

MZe ČR	ZÁVLAHOVÁ ZAŘÍZENÍ PRO MIKROZÁVLAHY	TNV 75 4310

Obsah

	Strana
Předmluva	2
1 Předmět normy.....	4
2 Citované dokumenty	4
3 Termíny a definice	5
4 Obecně	6
5 Způsoby uspořádání mikrozávlah – závlahový detail.....	6
6 Požadavky na jakost vody pro mikrozávlahy	10
7 Zdroje, odběr, čerpání a úprava závlahové vody	12
8 Uspořádání závlahového detailu, metody a způsoby rozdělování vody	15
9 Stanovení velikosti zavlažené plochy a objemu půdy	17
10 Metody a způsoby uspořádání mikrozávlah zemědělských plodin	21
11 Nezemědělské využití mikrozávlah	24
12 Organizace a řízení provozu mikrozávlah	26
13 Automatizace provozu mikrozávlah	28
14 Vliv mikrozávlah na životní prostředí	34
15 Údržba závlahových zařízení při využití mikrozávlah	34
16 Kvalifikace pracovníků zabývajících se mikrozávlahami a ochrana zdraví při práci.....	35
Příloha A (informativní) Úprava závlahové vody pro mikrozávlahy	37
Příloha B (informativní) Hydraulický výpočet závlahového detailu mikrozávlah	45
Příloha C (informativní) Podklady pro navrhování mikrozávlah.....	51

Nahrazení předchozích norem

Touto normou se nahrazuje TNV 75 4310 z července 1998.

Sweco Hydroprojekt a.s.

Předmluva

Změny proti předchozí normě

Byla podrobněji zpracována problematika využití mikrozávlah a doplněny požadavky na jakost vody z různých zdrojů. Podrobněji byla zpracována kapitola zaměřená na metody úpravy závlahové vody. Byla přepracovaná část zabývající se čerpáním vody z různých vodních zdrojů, přívodem, rozvodem a rozdělováním vody. Bylo rozšířeno stanovení rozchodu jednotlivých prvků závlahového detailu a byla upravena část normy zaměřená na řešení rozdělovacího potrubí. Byla přepracovaná problematika zemědělského a nezemědělského využití mikrozávlah. Byly zpracovány nové kapitoly zaměřené na zásady provozu, uspořádání a automatizace mikrozávlah. Byl doplněn vliv mikrozávlah na životní prostředí.

Souvisící ČSN

ČSN 01 3473 Výkresy inženýrských staveb – Výkresy hydromeliorací

ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi

ČSN EN 13997 (47 4061) Zavlažovací technika – Spojení a ovládací příslušenství pro použití v zavlažovacích systémech – Technické charakteristiky a zkoušení

ČSN 64 0090 Plasty – Skladování výrobků z plastů

ČSN 75 5911 Tlakové zkoušky vodovodního a závlahového potrubí

ČSN DIN 18 035-2 (83 9032) Sportovní hřiště – Část 2: Závlaha trávnickových a mlatových ploch

ČSN DIN 18 035-4 (83 9032) Sportovní hřiště – Část 4: Trávnickové plochy

ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod

ČSN 75 1500 Hydrologické údaje podzemních vod

Souvisící TNV

TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích

TNV 75 4320 Závlahové kanály

Souvisící právní předpisy

Zákon č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů

Zákon ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů

Zákon ČNR č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška Ministerstva životního prostředí České republiky č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

Obdobné mezinárodní normy

ISO 8026:2009 Agricultural irrigation equipment – Sprayers – General requirements and test methods (Zemědělská závlahová zařízení – Rozprašovače (mikropostřikovače) – Obecné požadavky a metody zkoušení)

ISO/TR 8059:1986 Irrigation equipment – Automatic irrigation systems – Hydraulic control (Závlahová zařízení – Automatické zavlažovací systémy – Hydraulické řízení)

ISO 9260:2000 Agricultural irrigation equipment – Emitters – Specification and test methods (Závlahová zařízení – Kapkovače; specifikace, metody zkoušení)

ISO 9911:2006 Agricultural irrigation equipment – Manually operated small plastics valves (Závlahová zařízení – Ručně ovládané malé ventily z plastů)

ISO 9912-1:2004 Agricultural irrigation equipment – Filters for micro-irrigation – Part 1: Terms, definitions and classification (Zemědělská závlahová zařízení – Filtry pro mikrozávlahy – Část 1: Termíny, definice a klasifikace)

ISO 9912-2:2013 Agricultural irrigation equipment – Filters for microirrigation – Part 2: Strainer-type filters and disc filters (Zemědělská závlahová zařízení – Filtry pro mikrozávlahy – Část 2: Sítové a diskové filtry)

ISO 16075-2:2015 Guidelines for treated wastewater use for irrigation project – Part 2: Development of the project (Směrnice pro používání čištěných odpadních vod pro projekt závlah – Část 2: Vývoj projektu)

Vypracování normy

Zpracovatel: Sweco Hydroprojekt a.s., IČ 26475081, Ing. Lenka Fremrová; ve spolupráci s prof. Ing. Janem Šálkem, CSc.; s ČVUT v Praze, Fakultou stavební, Katedrou hydromeliorací a krajinného inženýrství, Ing. Pavlou Schwarzovou, Ph.D., doc. Ing. Václavem Kurážem, CSc.; s kolektivem autorů Irimon, spol. s r.o.

Pracovník Ministerstva zemědělství ČR: Ing. Dana Lídlová

1 Předmět normy

Tato norma je určena pro navrhování mikrozávlah běžných zemědělských plodin a speciálních zemědělských kultur. Norma uvádí možnosti využití mikrozávlah a druhy mikrozávlah (kapková, bodová a mikropostřik). Podrobně jsou zpracovány požadavky na jakost vody, její úpravu, způsob odběru, čerpání, přívod a rozvod vody. Norma zahrnuje problematiku navlažení půdního prostředí a způsob návrhu sponů kapkovačů, výtokových zařízení a mikropostřikovačů.

Tato norma obsahuje také řešení nezemědělského využití mikrozávlah, např. pro postřik zeleně v urbanizovaném prostředí.

2 Citované dokumenty

V tomto dokumentu jsou normativní odkazy na následující citované dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jeho použití. U datovaných citovaných dokumentů se používají pouze datované citované dokumenty. U nedatovaných citovaných dokumentů se používá pouze nejnovější vydání citovaného dokumentu (včetně všech změn).

ČSN EN 50110-1 ed. 3 (34 3100) Obsluha a práce na elektrických zařízeních – Část 1: Obecné požadavky

ČSN EN 12484-1 (47 4040) Zavlažovací technika - Automatické zavlažovací systémy travnatých ploch - Část 1: Stanovení programu zařízení vlastníkem

ČSN EN 15097 (47 4052) Zavlažovací technika – Lokalizované zavlažování – Hodnocení hydrauliky

ČSN EN ISO 9261 (47 4053) Zemědělské zavlažovací zařízení – Emitory a potrubí emitorů – Specifikace a zkušební metody

ČSN EN 15099-1 (47 4090) Zavlažovací technika - Dálkové monitorování a řízení zavlažovacích systémů - Část 1: Všeobecné pokyny

ČSN EN 1717 (75 5462) Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem

ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy

ČSN 75 0434 Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu

ČSN 75 4100 Průzkum pro meliorační opatření na zemědělských půdách

ČSN 75 4306 Hydromeliorace – Závlahová potrubí a trubní sítě

ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500

ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 EO

ČSN 75 7143 Jakost vody – Jakost vody pro závlahy

PNE 38 1981 ed. 3 Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy

TNV 75 2131 Odběrné a výpustné objekty na vodních tocích

TNV 75 4102 Pedologický průzkum pro meliorační opatření na zemědělských půdách

TNV 75 4112 Geologický průzkum pro zemědělské využívání krajiny

TNV 75 4307 Závlahová zařízení podrobná pro postřik

TNV 75 4931 Provozní řady závlah

TNV 75 4933 Údržba závlahových zařízení

TNV 75 4934 Provoz a údržba závlahových čerpacích stanic

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

3 Termíny a definice

Pro účely této normy platí termíny a definice podle ČSN 75 0140 a dále uvedené termíny a definice.

3.1

mikrozávlaha

povrchová nebo podpovrchová závlaha, dodávající malá množství závlahové vody přímo k rostlinám po kapkách, pozvolným výtokem, nebo postřikem

3.2

lokalizovaná závlaha

povrchová nebo podpovrchová závlaha, při níž jsou malá množství závlahové vody přiváděna přímo k rostlinám

3.3

kapková závlaha

lokalizovaná závlaha z rozdělovacího potrubí o malém průměru, z něhož závlahová voda odkapává o nízké intenzitě z kapkovačů, průlin, kapilár aj. přímo k zavlažovaným rostlinám

3.4

bodová závlaha

lokalizovaná závlaha z rozdělovacího potrubí, ze kterého závlahová voda pozvolna vytéká z výtokových zařízení, převážně z otvorů v blízkosti zavlažovaných rostlin

3.5

mikropostřik

závlaha s rozvodem závlahové vody rozdělovacím potrubím s připojenými mikropostřikovači nebo rozstřikovači, umožňující závlahu malých ploch na vzdálenost od 1 m do 10 m

3.6

mikropostřikovač

zařízení, které otáčivým pohybem rozstřikuje závlahovou vodu do svého bezprostředního okolí; zavlažuje kruhovou plochu nebo její část o průměru do 10 m, provozní tlak je 120 kPa až 300 kPa, průtok do $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, intenzita postřiku nepřesahuje $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$

3.7

rozstřikovač

jednoduchá nepohyblivá plastová hubice, která rozstřikuje závlahovou vodu do kruhu nebo sektoru (popř. více sektorů); zavlažuje plochu maximálního průměru 6 m při průtoku do $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$; většina typů pracuje již od tlaku 50 kPa; intenzita postřiku dosahuje až $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$

3.8

přívodní potrubí

potrubí dopravující vodu od vodního zdroje k rozvodné síti

3.9

rozvodné potrubí

část závlahové trubní sítě určená k rozvádění vody po zavlažované ploše

3.10**rozdělovací potrubí**

potrubí přivádějící vodu ke kapkovačům, výtokovým zařízením a mikropostřikovačům

4 Obecně

Mikrozávlahy představují lokalizovaný způsob závlahy s možností vysoké automatizace provozu; umožňují úspory vody a energie, popřípadě i hnojiv. Navrhují se převážně jako stabilní zařízení, jen výjimečně i mobilní.

V porovnání s klasickou závlahou postřikem mají vysoké nároky na jakost vody a vyšší požadavky na kvalifikaci pracovníků a údržbu.

4.1 Možnosti využití mikrozávlah

V rostlinné zemědělské výrobě slouží mikrozávlahy k závlaze vybraných polních plodin, zejména zeleniny a raných brambor, speciálních zemědělských kultur (sadů, vinic a chmelnic) a používají se pro zavlažování skleníků a fóliovníků.

U nezemědělského využití se jedná především o závlahu zeleně v urbanizovaném prostředí (parků, okrasných ploch, sportovišť), travnatých svahů komunikací, zatravněných svahů malých vodních nádrží a přehrad, zelených střech, kultur lesních školek aj.

Závlaha rostlin čištěnými a hygienizovanými odpadními vodami plní funkci navlažovací, při současném využití živin rostlinami.

POZNÁMKA Při závlaze čištěnými a hygienizovanými odpadními vodami rostliny využívají jejich vodní a živinnou hodnotu (základní rostlinné živiny N, P, K, Mg, Ca, stopové prvky) a organickými látkami obsaženými v čištěné odpadní vodě se zvyšuje obsah humusu v půdě.

Mikropostřik se využívá k opětovnému rozstříku průsakových vod na skládkách komunálního odpadu; tím se snižuje prašnost povrchu skládky a urychlují se rozkladné procesy skládkových materiálů. Mikropostřikem hygienicky nezávadnou vodou se chrání skládky dřeva před přesušením, zvyšuje se vlhkost ovzduší v urbanizovaném prostředí. Mikropostřik se využívá také k protimrazovým a klimatickým závlahám.

4.2 Přípravné a průzkumné práce

4.2.1 Návrh mikrozávlah musí vycházet z podrobného průzkumu místních podmínek. Pro plánování, přípravu a provádění průzkumu platí ČSN 75 4100. Pedologický průzkum se provádí podle TNV 75 4102.

4.2.2 Hydrogeologickým průzkumem v zájmovém území v souladu s TNV 75 4112 se stanoví potřebné návrhové podklady. Průzkumné práce se zaměří především na hloubku a kolísání hladiny podzemní vody v zájmovém území; důležitá je znalost chemického složení podzemních vod.

4.2.5 Při stanovení průtočného množství v přívodních a rozvodných závlahových potrubích se vychází ze znalosti specifického přítoku závlahové vody q_p a specifického dávkového přítoku q_d (viz 8.1 a 8.2 ČSN 75 0434).

5 Způsoby uspořádání mikrozávlah – závlahový detail

Návrh mikrozávlah vyžaduje znalost návrhových parametrů kapkovačů, výtokových zařízení mikropostřikovačů a rozstřikovačů. Podrobné informace dodává výrobce popř. dodavatel. K základním podkladům patří:

a) přesné označení výrobku, jeho stručná charakteristika;

- b) způsoby a možnosti použití, rozmezí pracovních tlaků, zkušební tlaky;
- c) provozní charakteristiky, zejména závislost mezi průtokem a tlakem při běžných provozních tlacích, rovnoměrnost rozdělování vody (intenzita postřiku po délce dostřiku);
- d) způsob připojení kapkovačů, výtokových zařízení a mikropostřikovačů na rozdělovací potrubí;
- e) rozsah tlakové regulace a regulační charakteristiky (u samoregulačních zařízení);
- f) nejmenší rozměr výtokového zařízení v kapkovači, výtokového zařízení bodové závlahy a hubice mikropostřikovače;
- g) požadavky na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti závlahové vody, popř. požadavky na její úpravu;
- h) funkce mikrofiltrů umístěných před kapkovači a jejich regenerace;
- i) způsob čištění kapkovačů, výtokových zařízení, zejména uložených pod povrchem půdy.

5.1 Kapková závlaha

Kapková závlaha je nejrozšířenějším způsobem mikrozávlah. Jedná se o systém závlahy o velmi nízké intenzitě (výkon jednoho kapkovače $1 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ až $10 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$). Závlahová voda se dodává v malém množství přímo do kořenové zóny rostlin. Závlahu je možné plně automatizovat.

