

## **Moderní metody optimalizace vláhového režimu**

Water regime optimization modern methods

*Pavla Schwarzová<sup>1</sup>, Václav Kuráž<sup>1</sup>, Jan Šálek<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT Praha*

### **Abstrakt**

Klimatická situace posledních let zaznamenává delší bezdeštná období, vysoké teploty a nedostatek zimní vláhy. Aktivuje tak důležitost využívání závlahových systémů a nutnost šetření vodními zdroji. Spolu s trendem přesného zemědělství vyžaduje používání senzorů v závlahových systémech a úsporné řízení závlahových cyklů. V posledních letech se uplatňují inteligentní závlahové systémy – úpravy závlahových dat a vzdálený přístup. Data jsou podchycena v normových podkladech. K úsporným opatřením patří i využití různých zdrojů závlahové vody. Zavlažované plochy v evropských metropolích navíc přispívají i k ochraně před povodněmi.

**Klíčová slova: zavlažování, senzory, automatické závlahové systémy**

### **Abstract**

Longer periods without rain, high temperatures and a lack of snow during the winter are more frequent during last years. Thus using of irrigation systems and the need for water resources conservation become more important. Precise agriculture requires the use of sensors in irrigation systems and the economic management of irrigation cycles. In recent years, intelligent irrigation systems have been implemented - irrigation data updates and remote access. Data is captured in standard documents. Water savings include the use of various sources of irrigation water. Irrigated areas in European capitals also contribute to flood protection.

**Keywords: irrigation, sensors, automatic irrigation systems**

### **Úvod.**

**Klimatické podmínky** posledních let zdůrazňují nutnost hospodařit s vodou, umožnit lepší zasakování dešťové vody a chránit půdu proti erozi. Vlivem klimatické změny se ve zvýšené míře vyskytují vysoké teploty, delší bezdeštná období a případně srážkové i teplotní zvraty během vegetačního období. Tyto faktory aktivují význam závlahových systémů. Mění se charakter srážek – vyskytují se deště spíše přivalové, vysokých intenzit, vysokých srážkových

úhrnů a krátkých dob trvání, které, zejména vyschlá půda se zhoršenou strukturou a půdní krustou, není schopna pojmout a využít pro plodiny. Doplnková závlaha je v České republice nejvíce rozšířeným závlahovým účelem. V posledních letech v některých měsících vegetačního období hodnoty závlahových množství často již dosahují hodnot vláhové potřeby a závlaha již v podstatě nahrazuje déšť. U plodin pěstovaných bez závlahy dochází v bezdeštných obdobích ke ztrátám zemědělské produkce až k úhynu rostlin. Kritické sucho nastalo v téměř bezdeštných letních měsících roku 2015, kdy došlo od pedologického sucha k hydrologickému a nastalo enormní zatížení vodních zdrojů. V některých lokalitách byl dokonce vydán zákaz používání pitné vody pro závlahu. Sucho v těchto letních měsících 2015, kdy jsou největší vláhové nároky plodin z hlediska tvorby plodů, například vážně ohrozilo produkci chmele. Vypjatá situace je v některých lokalitách ČR i na počátku vegetačního období roku 2018. Po velmi chladném začátku roku (opět bez sněhové pokrývky v zimních obdobích), nastal po Velikonocích prudký nárůst teplot a místy dlouhé, téměř bezdeštné období. Absence zimní vláh v půdním profilu, nedostatek a srážek ještě v kombinaci s vysokými teplotami, neumožňují růst rostlin, zejména na začátku vegetačního období, kdy mají rostliny mělký kořenový systém a vyžadují vlhkou svrchní vrstvu půdy. Srovnání vývoje srážek a teploty let 2015 a 2018 alespoň pro podmínky celé ČR z veřejně přístupných dat ČHMÚ je nahrubo nastíněno v tab. 1. Červeně vyznačena data abnormální.

