklizní dle ČSN 75 7143. [4]

2.4 Potenciál využití šedé a recyklované vody pro závlahu

Vzhledem k rostoucímu nedostatku vody a poloze České republiky, jako země na rozvodí, která je odkázána na množství srážkových vod, je zvláště důležité, co možná nejvíce využívat veškerou vodu, která na území České republiky spadne. Vodě je nutné zabránit v rychlém odtoku z našeho území, tedy akumulovat a opětovně ji využívat. Dalším řešením, je využití málo znečištěných vod pro různé činnosti a také znovuvyužití vyčištěné odpadní vody. Nejméně znečištěné jsou tzv. lehké šedé vody, což jsou odpadní vody bez obsahů fekálií a moči, tzn. vody ze sprch a umyvadel. V novějším pojetí se do šedých vod často nezařazuje odpadní voda z kuchyní.

Zkušenosti ze světa uvádí ve své bakalářské práci Simona Hřebcová: „V zemích, jako jsou USA, Austrálie, Izrael, Švédsko, Holandsko a další, se zabývají rozdělováním odpadních vod u zdroje a využíváním šedých a vyčištěných odpadních vod již dlouhou dobu a mají způsoby využívání velmi propracované. V Kalifornii, kde je sucho velkým problémem, mají s využíváním odpadních vod mnoho zkušeností. V Izraeli je znovu využíváno zhruba 90 % vyčištěných odpadních vod, což je nejvíce na světě. Kapková závlaha je dílem izraelských zemědělců. Závlahy vyčištěnými odpadními vodami jsou realizovány například v oblasti Kapského města, v parcích australských měst – v Sydney je to běžné. V celosvětovém měřítku je v současné době téměř 70 % užívané vody spotřebováno v zemědělství, zejména k závlahám, průmysl spotřebovává 23 % vody, domácnosti 8 %. Struktura spotřeby je ovšem rozdílná v jednotlivých regionech. V Evropě je největším spotřebitelem průmysl s 54 %, zemědělství s 33 % a domácnosti s 13 % vody.“ [6]

Recyklovaná neboli čištěná odpadní voda, někdy také nazývaná voda pro opětovné použití (anglicky TWW Treated wastewater), se ve světě využívá k různým nepitným účelům. V ČR se v současné době připravuje legislativa pro legalizaci používání a hygienické zabezpečení využití těchto vod. Evropská rada se rozhodla přijmout nová pravidla pro znovuvyužití vody pro závlahu v zemědělství již 10. 5. 2020. Následně bylo vydáno Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/741. [7] V tomto Nařízení ze dne 25. května 2020 je citována norma ISO 16075 Guidelines for Treated Wastewater Use for Irrigation Projects a udává minimální požadavky na opětovné využívání vody. Toto nařízení se použije ve státech EU ode dne 26. června 2024. Cílem nařízení je zajištění dostatečného množství vody pro zavlažování polí zejména během vln veder a silného sucha v Evropě a také zajištění potravinové bezpečnosti.

Mezinárodní norma ISO 16075 je postupně překládána pro použití v ČR. V roce 2021 vyšly dvě části normy, ČSN ISO 16075-2 (75 9023) Směrnice pro využití čištěných odpadních vod pro projekty závlah – Část 2: Vývoj projektu (vydána v srpnu 2021) a ČSN ISO 16075-1 (75 9023) Směrnice pro využití čištěných odpadních vod pro projekty závlah – Část 1: Základ projektu opětovného využití pro závlahy (vydána v prosinci 2021). V přípravě jsou Část 3: Součásti projektu pro opětovné využití pro závlahy, Část 4: Monitoring a Část 5: Dezinfekce čištěných odpadních vod a ekvivalentní úpravy. Co se týče norem stanovení kvality vody pro závlahy, platná je ještě norma ČSN 75 7143 Jakost závlahové vody, která stanovuje, že „pro závlahu mohou být použity vody povrchové a

podzemní, popř. jiné vhodně upravené vody, které vyhovují kritériím této normy.“ [6]
Normy ČSN 75 7143 a ČSN ISO 16075 jsou nezávazné.

V současnosti probíhají na Ministerstvu zemědělství a na Ministerstvu životního prostředí jednání k této problematice a použití čištěných odpadních vod pro závlahu zatím není uvedeno v právních předpisech ČR.

Primárně je předpokládána aplikace recyklované vody kapkovými závlahami. Novou koncepcí při opětovném využití vody je přístup „vhodný pro daný účel“, který znamená produkci recyklované vody v takové kvalitě, jakou stanovují potřeby konečných uživatelů (určená konečná využití tedy určují potřebný stupeň čištění odpadních vod). Recyklací odpadních vod zároveň dojde ke snížení množství vypouštěných odpadních vod do vod povrchových. Jedná se o relativně dostupnou možnost zejména pro zemědělské závlahy, v porovnání s odsolováním nebo budováním nových vodních zdrojů (přehrad, nádrží atd). [7] Potenciál je uváděn zejména pro závlahy plantáží rychle rostoucích dřevin, ovocnářských sadů atd. a podpovrchové kapkové zavlažování nebo obecně do podmoku (pouze ve vegetačním období), kdy je výrazně eliminováno hygienické riziko infekce z aerosolů. [6]

2.5 Závlaha vinné révy

Pro vinohrad je závlaha ať už kapková povrchová, kapková podzemní, nebo kapková zavěšená na drátěnku nutná, protože kromě dodání vláhy je potřeba jednotlivé hlavy vína hnojit. K použití hnojiva je zapotřebí voda, která je nejefektivněji distribuována pomocí závlahového systému. V suchých periodách (typicky zejména pro vinařskou oblast jižní Moravy) lze ve vinohradech bez závlahy sestříhat listoví pro menší celkovou evapotranspiraci plodiny, nicméně nelze efektivně hnojit. Aby kořeny rostlin mohly úspěšně čerpat hnojivo, je zapotřebí vlhkost. Použitím kapkové závlahy se dodá potřebná vlhkost a zároveň se precizně nadávkuje hnojivo. Nedochozí zde k vyplavení při náhodném dešti, jako se například stává při dávkování granulového hnojiva.

Častost hnojení jednotlivých rostlin je předepsaná podle fenofází vegetačního období. Například trávník se krátkodobým hnojivem hnojí zhruba pětkrát do roka, dlouhodobým pak zhruba třikrát do roka. Kromě hnojení je zapotřebí ještě další

agrotechnické péče. [8] Hnojivo má ještě jednu významnou funkci. Kapkovací potrubí se jím zároveň propláchne a vyčistí.

Je známo, že vinná réva koření hluboko. Svými hlubokými kořeny dokáže čerpat vodu z velkých hloubek, za předpokladu kypré půdy, např. hluboké Moravské černozemní spraše. Odhaduje se, že v dnešní době je 60 % plochy vinic ČR pod závlahou, viz tabulka 1. Vinaři se v současné době rozdělují ohledně potřeby závlah na dva tábory. Zhruba 50 % pěstitelů nepovažuje zavlažování vinné révy za nutné (ostříháním listoví se zmenší výnos révy, ale za vysokých letních teplot se zvyšuje cukernatost hroznů) a druhá polovina vinařů zavlažuje pro větší výnos a kvalitnější úrodu. [9]

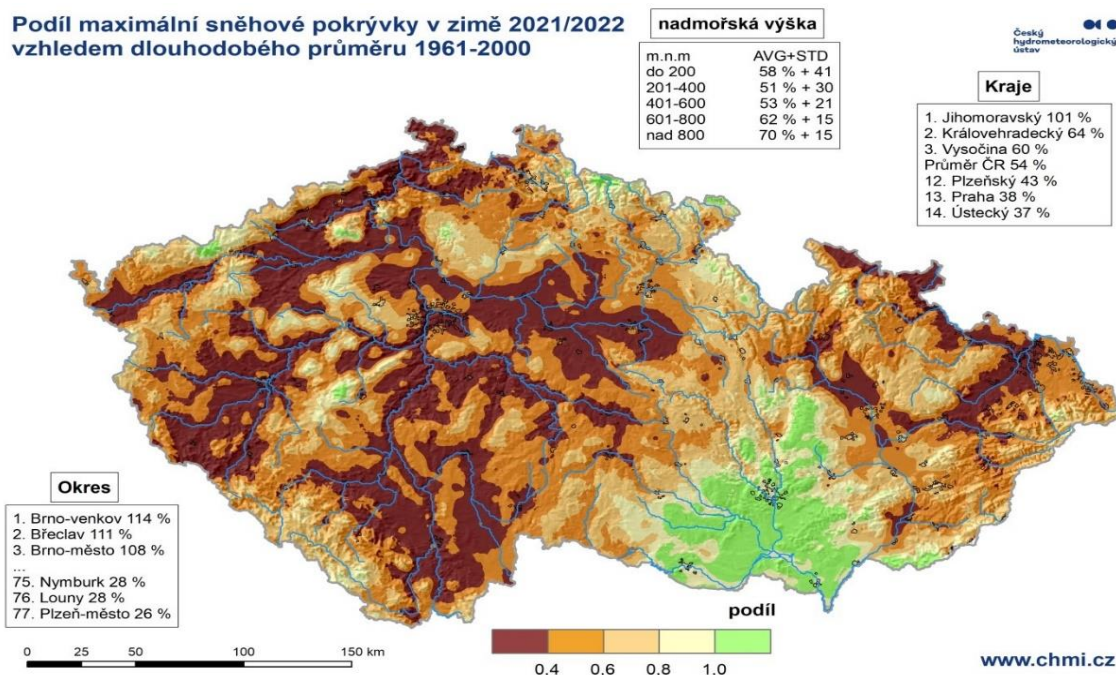
Ve Francii se zavlažují pouze vinohrady, ze kterých se prodávají hrozny k přímé konzumaci. Při závlaze jsou sice vyšší výnosy a větší hrozny, ale nižší obsah cukru. To vše je vítané u konzumní produkce. Naproti tomu vína špičková, kde je potřeba co nekvalitnější šťáva na stáčení, se nezavlažují. Vzrostlá vinná réva si vodu najde i ve větších hloubkách. Jinak je tomu u mladých, nově založených vinohradů. Ty se zalévat mají, a to do větších hloubek z důvodu založení hlubšího kořenového systému. [10]

Vývoj klimatu do roku 2050 prokazuje nárůst teplot a evapotranspirace, viz obr. 4, a proto lze předpokládat nárůst plochy vinné révy pod závlahou a instalace vlhkostních čidel pro precizní řízení závlah. Prokázán je tento trend již u ploch ovocných sadů, (Výzkumný ústav šlechtitelský a ovocnářský Holovousy), kde se předpokládá, že bude muset být do budoucna 100 % ovocných sadů pod závlahou. [9]

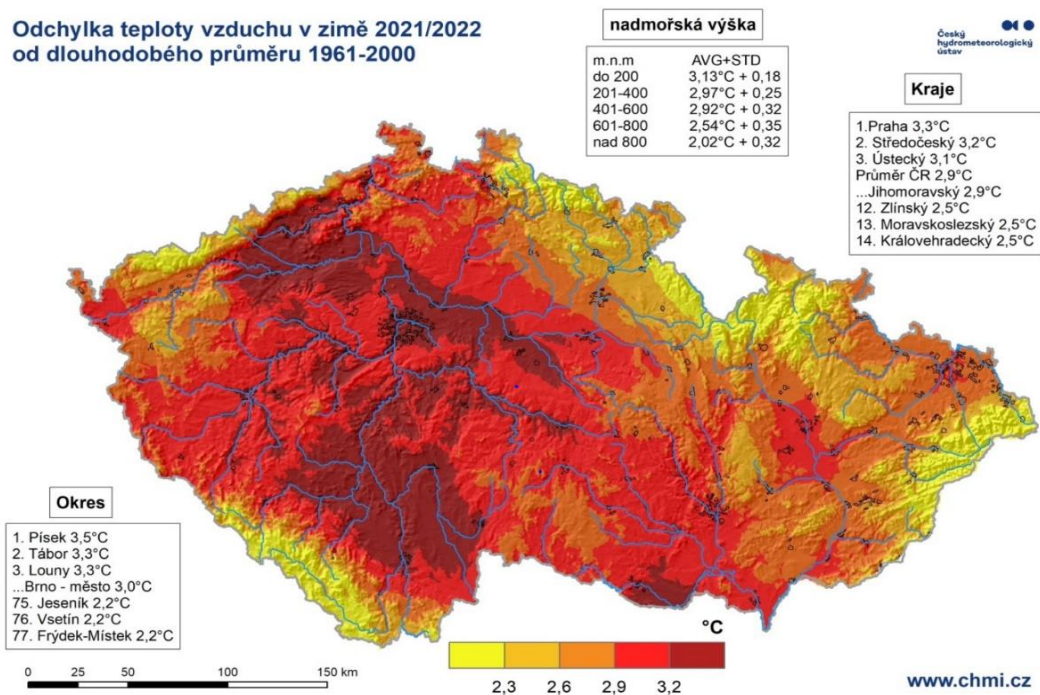
Tab. 1 Výměra ploch vinic v České republice v letech 2018 a 2019 [9] [11]

