



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

ZAVLAŽOVACÍ SYSTÉMY VČERA A DNES

IRRIGATION SYSTEMS IN THE PAST AND NOWADAYS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Andrej Slinčák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Andrej Slinčák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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

Zavlažovací systémy včera a dnes

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Problematicku zavlažování, řeší lidstvo již od dávných dob, kdy se lidé usadili na jednom místě a začali pěstovat zemědělské plodiny. S ohledem na současný výskyt suchých období i v našem podnebném pásmu, nabývá zavlažování opět na významu. Jsou různé úrovně zavlažování od zavlažování pokojových rostlin po dobu dovolené až po zavlažování rozlehlých polí. Zavlažování má za cíl přivést dostatek vláhy k rostlinám, ale také současně jde i o úspory vody, tak aby se s ní neplýtvalo a byla maximálně využita. Pro zvolení vhodného typu zavlažování je třeba mít dostatek informací o již existujících systémech, jejich výhodách a nevýhodách.

Cíle bakalářské práce:

Cílem této práce je získat informace a přehled o různých typech zavlažovacích systémů, jak v minulosti, tak v současnosti. Zjistit co vše musí zavlažovací systém obsahovat. Získat informace o zavlažovacích systémech používaných v minulosti a dnes v České republice. Případně je možné popsat nějaký konkrétní zavlažovací systém ve vašem okolí.

Seznam doporučené literatury:

CENGEL, Yunus A. a John M. CIMBALA. Fluid mechanics: fundamentals and applications. 2nd ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education, c2010. ISBN 978-0-07-352926-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalárska práca je zameraná na všeobecný prehľad o problematike zavlažovacích systémov na veľké poľnohospodárske polia, ako aj na mikrozávlahy na záhrady. Zahŕňa výhody a nevýhody každého systému a priblíži vhodné aplikovanie závlahy na určité podmienky. Práca popisuje prvky zavlažovacieho systému a aké by mali byť podmienky pre jeho správnu funkciu.

V prvej časti je popísaná stručná história zavlažovacích systémov, nasleduje ich rozdelenie podľa užitia a podľa spôsobu akým pracujú. Doplnil som aj krátky úvod do gravitačného (povrchového) zavlažovania. Práve tieto techniky sú využívané v rozvojových krajinách s dostatočným vodným zdrojom.

Druhá časť je opis konkrétneho zavlažovacieho systému z môjho okolia. Vybral som si náš automatický zavlažovací systém od firmy TORO, ktorý je využívaný na závlahu trávnik.

Klíčová slova

Závlahy, zavlažovací systém, mikrozávlahy, postrek, kvapková závlaha, zdroj vody, trávnik

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on general overview of problematics of irrigation systems for large agricultural fields, as well as micro-irrigations for gardens. It includes pros and cons of every system and elucidate appropriate application of irrigation to certain conditions. Thesis describes elements of irrigation system and conditions for its proper functioning.

In the first part is described brief history of irrigation systems, afterwards its division by use and the way they work. I also added short introduction to gravitation (surface) irrigation. It is these techniques, which are used in developing countries with sufficient water resources.

The second part is a description of a specific irrigation system from my neighborhood. I have chosen our automatic irrigation system from firm TORO, which is used for lawn irrigation.

Key words

Irrigation, irrigation system, micro-irrigation, sprinkler, drop irrigation, water source, lawn

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SLINČÁK, Andrej. *Zavlažovací systémy včera a dnes* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132896>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Jaroslav Štigler.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Zavlažovací systémy včera a dnes** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu této práce.

Brno, 13.5.2021

Andrej Slinčák

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval svojmu vedúcemu práce doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D. za cenné rady a trpezlivosť pri vypracovaní tejto záverečnej práce.

Obsah

Úvod	10
1. História	11
2. Rozdelenie závlah	15
2.1 Doplnková	16
2.2 Hnojivová	16
2.3 Špeciálna	17
2.3.1 Klimatizačná	17
2.3.2 Protimrazová	18
2.3.3 Otepľovacia	18
2.3.4 Ozdravovacia / dezinfekčná	18
3. Prvky zavlažovacieho systému	19
4. Zavlažovanie postrekom	20
5. Mikrozávlaha	23
5.1 Bodová závlaha	23
5.2 Kvapková závlaha	24
5.3 Mikropostrek	25
6. Gravitačné (povrchové) zavlažovanie	26
6.1 Závlaha podmokom	26
6.2 Závlaha preronom	27
6.3 Závlaha výtopou	27
7. Zavlažovací systém v mojom okolí	28
7.1 Zavlažovanie trávniku	28
7.2 Potreba závlahovej vody	28
7.3 Zavlažovací systém firmy TORO	30
Záver	34
Zoznam použitej literatúry a podkladov	35

Úvod

Potrebu zavlažovania ľudstvo nadobudlo už od čias usadenia sa a začatí pestovaní plodín ako stály zdroj potravy. Zavlažovanie je doplnenie alebo nahradenie dažďovej vody iným zdrojom vody za účelom pestovania plodín alebo rastlín. Je nevyhnutné v suchých oblastiach a v obdobiach s nedostatkom zrážok. Správne nastavené zavlažovanie zlepšuje rast a kvalitu plodín. Rovnako môže prispieť k menšiemu výskytu chorôb plodín a pomáha proti rastu buriny. Zdroj vody pre zavlažovanie môže byť napríklad rieka, jazero, studňa, podzemná, dažďová alebo aj ošetrená odpadová a odsolená voda. Voda môže byť vedená priamo na pole kanálmi a potrubiami alebo uskladnená v nádržiach pre neskoršie použitie.