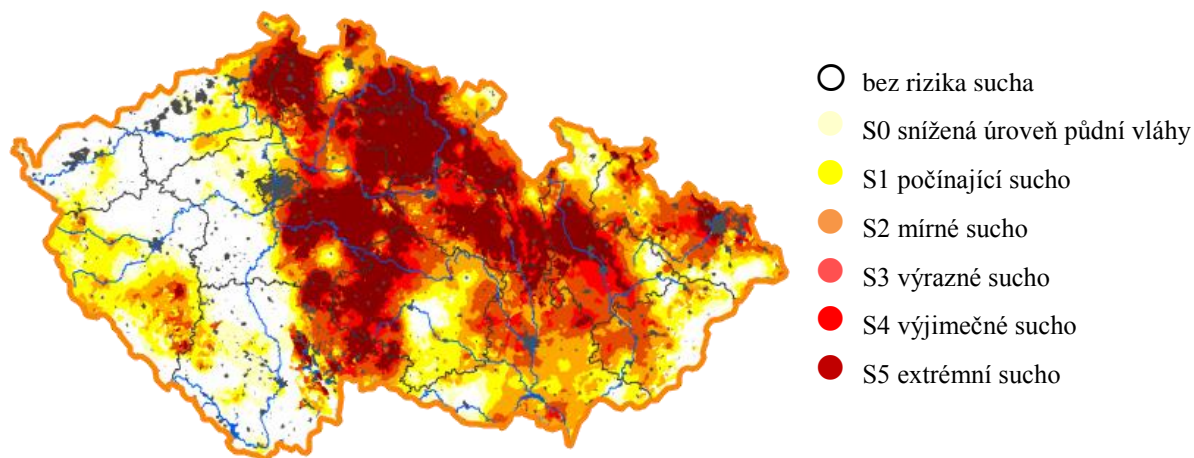
Kraj	Rok		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	rok
ČR	2015	srážky	53	<b>12</b>	48	<b>30</b>	<b>30</b>	58	<b>36</b>	67	<b>32</b>	52	74	20	<b>532</b>
		teploty	0,9	-0,1	4	7,8	12,4	16,1	<b>20,2</b>	<b>21,3</b>	13,1	7,8	5,7	3,7	<b>9,4</b>
ČR	2018	Srážky	48	14	32	20									
		teploty	1,8	-3,5	<b>0,8</b>	<b>12,7</b>									
JM	2015	Srážky	34	<b>12</b>	36	<b>16</b>	41	<b>32</b>	<b>35</b>	92	<b>31</b>	49	36	16	<b>430</b>
		teploty	1,4	1	4,9	9,2	13,7	18	<b>21,9</b>	<b>22,5</b>	14,8	8,8	5,9	2,7	<b>10,4</b>
JM	2018	Srážky	38	17	24	16									
		teploty	1,9	-2,6	<b>1,9</b>	<b>14,3</b>									

Tab. 1. Územní srážky pro Českou republiku a pro Jihomoravský kraj v roce 2015 a 2018, zdroj

<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

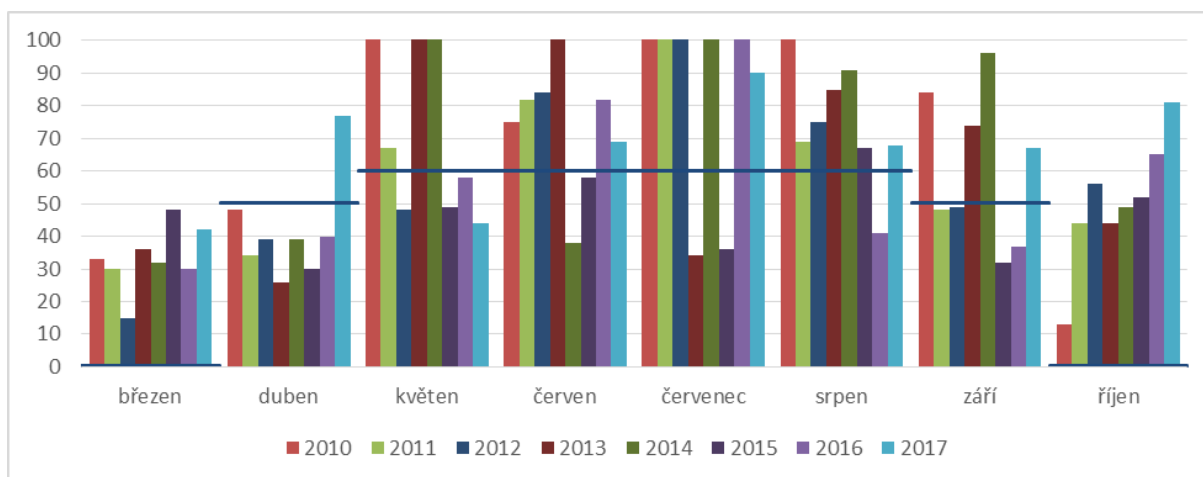
Nejhrubší hodnocení závlahové situace poskytuje hodnocení klimatického sucha podle Zunkera. Krajní měsíce vegetačního období (duben a září) mají hraniční hodnotu mezi vlhkým a suchým měsícem 50mm srážek, pro ostatní měsíce vegetačního období (květen až srpen) je hraniční hodnota 60 mm srážek. Po součtu těchto úhrnů je orientační rozhraní mezi suchým a vlhkým vegetačním obdobím hodnota 340 mm (méně než 340mm je vegetační období suché). Pro první představu vláhové bilance posledních let (2010-2017) postačují

obrázky 2 a 3. Limitní úhrn 50 a 60 mm je graficky naznačen. Opět jde o vyhodnocení veřejných data ČHMÚ (průměry pro ČR a Jihomoravský kraj). Stav půdního sucha v jednotlivých částech České republiky na konci května 2018, ukazuje obr. 1.