Plodina	Sklizňová plocha 2018 (ha)	Sklizňová plocha 2019 (ha)	Odhad potenciální zavlažované plochy 2021
obilí	1 338 780	1 352 530	
luskoviny	35 453	33 766	
okopaniny	88 286	82 532	Brambory, podíl cca 25%
technické plodiny	498 803	461 485	
pícniny	275 405	291 696	
zelenina	10 404	10 222	cca 75%
vinice	15 941	16 081	cca 60%
chmel	5 020	5 003	cca 25%
sady	-	16 886	cca 50%
SUMA	2 268 092	2 270 201	

V posledních letech je komplikací pěstování vína také úbytek zimní vláhy, zejména sněhové pokrývky, která poskytuje plodinám a vinicím startovací vlhkost půdního profilu viz obr. 3. Za zimu 2021/2022 napadlo průměrně 56 % obvyklého množství sněhu. [12]



Obr. 3 Množství sněhu v zimních měsících 2021/2022 [12]



Obr. 4 Vyhodnocení teplot v zimních měsících [12]

2.6 Závlaha vinohradů

Správné zavlažování vinohradů kapkovou závlahou je složité téma. Hlavním důvodem je nedostatek kvalitních výzkumů v této oblasti z hlediska zkoumání vhodných závlahových režimů. V praxi existuje několik hektarů vinic pod kapkovou závlahou, především mladé výsadby, na nichž vinaři zavlažují převážně podle svého úsudku. Vinaři jsou nuceni řešit problematiku ideálního řízení zavlažování. Balancují mezi dodáním dostatečného množství vody, aby nebyly sníženy výnosy, a nadměrným plýtváním vody z omezených vodních zdrojů. Následně jsou vinice v jednom případě zavlažovány moc a v druhém málo. Tato situace se ale do budoucna nevylepší, protože v ČR neexistuje žádný výzkumný ústav zabývající se závlahami a vinohradnictvím. *„Optimální řízení kapkové závlahy vyžaduje častější dodávku určitého množství vody ve správný okamžik a ve správném množství. Ve velké většině případů tak převládá řízení na základě subjektivního hodnocení vztahu mezi vláhovou potřebou jabloní, srážkami a dodaným závlahovým množstvím.“* [13]

Pan RNDr. Tomáš Litschmann Ph.D. ve spolupráci se sadaři provádí pokusy zabývající se optimalizací závlahy pomocí přímo měřených půdních vlhkostí. Závlaha, řízená pomocí snímačů měřících půdní vlhkost, díky kterým se stanoví optimální vláhová potřeba, přispěla k úspoře vody a zvýšila výnosy. Problémem této metody je zajistit dostatečné množství a správné umístění snímačů vlhkosti půdy. V pokusu byly porovnávány dvě řádky jabloní, první řádka byla ponechána uživatelskému řízení závlahy místního sadaře a v druhé řádce byla kapková závlaha řízena regulátorem půdní vlhkosti. Tyto regulátory snímaly hodnoty půdní vlhkosti v rozmezí 10 až 30 cm pod povrchem terénu v závislosti na maximální hloubce kořenové aktivity.

Z pokusu vyplynulo, že na závlahu řízenou regulátorem je potřeba méně vody než v případě závlahy řízené nastaveným časovačem od uživatele. I přes úsporu vody v jedné z metod, nedošlo ke snížení výnosů. [13]

2.7 Rostoucí trend zavlažování vinic

Jihomoravská mutace deníku Mladá fronta dnes ve svém článku připomíná, že důvodem výstavby Novomlýnských nádrží nebyla jenom protipovodňová ochrana, ale i vybudování zdroje pro rozsáhlý zavlažovací systém. Vinaři totiž chtějí využít ve vinohradech závlahy z Nových mlýnů.



Obr. 5 Ilustrativní obrázek Novomlýnských nádrží [14]

Dříve se voda z nádrží (obr. 5) pomocí otevřených kanálů a žlabů rozváděla na tisíce hektarů půdy. Od roku 1990 však závlahy téměř nikdo ze zemědělců nevyužíval a systém závlah zchátral. Vývoj klimatické změny a dramatické sucho posledních let vyvolaly potřebu obnovit zavlažování. O obnovu závlahového systému a navrácení funkce Novomlýnským nádržím usiluje nově vzniklý spolek Závlahy Hustopeče. Cílem spolku je přivedení vody z Nových Mlýnů k vinohradům. „Naším cílem je vybudování úplně nové závlahové sítě, která by mohla pokrýt až 35 tisíc hektarů zemědělské půdy. Na nich je minimálně pět tisíc hektarů vinic a jeden až dva tisíce hektarů sadů,“ vysvětluje Václav Hlaváček, šéf agrární komory, zástupce spolku Závlahy Hustopeče. Dle představy vinohradníků a sadařů by se mělo jednat o státem vybudovanou páteří závlahovou kostru, na niž by se pak jednotliví zemědělci napojili s vlastními závlahovými systémy.

V rámci projektu se v roce 1985 postavilo odběrné místo a čerpací stanice ve Strachotíně, kterou v průběhu let lidé rozkradli. Naštěstí současný nájemce

PPS Strachotín stanici částečně obnovil. Ta teď slouží pro závlahu 80 hektarů vinic. Nyní se usiluje o prodloužení systému podle původního návrhu.

Dodání potřebné vody k vinařům a sadařům nezáleží pouze na vybudování nové sítě, ale také na rozhodnutí o zvýšení hladiny Novomlýnských nádrží. Ministerstvo zemědělství usilovalo o zvednutí hladiny o 35 centimetrů, což by na jižní Moravě zajistilo o devět milionů kubických metrů vody více využitelných pro případnou závlahu. Proti tomu se však stavil spolek ochránců přírody, který dlouhou dobu bojoval naopak za snížení hladiny nádrží kvůli obnově původní lužní krajiny. [14]

Zvýšení hladiny střední a dolní nádrže na Novomlýnských nádržích na Dyji o 35 centimetrů získalo souhlasné stanovisko Ministerstva životního prostředí. Zamýšlené zvýšení hladiny státním podnikem Povodí Moravy je reakcí na sucha a na poptávku zemědělců. Toto navýšení má být schopno poskytnout vodu pro dalších 5000 hektarů vinic a sadů. [15]

2.8 Praktické zkušenosti pro zavlažování vinohradů v ČR

Při pěstování vinné révy je důležitá dostatečná příprava půdy. Vinná réva sice koření hluboko (až do hloubky 1,5 m), ale kořeny nepřekonají často vyskytující se ztuhlé podorniči. Proto je třeba připravit půdu, čímž se omezí výskyt mělkého kořenového systému révy. Ta je pak schopna vodu pomocí hlubších kořenů čerpat z větších hloubek, jak uvádí pan Josef Bolen z firmy realizující závlahové systémy.

Co se týče způsobu hnojení, dříve se vinohrady hnojily pouze na list. Dnes se hnojiva přidávají do závlahové vody a vinohrady jsou nejčastěji hnojeny kapkovou závlahou podzemní nebo zavěšenou na drátěnku.

Ohledně hospodaření s dešťovou vodou a následného použití této vody na zavlažování je podstatný proces sedimentace. Na závlahovém systému se doporučuje vybudovat nejdříve sedimentační komora, teprve poté dostatečný zásobní akumulací prostor pro závlahovou vodu. Touto skladbou se zabrání nasávání nečistot usazených u dna nádrže čerpáním a také častému ucpávání sítí automatizovaných závlahových systémů. U vody shromažďované ze zpevněných ploch a chodníků je nutné dát také pozor na jejich solení v zimním období. Problém je řešen individuálně, podle řešené lokality. Co se týče lokality vinice Havlíčkovy sady, v okolí Botiče, který protéká v těsné blízkosti

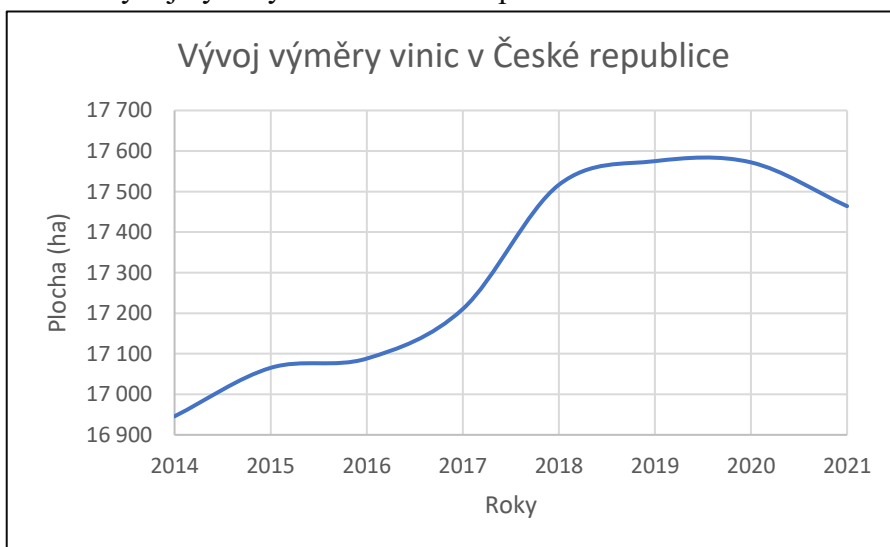
řešeného vinohradu (a ze kterého by probíhal doplňkový odběr povrchové závlahové vody), se chodníky ošetřovat solí nesmějí z důvodu ochrany tohoto toku. [16]

„Praktické zkušenosti s podzemní kapkovou závlahou jsou v ČR dobré, řada potrubí je instalována v zemi již 30 let. Výhoda podzemního umístění je, že na ně nepůsobí UV záření, potrubí tudíž nestárne a nepoškozuje se. Pokud se poškodí kapkovač, snadno se to pozná, v místě je větší výtok vody a bortí se půda. Poškozený kapkovač se při odborném servisu vyřídí a vymění,“ uvádí dále Josef Bolen. [16]

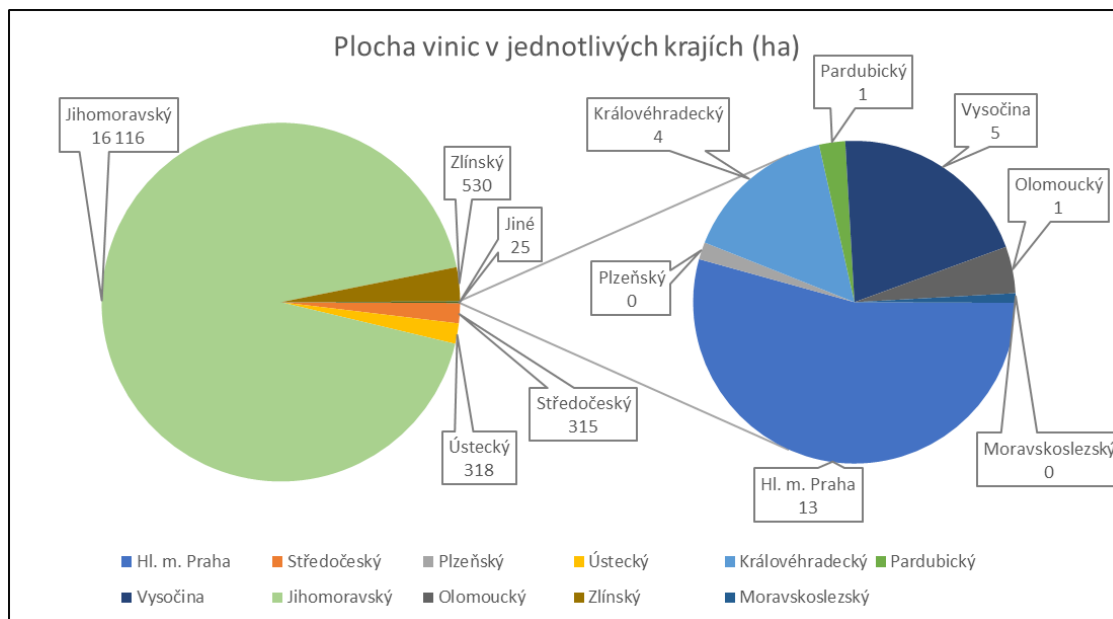
2.9 Přehled výměry vinic v České republice

V roce 2021 bylo v České republice obhospodařované zemědělské půdy 3 529 727 hektarů z celkové plochy 7 887 100 hektarů. Jedná se zhruba o 45 % plochy České republiky. Vinice se v tomto roce nacházely na ploše 17 464 hektarů, tedy 0,5 % z obhospodařované zemědělské půdy. Plocha vinic pod závlahou se odhaduje přibližně na 60 % z celkové výměry vinic [9], konkrétně pro rok 2021 by to znamenalo 10 478 hektarů. Vývoj výměry vinic v České republice za posledních 7 let zobrazený na obr. 6 ukazuje, že plocha vinic v posledních dvou letech klesá. [17]