5.1.1 K hlavním součástem kapkové závlahy patří kapkovače, přípojná, provozní a regulační zařízení. Podle konstrukčního uspořádání je možné kapkovače rozdělit do těchto skupin:

- **Kapilární trubicové kapkovače** tvoří kapilární trubice kolmo připojená k zavlažovacímu potrubí, zalisovaná do stěny potrubí apod.
- **Mikrokanálové a membránové kapkovače** tvoří spirální kanálek krytý plochou pružnou krytkou, nebo membránou, vtokovým a výtokovým otvorem.
- **Labyrintové kapkovače** tvoří soustava vzájemně propojených protékaných labyrintových komůrek krytých plochou krytkou, nebo zalisované do stěny zavlažovací (rozdělovací) hadice.
- **Impulsní kapkovače** různého konstrukčního uspořádání, využívající k rovnoměrnému rozdělování vody uměle vytvořený hydraulický ráz.
- **Integrované (kombinované) kapkovače**, které využívají propojení několika různých výše uvedených konstrukčních prvků (s tlakovou kompenzací, průtokovou regulací, samočisticí, osazené na vnitřní stěně rozdělovacího potrubí apod.).
- **Samoregulační kapkovače** zabezpečující konstantní tlak v místě odběru a tím i konstantní výtok při změně tlaku. Nejčastěji je tvoří výtokové zařízení kryté regulační membránou, plynule měnící velikost výtokového otvoru nebo kanálku, hadičky aj., v závislosti na tlaku.

Je možné používat také mikroporézní trubice z různých plastů. Na povrchu trubic se tvoří kapénky zavlažující nejbližší okolí.

5.1.2 Kapková závlaha se navrhuje nejčastěji s povrchovým rozvodem, kdy je rozdělovací potrubí s kapkovači uloženo na terénu. U nadzemního rozvodu jsou provozní linky rozdělovacího potrubí s kapkovači zavěšeny na nosných konstrukcích (např. vodicích drátech). Při podpovrchovém uložení jsou linky rozdělovacího potrubí s kapkovači uloženy mělce pod povrchem terénu. Tento způsob uložení se vyznačuje nižšími ztrátami závlahové vody, ale obtížnější kontrolou a obtížnějším čištěním kapkovačů.

5.1.3 Z hlediska půdních poměrů a sklonitosti terénu nejsou pro použití kapkové závlahy zvláštní omezení. Spon kapkovačů a jejich rozmístění závisí na rozsahu a uspořádání kořenové zóny zavlažo-

vané plodiny, půdním druhu, hydraulické vodivosti půdy a sklonu terénu. Jedná se o optimální způsob závlahy na svazích.

5.1.4 Posouzení vhodnosti závlahové vody z důvodů ochrany a prevence proti zanášení zpracovává projektant. Podrobnosti o jakosti závlahové vody jsou uvedeny v kapitole 6.

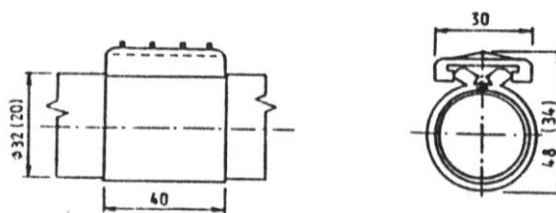
5.1.5 Ochrana proti zarůstání kapkovačů uložených pod povrchem půdy se provádí pravidelným navlažováním okolí a použitím herbicidů v okolí kapkovačů; herbicidy nesmí být toxické pro organizmy a nesmí ohrozit jakost podzemních vod. Další možností je vytvoření polymerové vrstvy kolem kapkovače, která tvoří bariéru nepropustnou pro kořeny rostlin.

5.1.6 Metody zkoušení výtokových zařízení, uspořádání zkušebních linek a způsob vyhodnocení výsledků uvádí ČSN EN ISO 9261.

5.2 Bodová závlaha

Bodová závlaha se obvykle používá v terénu s rovnoměrným sklonem do 3 % až 5 %, při větším sklonu jsou nezbytná speciální opatření (vsakovací brázdy, průlehy, limany apod.). Bodová závlaha je vhodná pro písčitohlinité, hlinité až jílovitohlinité půdy; není vhodná pro extrémně lehké půdy (písky) ani extrémně těžké půdy (jíly).

Výtoková zařízení bodové závlahy lze z konstrukčního hlediska rozdělit na jednoduché vypalované a vrtané výtokové otvory v zavlažovacím potrubí, výtokové hubice různého průměru, výtokové hubice různého průměru s čistící jehlicí (viz obrázek 1), výtoková zařízení s regulačním šroubem a speciální hubice pro impulsní bodová výtoková zařízení.



Obrázek 1 – Schéma uspořádání výtokového zařízení u bodové závlahy

5.2.2 Provoz bodové závlahy je nenáročný a spočívá v manipulaci s ventilovými uzávěry na vstupu do závlahových linek. Bodová závlaha má při svých přednostech (jednoduchá realizace a provoz, menší nároky na energii) i určité nedostatky. V porovnání s kapkovou závlahou je to menší rovnoměrnost závlahy a menší operativnost provozu. Na sklonitých plochách je nezbytné zamezit vzniku vodní eroze. V těchto případech se výtokové zařízení umísťuje do vsakovacích brázd. Při projektování je proto třeba dbát na co nejrovnoměrnější rozložení tlaků a výtoku po celé zavlažované ploše.

5.2.3 Požadavky na složení vody pro bodovou závlahu jsou vzhledem k větší světlosti výtokových prvků (1 mm až 3 mm) menší než pro kapkovou závlahu. Podrobnosti jsou uvedeny v kapitole 6.

5.3 Mikropostřik

Závlahu mikropostřikem o nízké až střední intenzitě zajišťují mikropostřikovače nebo rozstřikovače. Používají se k závlaze rostlin vysázených v řadách (sady, vinice apod.), kde se voda dodává pouze v úzkém pruhu podél řad, resp. pokrývá plochu pod korunami stromů. Plochy mezi řádky zůstávají buď úplně nezavlažené, nebo zavlažené jen sníženým množstvím vody.

5.3.1 Z hlediska půdních poměrů a sklonitosti terénu je při použití mikropostřiku nezbytné stanovit přípustnou intenzitu postřiku, která musí být nižší než intenzita vsaku závlahové vody do půdy. Pokud

toho nelze docílit, je třeba navrhnout přerušovanou závlahu popř. impulsní závlahu. Podrobnosti jsou uvedeny v TNV 75 4307.

5.3.2 Při speciálním uspořádání může mikropostřik plnit také funkci klimatizační a protimrazové závlahy. Závlahový režim může být stanoven na zásadě denní úhrady evapotranspirace. V horkých dnech lze zavlažovat i vícekrát denně. Mikropostřikovače se umísťují na stojany nad korunami stromů.

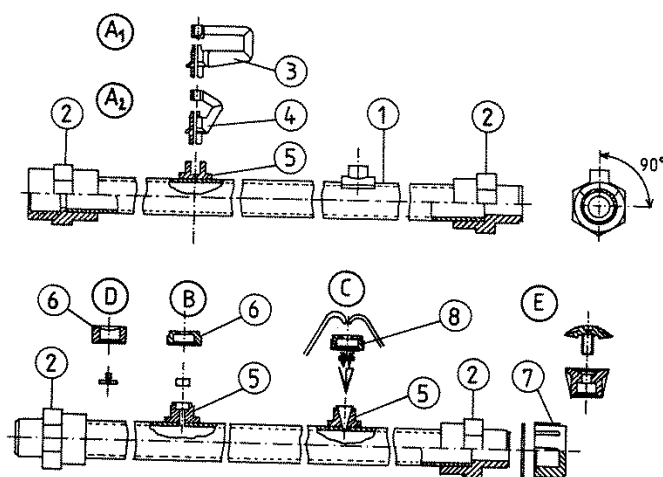
POZNÁMKA Teploty jsou přitom snižovány o 3 °C až 7 °C, vlhkost vzduchu se zvyšuje až o třetinu. Další předností je nižší spotřeba energie, vody a vyšší kvalita závlahy než u běžné závlahy postřikem, nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. Pracuje s poměrně nízkým tlakem 200 kPa až 300 kPa. Vyžaduje však poměrně hustou síť stabilního rozvodu.

5.3.3 Nejčastěji se používají rotační úderové mikropostřikovače, dále rotační mikropostřikovače s tlakovou kompenzací, rotační a vibrační mikropostřikovače aj. Uspořádání je znázorněno na obrázku 2.

5.3.4 Mikropostřikovače mají otočný deflektor způsobující otočný pohyb vodního paprsku. Poloměr dostřiku bývá od 3 m do 7,5 m, průtok vody do 0,25 m³·h⁻¹ (0,5 m³·h⁻¹), provozní tlak nad 150 kPa. Zavlažují do kruhu i sektoru.



Obrázek 2 – Schéma polohového uspořádání mikropostřikovačů



A1,A2 - rozstřikovače s nárazníkovou destičkou (plochým deflektorem)

B, D, E - rozstřikovací hubice

C- nástavec s mikrohadičkou

1 - potrubí z PE

2 - spojky

3,4 - hubice s rozražečem

5 - přípojka rozstřikovače

6 - objímka s výměnnou hubicí

7 - koncové víčko

8 - matice s mikrohadičkou

Obrázek 3 – Uspořádání různých typů rozstřikovačů

6 Požadavky na jakost vody pro mikrozávlahy

Kromě posouzení podle ČSN 75 7143 musí návrhu mikrozávlah předcházet stanovení chemických a biologických látek (mikroskopických řas, slizu, železitosírných bakterií aj.), které způsobují ucpávání kapkovačů, výtokových zařízení a mikropostřikovačů. Tyto údaje jsou podkladem pro návrh úpravy závlahové vody a výběr koncového výtokového zařízení.

6.1 Kritéria jakosti vody pro kapkovou závlahu

Nároky na jakost závlahové vody jsou u kapkových závlah nejvyšší. Vůči ucpávání jsou nejcitlivější mikroporézní trubice, méně citlivé jsou kombinované a membránové a spirálové kapkovače, odolnější proti ucpání jsou labyrintové kapkovače, mikrokapiální trubice, pružné výtokové otvory a různá uspořádání samočistitelných kapkovačů.

Fyzikální kritéria. Při stanovení maximální přípustné velikosti částic se vychází z minimálního průměru (průřezu) kanálků kapkovače. Orientačně platí empirická kritéria, kdy maximální průměr tvrdé částice musí být menší než 1/10 až 1/6 průměru výtokového kanálku; maximální průměr měkké částice má být menší než 1/8 až 1/5 průměru výtokového kanálku. Důvodem je skutečnost, že při průchodu částic kanálkem dochází k jejich seskupení a ucpávání kanálku v místech, kde se průtoková rychlost blíží nule.

6.1.2 Chemická kritéria. Ke kapkové závlaze lze použít vodu I. a II. třídy podle ČSN 75 7143. Aby systém kapkové závlahy pracoval spolehlivě, musí u některých ukazatelů splňovat přísnější podmínky. Orientační hodnoty chemických kritérií jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 – Orientační hodnoty chemických kritérií závlahové vody

Ukazatel	Jednotka	Přípustná hodnota	Ukazatel	Jednotka	Přípustná hodnota
Suma vápníku a hořčíku ^a	mmol·l ⁻¹	1,7	Vápník	mg·l ⁻¹	50
Hořčík	mg·l ⁻¹	10	Železo	mg·l ⁻¹	0,5
Mangan	mg·l ⁻¹	0,3	Nerozpuštěné látky	mg·l ⁻¹	10
Zákal	ZF	30	Hodnota pH		6,8 až 7,5
Langelierův index I_s		+ 0,3 až - 0,3			

^a Dříve se používal termín „tvrdost vody“.

Podrobnější kritéria pro posouzení jakosti závlahové vody jsou uvedena v tabulce 2.

6.1.3 Biologická kritéria. Při posouzení se většinou vychází z kritérií ČSN 75 7143 a z údajů uvedených v tabulce 2.

Tabulka 2 – Klasifikace jakosti vody pro kapkovou závlahu

Klasifikační hodnota	Fyzikální kritérium Suspendované látky mg·l ⁻¹	Chemická kritéria mg·l ⁻¹		Biologické kritérium Bakterie počet·l ⁻¹
		Rozpuštěné látky	Železo, mangan	
0	10	100	0,1	100
1	20	200	0,2	1 000
2	30	300	0,3	2 000
3	40	400	0,4	3 000
4	50	500	0,5	4 000
5	60	600	0,6	5 000
6	80	800	0,7	10 000
7	100	1 000	0,8	20 000
8	120	1 200	0,9	30 000
9	140	1 400	1,0	40 000
10	160	1 600	1,1	50 000

Lit.: BUCKS,D.A.-NAKAYAMA,F.S.GILBERT,R.G.: Trickle Irrigation Water Quality and Preventive Maintenance, Agric.Wat.Mgmt., 1979, č. 2,149-162

Má-li závlahová voda hodnotu pH větší než 7,5, násobí se tabelární údaje 2×; při vysokém výskytu slimáků se násobí počet bakterií 4×. Výsledné hodnocení se stanoví sečtením tří číselných hodnot z fyzikálních, chemických (bere se vyšší hodnota ze dvou sloupců) a biologických kritérií. Je-li součet klasifikačních hodnot vyšší než 10, je nutná úprava vody. Při hodnotách 10 až 20 vzniknou potíže při provozu, hodnocení 20 až 30 označuje vodu za nevhodnou pro kapkovou závlahu, jejíž použití by vyžadovalo nákladnou úpravu.

6.1.4 K podpovrchové kapkové závlaze je možno používat vody I., II. a III. třídy čistoty podle kritérií bakteriálního znečištění uvedených v ČSN 75 7143. Pro povrchovou kapkovou závlahu plodin se používá voda I. třídy čistoty; vodu II. třídy čistoty je možno používat, pokud nepřichází do styku s konzumními částmi plodin, v případě styku je třeba dodržovat opatření uvedená v ČSN 75 7143 pro závlahu vodou II. třídy čistoty podle bakteriálního znečištění. Při použití vody III. třídy čistoty je třeba dodržovat zásady stanovené pro závlahu odpadními vodami.

6.2 Kritéria jakosti vody pro bodovou závlahu

Požadavky na jakost vody pro bodovou závlahu jsou vzhledem k většímu průměru výtokového otvoru menší než u kapkové závlahy. Voda nemá obsahovat nadměrné množství sedimentujících látek (zejména u podpovrchového systému bodové závlahy, který nelze za provozu proplachovat), a dále nemá obsahovat řasy a další organické složky, které by mohly zejména u povrchového systému způsobit zarůstání závlahového potrubí.