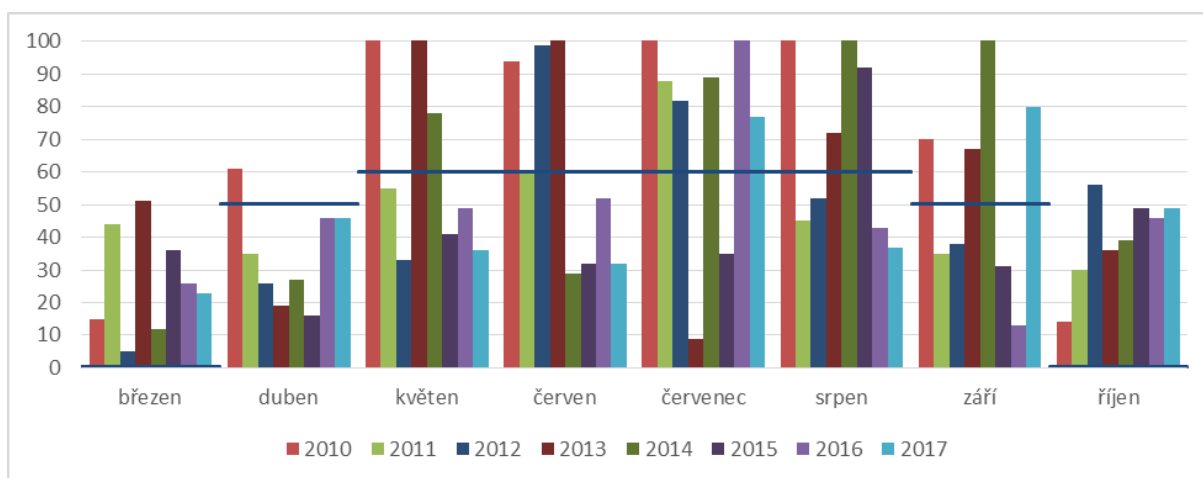


Obr. 1 Odchylka půdní vlhkosti od obvyklého stavu v období 1961 - 2010 ke dni 3.6.2018, zdroj

[www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz)



Obr. 2: Územní úhrn srážek v ČR 2010-2017, zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>



Obr. 3: Územní úhrn srážek v Jihomoravském kraji 2010-2017, zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

Vzhledem k vážnosti situace byly v letech 2015 až 2017 aktualizovány poklady pro návrh závlahových systémů - normy týkající se hydromelioračních staveb, viz tab. č. 2. Normy ČSN 75 0434 „Meliorace – potřeba vody pro doplňkovou závlahu“, TNV 75 4307 „Závlahová zařízení podrobná pro postřik“ a TNV 75 4310 „Závlahová zařízení pro mikrozávlahy“ byly doplněny aktuálními poznatky a dostupnými daty, a zahrnuly moderní způsoby řízení závlah. Vzhledem k tomu, že v posledních 25 až 27 letech nebyl podporován závlahový výzkum, výzkumné měřicí stanice jsou většinou zničeny a nefunkční, a zánikem Státní meliorační správy nejsou uchována data, bylo dnes téměř nemožné získat data zohledňující změnu klimatických podmínek.

Označení normy	Název normy	Měsíc a rok vydání
ČSN 75 0140	Vodní hospodářství – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy	06.2016
ČSN 75 0434	Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu	03.2017
ČSN 75 4210	Hydromeliorace – Odvodňovací kanály	04.2015
TNV 75 4307	Závlahová zařízení podrobná pro postřik	01.2018
TNV 75 4310	Závlahová zařízení pro mikrozávlahy	01.2018
TNV 75 4922	Údržba odvodňovacích zařízení	01.2016
TNV 75 4931	Provozní řády závlah	01.2016
TNV 75 4933	Údržba závlahových zařízení	01.2016
TNV 75 4934	Provoz a údržba závlahových čerpacích stanic	02.2017

Tab.2. Aktualizované normy týkající se hydromeliorací, zdroj Sweco Hydroprojekt a.s. 2018

### Precizní zemědělství

Trend posledních let v zemědělské závlaze je spojován s precizním zemědělstvím. Klade si za cíl nejen úsporu závlahové vody a hnojiv, ale i celkovou větší šetrnost hospodaření k životnímu prostředí. Precizní zemědělství využívá přínosu nových technologií - dronů, bezpilotních letounů nebo dat z družic, a umožňuje podrobný monitoring stavu půdy, rostlin, tras traktorů, podmínek pro hnojení, ochranu rostlin atd. Snímkování polí a porostu probíhá pomocí multispektrálních kamer, které zaznamenávají široké spektrum vlnových délek a využívají principu, že zdravé rostliny odráží světlo jiné vlnové délky než rostliny nemocné, nebo různě kvalitní půda odráží světlo odlišných vlnových délek. Součástí precizního zemědělství je též sběr dat senzory. Získávají data o půdě či rostlinách s extrémní přesností a bezdrátově je mohou přenášet do centrálního systému. Jde nejen o měření vlhkosti půdy (podklad pro zavlažovací cyklus), o měření vodivosti půdy (závisí na slanosti a obsahu živin v půdě, podklad pro hnojení), o měření pH půdy (pro zjištění kyselosti a přizpůsobení hnojení), ale též sběr dat o zdraví a růstu rostlin. Vše pak zastřešují senzory měřící meteorologické podmínky, jako např. vlhkost, teplotu či rosení listů.