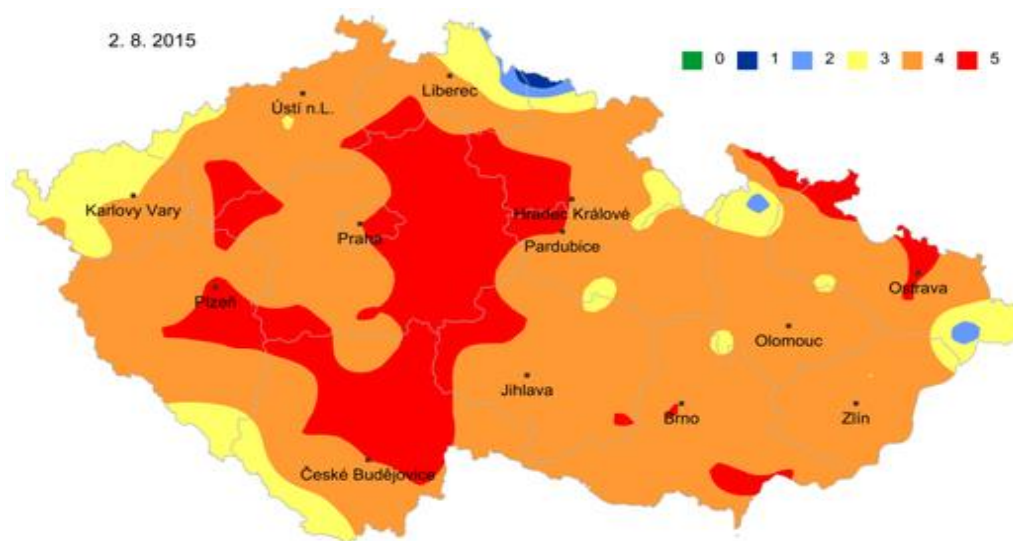
Existujú rôzne typy zavlažovacích techník, ktoré sú rozdielne v privádzaní vody a v následnom distribuovaní na pole. Vhodnosť techniky je individuálna a závisí na viacerých faktoroch, ako napríklad podnebie a vodné zdroje v oblasti, požiadavky rastlín na kvalitu a množstvo vody, alebo náklady na zavlažovací systém a jeho prevádzku. Cieľom zavlažovacích systémov je uľahčiť prácu, zefektívniť a minimalizovať potrebnú vodu. Zavlažovanie má aj využitie pri ochrane rastlín pred mrazom, ako prevencia proti erózii pôdy alebo na potlačenie prachu pri ťažbe.

V posledných rokoch niektoré oblasti sveta trpia nadpriemerným suchom – vyššie teploty, a tým sa zväčšuje aj výpar vody. Sucho a nevhodné využitie vody majú za následky vysychanie studní, a tým mnoho obcí môže prísť o zdroj vody najmä v lete. Nedostatok pitnej vody, a teda aj vody na zavlažovanie, znamená pokles poľnohospodárskej produkcie. Na druhej strane sú tu povodne, ktoré majú taktiež katastrofálne následky pre ľudstvo.

Od roku 2015 Česko zažíva veľké suchá zapríčinené zvýšenými teplotami a deficitom zrážok [1]. Najhoršími oblasťami sú Južná Morava a severozápadné Čechy. Takáto situácia nie je len v Česku, ale aj v Európe a vo veľkej časti sveta. Suchá v Sýrii, Iraku a Iráne sú dôvodom zväčšenej migrácie obyvateľov za lepšími podmienkami [2]. Preto témy ako zavlažovanie, hospodárne využitie vody a spôsoby zadržiavania dažďovej vody na boj proti suchu, naberajú na význame, pretože je to problematika, ktorú treba riešiť kým nebude neskoro.

Na nasledujúcom obrázku je mapa pôdneho sucha v Česku z roku 2015. Červená

farba – č. 5 predstavuje najväčšie riziko sucha.



Obr. č. 1 Mapa ČR pôdneho sucha do hĺbky 20 cm [16]

Primárne boli závlahy využívané pre poľnohospodárstvo, ale v dnešnej dobe sú zavlažovacie systémy skoro na každej menšej či väčšej záhrade, v parkoch, na futbalových či golfových ihriskách. Vďaka modernej technike môžu byť tieto systémy naprogramované na pravidelné zavlažovanie, prípadne spolu so senzormi na meranie pôdnej vlhkosti, teploty a iných faktorov vie systém spustiť zavlaženie vtedy, keď to rastliny práve potrebujú. Tým sa eliminuje nedostatok alebo prebytok vody, ktorej rastline treba alebo sa regulujú nepriaznivé podmienky v prípadne klimatizačnej závlahy.

V dôsledku zmeny klímy (nedostatku zrážok, nadmernému teplu a výparu) je výber zavlažovacieho systému veľmi dôležitý. V tejto bakalárskej práci priblížim rôzne typy zavlažovacích systémov, ich výhody a nevýhody.

1. História

Najstaršie spôsoby zavlažovania boli objavené už v starovekých civilizáciách 6000 rokov pred našim letopočtom v Mezopotámii a Egypte [3]. Starí Egypťania takto využívali záplavy Nílu, ktorý záplavou prinášal úrodné bahno na polia. Avšak záplavy trvajú iba určitú časť roka a nie vždy sú rovnomerné. Veľké prietoky vody mohli spôsobiť škody, odplaviť hrádze a zaplaviť dediny. Zatiaľ čo malé prietoky mohli byť nedostačujúce pre plodiny.



Obr. č. 2 Záplavy Nílu [17]

Iné spôsoby zavlažovania mohli zahŕňať stavbu hrádzí a vykopávanie zavlažovacích kanálov, ktorými privádzali vodu z riek na polia a do nádrží, v ktorých bola voda skladovaná pre neskoršie použitie v období sucha. Z nádrží, studní alebo riek, sa na pole nosila voda vo vedrách alebo iných nádobách. V období povodní zavlažovacie kanály pomáhali zvládať záplavy a usmerniť tok vody tam, kde bolo treba. Preto bolo potrebné budovať vodné nádrže, hrádze a iné zariadenia na skladovanie a dopravu vody. V Starovekom Ríme budovali na prepravu vody z topenia snehu v Alpách takzvané akvadukty, ktoré prinášali vodu do nižšie položených dedín pod horami [4].



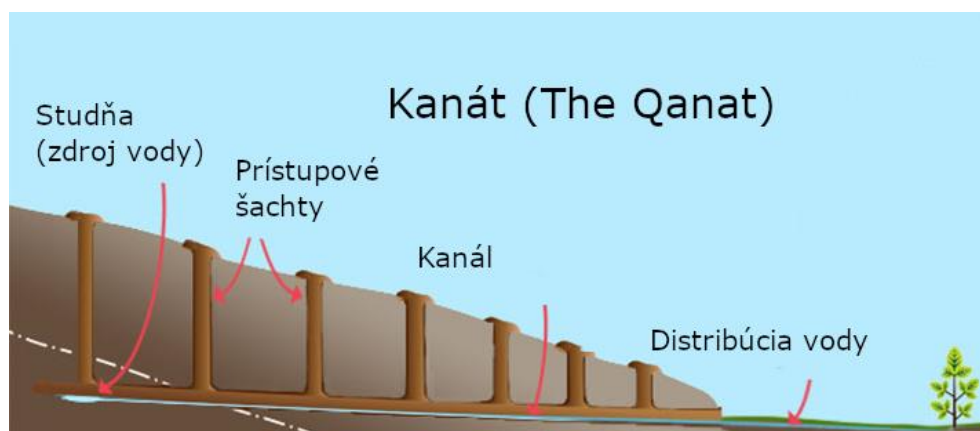
Obr. č. 3 Rímsky akvadukt Pont du Gard [18]

Technika zavlažovacích terás bola využívaná na celom svete, hlavne v Južnej Amerike. Príkladom je Peru, kde boli nájdené pozostatky zavlažovacích kanálov z 4. tisícročia pred Kristom [3]. Základom je premena svahu do úzkych schodovitých polí, čím dosiahli lepšie zadržiavanie vody a kultiváciu svahu s minimálnou eróziou pôdy.