6.2.1 Orientační fyzikální kritéria. Maximální přípustná velikost pevných částic je maximálně 20 % nejmenšího průměru výtokového otvoru na zavlažovacím potrubí. Pokud voda obsahuje sedimentující částice, je nezbytná dostatečná průtoková rychlost, aby nedošlo k sedimentaci těchto částic. Maximální doporučená teplota vody je 25 °C až 30 °C.

6.2.2 Chemická kritéria. Závlahová voda musí splňovat všechny požadavky uvedené v ČSN 75 7143 na vodu I. popř. II. třídy čistoty. Obsah vápníku, hořčíku, železa, popř. celkový obsah solí se posuzuje hlavně z hlediska možnosti vysrážení těchto solí na výtoku. Při záporných hodnotách Langelierova indexu je potenciální nebezpečí vylučování uhličitánů.

6.2.3 Biologická kritéria. Vody II. a III. třídy čistoty podle kritérií bakteriálního znečištění, uvedených v ČSN 75 7143, se používají k bodové závlaze podle stejných zásad jako u kapkové závlahy.

6.3 Kritéria jakosti vody pro mikropostřik

Pro mikropostřik lze použít podmínky a kritéria platná pro bodovou závlahu. Pro posouzení je rozhodující průměr hubice mikropostřikovače nebo rozstřikovače a jejich vybavení samočisticím zařízením, nebo předřazeným filtrem.

6.3.1 Fyzikální kritéria. Velikost tvrdých částic obvykle nemá přesáhnout 1/4 až 1/6 průměru hubice (nižší údaj platí pro zařízení vybavená samočištěním), u měkkých částic je přípustná velikost částic nejvýše 1/4 průměru hubice, předpokládá se jejich nízká koncentrace. Samostatně je třeba posoudit možnost sedimentace jemných částic v potrubí.

6.3.2 Chemická kritéria. Možnost vysrážení solí na výstupu z výtakového prvku je vzhledem k většímu průměru i větší výtokové rychlosti podstatně menší než u kapkové závlahy. Další požadavky na jakost vody jsou shodné s požadavky na jakost vody při závlaze postřikem, stanovenými v ČSN 75 7143, a s požadavky na jakost vody při bodové závlaze.

6.3.3 Biologická kritéria. Při hodnocení jakosti vody podle biologických kritérií musí být dodržována příslušná ustanovení ČSN 75 7143 platná pro závlahu postřikem.

POZNÁMKA Hlavní vliv na rozšíření mikropostřiku mají nižší nároky na čistotu vody proti kapkové závlaze a v některých případech i úspora počtu zavlažovacích linek. Na rozdíl od klasické závlahy postřikem je většinou potřebné předřadit mechanické čištění vody na síťových filtrech (průměr ok asi 0,2 mm až 0,5 mm).

7 Zdroje, odběr, čerpání a úprava závlahové vody

7.1 Hlavní zdroje závlahové vody

K hlavním zdrojům závlahové vody pro mikrozávlahy patří povrchová voda z vodních toků, vodních nádrží, srážková voda a čištěná a upravená odpadní voda. K čerpání závlahové vody se u nejmenších zařízení užívají čerpací agregáty, u větších zařízení automatizované čerpací stanice. Přívod a rozvod závlahové vody závisí na velikosti zavlažované plochy, na místních a terénních podmínkách, zavlažovaných plodinách a celkové koncepci řešení, kterými jsou:

- Nejmenší závlahová zařízení určená pro rodinné zahrady, malé plochy využívané pro pěstování zeleniny, městskou zeleň apod. jsou připojeny na malou vodní nádrž, akumulární nádrž srážkových vod aj., výjimečně přímo na zdroj vody (studnu, vrt, vodovodní přípojku).
- Mikrozávlahy jsou využívány na menší části závlahové soustavy, převážná část je řešená klasickou závlahou postřikem s vysokotlakým rozvodem vody.
- Mikrozávlahy tvoří samostatnou závlahovou soustavu s odpovídajícím vybavením.

7.2 Odběrný objekt a čerpání závlahové vody

7.2.1 U vodního toku se odběrný objekt umísťuje nejčastěji do břehové části, vybavuje se usměrňovacími stavbami na ochranu proti splaveninám, středními až jemnými česlemi, síťovými filtry (rotačními bubnovými a žaluziovými síty) a uzávěrem na vtoku do sací jímky. Existuje řada alternativních, méně častých řešení. Podrobnosti o odběrných objektech uvádí TNV 75 2131 a publikace [17] a [18].

7.2.2 Odběr vody z vodních nádrží se provádí břehovými, hrázovými, plovoucími aj. odběrnými zařízeními.

7.2.3 Srážkové vody se zachycují v území na zpevněných, případně zatravněných plochách, nejčastěji na střechách. Srážková voda se pak upravuje a akumuluje.

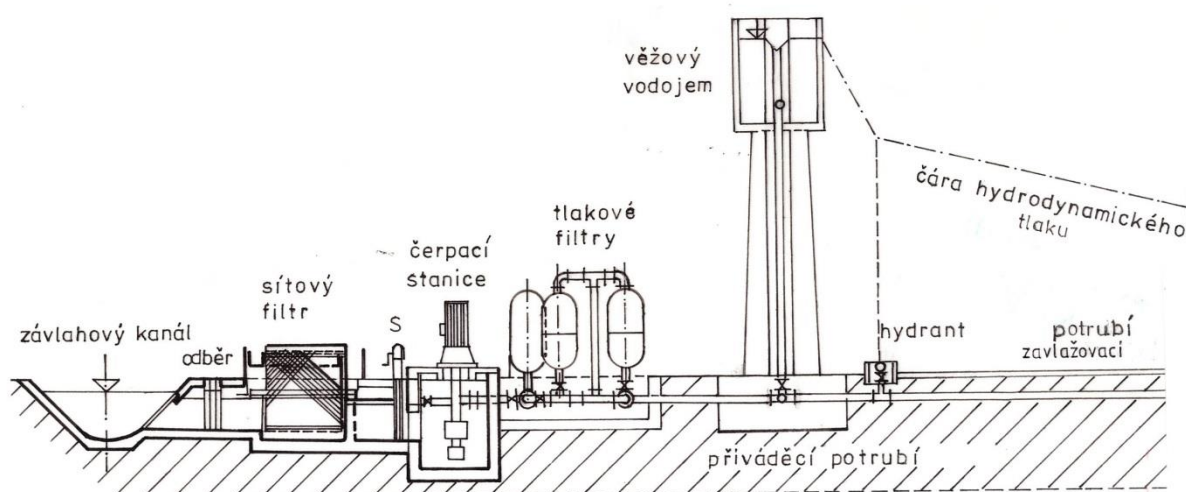
7.2.4 Odpadní vody se nejdříve čistí a potom se upravují, aby splnily kritéria uvedená v kapitole 6.

7.2.5 Odběr podzemních vod ze studní a vrtů přichází v úvahu u malých místních závlahových zařízení. Podzemní voda jakostí většinou vyhovuje a neupravuje se, výjimku tvoří vody s vysokým obsahem železa a manganu.

7.2.6 Čerpání závlahové vody zajišťují mobilní a polostabilní čerpací agregáty a stabilní čerpací stanice. Podrobnosti návrhu a konstrukčního uspořádání základních typů a uspořádání čerpacích stanic jsou uvedeny například v publikaci [39], automatizace provozu čerpacích stanic je zpracována v publikaci [36], pro údržbu závlahových čerpacích stanic platí TNV 75 4934.

7.2.7 Podrobný návrh přívodního, rozvodného a rozdělovacího potrubí, včetně řešení objektů na trubicí síti, protirázové ochrany, hydraulického a optimalizačního výpočtu je zpracován v např. v publikacích [18] a [40]. Návrh závlahových trubicích sítí je předmětem ČSN 75 4306.

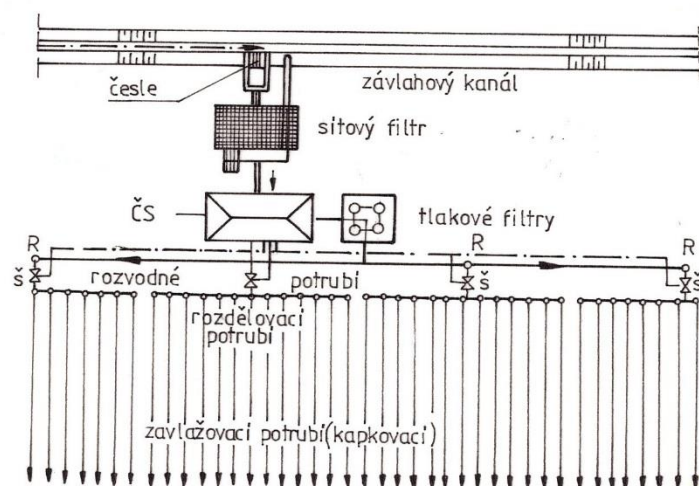
Příklad uspořádání velké závlahové soustavy, odběrného zařízení vody ze závlahového kanálu, způsobu úpravy a akumulace vody ve věžovém vodojemu je znázorněn na obrázku 4.



Čerpací stanice má hladinovou automatiku ve spojení s malým věžovým vodojemem o max. objemu 25 m³ až 50 m³. Tlakové filtry jsou automaticky promývané při částečném zakolmatování vodou z vodojemu. Věžový vodojem plní automatizační funkci, vyrovnává průtoky a tlaky v trubicí síti, je zdrojem vody na proplachování tlakových filtrů. Věžový vodojem lze nahradit tlakovou nádrží; v tom případě je třeba u čerpacího zařízení použít tlakovou nebo průtokovou automatiku.

Obrázek 4 – Příklad uspořádání odběrného objektu, úpravy vody, čerpací stanice a akumulace

Uspořádání malé závlahové soustavy při odběru vody ze závlahového kanálu je znázorněno na obrázku 5.



ČS - čerpací stanice

Š - šoupátka

R - dálkové ovládání šoupátek

Obrázek 5 – Uspořádání samostatné závlahové soustavy

7.3 Úprava závlahové vody

Mikrozávlahy většinou vyžadují úpravu závlahové vody. Při návrhu jednotlivých zařízení se vychází z vyhodnocení řady odběrů, rozložených do období předpokládaného provozu závlahy a zachycujících podle možností minimální a maximální průtoky a nejnižší i nejvyšší teploty vody. Při proměnlivé kvalitě vody ve zdroji je nezbytné průběžně sledovat vybrané ukazatele průtočnými analyzátory. Ve většině případů se pozornost zaměřuje na:

- Fyzikální a chemický rozbor závlahové vody podle ČSN 75 7143.
- Stanovení obsahu anorganických a organických částic (tuhé a měkké částice), jejich velikosti a hmotnost, obsah uhličitanu vápenatého a hořečnatého, síranu vápenatého, železa, manganu, mědi, zinku, hodnoty pH a případně dalších ukazatelů.
- Mikrobiologický rozbor, zahrnující bakterie koliformní, psychrofilní, mezofilní a fyziologické skupiny bakterií s důrazem na železitosírné a manganové bakterie, manganové denitrifikační, anaerobní.
- Hydrobiologický rozbor, zahrnující biologické znečištění, kvalitativní a kvantitativní složení planktonu.

7.3.4 Technologické postupy úpravy vody musí být ekonomicky únosné, dostatečně výkonné, schopné pracovat v přerušovaném režimu, vyrovnávat výkyvy ve složení vody, umožňovat automatizaci úpravárenského provozu a nesmí vyžadovat náročnou obsluhu.

7.3.5 Největší nároky na úpravu vody mají kapkové závlahy, které při odběru z povrchových zdrojů vody většinou vyžadují minimálně dvoustupňovou filtraci. Poněkud menší jsou požadavky na úpravu vody pro bodovou závlahu a mikropostřik.

7.3.6 Klasická mechanická úprava zahrnuje zachycení splavenin na česlech a sítích, zachycení písčitých částic v lapácích písku, hydrocyklonech, zachycení jemných částic v usazovacích nádržích a v různých typech a uspořádáních filtrů. Tato zařízení se nejčastěji užívají při odběru povrchových vod.

7.3.7 V současné době se používají membránové technologie, mikrofiltrace a ultrafiltrace, a také diskové filtry.

7.3.8 Chemická úprava závlahové vody se navrhuje pouze ve výjimečných případech, z důvodu vysokých investičních a provozních nákladů.

7.3.9 Biologické způsoby úpravy závlahové vody spočívají v zintenzivnění přirozených procesů samočištění. Tyto způsoby úpravy lze rozdělit do dvou základních skupin:

- a) Přirozený způsob úpravy vody, kde čištění probíhá v malých vodních nádržích, vegetačních čistírnách. Použití aerobních biologických nádrží se neosvědčilo, protože v nich vzniká velké množství řas a sinic. Vhodnější jsou půdní filtry s vegetací.
- b) Umělý způsob čištění vody, který se provádí v uměle vytvořených podmínkách (biologické filtry, aktivace aj.), se převážně užívá při čištění odpadních vod a následuje za ním úprava na různých typech filtrů.

7.3.10 Akvatické systémy úpravy jsou založeny na využití schopnosti řas a makrofyt vázat živiny, především dusík, fosfor a popřípadě i jiné látky, a produkovat organickou hmotu. Jejich výkonnost je ve srovnání s běžně používanými způsoby úpravy vod nižší, ale jsou méně náročné na obsluhu a energii. Problémem je oddělení biomasy řas a sinic.

7.3.11 Podrobnosti čištění komunálních odpadních vod, které se po vyčištění a úpravě používají k mikrozávlahám, uvádí ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402. Podrobnosti řešení a uspořádání čištění a úpravy odpadních vod malých producentů a z decentralizovaných staveb před závlahovým využitím závlahou jsou uvedeny např. v publikacích [85] a [86].

Podrobný popis vybraných způsobů úpravy vody pro mikrozávlahy je uveden v příloze A.