Obr. 6 Vývoj výměry vinic v České republice



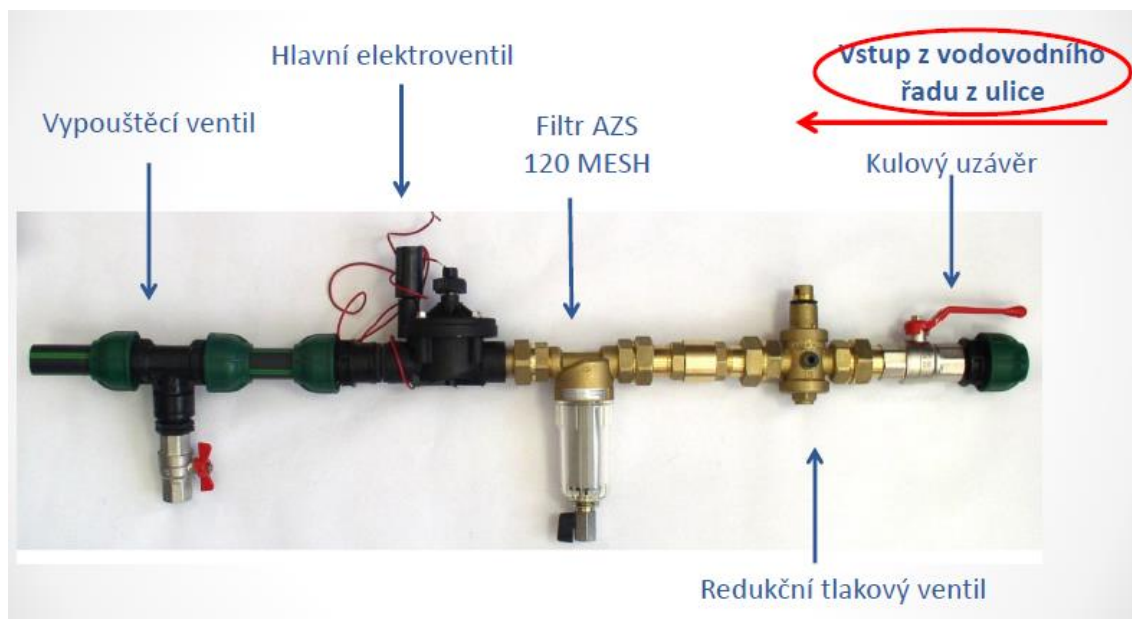
Na obrázku (obr. 7) lze vidět plochy vinic v jednotlivých krajích. Je zde patrné, že nejvíce vinic se nachází v Jihomoravském kraji. [17]



Obr. 7 Plocha vinic v jednotlivých krajích České republiky

2.10 Obecná skladba kapkové závlahy

Kapková závlaha se skládá z několika částí. Hlavní závlahové zařízení (závlahová kostra) zajišťuje odběr a transport vody od místa zdroje k místu potřeby. Mezi nejčastější zdroje vody pro kapkovou závlahu patří voda podzemní (vrt, studna), voda jímána z vodního toku, voda z akumulární nádrže na dešťovou vodu a voda odebíraná z řadu. Tato voda se většinou čerpá pomocí čerpadla nebo čerpací stanice. Potrubí je na začátku chráněno sacím košem proti vniknutí drobných nečistot dále do systému. Pro závlahu se používají nejčastěji čerpadla odstředivá, ponorná do studní a kalová na znečištěnou vodu. Hlavní dva parametry pro návrh čerpadla je Q (objemový výkon čerpací stanice) a H (dopravní výška čerpací stanice). Za zdrojem vody je umístěna hlavní sestava, která slouží k zajištění správných parametrů vody (tlak, čistota) a k bezpečnému vstupu vody do závlahového systému. Hlavní sestava se obvykle skládá z manuálního uzávěru z důvodu odstavení sítě, redukčního tlakového ventilu pro zajištění správného tlaku vody, filtru mechanických nečistot, zpětné klapky z důvodu zabránění zpětného nasátí závlahové vody, šroubení, elektromagnetického uzávěru, vypouštěcího ventilu kvůli zazimování a odbočky s manuálním uzávěrem pro zahradní tlakový rozvod. Příklad hlavní sestavy je zobrazen na obr. 8. Pomocí hlavního rozvodu a distribučního potrubí je pak voda přiváděna k jednotlivým sekcím.



Obr. 8 Příklad hlavní sestavy [9]

Následuje podrobné závlahové zařízení (závlahový detail), které zajišťuje vlastní rozptýlení závlahové vody na ploše. Jedná se o různé postřikovače, v případě kapkové závlahy pak o linky kapkovacího potrubí, kapkovače, kapkovací jehly a multikapkovače. [9]

2.10.1 Kapkovací potrubí

Při výběru kapkovacího potrubí záleží na několika faktorech. Prvním faktorem je jeho umístění. Kapkovací potrubí lze instalovat na povrch anebo pod zem. Dalším parametrem při výběru druhu kapkovacího potrubí je spon kapkovačů. Spon je vzdálenost vestavěných labyrintů určených na vykapávání. Nejčastější hodnota sponu je 33 cm, ale existuje například potrubí se sponem 50, 80, 90 i 100 cm. Důležitým parametrem je také množství vykapané vody z jednoho kapkovače (například 1,5 l/hod). Dále doporučený pracovní tlak, potřebná filtrace, délka linky a jejich vzájemná vzdálenost od sebe pro zajištění rovnoměrné zálivky a správné funkce. Kapkovací potrubí dodává řada prodejců, například firmy Rain Bird, Hunter, Irrimon, Ittec a Netafim.

Nezákladnější druhem kapkovacího potrubí je spojovací potrubí bez kapkovačů. Potrubí o průměru 16 mm je určeno pro vytváření přechodů mezi kapkovacím potrubím v místech, kde není požadovaná závlaha. Do potrubí například od firmy Ittec (obr. 10) lze vkládat kapkovače dle potřeby. Dvouplášťové potrubí XF SERIE je odolné vůči UV záření a jeho hnědá barva přirozeně splývá s mulčovací kůrou, či okolním terénem.



XF SERIE: hnědé potrubí bez kapkovačů

Obr. 10 Neperforované potrubí [19]

Obyčejné nadzemní kapkovací potrubí je složeno z jednoduchého kapkovače cylindrického tvaru. Jednotlivé kapkovače nedisponují kompenzací tlaku a výtok se pohybuje v závislosti na vstupním tlaku, sklonitosti terénu a délce potrubí. Například nadzemní potrubí SUPER GS 16 (obr. 9) od firmy Irimon má při optimálním tlaku 1 bar průtok 2,0 l/h na jeden kapkovač. Důležitým parametrem je také doporučený pracovní tlak (1,0–3,0 bar), doporučená filtrace (120 MESH) a maximální doporučená délka větve (40–60 m). [18]



Obr. 9 Nadzemní kapkovací potrubí bez kompenzace tlaku [18]

Dalším typem nadzemního kapkovacího potrubí je potrubí s kompenzací tlaku. Kompenzace tlaku zajišťuje vytékání rovnoměrného množství vody z kapkovačů po celé délce ramene kapkovacího potrubí. Potrubí je vhodné pro zavlažování liniových keřových výsadeb, skleníků sadů a také vinic. Kompenzace tlaku umožňuje rovnoměrnou závlahu v nerovném terénu. Potrubí PC-IR MULTIBAR 16 mm vyrobené firmou Iritec (obr. 11) je navrženo v řešeném vinohradu Havlíčkovy sady. Potrubí s doporučeným pracovním

tlakem 1,0–3,5 barů, s výtokem 2,1 l/h na jeden kapkovač, sponem 33 cm, doporučenou filtrací 155 MESH a maximální doporučenou délkou linky 150 m splňuje požadavky zájmového území. [18]



Obr. 11 Nadzemní kapkovací potrubí s kompenzací tlaku [19]

Kapkovací potrubí typu XFCV (obr. 12) od firmy Ittec je kromě kapkovačů s kompenzací tlaku vybaveno zpětným ventilem. Díky vestavěnému zpětnému ventilu se zabráňuje vytékání zbytkové vody, hadice zůstává natlakovaná a udrží převýšení až 2,4 metry. Dvouvrstvé potrubí zajišťuje odolnost vůči chemickým látkám, vzniku řas a poškození vlivem UV záření. Odolnost kapkovačů vůči zanesení je dosažena samoproplachující funkcí. [19]



Obr. 12 XFCV kapkovací potrubí se zpětným ventilem [19]

Druhou skupinou je podzemní kapkovací potrubí. U podzemních kapkovacích potrubí firmy Ittec (obr. 13) je problém s prorůstáním kořínků. Kořeny rostliny rostou za vodou. Následně prorůstají kapkovači, potrubí ucpávají a roztrhávají. Z tohoto důvodu jsou potrubí vybavena technologií měděné ochrany (Copper Shield), která zabraňuje prorůstání kořenů do kapkovačů. Kapkovače jsou velmi odolné vůči hrubším nečistotám díky širokému průtokovému labyrintu kapkovače, kombinované s automatickým samoproplachem. [19]



Obr. 13 Podzemní kapkovací potrubí DRIPLINE XFS [19]

Mezi novinky ve vývoji kapkovacího potrubí patří:

- Drop stop systém, jedná se o úsporné opatření, ve kterém vlivem poklesu tlaku voda po skončení závlahy nevykapává viz potrubí typu XFCV
- Antisiphon systém brání vniknutí nečistot do kapkovače zpětným nasátím
- Zpětné ventily zabraňují vytékání vody v nejnižších místech systému po ukončení závlahového cyklu, viz potrubí typu XFCV

2.10.2 Filtrace

Podstatnou složkou kapkového zavlažování je použití dostatečné filtrace. Voda protéká tenkým potrubím přes labyrint kapkovacího potrubí a vykapává perforací v potrubí. Proto je třeba vodu před vstupem do systému důkladně vyčistit, jinak by došlo k ucpání výtokových otvorů. Existují síťové, diskové, pískové filtry a hydrocyklony. Nejčastější zastoupení v automatických závlahových systémech mají síťové a diskové filtry. Základním parametrem pro návrh filtru je jeho jemnost. Ta se udává v jednotkách jemnosti filtru MESH (počet bodů na palec) nebo v mikronech. U kapkové závlahy se používá minimální filtrace 120 MESH, častěji pak 155 MESH. [9] V případě zájmové lokality lze použít síťový filtr s automatickým proplachem (obr. 14) umístěný v nádrži pro čerpání srážkové vody. [19]



Obr. 14 Filtr Amiad Mini Sigma 2“ s automatickým proplachem [19]

2.10.3 Kapkovač, multikapkovač

V případě potřeby úpravy sponu lze dodatečně samostatně přidat kapkovače s pracovním tlakem v rozmezí 1 až 3,5 baru a průtokem až 8 l/h. Kapkovač řady Rain Bird (obr. 16) s kompenzací tlaku zajišťuje stejnoměrnost závlahy v nerovném terénu.



Obr. 16 Kapkovače RAIN BIRD XB PC [19]



Obr. 15
Multikapkovač
XB-10-6 [19]

V případě potřeby napojení více menších linek na kapkovací potrubí lze využít multikapkovač. Multikapkovač XB-10-6 viz obr. 15 je dodáván s jedním výtokem otevřeným. Ostatní výtoky lze otevřít jednoduchým odstříhnutím konců výtoku. Multikapkovač disponuje průtokem 3,79 l/h a je přizpůsobený na tlak 1 až 3,5 baru. Na hrot kapkovače a hroty multikapkovače je možné napojit ¼” potrubí spaghetti (XQ-100), které umožní zpřesnit místo vykapávání vody. Na obr. 17 je vidět možný detail zapojení. [19]

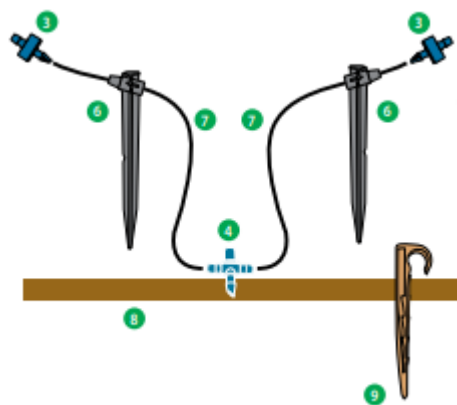
3 – Kapkovač XB

4 – BF-3 T-kus pro spaghetti potrubí

6 – Bodec pro spaghetti potrubí

7 – DT-025-1000 spaghetti potrubí

8 – XB potrubí bez kapkovačů



Obr. 17 Detail zapojení
multikapkovače [19]

2.10.4 Redukční ventil

Vlivem překročení doporučených pracovních tlaků se do systému musejí umísťovat redukční ventily. Ty mají na starosti dostatečné snížení tlaku pro správné fungování kapkovacího potrubí v příslušné sekci. Například ventil řady PGA firmy Ittec s možností přímého nebo úhlového nátoku pracuje s tlaky 1,04 až 10,4 barů. [19]



Obr. 18 Redukční ventil řady PGA [19]

2.10.5 Elektromagnetický uzávěr

Každá sekce je osazena elektromagnetickým ventilem, který je řízen ovládací jednotkou. Ovládací jednotka zpracovává údaje z vlhkostních čidel a řídí dobu zvlahy jednotlivých sekcí právě pomocí elektroventilů.