Obr. č. 4 Terasové polia v Peru [19]

V starovekej Perzii okolo 800 rokov pre Kristom bola vynájdená najstaršia zavlažovacia technika, ktorá sa stále používa. Kanát (anglicky – Qanat) je systém na prepravu vody podzemným akvaduktom. Obsahuje sieť vertikálnych vrtov a mierne klesajúceho tunela, kde steká podzemná voda z hôr a kopcov. Na rozdiel od neistých povodňových metód, kanáty poskytovali roky stály zdroj vody.



Obr. č. 5 Kanát [20]

Približne v rovnakom čase Rimania v severnej Afrike používali Nori (anglicky – Noria). Bolo to vodné koleso s pripevnenými vodnými nádobami pri okrajoch, poháňané prúdením potoka alebo zvieratami [3].



Obr. č. 6 Vodné koleso Nori [21]

Prvé umelé nádrže na uskladňovanie vody sa považujú tie na Srí Lanke v období 300 pred naším letopočtom. Zavlažovací systém predstavoval systém podzemných kanálov, ktorý bol neskôr o tisíc rokov renovovaný a rozšírený.

Naši predkovia v oblasti Čiech Moravy a Slovenska si dokázali vážiť pôdnu vlahu, ktorá sa získavala z topenia snehu a dažďa. Pri plošnom usporiadaní obrábaných polí využívali smerovanie obrábania pôdy po vrstevnici, a pri väčších svahoch volili terasovanie polí. Oba spôsoby nielenže lepšie využívali silu domáceho dobytku pri poľnohospodárskych prácach, ale aj to zabráňovalo rýchlemu úniku vody do vodných tokov. Voda sa potom priesakom uskladňovala v pôde a udržiavala prijateľnú hladinu pôdnej vlahy po dlhšiu dobu.

V ČR sa v polovici 19. storočia odvodňovali pôdy, ktoré by mohli byť následne využité pre poľnohospodárstvo, avšak využitých bolo málo oproti tým odvodnením. Prvé zmienky o zavlažovaní sú spojené s výtopovou závlahou v údolí rieky Nitry [5]. Do polovice 20. storočia prebiehala závlaha na ploche približne 18 000 ha. Po 2. svetovej vojny začal rozvoj závlahových zariadení, hlavne pre vyrovnanie zrážkového deficitu v oblastiach riek Labe, Vltava a Moravy. Pred rozpadom Česko - Slovenska na-

stalo obdobie zmien v poľnohospodárstve - privatizácia závlahových stavieb a poľnohospodárskych objektov. Zároveň prebehla aj modernizácia závlah - rekonštrukcia a stavba nových úspornejších závlahových zariadení.

2. Rozdelenie závlah

Existujú rôzne typy závlah s rozdielnym účelom, technickým prevedením a vlastnosťami. Každá má svoje výhody a nevýhody pre rozličné podmienky, plodiny, ale aj rozdielne využitie vody.

Podľa mobilnosti poznáme:

- stabilné – závlaha je neprenosne zabudovaná - mikropostreky, stabilné postrekovače, napr.: na záhradách, parkoch, futbalových alebo golfových ihriskách,
- mobilné – po zavlažení určitej oblasti je presunutá na ďalšiu plochu, buď samostatne s motorom alebo je presun nutný traktorom, napr.: pásové zavlažovacie stroje,
- sezónne stabilné – využívané počas vegetačnej sezóny – napr.: sezónna kvapková závlaha [6].

Podľa distribučného pracovného tlaku vody v systéme:

- gravitačná závlaha – voda je distribuovaná bez tlaku alebo pod nízkym tlakom, obvykle do 100 kPa, napríklad výtopové alebo podmokové systémy,
- nízkotlaková závlaha – pracujúce v rozmedzí tlakov 100-300 kPa, príkladom sú mikropostreky,
- tlaková závlaha – pracovné tlaky až do 1000 kPa, typické pre postrekové zavlažovacie systémy.

Podľa účelu závlahy:

- doplnková
- hnojivová
- špeciálna

Podľa aplikácie vody:

- postreková závlaha – zavlažovanie postrekovačmi,
- lokálna závlaha – mikropostreky, bodová a kvapková,
- gravitačná závlaha – podmok, preron, výtopa.

2.1 Doplnková

Podstatou doplnkovej závlahy je doplnenie vlahy dodávkou vody, ktorú rastlina potrebuje pre svoj rast a vývoj. Vyvažuje nedostatok vody z dažďov alebo podzemných vôd. Musí byť úsporná, aby sa neplytvalo vodnými zdrojmi a šetrná k pôdnemu profilu, aby nedošlo k zasoleniu alebo zamokreniu. Množstvo sa riadi vlahovým nedostatkom, ktorý je závislý na faktoroch ako nedostatočné zrážky, vlhkosť a teplota ovzdušia alebo aj na sklone a type pôdy [5].

Pre navrhnutie doplnkovej závlahy je teda najprv nutný rozbor suchosti oblasti, kde sa dané faktory zohľadnia, a zistí sa potrebné množstvo dodatočnej závlahy. Ako vodný zdroj pre doplnkovú závlahu sa využívajú zdroje vody, ktoré sú nezávadné a nepoškodzujú pôdu ani vegetáciu.

Rôzne typy zavlažovacích systémov vyžadujú vyššie nároky na kvalitu a čistotu vody. Preto je potrebný rozbor vody v rôznych časových úsekoch roka. Podľa toho sa buď navrhne vhodná úprava vody alebo sa musí použiť iný zdroj vody.

2.2 Hnojivová

Spíňa funkciu doplnkovej závlahy, ale zároveň aj hnojenie pôdy. Na hnojenie sa môže využiť kvapková závlaha alebo závlaha postrekom. Prevádza sa na jar a jeseň, prípadne aj vo vegetačnom období, ak to rastliny potrebujú.

Ako hnojivovú závlahu sa dajú využiť riečne toky, do ktorých odteká voda z hnojených polí alebo odpadová voda z miest a potravinárskych tovární. Takáto takzvaná povodňová závlaha sa využíva na polia a lúky v údoliach riek [5]. O vhodnosti rozhoduje vždy rozbor vody. Do postrekovačov a kvapkovej závlahy sa môžu rozpustiť roztoky minerálnych hnojív, ktoré sú následne dopravené až k rastlinám. Dôležité je neprehnojiť pôdu hnojivami ani príliš nepodmočiť vodou samotnou.