8 Uspořádání závlahového detailu, metody a způsoby rozdělování vody

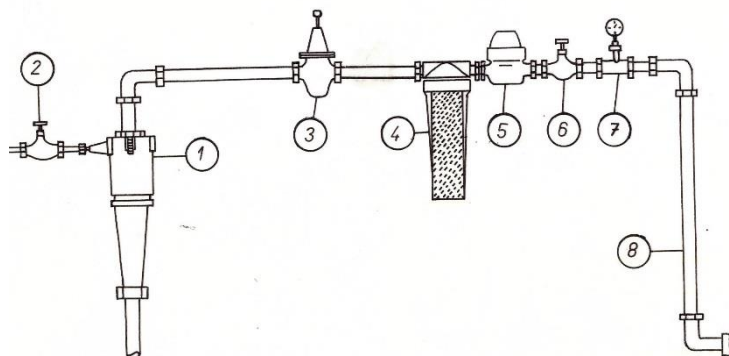
Závlahová voda se přivádí k zavlažované ploše nejdříve přívodním a potom rozvodným potrubím z plastů, po zavlažované ploše je rozváděna rozdělovacím potrubím s kapkovači, výtakovými zařízeními podrobné závlahy, mikropostřikovači a rozstřikovači, které zajišťují vlastní závlahu. Stanovení průtočného množství v přívodním a rozvodném potrubí se navrhuje metodami uvedenými v ČSN 75 0434. Potrubí se navrhuje v souladu s ČSN 75 4306. Hydraulický výpočet usnadní metody a způsoby řešení zpracované v publikacích [33] a [40].

8.1 Rozdělovací potrubí

Rozdělovací potrubí se připojuje jednotlivě nebo po skupinách k hydrantům na rozvodném potrubí. V odůvodněných případech se předřazují jednoduché filtry.

8.1.1 Hydranty jsou vybaveny uzávěrem průtoku (šoupátkem, ventilem), regulátorem tlaku (redukčním ventilem), bránícím zvýšení tlaku nad stanovenou hranici, udávanou výrobcem zařízení. Uspořádání hydrantu drobných závlah je znázorněno na obrázku 6. K hydrantu může být připojeno zařízení na dávkování průmyslových hnojiv (viz 10.5), vodoměr a případně omezovač průtoku, zamezující neplánovaným odběrům.

8.1.2 Rozdělovací potrubí se ukládá buď na povrch zavlažované plochy, nebo pod povrch do hloubky 0,25 m až 0,40 m, resp. se zavěšují nad povrchem na nosnou konstrukci (drátěnku). Na konec potrubí se umísťuje odvodňovací ventil.



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 hydrocyklon | 5 vodoměr |
| 2 uzávěrný (příp. regulační) ventil | 6 uzávěrný (příp. regulační) ventil |
| 3 regulátor tlaku | 7 manometr |
| 4 tlakový filtr | 8 rozdělovací potrubí |

Obrázek 6 – Přípojka rozdělovacího potrubí u místních mikrozávlah

8.1.3 Kapkovače se buď zařazují do linky rozdělovacího potrubí, nebo se vkládají přímo do stěny rozdělovacího potrubí (in line) a jsou závlahovou vodou obtékané, nebo se bočně připojují k rozdělovacímu potrubí (on line).

8.1.4 Rovnoměrné rozdělování vody se docílí návrhem sklonu rozdělovacího potrubí přibližně odpovídajícímu sklonu čáry hydrodynamického tlaku, postupné změně průměru rozdělovacího potrubí. U bodové závlahy a mikropostřiku se změna tlaku v místě výtoku kompenzuje změnou průměru výtokové hubice. Jednodušším řešením je využití samoregulačních výtokových zařízení (převážně kapkovačů), podstatně náročnější je impulsní rozdělování vody.

8.1.5 Podrobnosti týkající se hydraulického řešení kapkovačů, bodových výpustných zařízení bodové závlahy, mikropostřikovačů a rozdělovacího potrubí jsou uvedeny v příloze B.

8.2 Uspořádání mikrozávlah, požadavky na rovnoměrné rozdělování vody

Při návrhu mikrozávlah se vychází z místních podmínek, zejména z velikosti, tvaru a sklonitosti pozemku, z půdních vlastností (infiltračních vlastností), klimatických poměrů stanoviště (úhrnu a intenzity srážek, výparu aj.), druhu zavlažovaných plodin a způsobu jejich rozmístění, velikosti závlahových dávek (stanovených podle ČSN 75 0434), druhu a vydatnosti zdroje závlahové vody. Větrné poměry mohou bezprostředně ovlivnit technické řešení, zejména u mikropostřiku.

8.2.1 Rovnoměrnost navlažení je nutno mít na zřeteli již při návrhu linek rozdělovacího potrubí, jejich délky a světlosti; proto je vhodné u členitého terénu rozdělit zájmovou plochu do jednotlivých závlahových sekcí. Rozdíly tlaků při velkém převýšení zájmového území se eliminují pomocí regulátorů tlaků tak, aby na celé zavlažované ploše byla pokud možno zajištěna požadovaná rovnoměrnost navlažení. Zařízení má být řešeno tak, aby umožnilo v co v nejkratším čase zavlažit ucelené sekce. Rovnoměrnost mikropostřiku lze zvýšit provozováním závlahy v noci.

8.2.2 U mikrozávlah je uspořádání koncových větví podzemního potrubí závislé hlavně na orientaci výsadby a na sklonitostních poměrech zavlažovaného území. Na podzemní trubiční síť jsou napojena podzemní rozdělovací potrubí (většinou z polyetylénu), z nichž odbočují obvykle do každé řady rostlin závlahové linky se zavlažovacími prvky. Pro závlahové linky se užívá převážně PE o PN (tlaková odolnost) 2,5 až 6. Délky jednotlivých linek rozdělovacího potrubí se navrhuje v rozmezí od 100 m do 300 m podle počtu výtokových prvků, jejich vzájemných vzdáleností na závlahové lince, sklonu terénu apod.

8.2.3 Zavlažovací trubní linky při povrchové závlaze je třeba upevnit tak, aby nedocházelo k posunu výtoků a tím i zavlaženého objemu půdy mimo dosah hlavní masu kořenů. Při umístění závlahových linek na sklonitých pozemcích je třeba zohlednit, že dochází k posunu zavlaženého objemu půdy směrem po svahu.

8.2.4 Sklony terénu a půdní poměry rozhodují o nebezpečí vzniku eroze a mají vliv na stanovení přípustné intenzity závlahy a velikosti závlahové dávky. Zjišťují se vlastnosti půdy podle TNV 75 4102 (zejména vsakovací schopnosti půdy) na dané lokalitě, získané výsledky se využijí pro návrh závlahových zařízení (závlahového detailu). Parametry zařízení je nutno navrhnout s dostatečnou bezpečností, která vyloučí vznik vodní eroze. U kapkové závlahy je vzhledem k nízké intenzitě výtoků nebezpečí vzniku vodní eroze minimální.

8.2.5 Výpočet potřeby závlahové vody vychází z ČSN 75 0434, kde jsou uvedeny veličiny pro návrh kapkové a bodové závlahy a mikropostřiku.

8.2.6 Rozdělení průtoků v jednotlivých zavlažovacích prvcích (výtokových zařízeních) na rozdělovacím potrubí charakterizuje součinitel nerovnoměrnosti K :

$$K = \frac{Q_o}{Q_n} \quad \text{součinitel nerovnoměrnosti má mít hodnotu } 0,9 \leq K \leq 1,1$$

kde je

Q_o průtok prvním zavlažovacím prvkem, v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;

Q_n průtok posledním zavlažovacím prvkem, v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Rovnoměrnost rozdělení vody lze posuzovat pomocí indexu rovnoměrnosti podle Christiansena C_u :

$$C_u = 100 \left(1,0 - \frac{\sum x}{M_d \cdot n} \right)$$

kde je

x absolutní hodnota odchylky závlahové dávky od průměrné dávky M_d ;

M_d závlahová dávka v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$

n počet pozorování.

8.2.7 Doporučuje se, aby konce závlahových větví a linek byly opatřeny automatickým výpustným a odkalovacím zařízením, aby se mohlo provádět periodické proplachování a odkalování závlahových linek. Přihnojování se doporučuje provádět diskontinuálním způsobem, končícím propláchnutím upravenou vodou.

8.2.8 Při výstavbě trubních linek je třeba brát v úvahu tepelnou podélnou roztažnost polyethylenového potrubí. Střední součinitel délkové tepelné roztažnosti je přibližně $2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Při kolísání teploty povrchu potrubí v rozmezí - 25 °C až + 80 °C (v době mimo provoz) činí délková roztažnost 1,5 %. Mezi pevným uchycením potrubí v místech vývodů je nutno zajistit potřebnou kompenzaci zvlněním pokládaného potrubí v závislosti na venkovní teplotě tak, aby nezasahovalo do kultivované části mezi řádky. Při ukládání plastových potrubí do terénu se doporučuje volné uložení na dně rýhy, umožňující délkovou roztažnost a omezující vnitřní pnutí materiálu.

9 Stanovení velikosti zavlažené plochy a objemu půdy

K základním návrhovým parametrům mikrozávlah patří stanovení velikosti zavlažené plochy a objemu navlažené půdy jedním prvkem a soustavou zavlažovacích prvků.

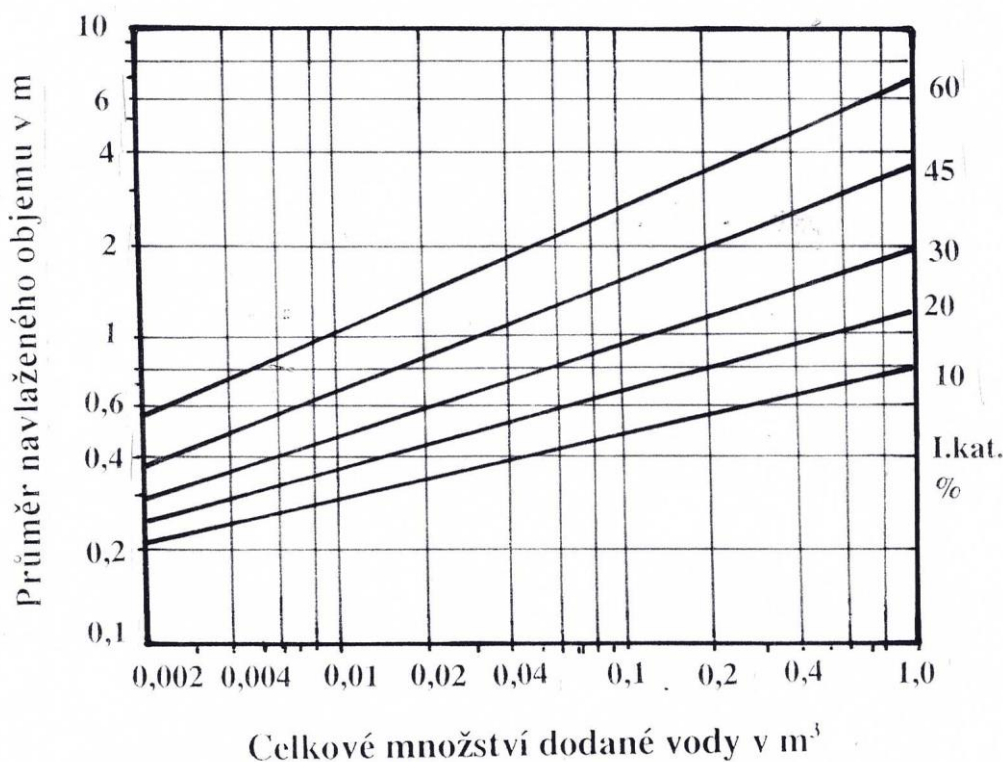
9.1 Metody stanovení velikosti zavlažené plochy a objemu půdy

Potřebné údaje je možné získat přímým průzkumem průběhu infiltrace v daných půdních a terénních podmínkách, nebo početním stanovením průběhu infiltrace a šíření čela navlažení, vycházejícím z podrobné znalosti fyzikálních vlastností půdy. V praxi se tyto veličiny převážně stanovují pomocí empirických vzorců a nomogramů.

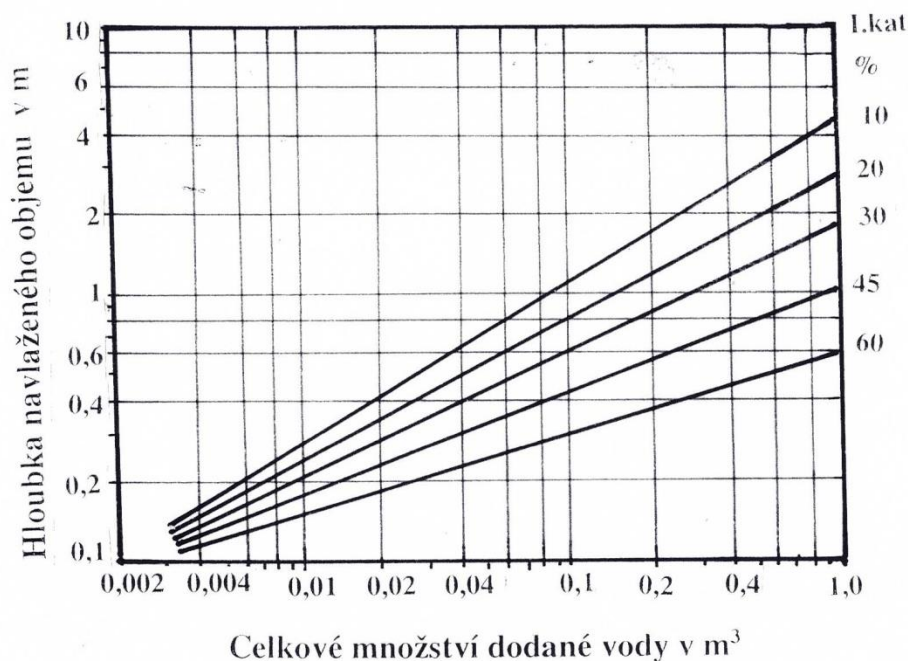
9.1.1 První metoda je založena na simulaci mikrozávlahy, při níž se přímým sledováním stanoví průběh filtrace a šíření čela navlažení v daných půdních, terénních, klimatických aj. podmínkách. Způsob zpracování měření je uveden v publikaci [28].

9.1.2 Druhá metoda vychází ze znalosti matematického vyjádření proudění vody v nasyceném a nenasyceném prostředí z bodového výtoku vody do půdy, hydropedologických vlastností půdy (fyzikálních vlastností jednotlivých půdních vrstev, nasycené a nenasycené hydraulické vodivosti, retenčních charakteristik, vodní difuzivity apod.). Bližší podrobnosti výpočtu jsou uvedeny např. v [20] a [29]. V praxi je k dispozici programové vybavení pro výpočetní techniku.

9.1.3 Třetí skupinou jsou empirické metody. Pro orientační stanovení je možné použít grafy průběhu navlažení v závislosti na půdním druhu a celkovém množství dodané vody jedním zavlažovacím prv-
kem podle [41]. Stanovení průměru navlažené půdy je znázorněno na obrázku 7, stanovení hloubky navlažení je znázorněno na obrázku 8.