3. Praktická část

3.1 Přehled teplot a srážek

Klimatická změna je celosvětové téma, kterým se zabývá řada uznávaných odborníků. Existuje množství názorů a výhledů ohledně vývoje klimatické situace do budoucna. Zásadní složkou vývoje klimatu je jeho pozorování a měření. Díky tomu jsou k dispozici historické řady hodnot jednotlivých pozorovaných parametrů.

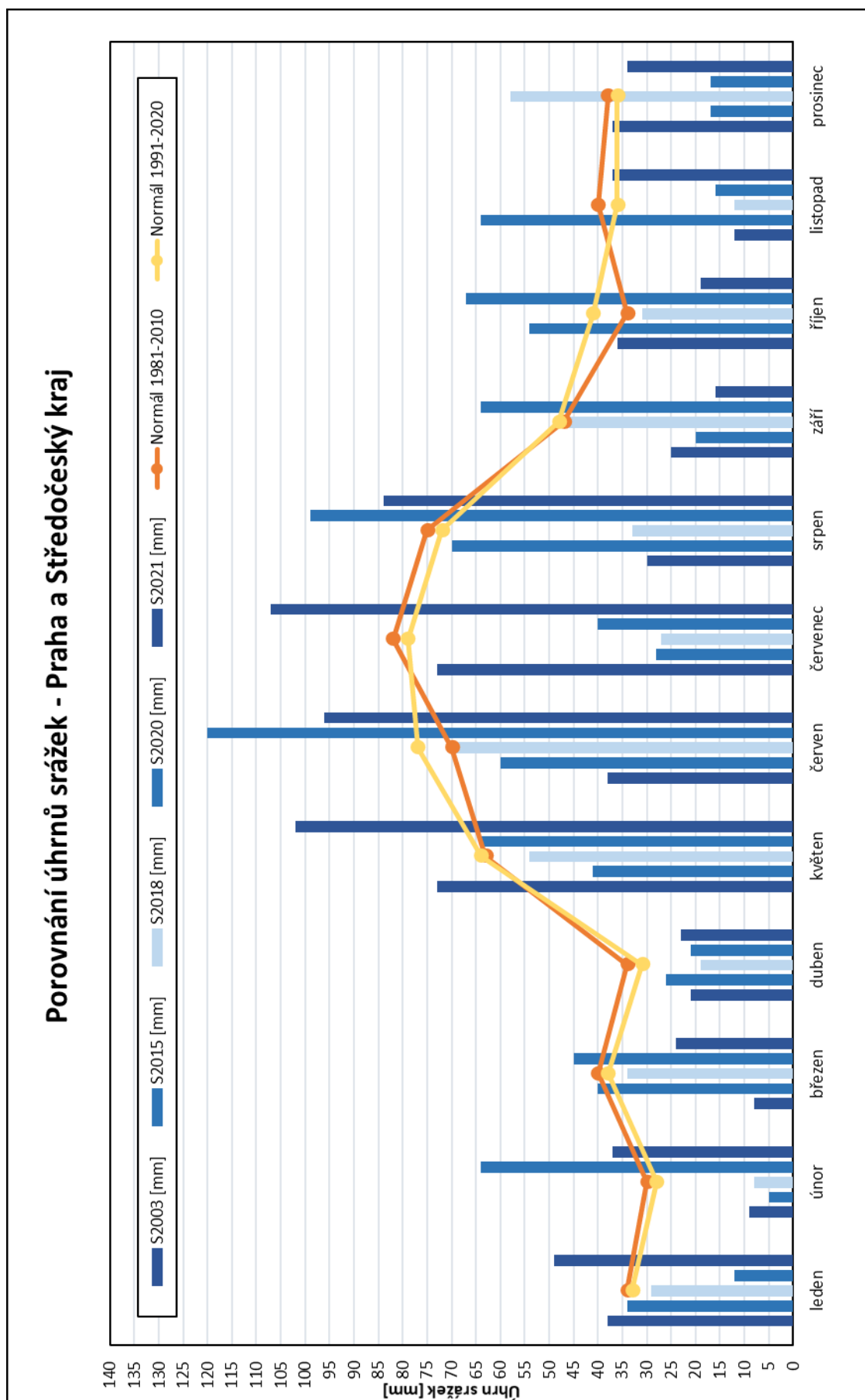
Z portálu Českého hydrometeorologického ústavu byly převzaty hodnoty průměrných měsíčních územních teplot a srážek v jednotlivých letech a porovnány s normály. Pro výsledný přehled byly vybrány teplejší a sušší roky 2003, 2015 a 2018. Jako protiklad k těmto rokům byly vybrány poslední dva roky 2020 a 2021, které lze řadit k obdobím s větší vydatností srážek. [20]

Z obr. 19, který porovnává úhrn srážek v Praze ve vybraných letech s normály za období 1981–2010 a 1991–2020 vychází, že úhrny srážek v letech 2003, 2015 a 2018 neodpovídají normálu. Hodnoty jsou nižší. Nedostatek srážek je patrný převážně v letních měsících červenci a srpnu, kdy je rozdíl oproti normálu vysoký. To mohlo zapříčinit uhynutí plodin a větší potřebu závlahy. Oproti rokům 2020 a 2021, kdy byly sice úhrny srážek podstatně vyšší, ale byly nerovnoměrně rozděleny. V průběhu vegetačního období bohatší roky na srážky přesahují vykreslené normály. V rámci porovnání dvou za sebou jdoucích normálů lze vyčíst, že průměrné množství srážek klesá.

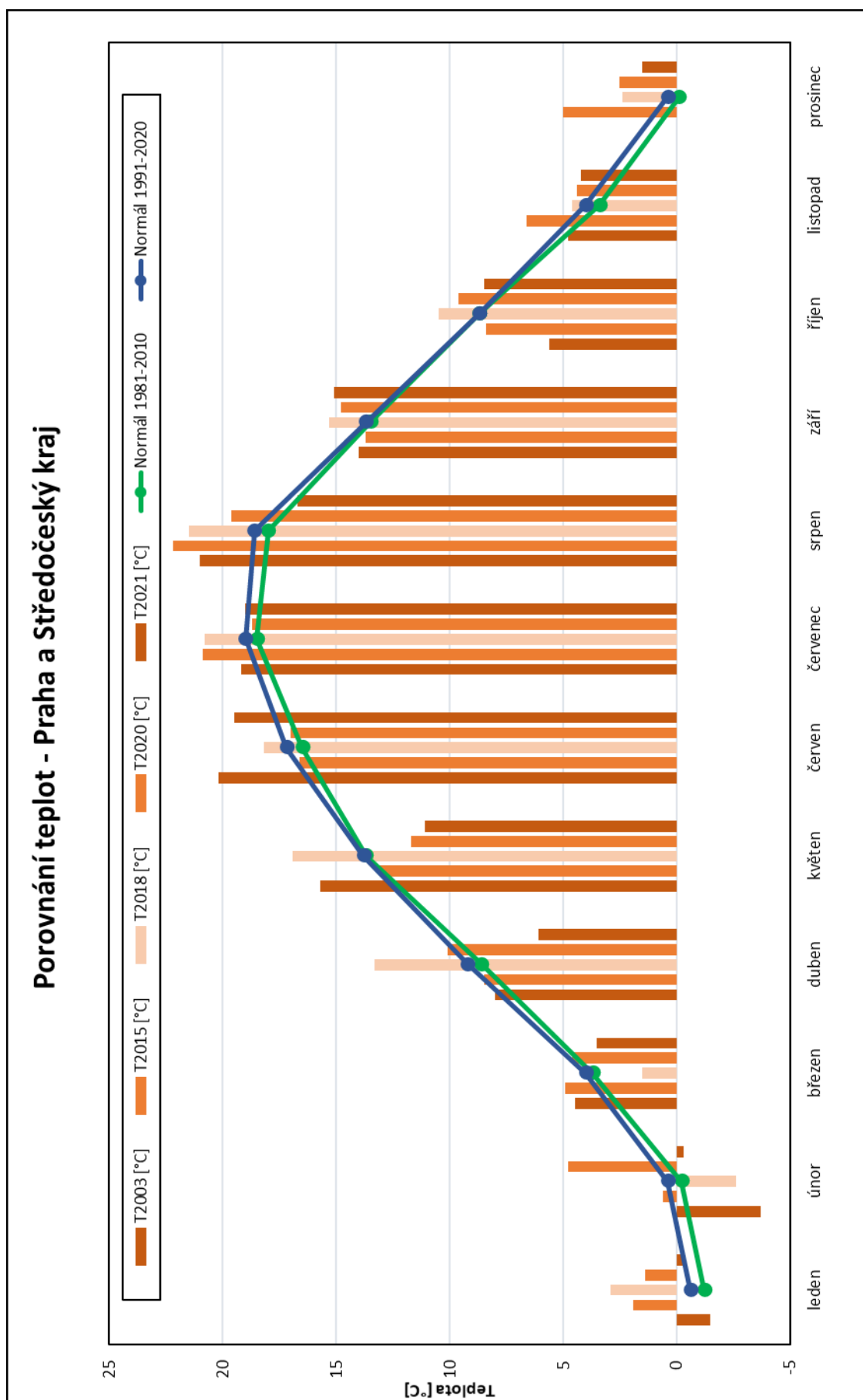
Z obr. 20, který porovnává teploty ve vybraných letech s normály za období 1981–2010 a 1991–2020 vychází, že teploty ve všech pozorovaných letech byly podstatně vyšší oproti normálům, a to během celého roku. Největší rozdíl teplot je patrný v letních měsících červnu, červenci a srpnu, dále pak i během zimy v prosinci a lednu. Dále lze pozorovat chladnější jaro v letech 2020 a 2021.

Vlivem rostoucí teploty rostlina potřebuje větší množství vláhy z důvodu evapotranspirace. Z porovnání plyne, že navzdory rostoucí teplotě jsou k dispozici nižší úhrny srážek. To znamená nedostatečné množství potřebné vody, které je potřeba řešit závlahou.

Obr. 19 Porovnání úhrnů srážek – Praha a Středočeský kraj



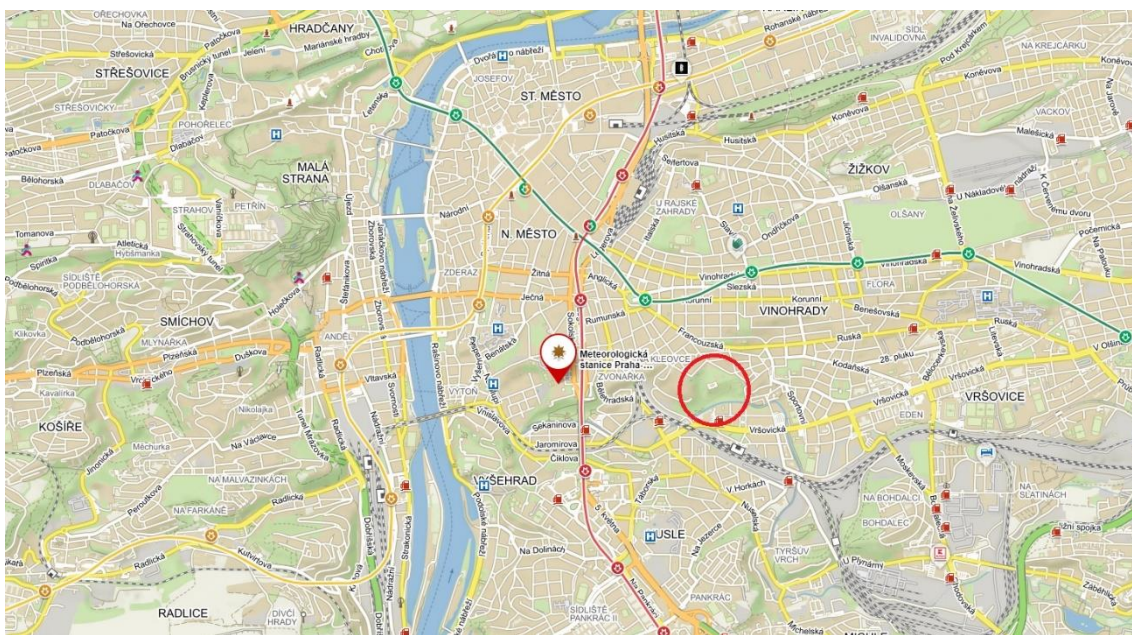
Obr. 20 Porovnání teplot – Praha a Středočeský kraj



3.1.1 Meteorologická stanice Praha-Karlov

Vzhledem k tomu, že vypracovaný přehled teplot a srážek pro Prahu a Středočeský kraj je vyhodnocený z velkého nestejnoroitého území, jsou teploty a úhrny srážek konkrétní zájmové oblasti jiné. Dají se očekávat vyšší teploty a menší množství srážek, způsobené městským tepelným ostrovem. Pro přesnější představu klimatických podmínek zájmového území by bylo vhodné využít data meteorologické stanice Praha, Karlov nacházející se zhruba 1 kilometr od řešené lokality.