2.3 Špeciálna

Sú to závlahy, ktorých dodávka vody ako doplnenie vlhky, nie je primárny cieľ. Väčšina z nich je špecificky upravená aby spĺňala svoju úlohu. Takéto závlahy pomáhajú napríklad znižovať teplotu v blízkosti rastlín alebo chrániť pred mrazom.

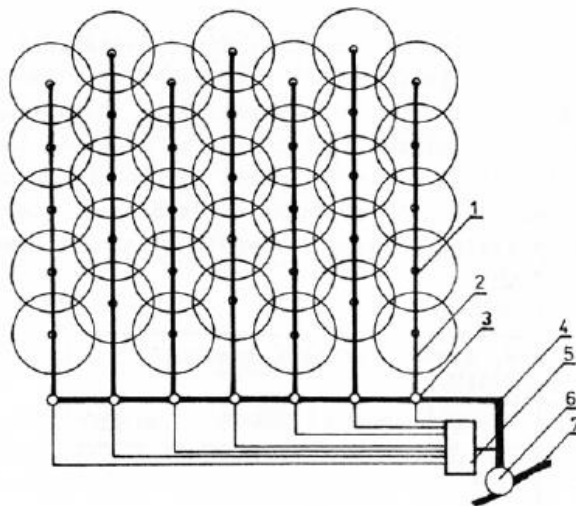
2.3.1 Klimatizačná závlaha

Tento typ závlahy slúži na zníženie teploty a zvýšenie vlhkosti vzduchu v blízkosti rastlín. Preto má hlavne uplatnenie v letných mesiacoch, kde pri vysokých teplotách sa proces fotosyntézy zastavuje. Aplikuje sa v menších avšak pravidelných intervaloch, pauza by nemala byť dlhšia ako 15 minút [7]. Ďalšia možnosť je umelou hmlou, aerosólovou – disperznou alebo impulznou závlahou.

Aerosólová – disperzná závlaha má princíp v jemnom rozptyle častíc vody do vzduchu. Je šetrná na spotrebu vody a efektívna, lebo nedôjde k vsiaknutiu do hĺbky pôdy a ani povrchovému odtoku [5]. Nevýhodou je, že nedokáže plniť funkciu doplnkovej závlahy.

Umelá hmla sa vytvára cez jemné dýzy za pomoci vysokého tlaku v potrubiach. Potrubia sú nadzemné, čo prekáža použitiu mechanizácie.

Impulzná závlaha je efektívna, pretože tento typ spĺňa aj funkciu doplnkovej závlahy. Zavlažuje rastliny v malých pravidelných dávkach, čím dokáže regulovať vlhkosť a teplotu vzduchu. Princíp spočíva v privedení vody do jednej linky, ktorá sa po zavlažení dávkou uzavrie ventilom, a prívod vody smeruje do druhej linky. Po poslednej linke sa cyklus opakuje.



- 1 – postrekovač
- 2 – závlahové potrubie
- 3 – ventil
- 4 – hlavné potrubie
- 5 – uzol automatiky
- 6 – čerpacia stanica
- 7 – vodný zdroj

Obr. č. 7 Schéma impulzného postreku s automatizáciou [8]

Vylepšenie tohto typu predstavuje **synchronný impulzný postrek**. Pracuje súčasne na celej zavlažovanej ploche podľa vlhovej potreby rastlín. Tým je zaručené rovnomerné zavlaženie celej oblasti.

2.3.2 Protimrazová závlaha

Protimrazová závlaha je založená na uvoľnení skupenského tepla pri premene vody na ľad. Účinnosť závlahy je až do $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a začiatok zavlažovania nastáva pri klesnutí teploty pod $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ [8]. Pri postreku sa rastlina obalí do tenkej vrstvy ľadu, ktorý udržuje teplotu okolo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dôležité je, aby bol postrek nepretržitý až dokým sa postrekom ľad nezačne rozpúšťať. Ochrana rastlín postrekom proti mrazu vyžaduje veľké množstvo vody až niekoľko násobne viac ako vyžaduje doplnková závlaha.

2.3.3 Otepľovacia závlaha

Je využívaná na zvýšenie teploty pôdy. Je vhodná na jar a jeseň, kedy povrchové vody riek alebo jazier majú vyššiu teplotu ako pôda. Podzemná voda ako zdroj je chladná a pred použitím je potrebné ju ohriať v nádrži alebo zmiešať s teplejším zdrojom. V lete sa využíva naopak na ochladenie pôdy, aby rastliny predčasne nekvitli.

2.3.4 Ozdravovacia / dezinfekčná závlaha

Poľnohospodárske plodiny a rastliny všeobecne bývajú často napádané rôznymi chorobami a škodcami. Dostatok vlhky znižuje riziko výskytu chorôb. Aplikáciou závlahy nielen do oblasti koreňa, ale na celú plodinu a listy (prevažne postreky) zvyšujú možnosť výskytu chorôb. Preto sa využívajú rôzne dezinfekčné postreky, napríklad na ochranu proti plesniam, ktoré často napádajú ovocné sady či vinice.

Hubenie hrabošov prebieha v zime pri nízkych teplotách, kde sa zaplaví pole, voda zamrzne a spôsobí úhyn škodcov. Opakovaním zaplavovania sa ničia nežiadúce buriny. Voda zároveň premýva pôdu, vyplavuje soli a podporuje výmenu vzduchu v pôde [5].

3. Prvky zavlažovacieho systému

Zavlažovací systém všeobecne, či už rôzne druhy postreku alebo mikrozávlaha, vyžaduje určité prvky a zariadenia, ktoré zaručia chod a funkčnosť systému. Väčšina systémov obsahuje rovnaké prvky, niekedy mierne pozmenené.

Základom je **zdroj vody**. Pre závlahovú vodu postačia napríklad vodné toky, nádrže alebo podzemné či odpadové vody. Voda nesmie obsahovať škodlivé látky a musí byť riadne ošetrená.

Začiatok zavlažovacieho systému tvorí **sací kôš a sacie potrubie**, ktoré privádza vodu zo zdroja k čerpacej stanici. Sací kôš má funkciu zachytávania hrubých nečistôt a musí byť uložený v dostatočnej hĺbke, aby nenasával vodu, ktorá by znižovala účinnosť čerpadla a mohla ho aj poškodiť. Sacie potrubie by malo byť čo najpriamejšie, aby dosahovalo minimálne tlakové straty a zároveň vzduchotesné.

Čerpadlo následne dopravuje vodu do zvyšných častí systému premenou mechanickej energie na energiu kvapaliny. Povrchové čerpadlá pracujú do hĺbky 8 metrov. Do väčšej hĺbky sa používajú čerpadla ponorné.