Obrázek 7 – Stanovení průměru navlažené půdy při bodovém zatížení kapkovačem



Obrázek 8 – Stanovení hloubky navlažení půdy při bodovém zatížení kapkovačem

9.2 Stanovení podílu navlažené plochy k celkové zavlažované ploše

9.2.1 Procento navlažené plochy P vyjadřuje poměr mezi navlaženou plochou a celkovou pěstební plochou, popř. plochou, kterou zaujímá kořenový systém plodiny. Velikost navlažené plochy se stanoví v hloubce 0,15 m až 0,30 m pod terénem. V našich klimatických podmínkách a doplňkové funkci závlahy stačí, aby bylo $P = 35 \%$ až 50% .

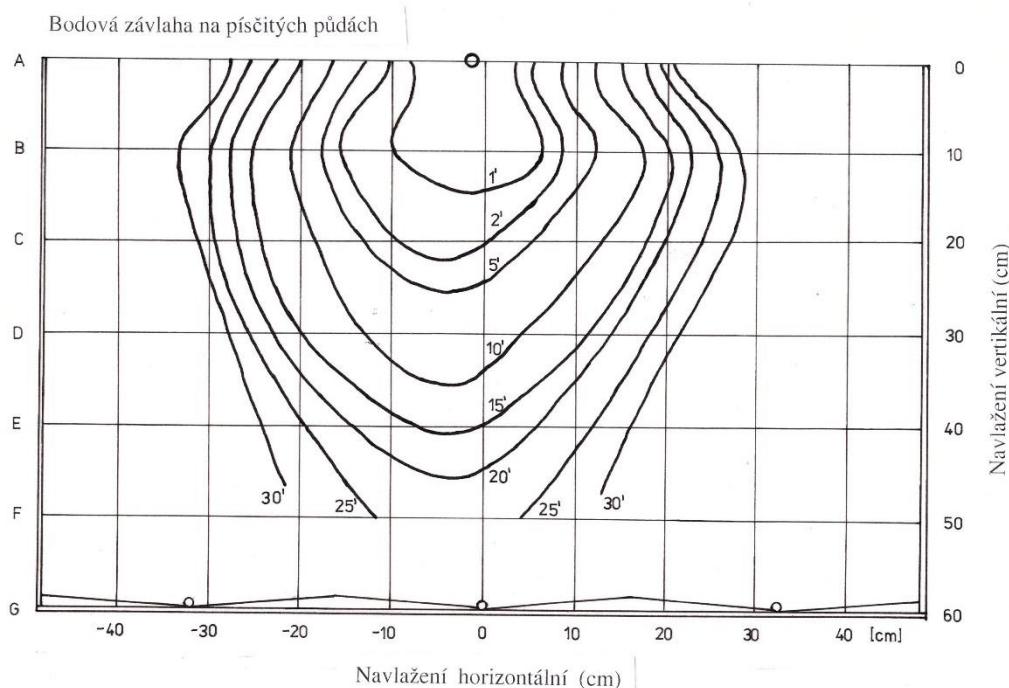
9.2.2 Hodnoty procenta navlažené plochy P podle Kellera a Karmeliho (v publikaci [28]), jsou uvedeny v tabulce 3. Údaje uvedené v této tabulce platí pro jednoduché přímé trubní linky s kapkovači umístěnými v konstantním sponu na rovinném území a pro tři základní druhy půd.

Tabulka 3 – Procento navlažené plochy P v závislosti na půdním druhu, vzdálenosti mezi závlahovými linkami, vzdálenosti jednotlivých kapkovačů l_K a na průtoku Q_K kapkovači při závlahové dávce $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$

Průtok Q _K l · h ⁻¹	Vzdá- lost l _K m	Efektivní vzdálenost mezi závlahovými linkami											
		m											
		0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
Velikost navlažené plochy půdy P %													
Lehké půdy													
1,5	0,2	38	33	25	20	15	12	10	9	8	7	6	5
2,0	0,3	50	40	33	26	20	16	13	11	10	9	8	7
4,0	0,6	100	80	67	53	40	32	26	23	20	18	16	14
8,0	1,0	100	100	100	80	60	48	40	34	30	26	24	20
12,0	1,3	100	100	100	100	80	64	53	46	40	36	32	27
Střední půdy													
1,5	0,5	88	70	58	47	35	28	23	20	18	16	14	12
2,0	0,7	100	80	67	53	40	32	26	23	20	18	16	14
4,0	1,0	100	100	100	80	60	48	40	34	30	26	24	20
8,0	1,3	100	100	100	100	80	64	53	46	40	36	32	27
12,0	1,6	100	100	100	100	100	80	67	57	50	44	40	34
Těžké půdy													
1,5	0,9	100	100	92	73	55	44	37	31	28	24	22	18
2,0	1,0	100	100	100	80	60	48	40	34	30	26	24	20
4,0	1,3	100	100	100	100	80	64	53	46	40	36	32	27
8,0	1,7	100	100	100	100	100	80	67	57	50	44	40	34
12,0	2,0	100	100	100	100	100	100	80	68	60	53	48	40

9.3 Modelování infiltrace závlahové vody při bodové a kapkové závlaze

Průběh infiltrace závlahové vody je možné modelovat na fyzikálních, šterbinových modelech a matematických modelech. Příklad průběhu navlažení při bodové závlaze fyzikálního modelu je znázorněn na obrázku 9.



Obrázek 9 – Příklad postupu čela navlažení půdy při bodové závlaze lehkými písčitými půdami

Matematický model kapkové závlahy Hydrus – 2D je uveden v [35], použití téhož modelu při podpo-
vrchové závlaze je uvedeno v [32].

10 Metody a způsoby uspořádání mikrozávlah zemědělských plodin

10.1 Potřeba vody pro doplňkovou závlahu při využití mikrozávlah

Návrhu mikrozávlah předchází stanovení základních návrhových veličin – závlahového množství (M_z), závlahových dávek (M_d), směrodatných závlahových dávek (M_{ds}) a specifického dávkového pří-
toku (q_d) a jejich násobení redukčními faktory. Podrobnosti uvádí ČSN 75 0434.

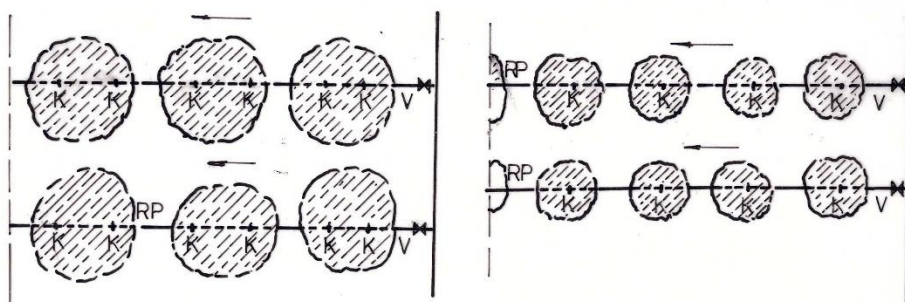
10.2 Mikrozávlahy polních plodin

10.2.1 Kapková závlaha se používá především pro závlahu zeleniny a raných brambor. Při závlaze brambor se rozdělovací potrubí s kapkovači ukládá do každého druhého řádku. Při závlaze jahod a okurek se doporučuje podložení černou (mulčovací) fólií. Používají se kapkovací hadice položené na terén, které tvoří souvislé zavlažené pásy. Výhodné je plně automatizované přidávání ve vodě rozpust-
ných průmyslových hnojiv do závlahové vody.

10.2.2 K mikrozávlahám v polních podmínkách se používají také mikropostřikovače a rozstřikovače, umožňující plošný postřik. Náročnější je stabilizace postřikovacích zařízení, aby byla situovaná kolmo na terén.

10.3 Mikrozávlahy ovocných sadů, vinic a chmelnic

10.3.1 Při závlaze ovocných sadů se využívají všechny způsoby mikrozávlah. Kapkovače se umísťují nad střední část hlavní masy kořenů, u menších ovocných dřevin (např. vřetenových zákrsků) se použi-
je jeden kapkovač (obrázek 10). Alternativním řešením je využití kapkovacích hadic s tlakovou kom-
penzací kapkovačů umístěných po 0,75 m u broskvoní a merunek a 1 m u jabloní. Výkon kapkovačů je
od $1,6 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ do $3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$.



K - kapkovače

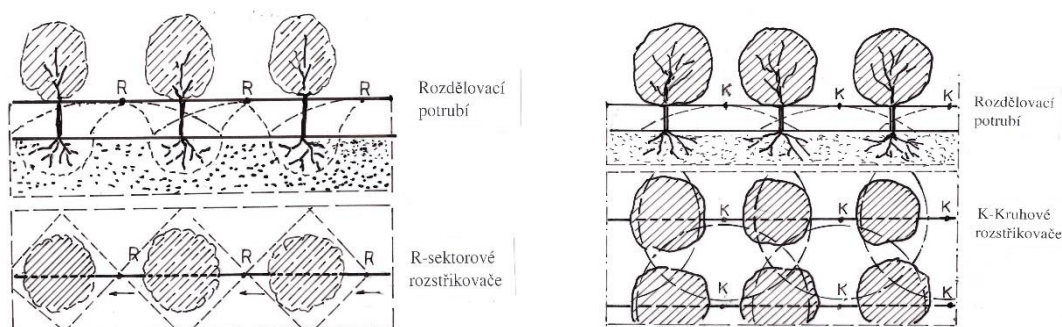
V - ventily (šoupátka)

RP - rozdělovací potrubí

Obrázek 10 – Uspořádání kapkové závlahy v ovocném sadu

U větších stromů se navrhuje dva, výjimečně až tři kapkovače, buď na jednom rozdělovacím potrubí, nebo se použijí dvě rovnoběžně uložené kapkovací hadice. Rozdělovací potrubí s kapkovači se zavěšuje na vodící konstrukci (drátěnku) 0,5 m nad zemí, u meruněk, broskvoní a višní se ukládá na terén podél kmenů nebo mělce do terénu.

10.3.2 Rozdělovací potrubí s mikropostřikovači se zavěšují na nosnou konstrukci (drátěnku), případně se ukládají na terén, nebo do terénu. Při použití mikropostřikovačů se voda z potrubí uloženého v terénu přivádí výstupním potrubím. I v tomto případě je třeba zajistit kolmé postavení odbočky s mikropostřikovači, aby se zajistilo rovnoměrné rozdělování vody po zavlažované ploše.



Obrázek 11 – Závlaha sektorovými (R) a kruhovými (K) rozstřikovači

Uspořádání závlahy se sektorovými a kruhovými rozstřikovači je znázorněno na obrázku 11. Ztráty vody při mikropostřiku jsou v důsledku zvýšeného výparu do ovzduší vyšší než u kapkové a bodové závlahy. Příznivější je rovnoměrnost navlážení celé kořenové plochy, za cenu zvýšené spotřeby závlahové vody.

10.3.3 Při závlaze vinic se upřednostňuje kapková závlaha. Linky rozdělovacího potrubí se zavěšují na nosnou konstrukci vinice, ukládají na terén a pod zem. Z hlediska obhospodarování vinice, je nejvhodnější zavěšení rozdělovacího potrubí na vodící konstrukci 0,5 m až 0,6 m nad terén. Kapkovač se umísťuje nad střední část hlavní masy kořenů jednotlivých rostlin. Alternativním řešením je menší rozteč (vzájemná vzdálenost) kapkovačů a využití zavlažovaných pásů kapkovači vybavenými tlakovou kompenzací, podrobněji popsanych u ovocných sadů.

10.3.4 Při závlaze chmelnic se rozdělovací potrubí kapkové závlahy zavěšuje na vodící konstrukci nad zem, nebo se ukládá pod zem. Rozchod kapkovačů se pohybuje od 0,8 m do 1,2 m, nižší hodnota platí pro lehké půdy. Prostor mezi řádky chmelnic se nezavlažuje. Závlahové zařízení je možné doplnit dávkovacím zařízením na průmyslová hnojiva (přihnojovačem).

10.3.5 Problematika speciálních klimatizačních a protimrazových závlah je popsána v TNV 75 4307. K tomuto účelu je možné využít větší typy mikropostřikovačů, připojených na hustou síť rozdělovacího potrubí, zavěšenou na horní části vodící konstrukce, aby bylo možné zavlažovat postřikem nad korunami stromů, resp. nad vrchními částmi vinné révy. Způsob uspořádání protimrazových závlah s mikropostřikovači se neliší od klasického řešení závlahy postřikem malými nebo konzolovými postřikovači. Vzhledem ke krátkému poloměru dostřiku u mikropostřikovačů vyžaduje toto uspořádání hustou síť rozdělovacího potrubí a tím zvýšené investiční náklady.

10.4 Mikrozávlahy ve sklenících a fóliovnících

Mikrozávlahy ve sklenících a fóliovnících plní funkci zavlažovací, klimatizační, ochrannou, transportní, kdy současně se závlahovou vodou se dopravují potřebné živiny a stopové prvky.

10.4.1 Kapková závlaha je převládající způsob, při němž se používají kapkové hadice (potrubí), které vytvářejí souvislý navlažený pás. Kapkové hadice se umísťuje nad půdní povrch (vegetaci), pokládá se na povrch půdy, nebo se ukládá pod povrch půdy.

10.4.2 Mikropostřikovače a rozstřikovače plní funkci zavlažovací a klimatizační. Mikropostřikovače a rozstřikovače se upevňují na strop nosné konstrukce fóliovníku, nebo skleníku, upevňují na nosnou drátěnku nad zavlažovanými rostlinami, případně se rozdělovací potrubí ukládá na půdní povrch, nebo do půdy; v těchto případech se mikropostřikovače upevní na vzestupné odbočky z rozdělovacího potrubí.

10.4.3 Závlahu skleníků a fóliovníků je možné řešit i mobilními zařízeními. K jednoduchým zařízením patří malé pásové zavlažovače. Na okraji fóliovníku se umístí elektricky nebo hydraulicky ovládaný naviják s pružnou hadicí. Koncovku malého zavlažovače tvoří kolový resp. lyžinový podvozek s příčným ramenem a rozstřikovači, pohybující se po středovém chodníku. Alternativním řešením je malý zavlažovací most, který se pohybuje po kolejničkách, upevněných na konzolách připojených ke stěně skleníku. Na mostové konstrukci je umístěno rozdělovací potrubí s rozstřikovači. Přívod vody zajišťuje plastová hadice, navinutá na navijáku. Pohyb vpřed umožňuje naviják s tažným lankem, pohyb zpět zajišťuje naviják s hadicí. Zařízení je možné plně automatizovat, velikost závlahové dávky závisí na nastavené rychlosti pohybu zavlažovacího mostu.