Meteorologická stanice se nachází v nadmořské výšce 260,5 m (obr. 21), zaznamenává a vyhodnocuje měřené hodnoty. Provádí záznamy o teplotě vzduchu, relativní vlhkosti, tlaku vzduchu, rychlosti a směru větru, stavu počasí a množství srážek. Na stránkách Českého hydrometeorologického úřadu jsou k dispozici záznamy za posledních 96 hodin. Přístup ke starším záznamům je placený.



Obr. 21 Stanice Praha-Karlov, řešené zájmové území

3.2 Terénní průzkum

Na začátku každého projektu je potřeba si zajistit nezbytné podklady pro návrh, například geodetické podklady, jako jsou přehledné mapy v měřítku, zaměření zájmového území a zaměření okolí budoucí stavby. Dále pak základní hydrologické a klimatické údaje poskytované Českým hydrometeorologickým ústavem, jako jsou v případě návrhu zavlažování roční úhrny srážek, teploty, hodnoty výparu, rychlost a směr větru. Důležité jsou také hydrogeologické a pedologické průzkumy, které nám poskytují představu o půdních vlastnostech, hloubce podzemní vody a jejím chemismu.

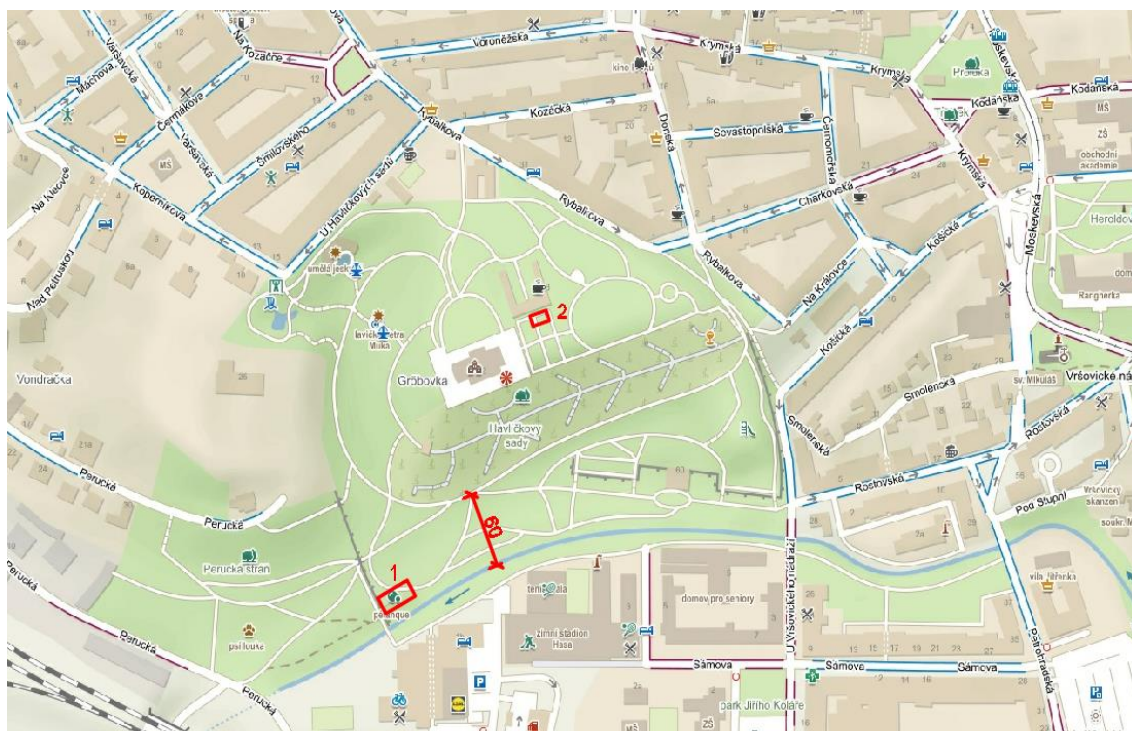
Terénní průzkum je nezbytnou součástí správného návrhu. Nedílnou součástí terénního průzkumu je i pořízení fotodokumentace nebo například prohlídka s výkladem. Vinici jsme navštívili dne 28. 2. 2022. Pan Pavel Bulánek, zdejší vinohradník, nás po vinici provedl a popsal, jak by zde závlahový systém a jeho provoz mohl vypadat.

3.2.1 Historie zájmového území

Již ve 13. století jsou známé vinice z jižních svahů na území dnešních Vinohrad, Vršovic a Nuslí. Toto území se nazývalo Viniční údolí a Botič se nazýval Vinný potok. Po skončení třicetileté války způsobily opevňovací práce zánik mnoha vinic a jejich přeměnu na pole, zahrady a usedlosti. V druhé polovině 19. století pan Mořic Gröbe po rozsáhlých úpravách strmého svahu Grébovky sem navázal zeminu vytěženou ze stavby železničního tunelu. Jednalo se o stavbu tunelu vedoucího na nynější Hlavní nádraží, dokončenou v roce 1871. V roce 1926 se uvažuje o zrušení vinice, ale vinici se rozhodne zachránit mělnický vinař Srba, který ji začíná znovu osazovat. Vinice měla být zrušena ještě v roce 1989, ale v roce 1992 se vinici městská část Prahy 2 rozhodla rehabilitovat. Na pomoc si pozvala vinohradníka pana Turečka, který zde osazuje téměř třináct tisíc keřů různých odrůd. Velkou změnou pro vinici bylo vybudování výrobního sklepa v roce 2009, kdy se již celá sklizeň neodváží, ale přímo na vinohradu se ze sklizně víno vyrábí. [21]

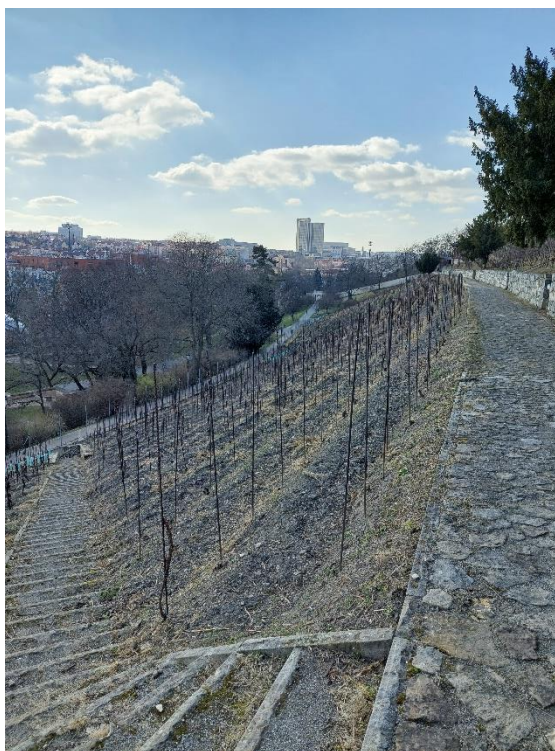
3.2.2 Popis lokality Havlíčkovy sady

Řešená vinice se nachází v Praze 2 na Vinohradech a je součástí městského parku Havlíčkovy sady (Grébovka). Park vyznačený na obr. 22 se nachází nad údolím potoka Botiče, který na jižní straně parku zároveň tvoří přirozenou hranici mezi parkem a městskou zástavbou. Celková rozloha parku je 11 ha z toho 1,7 ha zabírá vinice. V parku se také nachází Gröbova vila, kavárna, altán, vodopád a umělá jeskyně. Nadmořská výška dané oblasti se pohybuje v rozmezí 200–245 m n. m. [22] Velké převýšení a prudký svah orientovaný na jih daly důvod pro vznik vinice. Roční úhrn srážek se zde pohybuje v rozmezí 500–550 mm a průměrná roční teplota je 11°C. [20]



Obr. 22 Zájmové území, rozmístění navrhovaných nádrží 1 a 2

Samotná vinice je pomocí cestiček dlážděných z kamene rozdělena na menší části (obr. 23). V každé části jsou řady hlav vinné révy, které se snaží kopírovat vrstevnici. Tyto řady jsou od sebe umístěny zhruba jeden metr. Mezi jednotlivými řádky je umístěna malá cestička, která slouží k lepšímu přístupu k jednotlivým sazenicím, brání sesuvu a erozi půdy a také například slouží pro použití vertikutátoru (obr. 25). Jednotlivé hlavy jsou od sebe umístěny zhruba 80 cm a jsou přichycené na ocelovou betonářskou výztuž (tzv. roxory), které jsou zakotveny v zemi. Každá část vinice je ohraničena kamennou zídkou, která pomáhá překonávat výškové rozdíly a také brání sesuvům a odnosu materiálu. Ve vinici je vybudována kanalizační síť a sběrné odtokové žlábků, které při velkých a prudkých srážkách odvádějí přebytečnou vodu (obr. 24). Toto opatření opět chrání strmé svahy vinice. Každý rok se obnovuje 300 až 400 hlav vína, a hlavním důvodem obnovy je nedostatek vláhy. Nově vysazené keře se musí pravidelně zalévat, protože nemají vybudovaný kořenový systém. Vinná réva, jako většina rostlin, neumí hospodařit s vodou, to má za následek v obdobích s nadbytkem vláhy její rychlý růst. Kvůli tomuto se keře musejí pravidelně stříhat. [23]



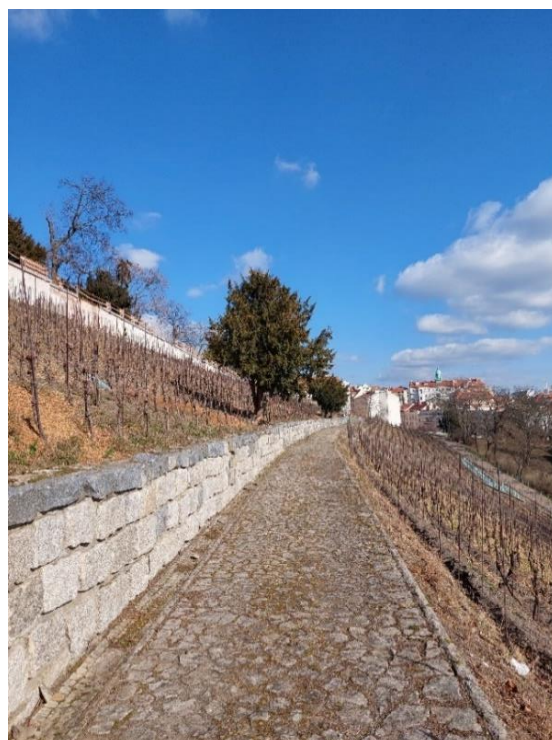
Obr. 23 Rozdělení vinice kamennými cestami a schody

Společně se závlahovým systémem se nyní v novém projektu MČ Praha 2 řeší i zdroj vody. Plánován je svod dešťové vody ze střech a ze zpevněných ploch parku Havlíčkových sadů. Tato voda se bude akumulovat v dešťové nádrži, která se bude nacházet v místech nynějšího hřiště na pétanque (obr. 22, nádrž 1). Z této spodní nádrže se voda bude čerpat do horní nádrže (obr. 22, nádrž 2). Pomocí čerpadla bude voda z horní nádrže č. 2 dopravena potrubím do nového závlahového systému vinice. Potrubí PE-HD 100 63x3,8 mm SDR17 PN10 instalované v zemi, povede k jednotlivým sekcím vinice (Příloha 1 – Situační výkres). Akumulovaná voda v horní nádrži č. 2 bude sloužit jak na závlahu vinice, tak i na zavlažování okolního parku. Dalším diskutovaným řešením projektu MČ Prahy 2 je využití vody z vodního toku Botič. [23] Potok s plochou povodí 134,85 km², délkou 34,5 km a správou převážně organizací Lesů hl. m. Prahy, protéká zhruba 60 m od řešené vinice a ústí do řeky Vltavy po 2,6 km. V Nuslích, v ulici Sekaninova, v měrném profilu 12C/5, kousek dále po toku, je naměřen průměrný roční průtok 0,56 m³/s. V suchých letních měsících je v Botiči malý průtok. Z důvodu dodržení minimálních zůstatkových průtoků se Botič nadlepšuje z Hostivařské přehrady. V již zmíněném profilu se dlouhodobě měří i kvalita vody, stanovuje se 18 ukazatelů dle ČSN 75 7221 „Klasifikace kvality povrchových vod“. V období 2018–2019 byla kvalita vody

v závěrovém profilu hodnocena třídou V. (tzn. voda velmi silně znečištěná). [24] Tato povrchová voda, která je extrémně ovlivněna lidskou činností, se dále může zařadit dle ČSN 75 7143 „Jakost vody pro závlahu“ do třídy III. – vody nevhodné k závlaze.