Za čerpadlom nasleduje **úprava vody**. Ideálne je však, ak sa dá obmedziť znečistenie ešte vo vodnom zdroji. Posudzujú sa fyzikálne, ale aj chemické či biologické znečistenia vo vzorkách z rôznych období prevádzky závlahy.

Mechanická úprava závlahovej vody má 3 stupne. Prvým je zachytenie sitami hrubých nečistôt veľkých až desiatky milimetrov. Druhý stupeň je sedimentácia, ktorá pomocou lapákov piesku alebo usadzovacích nádrží zachytáva nečistoty o veľkosti 0,1-0,2 milimetrov [9]. Posledným je filtrácia, ktorá zachytáva jemné častice. Pri kvapkových závlahách sa kvôli náročnosti na čistotu vody využíva dvojstupňová. Pre zachytenie minerálnych látok sa využívajú usadzovacie nádrže.

Obvykle už upravená voda smeruje do **potrubnej siete**. Výhodou podzemného potrubia je neprekážanie povrchovej mechanizácii. Sú 2 možnosti uloženia, a to v mrznúcej a nemrznúcej hĺbke. V mrznúcej hĺbke je potrebné potrubie vypustiť pred zimou a nie je možné využívať pre protimrazovú závlahu [9]. Uloženie vo väčšej nemrznúcej hĺbke má výhodu v lete tým, že teplota je viac ustálená a nevzniká teplé vlhké prostredie pre rast rias. Podzemné potrubie rovnako nie je vystavené priamemu slnku, a s tým spojenou teplotnou rozťažnosťou.

Pri prevýšení zavlažovanej plochy sa na rozdiely tlaku využívajú **regulátory tlaku** [5]. To pomôže v rovnomernosti zavlažovanej plochy.

Pri mikropostrekoch, a určitých typoch postrekov, je možné aj **pridanie hnojív**. To musí byť plne rozpustné vo vode. Môže byť pridávané do sacieho potrubia alebo do rozdeľovacieho potrubia pomocou ejektora z nádrže s hnojivom [5].

Finálny **závlahový detail** sa musí navrhnuť konkrétne na druh rastliny, terén a funkciu závlahy.

4. Zavlažovanie postrekom

V podmienkach ako Česká a Slovenská republika je závlaha postrekom veľmi univerzálna a používaná na približne 99% plochách. Využíva sa na väčšinu rôznych plodín a neprekáža ani zvlnenie terénu. Zvyšné percento je využitie mikrozávlah a ostatných druhov zavlažovania [5].

Pri zavlažovaní postrekom je voda vystrekovaná do vzduchu, kde následne padá na zem rovnako ako dážď, väčšinou sú zavlažované oblasti kruhové. Voda sa čerpá

z vodného zdroja a rozstrekuje sa pod tlakom cez malé otvory alebo dýzy postrekovača. Prevádzkovým tlakom, rozstupmi postrekovačov a veľkosťami dýz, je možné dosiahnuť potrebné množstvo vody a rovnomerné nanesenie.

Je rozšírené v našich podmienkach, pretože väčšina plodín je vhodná pre postrekové zavlažovanie. Zároveň tomuto spôsobu neprekáža nezarovnaná alebo zvlnená plocha. Nie sú potrebné kanály pre dopravu vody, čo znižuje straty pri doprave, a neprekáža mechanizácii obrábania. Podľa typu pôdy a schopnosti vsakovania vody je možné prispôbiť vyššiu frekvenciu zavlažovania [9]. Postrekovače nie sú tak citlivé na upchávanie sedimentami a majú možnosť využitia ako hnojivovej závlahy rozpustnými hnojivami a chemikáliami. Nevýhodou je odparovanie vody pri rozstrekaní, nerovnomernosť pri vetre a vyššie energetické nároky.

Závlahový detail je tvorený samostatnými postrekovacími strojmi alebo mobilným rýchlospojčným potrubím s postrekovačmi napojenými na hydrant [5]. Existujú rôzne typy závlahového detailu:

- pásové zavlažovače
- pivotové zavlažovače a lineárne zavlažovače
- kývavé postrekovacie potrubia
- rýchlospojčové potrubie s postrekovačmi (závlahové sústavy)

Pásové zavlažovače sú založené na pomalom navíjaní alebo vlečení hadice za traktorom alebo iným strojom. Samotný zavlažovač je položený na kolesách alebo saňovom podvozku. Rýchlosť zavlažovania závisí na rýchlosti navíjania a zavlaží šírku o hodnote dvojnásobku dostreku. Po zavlažení určitej oblasti (zvyčajne v rozmedzí 50-600 metrov) je nutné systém presunúť na ďalšiu pozíciu.



Obr. č. 8 Pásový zavlažovač [22]

Pivotové zavlažovače sa skladajú z konštrukcie, na ktorej je umiestnené potrubie s postrekovačmi. Táto konštrukcia je na kolesách a tvorí pohyblivé rameno, ktoré sa otáča okolo centra. V centre je umiestnený hydrant, z ktorého je systém napájaný. To znamená, že zavlažovaná plocha je kruhová a musí byť bez prekážok ako sú stromy, a plocha musí byť rovinná. Rohy plochy ostávajú nezavlažované alebo je nutné ich inak dodatočne zavlažiť. Vynájdené a aj využívané na plochých oblastiach v USA [10].



Obr. č. 9 Pivotový zavlažovač [23]

Lineárne zavlažovače pracujú na podobnom princípe ako pivotové, akurát ich pohyb nie je po kružnici, ale priamočiary a zavlažujú obdĺžnikovú plochu.



Obr. č. 10 Lineárny zavlažovač [23]

Kývavé postrekovacie potrubie je vodorovné potrubie, ktoré je nad zemou vo výške 0,75 metra a dlhé okolo 100 metrov. Na vodorovnom potrubí sú uložené trysky v určitých vzdialenostiach od seba. Motor je na začiatku potrubia, ktorý vyvoláva kývavý pohyb až do 120° . V dôsledku nízkej konštrukcie je vhodný na závlahu nízkych plodín ako napríklad zelenina. Rovnomernosť zavlaženia je ovplyvňovaná veterným počasím.

Prenosné rýchlospojkové potrubie sa využíva do potrubí závlahových liniek alebo ako súčasť mobilných závlahových sústav s čerpacím agregátom [5]. Využívajú sa na plochách, kde by nebolo ekonomické využívať vyspelejšiu techniku, na menších alebo svahovitých plochách, a kde je dostupná pracovná sila na ich premiestnenie. Ide o trubky z pozinkovanej oceli, hliníku alebo plastu, spojované rôznymi tvarovkami podľa potreby.