10.4.4 Pro závlahu vegetace v kontejnerech se používají kapkové jehly resp. tlakově kompenzované kapkovače.

10.5 Přidávání hnojiv do závlahové vody

10.5.1 Jednoduchá aplikační zařízení používají beztlakové a tlakové přihnojovače využívající ve vodě rozpustná průmyslová hnojiva. Voda se odebírá do tlakové nádrže s rozpuštěným nebo snadno rozpustným hnojivem před clonou v přívodním potrubí a zpětně zaústí do potrubí za clonou. Rozšířené jsou ejektory pracující na principu přísávání tekutého hnojivého koncentráту z nádrže do trubního rozvodu. Alternativním řešením je přísávání tekutých hnojiv do sacího potrubí. Průtok tekutého hnojivého koncentráту se měří rotametrem.

10.5.2 K přidávání hnojiv do závlahové vody se využívají dávkovací pístová, plunžrová a membránová čerpadla s proměnnou výškou zdvihu, s elektromotory vybavenými regulátorem otáček. Čerpadla přidávají malá množství tekutého hnojivého koncentráту, který se mísí v rozvodném (rozdělovacím) potrubí se závlahovou vodou v množství závislejícím na průtoku závlahové vody. Příslušná dávka se musí dodat během závlahového cyklu. Rozšířené je využívání ejektorů ve spojení s řízeným dávkovačem tekutého hnojivého koncentráту. Složitější, digitálně řízené přihnojovače navrhuje a instaluje dodavatel.

10.5.3 Moderní dávkovací zařízení, ovládaná řídicí jednotkou, umožňují souběžně a přesně dávkovat živiny a stopové prvky až čtyřmi souběžně pracujícími aplikačními zařízeními ovládanými časovými spínači, dávkovači ovládanými v závislosti na průtoku závlahové vody rozvodným, popř. rozdělovacím potrubím aj. Dodáním předem naprogramovaného množství tekutého hnojiva pro konkrétní plochu a rostliny se dodávka tekutých hnojiv automaticky ukončuje.

10.5.4 V uzlových bodech rozvodné trubní sítě se instalují přípojky, aby bylo možné aplikovat hnojiva na konkrétní plochu a plodinu. K dostatečnému mísení tekutého hnojivého koncentrátu se závlahovou vodou dochází turbulencí proudu vody v potrubí. Koncentrace hnojivého roztoku po smísení se závlahovou vodou by neměla překročit $2,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Za přihnojovač se doporučuje vkládat filtr, zamezující úniku nerozpustných částic a případných sraženin.

10.5.5 Přihnojování předchází rozpuštění hnojiv v míchací nádrži. Hnojivý tekutý koncentrát se ve speciálních nádržích dopraví do aplikačních bodů na rozvodné trubní síti a dávkuje se do trubního rozvodu. Alternativním řešením je průběžné rozpouštění hnojiv v protékaných mísicích nádržích.

10.5.6 U drobných zařízení na přidávání tekutých hnojiv se před napojení na sací nebo výtlačné potrubí vkládá filtr zachycující sraženiny, které by mohly ucpávat kapkovače. U decentralizovaných zařízení se případný filtr vkládá před zaústění v uzlovém bodě do rozvodného potrubí.

10.5.7 Vhodnost jednotlivých hnojiv pro aplikaci mikrozávlahami, způsob přípravy a vlastní aplikace je uvedena v [78].

11 Nezemědělské využití mikrozávlah

11.1 Využití mikrozávlah v urbanizovaném prostředí

11.1.1 Zatravněné plochy se nejčastěji zavlažují kapkovacími hadicemi uloženými v půdě. Keře a samostatně stojící stromy se zavlažují kapkovači umístěnými na rozdělovacím potrubí uloženém kolem skupiny keřů a jednotlivých stromů. Mikropostřikovače se připojují na výstupní odbočky z rozdělovacího potrubí, uložené v terénu.

11.1.2 Uspořádání mikrozávlah parkových ploch vychází ze zásad uvedených v ČSN DIN 18 035-2 a ČSN DIN 18 035-4; k závlaze travníkových ploch se používají kapkovací hadice uložené v terénu. Při výpočtu potřeby vody pro doplňkovou závlahu je nezbytné počítat s potřebou vody nejen pro zatravněný povrch, ale také pro keře a stromy. Uspořádání je blízké předchozímu řešení. Závlahu je možné automatizovat a řídit vlhkostními čidly.

11.1.3 Využití mikrozávlah při závlaze travnatých sportovních hřišť se častěji řeší postřikem (viz TNV 75 4307). Travnatá hřiště je teoreticky možné zavlažovat poměrně hustou sítí kapkovacích hadic, rozchody jednotlivých linek rozdělovacího potrubí musí zajistit rovnoměrné navlžení půdního povrchu. Rozdělovací potrubí, které tvoří kapkovací hadice, se ukládají mělce pod povrch travnatého hřiště, hloubka a poměrně hustý rozchod rozdělovacího potrubí se stanoví individuálně podle hydraulických vlastností podloží trávníku. Investiční náklady jsou výrazně vyšší než při využití klasické závlahy postřikem

11.1.4 Zelené střechy se zavlažují kapkovači s rozdělovacím potrubím uloženým na povrchu střešního substrátu, resp. na dně, nad těsněním střešní konstrukce. Z klimatizačního hlediska je v letním období výhodné použít rozstřikovače malého dostřiku. K závlaze se využívá akumulovaný odtok srážkových vod ze zelené střechy; v dlouhých suchých obdobích je nezbytné deficit kompenzovat z jiných zdrojů.

11.1.5 Mikrozávlahy zahrad a okrasné zeleně u rodinných domů jsou součástí komplexního hospodaření s vodou. Při závlaze užitkových ploch se využije vybavení, které odpovídá místním podmínkám. Okrasné keře a dřeviny se zavlažují způsoby popsány v 5.1 až 5.3.

11.1.6 Součástí mikrozávlah je zařízení na přidávání hnojivých roztoků (viz 10.5) a automatizace provozu (viz kapitola 13).

11.2 Mikrozávlahy zatravněných svahů využitím kapkových závlah

11.2.1 K závlaze svahů komunikací, zatravněných svažitých ploch se používají kapkové hadice uložené po vrstevnici ve velmi mírném sklonu, aby bylo možné jejich vypouštění na začátku mimovegetačního období. Vhodnější je umístění rozdělovacího potrubí (kapkových hadic) mělce do terénu. Výkon kapkovače Q_k má být $2 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ až $3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$, což je množství vody, které rovnoměrně vsákne do půdy a není nebezpečí vzniku vodní eroze na svahu.

11.2.2 Závlaha zatravněných zemních svahů malých vodních nádrží a zatravněných zemních hrází přehrad se provádí podobným způsobem. Problémem je výškový rozdíl mezi jednotlivými linkami rozdělovacího potrubí (kapkových hadic); tlakové kompenzace zajistí regulátor tlaku. Pokud je rozdělovací potrubí uloženo na povrchu půdy na prudších svazích, je třeba ho stabilizovat, aby nedošlo k jeho posuvům po svahu.

11.3 Mikrozávlahy školek ovocných stromků, okrasných a lesních dřevin

K mikrozávlahám školkařských kultur ovocných stromků, okrasných a lesních dřevin se používají mikropostřikovače, připojené výstupním potrubím k rozdělovacímu potrubí, umístěnému v půdě. Hloubka uložení rozdělovacího potrubí závisí na hloubce agrotechnických záběrů.

11.4 Mikrozávlahy čištěnými odpadními vodami z decentralizovaných staveb

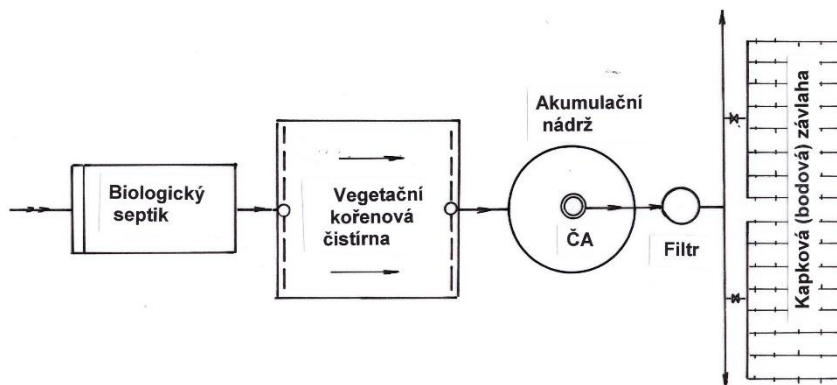
Mikrozávlahy se využívají zejména v oblastech s nedostatečnými srážkami, k závlaze se používají čištěné komunální (splaškové) odpadní vody z decentralizovaných staveb hotelů, rekreačních zařízení a zejména z rodinných domů. Při závlaze se využívá vodní a hnojivá hodnota odpadních vod při jejich současném ekonomickém a ekologickém čištění resp. dočištění v půdním prostředí.

11.4.1 Potřebné čištění odpadních vod malých producentů tvoří hrubé mechanické čištění a biologický septik, půdní filtry s vegetací a bez vegetace, aerobní biologické nádrže a malé (umělé, strojní) čistírny odpadních vod. U větších producentů se používá úplný mechanicko-biologický stupeň čištění. K úpravě čištěné odpadní vody před závlahovým využitím se v případě potřeby použije odpovídající úprava uvedená v příloze A, nejčastěji filtrace.

11.4.2 Složení čištěných odpadních vod, použitých k závlaze, musí odpovídat ČSN 75 7143. Podrobné směrnice uvádí ISO 16075-2. Odpadní vodu je třeba hygienizovat, např. UV zářením.

11.4.3 Při závlaze čištěnými a upravenými odpadními vodami je nezbytné omezit přímý styk obsluhy závlahových zařízení s odpadní vodou. Pro malé producenty odpadních vod se osvědčily mikrozávlahy, které tvoří povrchové nebo lépe podpovrchové bodové a kapkové závlahy. Schéma uspořádání je znázorněno na obrázku 12.

11.4.4 Z rozstřikovacích hubic a mikropostřikovačů se používají typy s nízkým (přízemním) úhlem postřiku a s dostřikem na malé vzdálenosti, aby byl omezen vznik aerosolů.



ČA - čerpací agregát

Obrázek 12 – Schéma uspořádání mikrozávlah čistěnými a upravenými splaškovými odpadními vodami

Podrobnosti jsou uvedeny např. v publikacích [84], [85] a [86].

12 Organizace a řízení provozu mikrozávlah

Organizace a řízení provozu mikrozávlah vychází z technického řešení a uspořádání jednotlivých závlahových zařízení, počínaje odběrem vody až po závlahový detail, z druhu zavlažovaných plodin, klimatických poměrů, agrotechnických opatření, místních podmínek aj. Základním dokumentem, ze kterého se vychází při přípravě organizace a řízení provozu, je provozní řád závlah.

12.1 Provozní řády mikrozávlah

Při zpracování provozního řádu se vychází z postupu uvedeného v TNV 75 4931. Návrh provozu závlahové soustavy má obsahovat přehledně sestavené údaje o půdních charakteristikách (druhu půdy, hydrolimitech), vsakovací schopnosti půd, svažitosti zavlažované plochy, oslunění a zastínění dílčích částí ploch, konfiguraci terénu a také návrhové odběry vody z jednotlivých bloků/sekcí závlahové trubní sítě (popřípadě s odkazem na elektronické dokumenty, uložené v PC, na datovém serveru apod.).

12.1.1 Úvodní část tvoří titulní list, obsah provozního řádu, úvodní charakteristika řešení závlahové soustavy.

12.1.2 Popis závlahové soustavy obsahuje charakteristiku zdroje závlahové vody, odběrného zařízení, čerpání, hlavní sestavy (úprava parametrů závlahové vody), přívodu, rozvodu závlahové vody a závlahového detailu, případně jejich specifického uspořádání.

12.1.3 Pokyny pro provoz jednotlivých závlahových zařízení podrobné závlahy (závlahového detailu) jsou součástí návrhu těchto zařízení a jsou rámcově uvedeny v kapitole 5.

12.1.4 Požadavky na jakost závlahové vody a její úpravu jsou uvedeny v kapitole 6. Do provozního řádu se zapracují konkrétní podmínky zjištěné průzkumem (viz 4.2), pro konkrétní použité závlahové zařízení, zejména závlahový detail.

12.1.5 Způsob postupu prací při vzniku poruch a jejich opravách, údržba a modernizace zařízení mikrozávlah jsou uvedeny v kapitole 15.

12.1.6 Pro řízení provozu závlahových staveb se posoudí vhodnost zabudování potřebných měrných zařízení pro sledování meteorologických veličin a půdních charakteristik (např. osazení srážkoměrů, hygrometrů měřících vlhkost ovzduší, teploměrů, měřících teplotu ovzduší a půdy, měřičů půdní vlhkosti, anemometrů aj.). Výše uvedená měření jsou v digitální formě vyhodnocována odpovídající

výpočetní a přenosovou technikou. Vhodný hardware, software a metody řízení provozu uvádí ČSN EN 12484-1 a ČSN EN 15099-1.

12.1.7 Současně se znovu posoudí jakost zdroje vody, rozsah filtrace, časový harmonogram čištění filtrů a doporučí se případné přihnojování.

12.2 Provozní řády mikrozávlah drobných parcel

Jednoduché provozní řády pro mikrozávlahy drobných parcel (zahrady, malé plochy zeleně aj.) zavlažované z lokálních malých vodních zdrojů (studen, akumulčních nádrží srážkových vod, vodovodů) zpracovává uživatel nebo realizační firma v rámci pokynů TNV 75 4931.

12.3 Provozní řády ovocnářských a zelinářských ploch

Provozní řád vychází z uspořádání a možností zdrojů závlahové vody a z potřeby závlahové vody rozdílnou vegetací.

12.4 Provozní řády mikrozávlah městské zeleně

Provozní řády mikrozávlahy městské zeleně a parků se řeší v závislosti na velikosti plochy a skladbě travních porostů a parkových kultur (keře, květiny, vzrostlé stromy).

12.5 Zvláštnosti provozních řádů mikrozávlah připojených na trubní síť závlahy postřikem

Mikrozávlahy připojené na závlahovou trubní síť klasických závlah postřikem, kde převažuje závlaha postřikem, mají určitá specifika. Často využívají menší podíl z vodního zdroje. Provozní řády je třeba zpracovat v souladu se závlahou postřikem a přizpůsobit je zásadě minimálního využití regulátorů tlaku.