Výzkum Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství ČVUT v Praze se v tomto směru dlouhodobě zabývá změnami vlhkostí půdních profilů vlivem srážek různých intenzit, různého trvání a stavu půdního povrchu. K zefektivnění získávání dat jsou využívány nejen dešťové simulátory katedry (laboratorní a terénní) [1], ale i snímání kvality rostlinných porostů. Nejnovějším měřicím přístrojem katedry je zařízení LaiPen LP 100 od firmy Photon Systems Instruments (Česká republika), které monitoruje pokryvnost listoví (leaf area index - LAI) neinvazivní optickou metodou založenou na měření útlumu intenzity solárního záření pod listy vegetace. Na základě hodnot LAI jsou odhadovány vegetační fáze plodin, které odpovídají určitému vývoji kořenové zóny a množství biomasy. Údaje slouží pro přepočítání z referenční na potenciální evapotranspiraci, a také pro určení intercepčního efektu a redukci kinetické energie dopadajících dešťových kapek na půdní povrch v důsledku zapojeného listoví. Získaná data jsou podstatná nejen pro studie vodního režimu půdního profilu, krajiny, ale i další výzkumné týmy katedry.

### **Úsporné závlahové systémy**

Častější a dlouhodobější výskyt suchých období a nedostatečná kapacita vodních zdrojů vyžadují aplikace úsporných závlahových způsobů. Uživatelé závlah si nedostatek vodních zdrojů a potřebu zavlažování uvědomují, a řeší **optimalizaci vláhového režimu**. Probíhá řada školení, kde jsou představovány moderní metody optimalizace vláhového režimu, které využívají zařízení na sledování meteorologických prvků a vlhkosti půdy, a dále automatiku ovládacích systémů. K dispozici jsou jednoduchá zařízení, tzv. senzory/čidla srážek, dále základní typy meteostanic, měřících vedle srážek i intenzitu slunečního záření (tzv. nadřazené systémy ovládacích jednotek v provedení kabelovém i bezdrátovém), až po plně automatické meteorologické stanice, vybavené přístroji měřícími průběh a výšku (objem) srážek, teplotu vzduchu, směr a rychlost větru, sluneční radiaci, absolutní a relativní vlhkost vzduchu, sytostní doplněk, teplotu a vlhkost v různých vrstvách půdy. Údaje ze senzorů jsou automaticky vyhodnocovány a systémem je stanoven optimální průběh závlahy (aktuálně potřebná závlahová dávka). Kromě údajů z vlastní meteorologické stanice v zavlažovaném území se mohou také využívat údaje ze sítě veřejných meteorologických stanic, nebo z dostupných databází meteorologických serverů.

Tyto systémy mohou obsahovat též zařízení pro dávkování živin, od nejjednoduššího dávkování tekutých hnojiv až po automatizované systémy dávkování hnojiv do závlahové vody, které je řízeno speciální jednotkou s možností přenosu do PC. Zároveň může být také umožněn vzdálený přístup uživatele k systému ovládacímu, (z PC, SmartPhonu, tabletu), pro který se používá ovládací GSM, WiFi/LAN. Uživatel tak může vzdáleně spravovat a řídit