5. Mikrozávlaha

Je to spôsob zavlažovania, kde je voda privádzaná pri nízkom tlaku priamo ku koreňom alebo ich blízkosti každej rastliny. Je výhodná z hľadiska efektívnosti využitia vody a dá sa využívať pri rôznych plodinách. Pomalé dávkovanie po kvapkách šetrí vodu, nerozbahňuje pôdu a ani nepodporuje rast buriny či šírenie chorôb. Väčšinou

plastové potrubie je ľahko tvarovateľné do potrebnej konfigurácie. Tieto systémy sú prevažne stabilné a automatizované. Všetky druhy mikrozávlah sú náročnejšie na čistotu a kvalitu vodného zdroja, preto vyžadujú dôkladnú úpravu a filtráciu vody.

5.1 Bodová závlaha

Ide o systém plastových potrubí s malými otvormi v miestach rastlín pre výtok vody. Môže byť povrchová alebo podpovrchová, kde je uložená 0,5 metra pod zemou. Je nevhodná pre ľahké piesočné a ťažké ílové pôdy. Sklon terénu by mal byť do 5%, inak sú potrebné vsakovacie brázdy. Výtokové otvory musia byť chránené proti upchatiu, hlavne u podpovrchovej [8]. Závlahová voda musí byť čistá od rias a organických látok, aby nezarastali v potrubí.



Obr. č. 11 Bodová mikrozávlaha [24]

5.2 Kvapková závlaha

Kvapková závlaha je podobná v mnohom tej bodovej. Voda vyteká po kvapkách cez kvapkovač alebo mikroporézne potrubie. Vyžaduje ešte vyššiu kvalitu a čistotu vody ako bodová a je to najefektívnejší spôsob zavlažovania až do 95% [5]. Odparovanie je minimálne a voda je aplikovaná priamo do koreňovej zóny rastliny. Podľa potreby je povrchová, podpovrchová aj nadzemná. Využíva sa v ovocných sadoch, viniciach či skleníkoch.

Pri kvapkovej závlaha je možnosť použitia rozpustných hnojív a chemikálií, ktoré sú systémom rovnomerné distribuované. Neprekáža ani sklon terénu, čo môže ušetriť na nákladoch na vyrovnanie plochy. Priamym aplikovaním vody ku koreňom sa voda nedostáva zbytočne na rastliny a znižuje sa tým riziko chorôb a rast buriny.

Nevýhodou sú vysoké teplá a priame slnečné lúče, ktoré ovplyvňujú tepelné rozťahovanie plastových potrubí. Môže byť plno automatizovaná a s vyššími počiatocnými nákladmi je potrebné zvážiť všetky podmienky pre správne a efektívne využitie.



Obr. č. 12 Kvapková závlaha [25]

5.3 Mikropostrek

Mikropostrek je obdoba závlahy postrekom. Rozvod vody pri nižšom tlaku potrubím s malým priemerom a nízkou intenzitou postreku. Využíva sa pre zavlažovanie rastlín v radoch, kde medziradie sa nepostrekuje, a tým je tento mikropostrek šetrnejší oproti klasickým postrekom. Menšími častými dávkami vie slúžiť ako klimatizačná alebo protimrazová, avšak je potrebná úprava v ich usporiadaní, a aby boli schopné dodať až 10 násobok dennej dávky vody, ktorú protimrazová vyžaduje. Vyžaduje menšiu spotrebu energie, vody a dosahuje vyššiu kvalitu závlahy, čo má vplyv na lepšiu a kvalitnejšiu úrodu plodov.

Intenzita postreku by nemala byť väčšia ako vsakovacia schopnosť pôdy. Mikropostreky pre ich stabilné a početné rozloženie pri plodinách vyžaduje hustú potrubnú

sieť, aby bola zabezpečená dostatočná dodávka závlahovej vody. Voda by nemala obsahovať mechanické nečistoty kvôli malým priemerom, aby nedošlo k upchatiu. Tieto nečistoty zachytávajú filtre.



Obr. č. 13 Mikropostrek [26]

6. Gravitačné (Povrchové) zavlažovanie

Voda pri tomto type zavlažovania je po poli distribuovaná gravitáciou. Sú to jedny z najstarších techník. Kvantita prevažuje kvalitu, keď na poli je voda nerovnomerne rozdelená, tým sú aj vysoké straty vody a teda nízka účinnosť. Využívané boli v minulosti alebo v rozvojových krajinách hlavne vďaka nenáročnosti na technické vybavenie [8].

6.1 Závlaha podmokom

Brázdový podmok bol najviac využívaný typ podmoku. Voda je privádzaná vykopanými závlahovými kanálmi na pole. To je rozdelené na dlhé pásy, kde je voda privedená medzi riadky plodín. Voda tečie smerom k dolnému koncu poľa, počas toho vsakuje a zavlažuje koreňovú zónu rastlín. Plocha medzi riadkami, kde tečie voda,

musí byť urovnaná, aby voda prúdila celou šírkou plochy. Odporúčaná je sklon pôdy od 2-4 metrov na 1000 metrov, aby nedošlo k erózii pôdy [11].

Brázdy sa delia na 3 typy: Neprietočné, prietočné s odtokom a bez odtoku. Neprietočná sa po naplnení vodou prívod uzavrie a nechá vsiaknuť. Pri prietočnej s odtokom nadbytočná voda, ktorá nevsiakne, odtečie odtokom na konci brázdy. Pri brázde bez odtoku sa voda hromadí na konci zavlažovanej časti.

6.2 Závlaha preronom

Podstatou je upchatie kanálu, kde sa voda následne nahromadí a preleje cez okraj na plochu. Voda tak tečie v niekoľko centimetrovej vrstve na sklonenej urovnanej ploche [5]. Je vhodná pre lúky a pastviny, pretože tečúca voda môže narušiť pôdnu štruktúru.

Svahový preron – Pole je rozdelené na obdĺžnikové plochy oddelené rozvádzačiami priekopami, ktorými prúdi voda zo zavlažovacieho kanála.

Hrebeňový preron – Zavlažovacia priekopa pre závlahu tečie vrchom obojstranne sklonenej plochy [5]. Voda tečie z vrcholu kopca dole a vsakuje. V údolí je kanál ktorý odvádza prebytočnú vodu.

Pásový preron – Štruktúrou podobný brázdovému podmoku s rozdielom, že voda tečie celou plochou. Voda je rozdelená výtokovými otvormi do pásov.

6.3 Závlaha výtopou

Závlaha výtopou môže byť prirodzená alebo umelá. Prirodzená je záplava pri veľkých vodách zvyčajne v období dažďov. Umelá je pri zaplavení vodou na polia, ktoré sú ohraničené, aby voda neodtiekla. Kontrola nad prietokom je malá, hlavne pri prirodzených záplavách. Tento spôsob sa využíva pri pestovaní ryže a plôch lúk.