Obr. 25 Průleh mezi řádky



Obr. 24 Opěrná zídka a cesta s odtokovým žlábkem

3.3 Řešení adaptace na změnu klimatu

Návrh kapkového závlahového systému na vinici v Havlíčkových sadech je součástí komplexnějšího projektu, který se v parku chystá. Impulzem k úpravě Havlíčkových sadů je především dokument Adaptace na změnu klimatu, ke kterému se hlavní město Praha usnesením zastupitelstva v roce 2018 připojilo. Jedná se o národně řešenou strategii, která pojednává o přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách České republiky. Dokument byl připraven v rámci mezirezortní spolupráce, koordinátorem přípravy celkového materiálu bylo Ministerstvo životního prostředí. Implementačním dokumentem adaptační strategie je Národní akční plán adaptace na změnu klimatu. Tento plán obsahuje seznam adaptačních opatření a úkolů, a to včetně odpovědnosti za plnění, termínů, určení relevantních zdrojů financování a odhad nákladů na realizaci opatření. Věnuje se hlavně problému dlouhodobého sucha, přívalových povodní, vydatných srážek a zvyšování teplot. Konkrétními cíli Prahy do roku 2030 jsou například 1,5 milionu nově vysázených stromů, snížení 28% podílu pitné vody na zalévání zeleně, zvýšení množství

modro-zelených ploch přeměněných z ploch nepropustných nebo třeba snížení spotřeby fosilních paliv v dopravě. [25]

Odbor životního prostředí městské části Prahy 2 vedený paní Ing. Simonou Müllerovou se snaží uplatnit možnosti řešení vsaku nebo využití dešťových vod, adaptaci sídel a retenční a infiltrační opatření. Součástí toho úkolu je také budování nových a modernizace stávajících zavlažovacích systémů, výstavba malých vodních nádrží pro závlahu nebo zamezení vlivu nevhodného odvodňování.

Konkrétní změny v Havlíčkových sadech se budou týkat v první fázi hlavně zachycování dešťové vody ze střech Gröbovy vily, z kavárny Pavilonu Grébovka a přilehlých zpevněných ploch a cest do plánované horní betonové akumulární nádrže (obr. 22, nádrž 2) o objemu $78,7 \text{ m}^3$ ($8,2 \times 4,8 \times 2,38 \text{ m}$), která se dále využije na závlahu. Řešení vzbuzuje obavy magistrátu. K vybudování této monolitické nádrže by muselo být použito těžké techniky, na kterou park není uzpůsobený. Zároveň by došlo k opakovanému uzavření parku a narušení okolí, ke kterému docházelo s několika přestávkami při revitalizaci parku v letech 2002 až 2013. V rámci revitalizace byla upravena parková plocha, došlo k oplocení areálu, opravení umělé jeskyně Groty i parkových cest, dřevěného altánu, vyčištění dešťové kanalizace, vybudování dětských hřišť, vyhlídkové plošiny, závlahového systému v horní části parku a mnohé další. V průběhu první fáze projektu se budou v severní části parku umísťovat půdní čidla, která budou použita i na území vinice v rámci zefektivnění zavlažování. V plánu je také modernizovat stávající závlahový systém, který je nyní řešený pomocí postřiku pro travnaté plochy, kapkové závlahy pro keře a na méně přístupných místech je využití zavlažovacích vaků.

V dalších fázích se plánuje vybudovat spodní akumulární nádrž (obr. 22, nádrž 1) o objemu 269 m^3 ($16,6 \times 8,1 \times 2,38 \text{ m}$) do které bude voda přiváděna již z vybudovaného oddílného dešťového kanalizačního potrubí ze zbylé plochy parku, které nyní ústí do Botiče. Svodné potrubí se nachází i v prostorách vinice pod nově zrekonstruovanou cestou a nyní se zkoumá jeho stav. Tato spodní nádrž by akumulovala přívalové srážky. Voda by pak dále byla čerpána do již zmiňované horní nádrže 2, z které by se opět využívala na závlahu okolí a vinice. V případě nedostatku srážek se uvažuje o dopouštění nádrže z potoka Botič (vybudování jímacího objektu), případně zhotovení vrtu v blízkosti spodní akumulární jímky. [26]

Úřad městské části Prahy 2 se snaží na svém území maximálně hospodařit s vodou. Jedním z kroků bylo zhotovení dálkových odečtů spotřeby pitné vody a tím snadnější hlídání úniků. Během prací probíhají často náročná jednání s památkovou péčí. Vinice je totiž zapsaná jako kulturní památka, tudíž se zde musí dodržovat různé postupy (historicky vinice nebyly zavlažované). Na závlahu by Úřad městské části Prahy 2 raději využil postřik, neboť s kapkovou závlahou má špatné zkušenosti (vandalismus, bezohlednost, poškozování ve veřejných parcích). Výjimkou je vinice, kde kapková závlaha z důvodu hrozby eroze, chorob a růstu hub zůstává vhodnější. [26]

Důvodem celého tohoto projektu je jednak nahrazení závlahové vody z vodovodního řadu, která se nyní využívá, ale také zlepšení mikroklimatu, dostatek vody pro závlahu dřevin a zeleně a pro provoz vodních prvků v parku, kde se dříve používala voda prosakující zpoza umělé jeskyně Groty. Vlivem sucha už u Groty žádná voda neproudí. Dalším důvodem je pokles úrody řešené vinice a její postupný úhyn vlivem nedostatku vláhy. [26] V minulosti se vinice nezalévaly, jedním z kroků vypořádání se s nepříznivými podmínkami bylo již zmiňované snížení evapotranspirace pomocí redukce množství listoví i hroznů. Díky tomuto opatření rostlina zvládla načerpat dostatek vody ze svého až 42 metru hlubokého kořenového systému. Správné zavlažování rostlin by mělo vést ke zvýšené produkci révy a větším ziskům, ale to nemusí být vždy pravda. Ze studií amerických vědců například vyplývá, že při správném zavlažování vinic sice roste objem a váha hroznů, avšak snižuje se jejich cukernatost. [27]

3.4 Hydraulické řešení závlahového systému vinohradu

V zadané situaci závlahy vinohradu Havlíčkovy sady (příloha 1) bylo na základě konzultací a terénního průzkumu provedeno několik úprav. V první řadě byl upraven tvar sekcí a jejich plocha. Toto zpřesnění bylo provedeno pomocí podložení výkresové situace ortofotomapou. Následně byla upravena trasa hlavního řadu a tento rozvod byl zokruhován pro lepší hydraulické vlastnosti. V nabídkové studii byla upravena také návrhová poloha ventilů. Byly přidány jednotlivé řádky a hlavy vinné révy, aby vzdálenost jednotlivých linek 1,5 m a vzdálenost jednotlivých hlav 0,9 m odpovídala skutečnosti. Do vzniklých řádků byly následně navrženy linky kapkovacího potrubí (PC-IR MULTIBAR 16 mm) o průměru 16 mm, se sponem 33 cm a výtokem jednoho kapkovače 2,1 l/h. (příloha 2). Hlavní závlahové potrubí bylo napojeno na distribuční

potrubí průměru 40 mm, které je navrženo 30 cm pod povrchem terénu. Distribuční potrubí se přes elektromagnetický ventil napojuje na hlavní řad o průměru 63 mm. Detail vedení potrubí je vykreslený v příloze 4.

Pro lepší orientaci byla vytvořena přehledná tabulka sekcí (tab. 3), která poskytuje ke každé sekci důležité informace. Jedná se o výměru sekce, navržený průtok, půdorysnou délku hlavního řadu ze šachty 1 umístěné u nádrže 2, až k ventilu příslušné sekce, dále délku distribučního a kapkovacího potrubí v sekci.

V případě, kdy se navrhuje několik sekcí s odlišnými parametry, je zapotřebí nalézt kritickou sekci a k ní tzv. kritickou trasu potrubí, která nám určuje místo s největší ztrátou tlaku. Touto kritickou sekci se řídí celý návrh zavlažovacího systému. Pro odhalení kritické sekce byla vytvořena výpočetní tabulka (tab. 4). V této tabulce byly zjednodušeně vypočítané ztráty k jednotlivým ventilům všech sekcí. Ve výpočtu je zohledněn odlišný průtok jednotlivých sekcí, hodnota tlakové ztráty hlavní sestavy a na ventilu, ztráta třením v potrubí vypočítaná dle ztrátových tabulek metodou po úsecích (viz následující kapitola), převýšení dané sekce a přípojný tlak kapkovacího potrubí, který je navržený na ventilu. Z této tabulky vychází nejhorší tlakové poměry na sekci 15, kvůli vysoké nadmořské výšce ventilu sekce (bod 10, příloha 2).

Pro kritickou sekci 15 byl společně se sekci 32 (nejvzdálenější sekce) a sekci 3 (kontrolní sekce) vytvořen podélný profil přívodního potrubí (příloha 3.1 a 3.2). Následně byl pro tyto trasy proveden výpočet tlakových ztrát k vybraným bodům metodou po úsecích, který zpřesnil hledané návrhové parametry.

Návrhové průtoky pro jednotlivé sekce byly převzaty ze zadávací situace, ve které se počítá se sponem kapkovačů v potrubí 33 cm, s výtokem 2,1 l/h z jednoho kapkovače. Pro sekci 32 lze vidět porovnání průtoků viz tab. 2. Vlivem upravení ploch a zahrnut dostupných informací (vzdálenost hlav 90 cm a vzdálenost řad 1,5 m) došlo ke zkrácení kapkovacího potrubí oproti zadané situaci. Při výpočtu ztrát třením bylo počítáno s průtoky ze zadávací dokumentace.

Tab. 2 Průtoky sekcí 32

Návrhový průtok sekce 32	Výtok kapkovače	(l/h)	2.1	Průtok sekce 32	Výtok kapkovače	(l/h)	2.1
	Délka linek	(m)	500		Délka linek	(m)	292
	Spon	(cm)	33		Spon	(cm)	33
	Návrhový průtok	(l/h)	3465		Návrhový průtok	(l/h)	2023.56
	Návrhový průtok	(m ³ /h)	3.5		Návrhový průtok	(m ³ /h)	2.0

Tab. 3 Přehled parametrů sekcí a délek jejich potrubí

Přehled sekcí							
Číslo sekce	Plocha (m ²)	Průtok (m ³ /h)	Hlavní řad - PE-HD 63x3,8			40x2,4	16
			z Š1 do Š2 (m)	z Š2 k ventilu (m)	z Š1 k ventilu (m)	Distribuční (m)	Kapkovácí potrubí (m)
Sekce 1	323.8	2.4	60.0	152.7	212.7	29.6	231
Sekce 2	115.8	1.1		125.0	185.0	25.1	84
Sekce 3	482.6	3.1		72.5	132.6	17.5	348
Sekce 4	424.0	2.8		90.6	150.6	14.1	289
Sekce 5	440.4	3.1		29.0	89.1	16.7	320
Sekce 6	437.2	3.1		46.3	106.3	13.3	295
Sekce 7	326.3	2.8		9.7	69.7	14.6	241
Sekce 8	347.9	2.8		24.6	84.7	13.6	247
Sekce 9	568.3	3.5		43.0	103.1	18.1	413
Sekce 10	506.9	3.5		62.8	122.9	18.6	370
Sekce 11	280.9	1.4		49.6	109.7	4.2	181
Sekce 12	373.1	2.8		130.9	191.0	36.8	307
Sekce 13	410.0	2.8		138.8	198.8	13.0	286
Sekce 14	186.3	1.4		97.3	157.3	20.5	128
Sekce 15	191.9	2.1		116.1	176.1	12.8	129
Sekce 16a	45.8	0.35		130.8	190.9	7.8	36
Sekce 16b	141.3	0.7		138.4	198.4	13.6	100
Sekce 17	303.4	2.8		124.9	184.9	6.4	245
Sekce 18	231.5	2.8		128.9	188.9	5.6	191
Sekce 19	236.4	2.8		136.0	196.1	5.2	191
Sekce 20	282.3	2.8		142.9	202.9	6.6	232
Sekce 21	406.3	3.5		95.8	155.8	12.9	295
Sekce 22	448.8	3.5		110.0	170.0	16.0	335
Sekce 23	400.0	3.1		216.1	276.1	15.7	285
Sekce 24	370.5	3.1		199.8	259.9	16.4	278
Sekce 25	375.1	2.8		236.1	296.1	17.1	261
Sekce 26	323.3	2.8		229.2	289.2	10.1	244
Sekce 27	225.4	2.8		216.4	276.4	16.3	169
Sekce 28	282.9	3.5		239.1	299.2	26.4	283
Sekce 29	399.1	3.5		266.9	327.0	14.4	287
Sekce 30	534.0	3.5		239.9	300.0	18.4	366
Sekce 31	472.3	3.5		259.5	319.6	16.0	346
Sekce 32	415.4	3.5		277.3	337.4	17.2	292
Sekce 33	389.7	2.8		196.3	256.4	12.6	284
Sekce 34	262.2	2.8		200.9	261.0	7.0	265
Sekce 35	324.2	2.8		208.7	268.7	7.2	228
Sekce 36	231.7	2.8	217.1	277.1	18.4	165	
Σ	12517				556	9247	