závlahu na několika místech zároveň. Automatizace ovládní závlahového systému může být částečná (princip časového spínače), která byla cca do roku 2016 na většině automatizovaných systémů. Může být doplněna i vzdáleným přístupem. Většina systémů dnes má měření srážek. Měření probíhají buď klasicky srážkoměrem, nebo zjednodušenou možností (senzor/čidlo srážek) s využitím jednoduchého blokovacího zařízení, porézního bločku. Jakmile dojde k nasycení bločku vodou, pozastaví se závlaha a po vyschnutí čidla je průběh zavlažování automaticky obnoven. Vyšším stupněm jsou plně automatizované závlahové systémy, které mohou obsahovat též další prvky automatizace. [2] Kromě úpravy dat závlahového režimu podle aktuálních klimatických podmínek (v případě ovládací jednotky Hydrawise se hovoří tímto způsobem až o 50% úspory závlahové vody), automaticky ovládají čerpací stanice nebo dopouštění akumulčních nádrží (např. v případě dešťové vody atd). Některé moderní ovládací systémy mohou pracovat dokonce i s krátkodobou předpovědí počasí. Vyhodnocují reálně měřená data, (minulá i očekávaná) a při očekávaném vyšším srážkovém úhrnu pro následující den dočasně zastaví závlahu, vyčkají na průběh deště a podle naměřených dat aktualizují závlahový provoz. Tyto tzv. **Inteligentní automatizované ovládací systémy** mají také další doplňkové schopnosti, např. možnost optimalizace průtoku odběru vody vzhledem ke kapacitě čerpací stanice, mohou spustit sekce v takovém pořadí, aby byly přednostně zavlaženy vybrané plodiny (při současném plném využití kapacity čerpací stanice), nebo mohou mít zařazeny vodoměry pro hlídání průtoků. Pro představu lze uvést, že jen od firmy Ittec s.r.o., výhradní zastoupení Rain Bird v ČR (na českém trhu od r.1992) je hrubý odhad počtu dodnes namontovaných automatických závlahových systémů cca 150 000 a z nich cca 90% má nainstalovaný senzor srážek, (blokování systému v průběhu deště a po dešti), cca 10% systémů využívá pro řízení závlahového provozu další čidlo (např. vlhkosti půdy, meteostanice Hydrawise nebo Netatmo atd.) a výhledově, do konce roku 2018, již bude mít cca 50% systémů automatické ovládní doplněné o úpravu dat dle počasí (použití vlastní meteostanice nebo stahování dat z meteoservertů). Tyto automatizované systémy různé úrovně jsou instalovány v parcích, na sportovištích, v zahradách rodinných domů, ale i v moderních sklenících, v sadech, na chmelnicích a dalších místech.

Komplikovanější situace s využitím moderních metod optimalizace vláhového režimu je na **velkých zemědělských plochách**. V České republice bylo v roce 1993 cca 160 000 ha pod závlahou, z toho dnes je využíváno cca 65 000 ha závlah (údaj vypočtený z plateb za závlahovou vodu pro podniky Povodí, odebráno 6000 m<sup>3</sup>/rok pro 155 subjektů [3]. Většina závlahových systémů má zastaralé čerpací stanice a hlavní rozvody (stáří cca 40-60 let). Vzhledem k potřebným komplexním změnám, vznikl dne 8.3.2017 na Skalském Dvoře

„Spolek uživatelů, provozovatelů a vlastníků závlahových soustav“, který zahrnuje zelináře, ovocnáře, chmelaře, vinaře i školkaře. Jimi nejčastěji používané závlahové systémy pro zemědělství jsou pásové zavlažovače, sestavy postřikovačů s přenosným svinovatelným potrubím, mikropostřik a samozřejmě nejúspornější systémy kapkové závlahy. I když se závlahový detail postupem let modernizuje, tyto systémy bývají většinou manuálně ovládané. Vzhledem k rozsáhlým plochám pod závlahou a heterogenitě půdních podmínek nepoužívají senzory nebo čidla pro řízení závlahového provozu. Jak již bylo uvedeno, lepší situace je v moderních sklenících, sádech nebo na chmelnicích, kde méně rozsáhlé systémy kapkové závlahy nebo mikropostřiku automatizaci a využití senzorů velmi dobře umožňují.

Použití senzorů půdní vlhkosti pro rozsáhlé plochy je komplikované (interpretaci naměřených dat výrazně ovlivňuje heterogenita půdních vlastností), nákladné (je třeba velké množství senzorů pro objektivnost podmínek jednotlivých stanovišť) a dále proto, že je senzory půdní vlhkosti nutno předem v terénu kalibrovat. Měření rychlosti větru se používá zejména u mikropostřiku, kdy anemometr zablokuje ovládací jednotku v případě silného větru a tím zabrání nevhodné distribuci vody a nerovnoměrnosti závlahové dávky.

Větší míra přesnosti zavlažování je v poslední době znatelná u pivotových zavlažovacích strojů, které znovu pronikají na český trh. Těchto oblíbených širokozáběrových strojů bylo ve světě například od firmy Valley v roce 2012 nainstalováno 342 000 kusů, nejvíce v USA, odkud stroj pochází. V České republice pivotové zavlažovací stroje s původními parametry nepatřily mezi úsporná závlahová zařízení, dnes však díky technickému pokroku patří mezi inteligentní závlahové stroje. V souladu s precizním zemědělstvím rozvíjí precizní zavlažovací strategii zvyšující výnosy pěstovaných plodin a šetří vodu. Stroj umí pracovat na pedologickém rastru pole, kdy vstupní pedologická mapa stanovuje závlahovou dávku každé jednotlivé trysky a zabraňuje vytváření povrchového odtoku. Každá tryska má své ovládání (uzávěr/ventil) a samozřejmostí jsou vzdálený přístup, wifi konektivita a dotykový display. Mezi pivotem a serverem probíhá radiová komunikace, stroj umí měnit rychlost nebo poslat uživateli chybové hlášení na mobilní telefon. Trysky pivotového zavlažovacího stroje jsou umístěné nízko nad terénem pro nižší odnos větrem a nižší odpar. Postřikovače jsou od sebe vzdáleny 3m, takže není nutné používat velké poloměry dostřiku. Maximální délka ramene lze dosáhnout až 900m, přičemž tlak na pivotu je 0,41 MPa (pro most dlouhý 252m je tlak na pivotu 0,21 MPa). Stroje jsou vyráběny v pracovních výškách 292cm (Standard), 369 cm (High profile) a 475 cm (Ultra high profile, pro sady). Jsou schopné překonat i mírně zvlněný terén. Stroje jsou efektivní a rychle instalovatelné. Současným problémem jsou u nás dostatečné půdní celky (větší rozlohy a tvary pozemků). [4]