7. Zavlažovací systém v mojom okolí

V druhej časti práce opíšem automatický zavlažovací systém trávniku pri dome, kde bývam, od americkej firmy TORO. Systém je podzemný s výsuvným rotačným postrekovačom. Zavlažovaná plocha je obdĺžniková o rozmeroch 18 x 9 metrov.

7.1 Zavlažovanie trávniku

Aj pre závlahu trávniku platia určité odporúčania ako zavlažovať a rôzne druhy tráv majú rôzne potreby vlahy. Trávnik samotný je vhodné zavlažovať v čase najmenšieho výparu – večer alebo ráno, aby nedochádzalo k zbytočným stratám vody. Večer je avšak menej vhodný z dôvodu vysokých denných teplôt a studenej vody. Nad ránom navyše trávnik skôr uschne, a preto je aj menšia šanca hubovej infekcie.

Ideálne je preto využívanie automatických systémov, ktoré zaručia rovnomerný postrek celej plochy a zároveň ušetria veľa času a vody. Existujú aj dažďové alebo vlahové senzory, ktoré systém vypnú, ak prší alebo má trávnik dostatok vlahy.

7.2 Potreba závlahovej vody

Trávnik je potrebné zavlažovať od 2-5 x za týždeň. Vyžaduje približne 25-40 litrov vody za týždeň na každý meter štvorcový plochy [12]. Výška teploty vzduchu výrazne ovplyvňuje potrebné množstvo a frekvenciu polievania. V marci a apríli to je približne 30 až 50 litrov vody. V letných mesiacoch vyžaduje 2-3 násobne viac, a to okolo 100 litrov vody na meter štvorcový.

Teplota vzduchu (°C)	Spotreba vody trávniku
do 20	1-2 mm
20-25	2-3 mm
25-30	3-4 mm
30-35	5-6 mm
nad 35	nad 7 mm

Tab. 1 Spotreba vody v závislosti na teplote [13]

Mesiac	Množstvo vody
Marec	30 mm
Apríl	50 mm
Máj	70 mm
Jún	90 mm
Júl	110 mm
August	110 mm
September	90 mm
Október	50 mm

Tab. 2 Potreba závlahy za mesiac [13]

Plocha o rozmeroch 18 × 9 metrov je obsah 162 metrov štvorcových. Pri potrebnom priemernom množstve za mesiac 75 milimetrov je celková potrebná vlaha na takto veľký trávnik 1215 litrov za vegetačné obdobie. Toto obdobie nie je rovnako dlhé a trvá väčšinou 210-240 dní v roku.



Obr. č. 14 Zavlažovaná plocha

Pri množstve 75 mm za mesiac a frekvencii 3x za týždeň je priemerná potrebná dávka okolo 6 litrov na m² za jeden zavlažovací cyklus. Toto číslo je len približné,

pretože inak by znamenalo, že nie sú žiadne zrážky a všetku potrebnú vlahu by musela dodať závlaha. V letných mesiacoch je frekvencia zavlažovania vyššia.

7.3 Zavlažovací systém firmy TORO

TORO Mini 8-4P je podzemný zavlažovací systém s výsuvnými postrekovačmi s 10 centimetrovým výsuvom. To znamená, že postrekovač je schovaný na úrovni pôdy, aby pri kosení nedošlo ku kontaktu a následnému poškodeniu.



Obr. č. 15 Skrytý postrekovač



Obr. č. 16 Vysunutý postrekovač

Tento typ má dostrek od 6 – 10,7 metrov s nastaviteľnou výsečou od 40° až 360°. Pracovný tlak je 2 – 3,4 bar [14]. Zariadenie sa dodáva s vymeniteľnými tryskami na rôzne požiadavky prietoku a dostreku.

V našom trávniku využívame trysku 1,0 s dostrekom 7,9 metra a pracovnom tlaku 2 bar. Prietok je 4,2 litrov za minútu. Jeden zavlažovací cyklus trvá 15 minút. Pri rozvrhnutí 6 postrekovačov na plochu je jedna dávka približne 2,3 litrov na meter štvorcový.



Obr. č. 17 Schéma rozloženia postrekovačov [26]

Prívodné potrubie je uložené v zemi v hĺbke asi 35 centimetrov rozdelené na 2 vetvy. Pri zavlažovaní obe pracujú súčasne, preto je potrebný celkový prietok 25,2 litrov za minútu zo zdroja vody.

Zdroj vody je studňa navŕtaná 8 metrov pod zemou. Zo studne sa voda čerpá samo-nasávacím čerpadlom Wilo JET WJ 401 X EM.



Obr. č. 18 Čerpadlo

Nehrdzavejúca oceľ čerpadla zabraňuje korózií aj pri dlhšej nečinnosti. Má integrovanú ochranu proti behu nasucho. Čerpadlo vďaka konštrukcií má pomerne tichý chod. Čerpajúci výkon je 80 litrov za minútu. Dopravná výška je maximálne 47 metrov, sacia výška 8 metrov a prevádzkový tlak maximálne 6 bar. Pracuje pri jednofázovom prúde 230 V a príkone 1300 W [15]. Je vhodné na plnenie, vyprázdňovanie, prečerpávanie alebo práve zavlažovanie. Je spoľahlivé a vydrží roky v prevádzke bez problémov.

Ešte pred čerpadlom sa nachádza vodný filter, ktorý zachytáva väčšie nečistoty. Čerpadlo vyžaduje čistú alebo mierne znečistenú vodu, čo v prípade jemných častíc nie je problém. Filter Aqua 03-9 pracuje pri maximálnom tlaku 8 bar pri teplote 20 °C, čo v našom systéme nenastane. Vo vnútri obsahuje vložku, ktorá zachytáva nečistoty. Dajú sa zvoliť rôzne hustoty vložky podľa potreby zachytávať aj jemnejšie častice.



Obr. č. 19 Filter

Celý systém je riadený riadiacou jednotkou TORO TMC-212.



Obr. č. 20 Riadiaca jednotka

Na riadiacej jednotke treba manuálne nastaviť frekvenciu a časy zavlažovania. V prípade dažďa treba opäť ručne vypnúť. Dá sa však dokúpiť aj dažďový senzor či diaľkové ovládanie. Je možné nastavenie spustenia rôzneho poradia okruhov. Následne je celá závlaha riadená automaticky. Tým je zaručené, že trávnik je rovnomerne zavlažovaný.

Záver

Zavlažovanie je súčasťou systému hospodárenia s krajinou. Vzhľadom na horúce podnebné podmienky v minulých rokoch, ktoré nevyzerajú že by ustúpili, bude voda a jej využitie oveľa dôležitejšie ako tomu bolo doteraz. Je na súčasnej a nastupujúcej generácii ako sa dokáže s týmito zmenami vysporiadať.