12.6 Provozní řády velkoplošných mikrozávlah

Provozní řády se zpracovávají obdobně jako u velkoplošných závlah polních plodin – viz TNV 75 4931.

12.7 Provozní řády mikrozávlah ve sklenících a fóliovnících

Mikrozávlahy skleníků a fóliovníků jsou ovlivněny velikostí a technickým uspořádáním těchto zařízení. Způsob řízení a organizace provozu se řeší individuálně. Provozní řády mikrozávlah ve sklenících a fóliovnících je třeba přizpůsobit růstovému stadiu rostlin, způsobu obhospodařování rostlin, hnojení na list, klimatizačním účelům aj. Vzhledem k náročné úpravě vody jde většinou o zcela automatizované systémy.

12.8 Provozní řády mikrozávlah čištěnými odpadními vodami

Mikrozávlahy čištěnými odpadními vodami, plnící účel dočišťovací a zavlažovací, musí při návrhu organizace provozu a v provozních řádech respektovat hygienické směrnice, garantovat lhůty mezi poslední závlahou a sklizní, ochranné vzdálenosti od soustavné zástavby aj. Při použití mikropostřikovačů je limitní rychlost větru ($1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), viz [82] a [84].

Rozvodná, rozdělovací, ale často i přírodní potrubí mikrozávlah, která jsou vedena na povrchu nebo v zámrazné hloubce, je nutné před příchodem mrazů odvodnit/vypustit. Před jarním spuštěním je nutné provést kontrolu a systém napustit.

12.9 Výchozí podklady pro řízení provozu

Základními veličinami, nezbytnými pro organizaci a řízení provozu mikrozávlah, jsou závlahová množství a závlahové dávky. Podrobnosti stanovení jsou uvedeny v ČSN 75 0434.

12.9.1 Stanovení potřeby závlahové vody vychází z podrobného zpracování klimatických poměrů, požadavků rostlin na vodu, půdních poměrů, druhu a jakosti vody, způsobu aplikace vody (závlahového detailu) aj. Podrobnosti jsou uvedeny v ČSN 75 0434.

12.9.2 Stanovení závlahových dávek M_d , v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, potřebných k řízení závlahového provozu, vychází ze vztahu:

$$M_d = 100 \cdot k_z \cdot (\theta_{PK} - \theta_m) \cdot h$$

kde je

k_z ztrátový součinitel podle 4.2.2 ČSN 75 3404;

θ_{PK} kapilární pórovitost půdy, v % objemu půdy;

θ_m momentální vlhkost půdy, v % objemu půdy;

h potřebná hloubka navlažení závislá na půdním druhu, na plodině a jejím vývojovém stadiu (hloubka uložení hlavní masy kořenů), v m.

12.9.3 Ke stanovení okamžité vlhkosti půdy se používají dále uvedené metody:

- Odporová metoda je založena na měření odporu porézními bločky s dvěma elektrodami. Půdní vlhkost se vyhodnotí z kalibrační křivky, vyjadřující závislost mezi elektrickým odporem a vlhkostí.
- Tenzometrická metoda stanoví půdní vlhkost odečtením z předem stanovené půdní retenční čáry a změřené hodnoty sacího tlaku půdní vody.
- Dielektrické metody stanovují půdní vlhkost v závislosti na změně hodnoty relativní dielektrické konstanty. Dielektrická konstanta pro půdu a půdní vzduch je výrazně nižší než pro vodu.
- Další nepřímé moderní metody měření půdní vlhkosti založené na měření elektrických veličin, např. TDR (time domain reflectometry), FDR (frequency domain reflectometry).
- Vážková (gravimetrická) metoda stanoví půdní vlhkost z rozdílů hmotností vlhkého vzorku půdy a vzorku půdy vysušeného při 105 °C. Používá se převážně při kalibraci výše uvedených nepřímých metod.

Vlhkostní senzory je nutno předem v terénu kalibrovat. Interpretaci naměřených dat výrazně ovlivňuje heterogenita půdních vlastností.

13 Automatizace provozu mikrozávlah

13.1 Ovládací systémy

Automatizace provozu může být částečná (princip časového spínače), nebo úplná (tzv. Automatizované ovládací systémy). Ovládání závlahového systému může být doplněno i vzdáleným přístupem (tzv. Inteligentní automatizované ovládací systémy), viz např. [64]. Rozsah automatizace se navrhuje zejména podle místních podmínek a požadavků investora. Spolehlivost automatického řízení závlahové soustavy podstatně závisí na kvalitním stabilním závlahovém detailu a na spolehlivé komunikační síti mezi aplikační technikou a řídicí jednotkou.

13.1.1 Při částečné automatizaci je obvykle automatizován provoz čerpadel, čerpací stanice, úpravy vody a spouštění závlahy (řízení). Ovládací jednotka funguje na principu časového spínače a podle předem určeného režimu postupně zapíná a vypíná jednotlivé bloky/sekce mikrozávlahy.

13.1.1.1 Některé poloautomatické ovládací jednotky lze přiřadit do Inteligentních automatizovaných ovládacích systémů přidáním komunikačního modemu (GSM, WiFi/LAN). Tím je umožněn vzdálený přístup do těchto ovládacích jednotek, případně je umožněn i přístup k meteorologickým údajům, čímž se z těchto ovládacích jednotek stávají plně automatizované ovládací systémy.

13.1.2 Systémy mikrozávlah s úplnou automatizací řídí systém podle aktuální potřeby závlahové vody. Režim závlahy je automaticky upravován v závislosti na meteorologických datech, jako mohou být data o srážkách, směru a rychlosti větru, teplotě, vlhkosti půdy, solární radiaci (slunečním záření), vzdušné vlhkosti, výparu aj. Údaje ze senzorů jsou automaticky vyhodnocovány a systémem je stanovena potřebná závlahová dávka. Kromě údajů z vlastní meteorologické stanice v zavlažovaném území se mohou využívat také údaje ze sítě veřejných meteorologických stanic nebo z dostupných databází meteorologických serverů. Zároveň může být také umožněn vzdálený přístup uživatele k systému ovládání (z PC, SmartPhonu, tabletu). Pro vzdálený přístup se používá ovládání GSM, WiFi/LAN. 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 řídicí jednotkou s možností přenosu do PC.

13.1.2.1 Plně automatizované závlahové systémy mohou obsahovat doplňkové prvky automatizace, kterými ovládají čerpací stanice, akumulační nádrže závlahové vody atd., viz kapitola 13.3. Tato zařízení pracují ve spojení s dálkově ovládanými uzávěry různých typů, které jsou rozmístěny na přívodní, rozvodné a rozdělovací síti.

13.1.3 Některé moderní ovládací systémy mohou pracovat i s krátkodobou předpovědí počasí a vyhodnocovat reálná data (minulá i očekávaná). Při očekávaném vyšším srážkovém úhrnu pro následující den dočasně zastaví závlahu a podle naměřených dat aktualizují provoz. Mají také možnost optimalizace průtoku odběru vody vzhledem ke kapacitě čerpací stanice, mohou spustit sekce v takovém pořadí, aby byly přednostně zařazeny vybrané plodiny při současném plném využití kapacity čerpací stanice. Navíc lze u některých ovládacích systémů také nastavit kontrolu průtoku při závlaze (nutná instalace průtokoměru v systému) a určit reakci při poruchových stavech v systému (upozorňovací hláška, případně uzavření sekčního, nebo hlavního elektromagnetického ventilu).

13.1.4 Řešení ovládání se navrhuje v různých modifikacích podle výrobců jednotlivých zařízení a podle technických potřeb a možností na realizované ploše. Pro komunikaci mezi ovládací jednotkou a elektromagnetickými ventily/uzávěry lze použít kabelové rozvody, dekodérové nebo bateriové systémy. Ke kabelovému propojení ovládací jednotky s elektromagnetickými ventily a senzory se používají kabely se zemní izolací. Doporučené průřezy vodičů v závislosti na délce jednotlivých kabelů a počty vodičů k armaturám jsou uvedeny např. v [64]. Pro rozsáhlejší systémy, kde se délky kabelových rozvodů pohybují řádově ve stovkách metrů i více, se používají dekodérové ovládací systémy. Vlastní ovládací jednotky mohou být buď v provedení vodotěsném (IP 68), nebo bez krytí IP 68 (jednotky, určené k umístění do interiéru, nebo exteriéru). Druhé jmenované nesmí být nikdy umísťovány do mokrého nebo vlhkého nevětraného prostředí (např. do podzemních šachet). Při umístění do exteriéru musí být tyto jednotky opatřeny vlhkotěsnou skříňkou a chráněny před deštěm, stříkající a zatékající vodou.

13.2 Zařízení na sledování meteorologických prvků a vlhkosti půdy

Meteorologické údaje slouží pro stanovení závlahových množství, dávek, k určení počátku a konce závlahy nebo k jejímu přerušení při nevhodných klimatických podmínkách. Údaje z měřících zařízení se přenášejí do ovládací/řídicí jednotky systému. K dispozici jsou jednoduchá zařízení tzv. senzory/čidla srážek, přes 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. Průběžným měřením, digitalizací naměřených hodnot a počítačovým zpracováním naměřených dat se vytvářejí předpoklady pro stanovení optimálního průběhu závlahy.

13.2.1 Srážkoměry

Srážkoměrné údaje se sledují na všech venkovních automatizovaných závlahových soustavách. Překročí-li srážkový úhrn limitní hodnoty, řídicí jednotka zastaví provoz závlah. Měření probíhají buď klasicky, srážkoměrem, nebo zjednodušenou možností měření srážek (senzor/čidlo srážek). Jde o využití jednoduchého blokovacího zařízení, které tvoří porézní bloček. Jakmile dojde k nasycení bločku vodou, pozastaví se závlaha, zabrání se proběhnutí nastaveného závlahového cyklu a přemokření zavlažované plochy. Při vyschnutí čidla je průběh zavlažování automaticky obnoven.

13.2.2 Měření rychlosti a směru větru (anemometr)

Měření rychlosti větru se používá zejména u mikropostřiku. V případě silného větru anemometr zablokuje ovládací jednotku a tím zabrání nevhodné distribuci vody a nerovnoměrnosti závlahové dávky. U nízkotlakých postřikovačů je podle Granadose (viz [68]) doporučován limitující faktor provozu $4,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (3. stupeň Beauforta). Záleží také na konfiguraci (nerovnosti) terénu a její vliv je třeba zohlednit především u protimrazové závlahy. Při zemi jsou dosahovány nižší rychlosti větru a pro lokality, kde je častější výskyt silnějších větrů, se doporučuje používat postřikovače s nižším úhlem vzestupu/trajektorie paprsku.

13.2.3 Sledování vlhkosti půdy

Viz 12.9.3 a [20] a [29]. Použití vlhkostních čidel pro řízení závlahového režimu není v současné době příliš rozšířené. Častější je sledování vlhkosti půdy v agroaplikacích než v komerčních závlahových systémech (zahrady, parky, sportoviště). Mezi největší překážky použití vlhkostních čidel patří velká heterogenita půdních vlastností a tedy i vlhkostí půdy (plošná i profilová). Zejména ve větších pěstebních plochách je obtížné nalézt reprezentativní umístění čidla a případné měření na více stanovištích znamená vyšší pořizovací náklady. Místo měření absolutní hodnoty vlhkosti je proto často výhodnější a přesnější používat hodnoty relativní změny vlhkosti, v tomto případě se uvedená heterogenita tolik neuplatňuje. Proto se také častěji používají jednodušší čidla srážek.

13.2.4 Měření slunečního záření

Celková energie rozptýleného (difuzního) slunečního záření se měří čidly solární radiace pyranometry (solarimetry). Pyranometr bývá většinou součástí automatických meteostanic a měřená data se používají ke stanovení evapotranspirace. Intenzita přímého slunečního záření (ve $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) se stanoví aktinometry. Čidla pro měření intenzity slunečního záření procentuálně přidávají nebo ubírají (podle konkrétních podmínek oslunění) dobu závlahy jednotlivých bloků zavlažovaných ploch/sekcí, nastavenou v ovládacích jednotkách.

13.2.5 Měření teploty

Měření teploty ovzduší je důležitou součástí všech meteostanic a je jednou z veličin nezbytných pro výpočet evapotranspirace. V reálném čase a s vysokou přesností monitoruje teplotu a vlhkost vzduchu zejména ve sklenících a používá se také k řízení mikroklimatu. Znalost teploty půdy je potřebná pro výpočet evaporace z půdy.

13.2.6 Měření výparu a evapotranspirace

Vzhledem k časové náročnosti na obsluhu není měření výparu v ČR běžnou součástí závlahových systémů. Průměrná výška výparu z vodní hladiny se spíše určuje z matematických vzorců obsahujících snadněji změřitelné veličiny jako teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a další meteorologické veličiny. Srovnávací data je možno získat například ve výparoměrné stanici Hlasivo u Tábora, která měří výpar z volné vodní hladiny již od roku 1957. Z měření standardních meteorologických veličin (většinou automatickými meteorologickými stanicemi) se počítá také evapotranspirace pro řízení závlahových systémů. V zahraničí se používají k řízení lokalizovaných závlah atmometr podle Pichea, nebo na velkých soustavách plně automatizovaná měření na půdních lyzimetrech (velké množství měřených veličin).

13.2.7 Měření vlhkosti ovzduší ve sklenících a fóliovnících

Pro řízení mikroklimatu a k řízení závlahy mikropostřiku se ve sklenících a fóliovnících používají digitální čidla teploty a vlhkosti vzduchu. V reálném čase a s vysokou přesností monitorují aktuální klimatické podmínky. Mají být umístěna v krytech, aby nebyla přímo skrápěna závlahovou vodou. Umožňují přenos dat do ovládací jednotky a většinou také umožňují vzdálený přístup.

13.3 Měrná, regulační a ochranná zařízení

Součástí systémů mikrozávlah jsou doplňková zařízení – prvky měrné, regulační a ochranné techniky. Měrná zařízení na závlahových systémech měří průtok vody v potrubí (vodoměry, průtokoměry), úroveň hladin v nádržích (nejčastěji ponornými vodivostními hladinoměry, kapacitními, odporovými, ultrazvukovými, mikrovlnnými a laserovými čidly), tlak v potrubí (manometry) a dávkování tekutých hnojiv dávkovacími čerpadly, měření průtoku rotametry aj. U větších závlahových soustav s kanálovým rozvodem se používají Parshalovy a Venturiho žlaby, měrné přepady, různé typy vodočtů s dálkovým přenosem dat aj. V odůvodněných případech se výjimečně navrhuje průběžné měření jakosti vody průtočnými analyzátory.