Tab. 4 Odhalení kritické sekce

Kritická sekce								
Číslo sekce	Průtok (l/s)	Ztráty (bar)						Ztráty celkem (bar)
		Hlavní s. + ventil	Ztrátová tabulka	Řad	Č/ventil(m n.m.)	Převýšení	Přípojný tlak (bar)	
					235.11			
Sekce 1	0.7	0.8	0.02	0.048	228.8	0.60	2.50	2.76
Sekce 2	0.3	0.8	0.01	0.01	229.2	0.60	2.50	2.71
Sekce 3	0.9	0.8	0.04	0.053	230.5	0.50	2.50	2.86
Sekce 4	0.8	0.8	0.03	0.044	226	0.90	2.50	2.45
Sekce 5	0.9	0.8	0.04	0.036	231.8	0.30	2.50	3.04
Sekce 6	0.9	0.8	0.04	0.043	226.7	0.80	2.50	2.55
Sekce 7	0.8	0.8	0.03	0.02	233	0.20	2.50	3.12
Sekce 8	0.8	0.8	0.03	0.025	227.7	0.70	2.50	2.63
Sekce 9	1.0	0.8	0.04	0.044	233	0.20	2.50	3.15
Sekce 10	1.0	0.8	0.04	0.052	225.6	1.00	2.50	2.36
Sekce 11	0.4	0.8	0.01	0.009	233.2	0.20	2.50	3.11
Sekce 12	0.8	0.8	0.03	0.056	229.3	0.60	2.50	2.77
Sekce 13	0.8	0.8	0.03	0.058	225.6	1.00	2.50	2.37
Sekce 14	0.4	0.8	0.01	0.013	233.5	0.20	2.50	3.12
Sekce 15	0.6	0.8	0.02	0.032	235.1	0.00	2.50	3.34
Sekce 16a	0.1	0.8	0.01	0.01	230	0.50	2.50	2.81
Sekce 16b	0.2	0.8		0.01	228.9	0.60	2.50	2.71
Sekce 17	0.8	0.8	0.03	0.054	221.2	1.40	2.50	1.96
Sekce 18	0.8	0.8	0.03	0.055	218.8	1.60	2.50	1.77
Sekce 19	0.8	0.8	0.03	0.057	217	1.80	2.50	1.57
Sekce 20	0.8	0.8	0.03	0.059	215.3	2.00	2.50	1.37
Sekce 21	1.0	0.8	0.04	0.066	221	1.40	2.50	1.98
Sekce 22	1.0	0.8	0.04	0.072	216.5	1.90	2.50	1.49
Sekce 23	0.9	0.8	0.04	0.11	220.6	1.50	2.50	1.93
Sekce 24	0.9	0.8	0.04	0.104	215.2	2.00	2.50	1.42
Sekce 25	0.8	0.8	0.03	0.086	220.7	1.40	2.50	2.00
Sekce 26	0.8	0.8	0.03	0.084	217.7	1.70	2.50	1.70
Sekce 27	0.8	0.8	0.03	0.081	213.5	2.20	2.50	1.20
Sekce 28	1.0	0.8	0.04	0.127	219.7	1.50	2.50	1.95
Sekce 29	1.0	0.8	0.04	0.138	210.5	2.50	2.50	0.97
Sekce 30	1.0	0.8	0.04	0.127	220.5	1.50	2.50	1.95
Sekce 31	1.0	0.8	0.04	0.135	213.7	2.10	2.50	1.36
Sekce 32	1.0	0.8	0.04	0.143	208.5	2.70	2.50	0.77
Sekce 33	0.8	0.8	0.03	0.075	221.3	1.40	2.50	1.99
Sekce 34	0.8	0.8	0.03	0.076	216.1	1.90	2.50	1.49
Sekce 35	0.8	0.8	0.03	0.078	214.8	2.00	2.50	1.39
Sekce 36	0.8	0.8	0.03	0.081	211.5	2.40	2.50	1.00

3.5 Hydraulický výpočet

V rámci zpřesnění návrhu, byly k jednotlivým kritickým sekcím vytvořeny podélné profily. Z podélných profilů byly stanoveny kritické body, které odpovídají změně sklonu vedení trasy potrubí, čímž bylo hlavní přívodní potrubí k sekcím rozděleno na menší úseky. Pomocí uvedené metody po úsecích, byly postupně vypočteny ztráty od čerpadla nádrže 2 až k ventilu posuzované sekce.

Hodnota ztrát třením byla odečtena z tabulek pro odpovídající průtok řešené sekce v barech na 100 metru potrubí a následně převedena na reálnou délku úseku odečtenou z podélného profilu. Z důvodu větší přesnosti a zamezení chyb během interpolování hodnot, byly ztrátové hodnoty zapsány do tabulky a vytvořen graf (graf 1) závislosti ztrát na průtocích. Tímto grafem byla proložena polynomická spojnice trendů, která poskytuje rovnici závislosti ztrát na průtoku. Díky této rovnici byly poté dopočteny hodnoty ztrát pro dané průtoky v jednotlivých průtokových intervalech.

PN 10, 63x3,8 di = 55,4 mm	
Q	ΔP
(l/s)	(bar/100 m)
0.1	0
0.2	0
0.3	0.01
0.5	0.01
1	0.04
1.5	0.09
2	0.14
2.6	0.23
3	0.29
3.5	0.38
4	0.48
4.5	0.59
5	0.71
5.5	0.84
6	0.98
6.5	1.13

Graf 1 Vykreslení závislosti ztráty na průtoku



Ve výpočtu tlakových ztrát byly zahrnuty ztráty třením i místní ztráty velkých armatur (hlavní sestavy a ventilu), zatímco ztráty místní jednotlivých tvarovek byly započteny metodou náhradních délek (zvýšení hodnoty ztrát třením součinitelem 1,1). Rozdíl nadmořské výšky čerpadla oproti řešeným ventilům a připočtena hodnota

přípojného tlaku (2,5 bar). Přípojný tlak byl zvolen na základě doporučeného rozmezí pracovního tlaku pro kapkovací potrubí (0,5 až 4 bary) tak, aby se v celé sekci tlaky pro správné fungování kapkovačů pohybovaly v tomto rozmezí.

Podrobné výpočty vybraných tří kritických cest jsou uvedeny v následujících tabulkách (tab. 5, tab. 6 a tab. 7). Z výpočtu je patrné, že největší požadavek na tlak bude na kritické cestě 3 (tab. 7), která vede k sekci 15. Této sekci je zapotřebí dodat čerpadlem tlak 3,3 barů. Hodnota nejvyššího navrženého průtoku je 3,5 m³/h. Tyto dvě hodnoty (průtok $Q = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a dopravní výška $H = 33 \text{ m}$) jsou doporučenými parametry pro návrh čerpadla.

Tab. 5 Kritická cesta 1 k sekci 32

Kritická cesta 1												
Číslo bodu	Celková délka (m)	Délka ús. (m)	Průtok (l/s)	DN PE 63x3,8 (mm)	v (m/s)	$\Delta p/100$ m (bar)	$\Delta p/\text{úsek}$ (bar)	Nadmořská výška (m n.m.)	Převýšení (m)	Převýšení (bar)	Suma Z (bar)	
1	64.4	64.4	0.972	55.4	0.403	0.04	0.026	232.58	-2.53	-0.253	-0.227	
2	121.0	56.6	0.972	55.4	0.403	0.04	0.023	231.03	-1.55	-0.155	-0.132	
3	176.4	55.4	0.972	55.4	0.403	0.04	0.022	211.24	-19.79	-1.979	-1.957	
4	260.7	84.3	0.972	55.4	0.403	0.04	0.034	207.43	-3.81	-0.381	-0.347	
5	306.5	45.8	0.972	55.4	0.403	0.04	0.018	220.57	13.14	1.314	1.332	
6	344.2	37.7	0.972	55.4	0.403	0.04	0.015	208.91	-11.66	-1.166	-1.151	
Suma ztrát třením Š1 - ventil (bar)							0.138			-2.620	-2.482	
Místní ztráty Zm (bar) = 0.1* ztráty třením							0.014				0.028	0.028
Ztráta na hlavní sestavě (bar)							0.6				0.6	0.6
Ztráta na ventilu (bar)							0.2				0.2	0.2
Celkem (bar)							0.951				-1.792	-1.655
Přípojný tlak (bar)												2.5
Požadavek na čerpado (bar)												0.845

Tab. 6 Kritická cesta 2 k sekci 3

Kritická cesta 2											
Číslo bodu	Celková délka (m)	Délka ús. (m)	Průtok (l/s)	DN PE 63x3,8 (mm)	v (m/s)	$\Delta p/100$ m (bar)	$\Delta p/\text{úsek}$ (bar)	Nadmořská výška (m n.m.)	Převýšení (m)	Převýšení (bar)	Suma Z (bar)
1	64.4	64.42	0.861	55.4	0.357	0.04	0.026	232.58	-2.53	-0.253	-0.227
2	121.0	56.57	0.861	55.4	0.357	0.04	0.023	231.03	-1.55	-0.155	-0.132
7	135.5	14.5	0.861	55.4	0.357	0.04	0.006	230.66	-0.37	-0.037	-0.031
Suma ztrát třením Š1 - ventil (bar)											
Místní ztráty Zm(bar) = 0.1* ztráty třením											
Ztráta na hlavní sestavě (bar)											
Ztráta na ventilu (bar)											
Celkem(bar)											
Přípojný tlak (bar)											
Požadavek na čerpadlo (bar)											
										2.5	
										2.915	

Tab. 7 Kritická cesta 3 k sekci 15

Kritická cesta 3											
Číslo bodu	Celková délka (m)	Délka ús. (m)	Průtok (l/s)	DN PE 63x3,8 (mm)	v (m/s)	$\Delta p/100$ m (bar)	$\Delta p/\text{úsek}$ (bar)	Nadmořská výška (m n.m.)	Převýšení (m)	Převýšení (bar)	Suma Z (bar)
1	64.42	64.42	0.583	55.4	0.242	0.02	0.013	232.58	-2.53	-0.253	-0.240
8	87.18	22.76	0.583	55.4	0.242	0.02	0.005	232.96	0.38	0.038	0.043
9	141.25	54.07	0.583	55.4	0.242	0.02	0.011	232.47	-0.49	-0.049	-0.038
10	177.78	36.53	0.583	55.4	0.242	0.02	0.007	234.52	2.05	0.205	0.212
Suma ztrát třením Š1 - ventil (bar)											
Místní ztráty $Z_m(\text{bar}) = 0.1 \cdot \text{ztráty třením}$											
Ztráta na hlavní sestavě (bar)											
Ztráta na ventilu (bar)											
Celkem(bar)											
Přípojný tlak (bar)											
Požadavek na čerpadlo (bar)											
										2.5	
										3.280	

- Bylo ponecháno rozdělení vinohradu na 36 sekcí v souladu se zadávací situací.
- Pro nalezení kritické cesty byly ke všem ventilům vypočteny celkové ztráty.
- Vzhledem ke složitějším topografickým podmínkám byly pro stanovení manometrické výšky čerpadla posuzovány 3 vybrané sekce (3, 15 a 32) z nichž největší nároky klade sekce 15.
- Největší rozdíl převýšení je na sekci č. 32 (27 výškových metrů), zároveň se jedná o sekci s nejdelším přívodním potrubím (344 m).
- Finálními parametry čerpadla jsou: požadavek na průtok 3,5 m³/h a manometrická výška 32,8 metrů (3,28 barů).
- Navrhované čerpadlo bude umístěno v monolitické betonové nádrži č. 2 (78,7 m³, navržené v rámci studie MČ Prahy 2) a jeho typ nebyl stanoven.
- Sekce umístěné v dolní části vinohradu musejí být osazeny redukčními ventily, kvůli zvýšenému tlaku dodaného čerpadlem.

3.6 Výpočet testovací závlahové dávky

Součástí této práce není návrh závlahového režimu ani rozdělení distribuce vody v čase. Pro správný výpočet by bylo zapotřebí znát více údajů. V řešeném vinohradu se pěstuje sedm odrůd vinné révy (Rulandské šedé, Müller Thurgau, Hibernál, Ryzlink rýnský, Rulandské modré, Dornfelder a Nerot), [21] přičemž každá odrůda má jinou vláhovou potřebu (V_c). Dále nebyly stanovovány pro úroveň studie přesné klimatické podmínky daného vegetačního období, relativní vlhkosti a nezbytné pedologické údaje.