## Zdroje vody pro závlahu.

Pro zemědělské závlahové stroje (pásové, pivotové) i pro přenosné svinovatelné potrubí je většinou využívána voda povrchová, obsahující zejména nerozpuštěné látky. Vyžaduje dostatečnou filtraci. V bezdeštných obdobích je v tocích nerozpuštěných látek velmi málo, větší množství se vyskytuje během deště a po dešti (voda je kalná a látky jsou ve vznosu). Koncentrace nerozpuštěných látek se v povrchové vodě mění v průběhu roku. Pro kapkovací potrubí je nutná větší čistota vody (jemnost filtrace 120 MESH, tj. 130 mikrometrů) a spíše použití diskových filtrů, které jsou kvalitnější a mají delší životnost než filtry sítové. Díky tomu se pro kapkovací potrubí používá též voda podzemní, většinou krátkodobě akumulovaná. Akumulace se využívá jednak pro zajištění většího možného odběrového (sekčního) průtoku do závlahového systému, který bývá větší než je vydatnost studny. Zároveň umožňuje mírné přehřátí podzemní vody a také je schopno zadržovat i vody dešťové (např. otevřené montované nádrže Genap, [www.aquahop.cz](http://www.aquahop.cz)), viz obr. 4.



Obr. 4. Montovaná nádrž Genap, Kozojedy, Den chmele AquaHop 16.6.2017

Obecně platí zásada, že je vhodné dopouštění nádrží automatizovat a zajišťovat až před závlahovým cyklem, aby voda v nádrži nezabírala dlouhodobě místo a nezhoršovala se její kvalita. Typickým příkladem řízení závlahy je např. účelové hospodářství Stekník u Žatce, chmelnice Výzkumného ústavu chmelařského, založená v r. 1970. Zde jsou všechny chmelnice zavlažovány kapkovou závlahou z povrchového zdroje (břehová filtrace, vsakovací studna). Součástí závlahového systému Stekník je meteostanice pro sledování meteorologických podmínek a automatické hnojení. Přestože jsou závlahové dávky pečlivě stanovovány výpočtem, pro velkou rozlohu chmelnice zde nejsou osazena čidla vlhkosti půdy.



Zdrojem závlahové vody je též voda srážková. Svými vlastnostmi je pro závlahu téměř ideální, je měkká, přirozeně teplá, má málo organických látek i málo živin. Většinou neobsahuje dusík ani fosfor, které bývají obsaženy v povrchové vodě (hnojení), ani fosfáty (používané např. v myčkách nádobí). Nevýhodou dešťové vody je její nerovnoměrnost a nahodilost. Nemůže být proto v našich podmínkách jediným zdrojem vody pro závlahový systém a vyžaduje shromažďování v nádržích a dopouštění. Ideální jsou nádrže podzemní, s nátokem předčištěné dešťové vody (po odstranění nerozpuštěných látek). Pokud není v nádrži světlo, je zamezeno růstu řas, které pak následně ucpávají výtokové otvory závlahových systémů. V nádržích s dešťovou vodou mohou být usazeniny nerozpuštěné látky anorganické a organické (sinice), které lze považovat za neškodné. Povrchové nádrže na dešťovou vodu mívají obvykle horší kvalitu vody, neboť jsou vystaveny růstu bakteriologického znečištění (světlo, teplo). Problematický je u dešťové vody sbírané ze střech tzv. první splach, který do akumulací smývá nečistoty ze střešního pláště a může ničit čerpací techniku. Podstatné je tedy opět dodržet dostatečné vyčištění vody, například diskovou filtrací a nejlépe s automatickým proplachem, což již bývá finančně náročnější. Nevhodné je používání dešťové vody pod měděným okapem, neboť je měď algicidní. V České republice se srážková voda využívá pro závlahy zatím zřídka, podporou byly dotační programy v uplynulých letech. Zkušenosti například z LIKO-NOE (Slavkov u Brna) i ze světa však ukazují dešťovou vodu jako vhodný zdroj závlahové vody, vodu čistou a využitelnou i pro kapkovou závlahu.