Osobne si myslím, že vývoj by sa mal uberať k efektívnejšiemu využívaniu vody pri veľkoplošných závlahách. Treba sa viac sústrediť k efektívnejšiemu systému transportu vody priamo ku koreňovým systémom ako náhrada vrchným postrekom. Tu je aj priestor na inovačné projekty a k nim by mali byť smerované celoštátne a európske zdroje – kapacity a financie.

Zavlažovacích systémov existuje množstvo druhov s rôznym využitím. Efektívnosť a využiteľnosť závisí od podmienok. Hlavnými podmienkami pre správny výber zavlažovacieho systému sú podnebné podmienky v oblasti, veľkosť oblasti, od pôdy a plodín, ktoré chceme pestovať a od nákladov, ktoré sú spojené so všetkými typmi. Dôležitá je aj blízkosť vodného zdroja s prijateľnou kvalitou vody.

Do popredia sa dostáva aj automatizácia procesu. So zväčšujúcim sa nedostatkom vody kvôli zvýšením teplotám je to vhodný krok ako šetriť vodou rovnomerným nánášaním. Automatizované mikrozávlahy sú už pomerne rozšírené na záhradách či v rôznych okrasných parkoch a ihriskách.

Pre väčšie zavlažované plochy sú ale mikrozávlahy nevhodné. V Českej republike je skoro celá poľnohospodárska plocha zavlažovaná postrekom, hlavne kvôli jeho univerzálnosti a jednoduchším podmienkam pre terén, ale ako konštatujem vyššie, je to neuspokojivý stav a časom by bolo vhodné aby prišlo k zmene.

Zoznam použitej literatúry a podkladov

- [1] ČT24. *Současná epizoda sucha v Česku je podle vědců nejhorší za 500 let* [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/3085517-soucasna-epizoda-sucha-v-cesku-je-podle-vedcu-nejhors-i-za-500-let>
- [2] ŽALUD, Zdeněk, Miroslav TRNKA a Petr HLAVINKA. *Zemědělské sucho v České republice - vývoj, dopady a adaptace*. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-02-3.
- [3] Easy irrigation. *A History of Agricultural Irrigation* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.easy-irrigation.co.uk/a-history-of-agricultural-page-29?zenid=js4bgc3kncgks0djaq52tn7l06>
- [4] National Geographic. *Irrigation* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/irrigation/>
- [5] KRÁLOVÁ, H. Vodní hospodářství krajiny I. Modul.MO2. VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY I ČÁST II – ZÁVLAHY. Brno, Vysoké učení technické, 2005. verze 05-11 [cit. 2021-03-28]. 120 s.
- [6] JAROVÁ, Nicole. *Studie závlahového systému vinic u obce Chorvátsky Grob*. Brno, 2019. 54 s., 7 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
- [7] KURIC, Ivan. *Zavlažovanie a závlahové systémy* [online]. 2012. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: https://www.skalite.sk/e_download.php?file=data/editor/212sk_5.pdf&original=Zavla-zovanie_a_zavlahove_systemy.pdf
- [8] KOCHÁNEK, Karel. *Hydromeliorační stavby 20: závlahové stavby*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02369-9.
- [9] HRUDOVÁ, Helena. *Závlahové systémy s využíváním dešťové vody*. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.
- [10] CDC. *Types of agricultural water use* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/healthywater/other/agricultural/types.html#>
- [11] Civil Service India. *Different types of irrigation and irrigation systems storage* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.civilserviceindia.com/subject/General-Studies/notes/different-types-of-irrigation-and-irrigation-systems-storage.html>
- [12] DoDomácnosti. *Závlaha trávníka* [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://dodomacnosti.sk/zavlah-a-travnika/>

[13] Hrabě F.: *Trávy a trávniky. Co o nich ještě nevíte.* Vydavatelství Ing. Petr Baštan – Hanácká reklamní, Olomouc 2003. ISBN 80-903275-0-8. 158s.

[14] KDgarden. *Rotačné postrekovače* [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://www.kdgarden.sk/rotacny-postrekovac-toro-mini-84p-10-cm-vysuv-products-1630-16.aspx>

[15] BOLA. *Samonasávacie čerpadlá* [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: https://www.bola.sk/samonasavacie-cerpadlo-wilo-jet-wj-401-x-em?gclid=CjwKCAjw1uiEBhBzEiwAO9B_HZHEvis0xTWXhmMVT9hQJ0yuXtfSJ-LEleD1TE7bLXI551XBK0PY-BoCCplQAvD_BwE

Obrázky

[16] BAROCH, Pavel. Týden. *Sucho ničí Česko. Mapy ukazují, kde je nejhůř* [online]. 2015. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: https://www.tyden.cz/rubriky/domaci/sucho-nici-cesko-mapy-ukazuji-kde-je-nejhur_351063.html

[17] Canadian museum of history. *Egyptian civilization – Nile Valley* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.historymuseum.ca/cmc/exhibitions/civil/egypt/egcgeo3e.html>

[18] CK Mundo. *Akvadukt Pont du Gard je zázrakem římské stavební techniky* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.mundo.cz/sk/foto/akvadukt-pont-du-gard-je-zazrakem-rimske-stavebni-techniky>

[19] HAWKINS, Isabel. *American Indian - Agricultural terraces at the Inca ancestral site in Pisac* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://americanindian.si.edu/nk360/inka-water/agricultural/agricultural>

[20] Iran Doostan Tours. *Qanat, The architect of Persian Oasis* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://irandoostan.com/qanat-architect-persian-oasis/>

[21] IVANOV, Anton. *123rf – Noria of Hama* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: https://www.123rf.com/photo_92289524_noria-of-hama-water-wheel-along-the-orontes-river-in-the-city-of-hama-syria-.html

[22] Gamaqua. *Pásové zavlažovače* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.gamaqua.com/web/index.php/sk/pasove-zavlazovace>

[23] Gamaqua. *Pivotové a lineárne zavlažovače* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.gamaqua.com/web/index.php/sk/pivotove-a-linearne-zavlazovace>

[24] Hunter. *Bodová mikrozávlaha* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: http://www.hunter-zavlahy.cz/clanek_bodova_mikrozavlahy

[25] HUY, Burak. *123rf – Drip irrigation system* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: https://www.123rf.com/photo_127612539_close-up-drip-irrigation-system-water-saving-drip-irrigation-system-used-in-a-tomato-field-.html

[26] Jardin. *Zavlažovací systém Micro-Drip* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.jardin.sk/zavlazovaci-system-micro-drip/gardena-micro-drip-system-roz-prasovacia-tryska-180.-1367-29/>

[27] Gardena. *Plánovač zavlažovacieho systému* [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/sk/zivot-v-zahrade/planovac-zahrady/planovac-zavlazovania/>