Norma ČSN 75 0434 – potřeba vody pro doplňkovou závlahu uvádí vláhovou potřebu vinic pro stolní odrůdy v období 1. dubna až 31. srpna pro Polabí 3100 m³/ha (310 mm) a pro Jižní Moravu 3400 m³/ha (340 mm), pro moštové odrůdy o měsíc delší pěstování v období 1. dubna až 30. září a vláhovou potřebu 5000 m³/ha pro Polabí a 6500 m³/ha pro Jižní Moravu, viz Příloha B. [28]

Rozdělení potřeb vody na jednotlivé měsíce v ideálních srážkách samostatně pro vinohrad v dané ČSN provedeno není, pro výpočet lze vycházet z ideálních srážek pro bobuloviny na lehké půdě dle tabulky G. Hemerky (tab. 8).

Tab. 8 Rozdělení ideálních srážek pro bobuloviny [28]

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Suma
Ideální srážky G. Hemerka (mm) - bobuloviny	55	80	85	105	60	55	45	485
Úhrn srážek - 2021 (mm)	23	102	96	107	84	16	19	447

Účinnou hloubku zakořenění pro čerpání zimní vláhly uvádí ČSN pro vinici stejně jako pro ovocné sady, 0,70–1 m, viz Příloha E. Největší význam dodržování optimální vlhkosti půdy pro vinice stanovuje ČSN pro poslední týden v červnu, celý červenec a srpen, viz Příloha G. V normě jsou dále uvedeny hodnoty maximální účinné hloubky navlažení, hydrolimity pro lehkou půdu (polní vodní kapacita, bod vadnutí, ze kterých lze dopočítat využitelnou vodní kapacitu). Pomocí těchto hodnot lze stanovit optimální nasycenost pórů, ze které se stanovuje přesná závlahová dávka (Md). Pro vinnou révu v hlinitopísčité půdě [23] vychází rozmezí nasycenosti pórů 12,5 až 20 % z celkového objemu pórů. (tab. 9)

Tab. 9 Minimální zásoba půdní vláhly [28]

Max. účinná hloubka navlažení	h_u (m)	0,7 až 0,8
Hlinitopísčité půda		
Průměrná polní vodní kapacita (PVK)	θ_{PK} (% obj.)	16 až 24
Průměrná hodnota bodu vadnutí (BV)	θ_{BV} (% obj.)	6 až 9
Využitelná vodní kapacita (VVK)	(% obj.)	12,5
Bod snížené dostupnosti (BDS)	(% VVK)	40
	(% obj.)	5
Dolní hranice množství nasycených pórů	(% obj.)	12,5
Horní hranice množství nasycených pórů	(% obj.)	20
Požadované rozmezí nasycených pórů	(% obj.)	12,5 až 20

Pro řešenou vinici v Havlíčkových sadech byl proveden orientační výpočet testovací dávky pro sekci 32. Hodnota závlahové dávky (Md) byla stanovena na 5 mm. Jedná se o takové množství závlahové vody, aby se i navzdory výparu závlahy dostala voda do půdy k rostlině (tab. 10).

Tab. 10 Výpočet pro testovací závlahovou dávku

Vláhová potřeba	V_c (m^3/ha)	3100
Vegetační období		1.4. až 31.8.
Testovací závlahová dávka	M_d (mm)	5
Součinitel jednotnosti vykapávání podle typu navrženého kapkovacího potrubí	(%)	90.48
Závlahová dávka se zahrnutím opravy rovnoměrnosti vykapávání	(mm)	5.53
Ztrátový součinitel pro kapkovou závlahu	K_z	1.05
Oprava závlahové dávky zahrnutím ztrátového koeficientu	(mm)	5.80
Plocha sekce 32	S (m^2)	415
Potřeba závlahové vody pro sekci 32 při závlahové dávce 5 mm	O_z (m^3)	2.41
Délka kapkovacího potrubí pro sekci 32	(m)	292
Výtok z 1 kapkovače	(l/h)	2.10
Spon kapkovačů	(cm)	33
Průtok sekcí č. 32	Q (l/h)	2023.6
Průtok sekcí č. 32	Q (m^3/h)	2.0
Doba na dodání závlahové dávky	t (h)	1.2

Z výsledných hodnot vychází, že při dodání testovací závlahové dávky 5 mm je zapotřebí zavlažovat danou sekci po dobu 1,2 hodiny. Potřeba závlahové vody pro dodání jedné dávky sekci č. 32 pak je 2,41 m^3 . V případě závlahy celého vinohradu o ploše 12 843 m^2 testovací dávkou 5 mm by bylo zapotřebí 74,5 m^3 vody. Nádrž 2 o objemu 78,7 m^3 by tedy stačila pro dodání testovací dávky 5 mm na celý vinohrad.

Optimální určení závlahových dávek a řízení automatického závlahového systému vychází z naměřených dat půdních vlhkostních čidel nebo údajů z meteostanice.

3.7 Umístění kapkovacího potrubí

Umístěním kapkovacího potrubí lze zavlažovat třemi odlišnými způsoby.

V prvním způsobu je umístění kapkovacího potrubí pod zem (hloubka umístění se udává u travnatých ploch 10–15 cm). [9] Výhodou tohoto způsobu je dodání vláhy přímo ke kořenům rostliny, zamezení výparu závlahové vody a ochrana potrubí před vnějšími vlivy (UV záření, hlodavci). Nevýhodou je ovšem nákladnější instalace vlivem výkopových prací, potenciál nebezpečí ucpávání kapkovačů nebo zarůstání kapkovačů

kořeny i přes fakt, že pro podzemní umístění jsou vyráběny typové řady kapkovacího potrubí s ochranou proti prorůstání kořenů (instalovaný měděný plíšek ve výtokových otvorech, který „žahne“ kořeny a omezí jejich růst, ale nepoškodí plodinu). Nevýhodou je také špatný přehled o funkci jednotlivých částí.

Druhým způsobem je umístění kapkovacího potrubí na povrch. Jedná se o velice snadnou a rychlou metodu instalace kapkové závlahy, u které lze efektivně kontrolovat správnou funkci jednotlivých kapkovačů. Nevýhodou tohoto způsobu je vystavení potrubí UV záření a jeho rychlé degradaci. Vlivem teplotní roztažnosti se potrubí často kroutí. Potrubí je navíc vystaveno mechanickému poškození hlodavců, ptáků a domácích mazlíčků. Dále se potrubí vlivem umístění může plést při různých agrotechnických úpravách.

Ve třetím způsobu se kapkový potrubí zavěsí na lanko tzv. na drátěnku, čímž se uvolní prostor v těsné blízkosti rostliny. Instalace kapkovacího potrubí zavěšeného na drátěnku se provádí pomocí malých háčků, umístěných nedaleko od sebe, podpírajících potrubí. V této metodě je nevýhodou vystavení potrubí okolním vlivům (změny teplot, záření) a bodové zatížení povrchu dopadem kapek.

4. Závěr

V této bakalářské práci byl popsán princip kapkové závlahy, její výhody a nevýhody a byla nastíněna situace kapkové závlahy v České republice se zaměřením na problematiku závlahy vinogradů. Právě na vinogradu, chmelnicích a ovocných sadech je využití kapkové závlahy velice vítané z důvodu efektivnosti a dlouhodobého použití. Dále byly uvedeny trendy do budoucna, které se týkají nové legislativy (využití šedé a dešťové vody). Zmíněna byla aktuální úprava poměrů Novomlýnské nádrže jako budování nových vodních zdrojů (zejména v Jihomoravském kraji, ve kterém je 93 % zastoupení rozlohy vinic v České republice).

Pro zadanou lokalitu Havlíčkovy sady, Praha 2 byla zjištěna rámcová situace teplot a srážek a zmíněna nejbližší stanice Českého hydrometeorologického ústavu Praha-Karlov. V zadané situaci byly navrženy prvky automatického zavlažovacího systému kapkové závlahy. Celkově se jednalo o 9247 metrů povrchového kapkovacího potrubí (PC-IR MULTIBAR) zavěšeného na drátěnku, které bude zavlažovat 13 000 hlav vinné révy rozdělených do 36 sekcí. Voda pro závlahu bude odebírána z plánované horní akumulární nádrže o objemu 78,7 m³ do které bude přiváděčem dlouhým 360 metrů čerpána voda z rovněž připravované dolní akumulární nádrže o objemu 269 m³ umístěné o 35 výškových metrů níže. Tato nádrž bude zachytávat svedenou dešťovou vodu z parku Havlíčkových sadů. Pro zajištění dostatečného množství vody se plánuje dotace nádrže 1 odběrem vody z Botiče a z plánovaného vrtu (projekt Havlíčkovy sady – systém chytrých opatření v souvislosti s adaptací na klimatické změny v podmínkách měst – závlahy). Dále bylo navrženo umístění hlavního řadu o rozměru 63 x 3,8 mm a pomocí hydraulického výpočtu zjištěn průtok a dopravní výška pro návrh čerpadla. Návrhový průtok byl stanoven 3,5 m³/h a maximální dopravní výška 32,8 metrů vodního sloupce.

Modelovým výpočtem byla stanovena potřeba vody na sekci 32. Pro teoretickou závlahovou dávku 5 mm je potřeba 2,41 m³ vody, pro celou vinici pak 74,5 m³. Řešení závlahového režimu není součástí této bakalářské práce. Kapková závlaha je v současné době nejúspěšnějším závlahovým způsobem a pro vinograd v centru Prahy spadá do systémových adaptačních opatření na změnu klimatu. Využívat by měla pouze šetrných vodních zdrojů a maximální množství vody srážkové.

5. Zdroje

- [1] Tenerife. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tenerife>
- [2] SIEGEL, Seth M. *Budiž voda: izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody*. Vydání druhé. Přeložil Hana ŠKAPOVÁ. Praha: Aligier s.r.o., 2016. ISBN 978-80-906420-5-8.
- [3] JEŘÁBEK, Jiří a Pavla SCHWARZOVÁ. *Moderní technologie pro úsporné zavlažování*. [cit 2022-05-05].
- [4] ŠÁLEK, Jan. *Závlahové stavby*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0497-3.
- [5] ČSN 75 7143: *Jakost vod. Jakost vody pro závlahu*. 1992.
- [6] HŘEBCOVÁ S.: *Zavlažované zelené stěny a zelené fasády a jejich přínos pro modro-zelenou infrastrukturu*. ČVUT Praha, 2020.
- [7] SCHWARZOVÁ, P.: *ZAOS - Závlahové stavby*. [přednášky]. ČVUT Praha, 2022.
- [8] *Pražský hrad: Vodní hospodářství krajiny 1 - Závlahové stavby*. Exkurze. 2021.
- [9] SCHWARZOVÁ, P.: *Vodní hospodářství krajiny 1 - Závlahové stavby*. [přednášky]. ČVUT Praha, 2021.
- [10] ŠÁLEK, Jan a Pavla SCHWARZOVÁ. : *Jednání*. 2022.
- [11] *Statistické ročenky zemědělství* [online]. In: . [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/dokumenty-statistiky-formulare/rocenky/>
- [12] ZAHRADNÍČEK, Pavel. *ČHMÚ BRNO* [online]. In: . [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2022/03/30/letosni-zima-byla-zase-malo-bohata-na-snih/>

- [13] LITSCHMANN, Tomáš a Pavla SCHWARZOVÁ. : *Jednání*. 2022.
- [14] *Naše voda: Informační portál o vodě* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/vinari-chteji-vyuzit-ve-vinohradech-zavlahy-novych-mlynu/>
- [15] *Ekolist* [online]. [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/zvyseni-hladiny-novomlynskych-nadrzi-ma-kladne-stanovisko-eia>
- [16] *ITTEC: 26. kongres odborných závlahových firem*. 17.3. 2022. Konopiště.
- [17] *Český statistický úřad: Veřejná databáze* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=2301&katalog=30840&pvo=ZEM03B&&c=v179~2__RP2015MP05DP31&str=v204&kodjaz=203
- [18] *IRIMON: Závlahové systémy* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.irimon.cz/>
- [19] *ITTEC: Irrigation and turf technologies* [online]. In: . [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.ittec.cz/cs/site/intro-rozcestnik.htm>
- [20] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- [21] Sklep Grébovka. In: *Sklep Grébovka* [online]. 2012 [cit. 2022-03-5]. Dostupné z: http://www.sklepgrebovka.cz/o_vinarstvi.html
- [22] Havlíčkovy sady. In: *Wikipedia* [online]. Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-03-8]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hav%C3%AD%C4%8Dkovy_sady
- [23] BULÁNEK, Pavel a Pavla SCHWARZOVÁ. : *Exkurze vinicí Grébovka*. 2022.
- [24] *Pražská příroda* [online]. Hlavní město Praha, 2013 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/botic/>

- [25] *Klimatický plán hlavního města Prahy* [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z:
<https://klima.praha.eu/cs/klimaplan-v-kostce.html>
- [26] MÜLLEROVÁ, Simona a Pavla SCHWARZOVÁ. : *Jednání*. Úřad městské části Prahy 2, 2022.
- [27] CUYKENDALL, Charles H. *Economics of Drip Irrigation for Juice Grape Vineyards in New York State*. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University. Ithaca., 1999.
- [28] ČSN 75 0434: *Meliorace - Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. 2017.