*Obr. 5. Budova LIKO-NOE, Slavkov u Brna, zelená fasáda se zavlažováním kapkovacím potrubím z povrchové nádrže.*

**Závlaha odpadní vodou** byla přirozenou součástí dřívější závlahové problematiky (vody okalové, ze škrobáren, pivovarů, cukrovarů, městské odpadní vody, močůvka, kejda), ale v poslední době je to diskutované téma o zákazu používání těchto vod. Důvodem je množství mikropolutantů (hormony, pesticidy), které nejsou zachyceny čistírnami odpadních vod a nesmí se dostat k uživatelům, do půdy a do podzemní vody. Skutečností je, že v minulosti bylo množství polutantů nesrovnatelně nižší. Látky jsou však zpravidla odstraněny na membránových filtracích velkých ČOV, ale i z výroby farmaceutických firem. Problém nastává díky nedostatečné technologii u ČOV malých měst. Některé látky jsme schopni ve vodě stanovit, ale některé mají stanovení velmi nákladné. Problémem je, jak nastavit monitoring a zařídit přístroje s měřením nízkých detekčních limitů. Pokud by byla dodržována norma na složení vypouštěných vod a navrhovaly se kvalitní čistírny, pak platí, že nejlepší likvidace odpadu je vždy v místě jeho vzniku, nikoli jeho skladování a kumulace. Ve světě se recyklovaná voda používá, z důvodu nutného šetření vodními zdroji.

### **Trendy závlahy v Evropských metropolích.**

Přestože je zaměření konference na „hospodaření s vodou v krajině“, dovolili bychom si pro představu a zamyšlení uvést **trendy závlahy v Evropských metropolích**, neboť jsme se touto problematikou poslední rok zabývali. V rámci zahraničních exkurzí za příklady dobré praxe jsme navštívili přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami v Brně, Vídni, Linzi, Hamburku a Kodani. Jednalo se o urbanizované oblasti, které řeší zejména nebezpečí přívalových dešťů, vznikající jejich dopadem na vysušenou půdu nebo na velké množství nepropustných a zpevněných ploch. Pokud není možno vodu vsakovat přímo v místě, kde srážka vypadla, nastává potenciální nebezpečí povodní, velké ztráty na majetku a případně i životech. Proto byly navštíveny perspektivní systémy decentralizovaného odvodnění a využívání dešťové vody pro zasakování a závlahu v duchu principu udržitelného rozvoje. Podrobnější pojednání je předmětem samostatného článku.

V metropolích Hamburk a Kodaň, [5] které patří ke špičkám nakládání s dešťovými vodami, je dešťová voda zachycovaná na střeších považována za vodu čistou, schopnou zasakování do průlehů. Město Hamburk považuje za vodu čistou i dešťovou vodu z pozemních komunikací, město Kodaň ji vede do kanalizace a intenzívně řeší způsoby vyčištění těchto vod. Čistá dešťová voda je zasakována do průlehů a infiltrována do půdního profilu. Pouze v místech, kde se vyskytují kvalitní zvodně podzemní vody, je zachycená dešťová voda vedena otevřenými příkopy s izolační jílovou vrstvou do míst pro vsakování bezpečných. Významnou roli v obou městech mají četné městské parky. Jsou stíněné řadou vzrostlých stromů, které výrazně omezují výpar, poskytují městu příjemné mikroklima a zpravidla slouží

pro aktivní odpočinek. Parky jsou většinou zapuštěny do terénu, případně mají miskovitý tvar pro vytvoření vsakovacího území (poldru/průlehu) pro bezpečné zachycení případných přívalových srážek. Tato cesta je „analogií“ našich odlehčovacích komor a zabraňuje překročení kapacity městské kanalizace. Viz obr. 6.



Obr. 6 Park Sv. Anny (Kodaň, Dánsko), úprava pro vsakování srážek. Vnitřní květinové výsadby – závlaha kapkovacím potrubím, zdroj dešťová voda zachycená ze střech v podzemní akumulaci.

Přítomnost stromů a trávníků ve městech vyžaduje závlahu, aby tyto plochy zůstaly funkční. Navíc ve všech navštívených metropolích vzrůstá role zelených střech a zelených fasád. Mají nejen významnou roli ve zlepšení klimatu města (problém městských tepelných ostrovů), ale též prodlužují životnost střešní konstrukce, akumulují srážkovou vodu do substrátu a transformují její odtok s časovým zpožděním. Jsou kompenzačním opatřením záboru zelených ploch ve městech pro přirozené vsakování (v Hamburku je uvažováno, že zelené střechy budou od roku 2025 na plochých střechách povinné). Pro účely zachycení přívalových srážek je v Kodani dokonce zapuštěno i fotbalové hřiště.



Obr. 7. Městský park Kodaň –umístěný v terénních depresích pro akumulaci přívalových srážek.

Tato území jsou v období mimo přívalové srážky plnohodnotně využívána k rekreaci a jako hřiště, vsakují srážky nižších úhrnů a periodicit (zaústění dešťových svodů ze střech). Velmi pozitivním faktem byl koncepční přístup. Na problematice se zájmem spolupracují architekti, dopravní inženýři, vodohospodáři, zahradníci. Magistráty a budovy státních institucí jdou příkladem, instalují zavlažované zelené střechy, zelené stěny, zadržují dešťovou vodu, používají ji na splachování. Například Magistrát MA 22 a 48 Vídeň - zelená střecha, dodatečně instalovaná zelená stěna s kapkovacím potrubím a automatickým ovládním, nebo ministerstvo Životního prostředí a energetiky Kodaň – intenzivní zelená střecha na budově podzemních garáží s podzemním kapkovacím potrubím a zásobní nádrží na dešťovou vodu, atd. viz obr. 8.



*Obr. 8. Intenzivní zavlažovaná zelená střecha na budově Ministerstva životního prostředí a energetiky Kodaň.*



*Obr. 9. Nově založené hřiště se zaústěním dešťového svodu z obytné zástavby. Závlahy čerstvě vysázených stromů [www.treegator.com](http://www.treegator.com)*

Zajímavostí je, že oba státy šíří podvědomí o hospodaření s dešťovou vodou, vyústění dešťových vod neschovávají, naopak, zdobí je a přiznávají. Závlahové systémy těchto ploch

jsou většinou plně automatizované a využívány pro udržení kvalitních porostů, viz obr. 9. Univerzity uvedených měst se zaměřují na výzkum v této oblasti a intenzívně spolupracují s magistráty na instalaci zelených stěn a zajištění servisu údržby. Například Univerzita Hamburk vede pilotní projekty zelených střech s řízeným odtokem, kdy je voda v tělese střechy delší dobu zadržovaná. Role zavlažovaných zatravněných ploch, stromů, výsadeb, zavlažovaných zelených střech a zelených fasád zde proto nejen výrazně přispívá ke zlepšení mikroklimatu, plní funkci rekreační a estetickou, ale je projektována i k přirozenému hospodaření s dešťovou vodou.

## **Závěr**

Moderní metody optimalizace vláhového režimu jsou založeny na přesném stanovení vláhového deficitu plodin, s ohledem na proměnlivost klimatických podmínek. Využívají inteligentní závlahové systémy se senzory a šetří tak vodní zdroje. V zemědělství je trend precizního zemědělství s využitím moderních technologií. Pro závlahu lze využít vodu povrchovou i vodu srážkovou, zachycenou na střechách, která je v evropských metropolích považována za vodu „čistou“. Je vhodná pro zavlažování i vsakování do půdního profilu, který má čistící schopnost. Podmínkou pro zavlažování dešťovou a povrchovou vodou je precizní filtrace, nejlépe s automatickým proplachem, aby nedocházelo k ucpávání výtokových otvorů úsporných závlahových systémů (např. kapkovacích potrubí) nebo poškozování čerpadel.

## **Literatura**

- [1] Schwarzová, P., Laburda, T., Tejkl, A., Pavlík, O.: Ztráta půdy při proměnných intenzitách deště na laboratorním dešťovém simulátoru, In: Seminář Adolfa Patery 2015 Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2015, pp. 85-92, 2015, ISBN 978-80-01-05856-5
- [2] TNV 75 4310 Závlahová zařízení pro mikrozávlahy, Sweco Hydroprojekt a.s., Leden 2018
- [3] Ustavující schůze „Spolku uživatelů, provozovatelů a vlastníků závlahových soustav“, Skalský Dvůr, 8.3.2017
- [4] Bc. Jiří Jeřábek, „Moderní pivotové zavlažovací stroje“, přednáška ze školení Valley, Madrid, Španělsko, Fakulta stavební ČVUT Praha, 9.5.2018
- [5] Zahraniční exkurze za příklady dobré praxe hospodaření s dešťovými vodami, 10.-12.10. 2017 Brno, Vídeň, Linz a 28.5. – 1.6.2018 Hamburk a Kodaň. Koniklec, [www.pocitamesvodou.cz](http://www.pocitamesvodou.cz)

[6] Reháč, S.et.al. „Zavlažovanie polných plodín, zeleniny a ovocných sádov. Bratislava, VEDA, Vydavateľstvo SAV , 605 s., 2015

### **Poděkování**

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Fakulty stavební ČVUT SGS17/173/OHK1/3T/11 „Experimentální výzkum erozních a transportních procesů v zemědělsky využívané krajině“.

### **Kontakt:**

Ing. Pavla Schwarzová, Ph.D.

Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební ČVUT v Praze

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Pavla.schwarzova@fsv.cvut.cz