13.3.1 Na trubních řadech mikrozávlah se stanovuje především průtok a tlak. K měření průtoku a spotřeby závlahové vody se osazují vodoměry nebo průtokoměry. Vodoměry se navrhují podle jmenovitých průtoků (Q_n). Podle konstrukce a způsobu měření mohou být průřezové, rychlostní, objemové, indukční nebo ultrazvukové. Vodoměry bývají většinou osazeny v závlahových čerpacích stanicích. U závlahových soustav napojených na veřejnou vodovodní síť jsou měřicí zařízení osazena podle požadavků provozovatele vodovodní sítě.

13.3.1.1 V hlavních sestavách automaticky ovládaných závlahových systémů plní vodoměry funkci senzoru. Měří průtok v reálném čase a ve spojení s ovládací jednotkou lze nastavit hodnotu maximálního průtočného množství za závlahový cyklus, maximální proteklý objem vody za časovou jednotku nebo minimální okamžitý průtok. V případě překročení nebo nedosažení hodnoty nastavené v ovládací jednotce je vysíláno chybové hlášení a uživatel je informován o změně stavu. Zapojení udávají pokyny výrobci.

13.3.1.2 Tlak se měří v soustavách mikrozávlah manometry různých typů a uspořádání, nejprve v čerpacích stanicích na výtlačném potrubí za čerpadly, před filtrem a za ním, kde stanovuje potřebu čištění filtru (sleduje se průchodnost/ucpání filtru). Měření tlaku se používá též formou stavových tlakových sond monitorujících polohu hladiny v nádrži. Manometry lze osazovat i jako kontrolní (na zjištění tlakové ztráty od zdroje vody) v nejvzdálenějších místech závlahového detailu.

13.3.2 Ochranné, spínací a regulační prvky jsou v systémech mikrozávlah obsaženy u čerpacích stanic, na trubní síti a v závlahovém detailu.

13.3.2.1 Ochranné prvky čerpacích stanic zabraňují poškození čerpadla, trubních rozvodů nebo větším únikům vody. Zahrnují signalizaci výšky hladiny vody v sací jímce a ochranu proti přetečení jímky, elektronickou ochranu proti přetížení, ochranu proti chodu nasucho/naprázdko, ochranu proti tlakovým rázům a nežádoucím přetlakům v systému (pojistné přetlakové ventily, tlakové protirázové nádrže aj.).

13.3.2.2 Spínací prvky čerpacích stanic jsou většinou vyžadovány jako ochrana a zabezpečení čerpadla. Většinou je možno volit z různých provedení (ovládání spínacím relé, tlakovým spínačem, průtokovým spínačem nebo tlakovým spínačem s frekvenčním měničem). Některé z prvků mohou patřit do více kategorií, například frekvenční měniče jsou prvkem jak regulačním, tak spínacím. Frekvenční měnič reguluje otáčky čerpadla a mění jeho charakteristiku. Udržuje konstantní tlak při změně velikosti odběru vody.

13.3.2.3 Mezi ochranné prvky závlahového systému patří filtrační zařízení a hlavní elektromagnetické ventily. Filtrační zařízení chrání závlahový systém proti přetížení mechanickým a biologickým znečištěním, viz příloha A. Typ filtrace se volí podle druhu a stupně znečištění a podle použitého závlahového detailu. Automatizaci zde tvoří časově nastavitelné zpětné proplachy filtrů, prodlužující interval manuálního čištění.

13.3.2.4 Hlavní elektromagnetický ventil je ovládán ovládací jednotkou a vypouští vodu do systému pouze po dobu zavlažování. Tím zajišťuje, aby byl závlahový systém zavodněný, nikoliv však pod stálým tlakem; tento způsob se používá pouze pro méně rozsáhlé závlahy. Podmínky pro použití a umístění hlavního elektromagnetického ventilu udává např. [64]. Na velkoplošných závlahách se udržuje trubní síť pod stálým tlakem, který odpovídá minimálnímu potřebnému tlaku nejvýše položeného a nejvzdálenějšího místa distribuce. Ke ztrátám vody z trubní sítě dochází především na uzavěrech. Tyto ztráty jsou běžné, zvyšují se po určité době provozu a uhrazují se tzv. klidovým čerpadlem, resp. z tlakové nádrže, věžového vodojemu apod. Částečné zavzdušnění trubní sítě při spouštění čerpadel vede k vodním rázům, poškození čerpadel aj., viz např. [36] a [39]. Proto je důležité na nejvyšší místo závlahového detailu instalovat vždy odvzdušňovací ventily.

13.3.2.5 Pro závlahové soustavy využívající vodu z vodovodního řadu patří mezi ochranné prvky potrubní oddělovač a zpětná klapka (použití pouze zpětné klapky nestačí). Obě armatury se umísťují do hlavní sestavy závlahového systému. Potrubní oddělovač bezpečně chrání rozvody vody před kontaminací způsobenou zpětným průtokem nebo zpětným nasátím ze závlahových rozvodů, viz ČSN EN 1717. Musí být odkanalizován pro vypuštění zbytkové vody při poklesu vstupního tlaku.

13.3.2.6 V případě připojení závlahy na domovní vodárnu má zpětný ventil i další funkce – zabraňuje přetlačování vody zpět do čerpadel nebo umožňuje čištění filtrační vložky.

13.3.2.7 Mezi regulační prvky patří hydraulická regulace (škrcení průtoku, obtok), regulátory tlaku (redukční tlakové ventily), frekvenční měnič otáček (mění charakteristiku čerpadla). Regulační prvky plní optimalizační funkci (při nevyrovnaných průtocích sekcí, příliš výkonném čerpadle atd.) a prodlužují životnost zařízení.

13.3.2.8 O způsobu použití tlakových regulačních prvků rozhodují dané tlakové poměry v trubní síti a výškové poměry zavlažovaných pozemků. Povolený tlak vody udávaný výrobcem závlahového detailu nesmí být překročen v celé délce závlahové linky (tlaková odolnost prvků je značena PN). Redukční tlakové ventily chrání potrubí i jednotlivé prvky sítě před poškozením. V případech dílčích požadavků jednotlivých sekcí jsou redukční tlakové ventily osazovány až za sekční uzavěry/ventily, čímž redukují vstupní tlak konkrétních sekcí. Regulátory tlaku mohou být buď plynule nastavitelné, nebo s pevně nastaveným výstupním tlakem.

13.3.2.9 Redukční tlakový ventil zajišťuje bezpečné a poměrně stabilní tlakové poměry v závlahové síti. Je nutné jej zařadit do systému zejména při napojení na vodovodní řad (kolísání tlaku ve špičkách, v noci, o víkendu). Regulátory tlaku snižují a stabilizují tlak vody v potrubí tak, aby na začátku zavlažovacích linek, linek kapkovacího potrubí, prvků bodové závlahy nebo mikropostřiku byl vstupní tlak požadovaný výrobcem [(obecně pro mikrozávlahy 0,05 MPa až 0,4 MPa (0,5 bar až 4 bar)]. Je nezbytné se řídit pokyny výrobců, protože některá kapkovací potrubí (například sortiment s kratší životností) mohou mít doporučený nižší maximální vstupní tlak [0,07 MPa až 0,09 MPa (0,7 bar až 0,9 bar)]. Nejčastěji se používají dva konstrukční typy mechanických regulátorů tlaku – membránové a pístové.

13.3.2.10 Regulace tlaku v mikrozávlahách je většinou jednostupňová (na sekčních ventilech). Dvoustupňová regulace se navrhuje tam, kde gravitační přívod vody do systému vytváří vysoké vstupní hodnoty tlaku, nebo tam, kde je pro mikrozávlahu použito čerpadlo s velkým výstupním tlakem (například v systémech, kde je součástí i závlaha postřikem). Potom je první regulátor tlaku osazen v hlavní sestavě a druhý stupeň regulace na sekčních ventilech.

13.4 Ovládací (řídící) systémy

Základní ovládací systém automatických závlahových systémů se skládá z ovládací/řídící jednotky, senzoru měření srážek, elektromagnetických ventilů (hlavních a sekčních) a propojovacích kabelů. Ovládací jednotka s naprogramovaným režimem závlahy elektrickými impulsy zavírá a otevírá elektromagnetické ventily, které vpouští vodu do jednotlivých zavlažovaných sekcí. Ovládací jednotka se navrhuje v závislosti na místě umístění, počtu sekcí, vydatnosti vodního zdroje atd.

Základní princip ovládacích jednotek je pevně naprogramovaný časový režim závlahy pro jednotlivé plodiny/sekce. Obsahuje řadu programů (volbu různé délky závlahy jednotlivých sekcí během závlahového cyklu, možnost stanovení různých startovacích časů během dne, týdne, měsíce, pauzy mezi sekcemi, vsakovací režimy nebo procentuální úpravy dat). Ovládací jednotku/princip časového spínače vždy doplňuje minimálně senzor/čidlo srážek a jednotka pak při větším srážkovém úhrnu dočasně přeruší nebo zablokuje závlahový cyklus. Pokud je závlahový systém doplněn dalšími čidly, přizpůsobuje se závlaha sledovaným klimatickým podmínkám. Řízení závlah závisí na propustnosti půdy, druhu a charakteru plodiny, použitého závlahového detailu atd.

13.4.1 Klasické kabelové ovládací systémy, vhodné pro menší a středně velké plochy, zajišťují komunikaci mezi ovládací jednotkou a každým elektromagnetickým ventilem zvlášť dvoužilovými kabely (fáze+nulový vodič). Vstupní napětí pro ovládací jednotku je 230 V, výstupní napětí (v závlahovém systému) je 24 V.

13.4.2 Bateriové (9 V) ovládací systémy vhodné pro malé systémy skleníků, teras nebo ploch bez možnosti napájení (230/24 VAC), zahrnují bateriovou ovládací jednotku (jednotky s krytím IP 68 se umísťují nejčastěji do šachtic s elektromagnetickými ventily) a využívají vlastní zdroj energie (9 V baterie nebo solární panely).

13.4.3 Bateriové ovládací jednotky s bluetooth ovládáním pro malé systémy se programují a ovládají pomocí softwarového rozhraní mobilního telefonu (iPhone a SmartPhone) nebo tabletu. Pracují bez nutnosti připojení na internet, přes bluetooth, krytí jednotek je IP 68.

13.4.4 Hybridní systémy (230 V/9 V) jsou vhodné pro odloučené systémy bez běžného zdroje napětí 230V. Systém je napájen baterií, solárním panelem, nebo transformátorem (v případě síťového napětí). Ovládací jednotka v hybridním systému spolupracuje vždy jen s 9 V cívkami.

13.4.5 Dekodérové ovládací systémy (230 V/24 V). Komunikace mezi ovládací jednotkou a elektromagnetickými ventily je zajištěna pomocí jednoho společného dvoužilového kabelu a dekodérů. Elektromagnetické ventily, opatřeny dekodéry, jsou schopny rozpoznat různé druhy signálů z tohoto společného kabelu.

13.4.6 Internetové ovládací jednotky (24 VAC) s webovým ovládáním, programovatelné a ovládané pomocí počítače, mobilního telefonu nebo tabletu. Přístup do jednotky je přes webové rozhraní prohlížeče, případně speciální mobilní aplikací. Je nutný přístup k internetu. Propojení jednotek a elektromagnetických ventilů je pomocí dvoužilového kabelu, stejně jako u klasických ovládacích jednotek, ale díky webovému rozhraní jsou umožněny nadstavbové funkce, využívání aktuální předpovědi počasí pro úpravy závlahových dávek, viz 13.1.3.

13.4.7 Pro rozsáhlé závlahové soustavy se zpravidla navrhuje centrální řídicí ústředna/centrální ovládací prvek (počítač – hardware a software), který umožňuje správu jednotlivých ovládacích jednotek z různých zavlažovaných pozemků. Jedná se o kombinaci různých výše uvedených systémů ovládání. Komunikace je většinou bezdrátová prostřednictvím k tomu určené jednotky (modem, rozšiřující modul/Wi-Fi panel). V systému je zahrnut sběr dat z meteorologických stanic. Vzdálený přístup je umožněn z osobního počítače nebo mobilního zařízení přes internet a data jsou uložena v cloudu.

14 Vliv mikrozávlah na životní prostředí

Mikrozávlahy plní při ochraně a tvorbě životního prostředí řadu funkcí, které nelze zajistit klasickými závlahami vůbec, nebo pouze s obtížemi.

14.1 Mikrozávlahy umožňují zavlažovat kořenový systém pěstovaných rostlin a nezavlažovat okolní plochy bez vegetace, což vede k úspoře závlahové vody. Ztráty závlahové vody evaporací u bodových a kapkových závlah jsou výrazně nižší než u závlahy postřikem, zejména pokud jsou výtoková zařízení umístěná v půdním prostředí.

14.2 Intenzita závlahy je u kapkových závlah převážně nižší než možná intenzita vsaku vody do půdy. Tím je vyloučena možnost povrchového odtoku a vznik erozních jevů.

14.3 Kapkové závlahy je možné v plném rozsahu využít k závlaze sklonitých ploch, svahů naspů komunikací a zatravněných svahů zemních hrází malých vodních nádrží a přehrad, což klasická závlaha neumožňuje.

14.4 Přesným dávkováním čištěných odpadních vzniká v půdě zóna kapilárně zavěšené vody, nedochází k infiltraci závlahové vody do podzemních vod; tak je prakticky vyloučena jejich kontaminace.

14.5 Mikrozávlahy je možné plně automatizovat, včetně přesného dávkování hnojiv přímo do kořenové zóny pěstovaných rostlin. Hnojiva jsou plně využívána a dochází k významným úsporám.

14.6 Bodová a kapková závlaha patří k nejvhodnějším způsobům řešení podrobné závlahy v aridních oblastech.

14.7 Mikrozávlahy významně snižují spotřebu vody a energie na provoz.

15 Údržba závlahových zařízení při využití mikrozávlah

Mikrozávlahy mají v porovnání s ostatními způsoby podrobné závlahy vyšší nároky na jakost vody, zejména na obsah látek, které mohou způsobit ucpání kapkovačů, výtokových zařízení a hubic mikro-postřikovačů. Podrobnosti údržby jsou uvedeny v TNV 75 4933.

15.1 Údržba zařízení zajišťujících požadovanou jakost závlahové vody

Údržba zařízení pro dosažení požadované jakosti vody pro mikrozávlahy se dělí na zařízení umístěná na odběru závlahové vody ze zdroje vody a na zařízení upravující vodu bezprostředně před vlastní závlahou.

15.1.1 Při odběru vody z povrchových vodních zdrojů se údržba zaměřuje na norné a usměrňovací stěny, česle, statická a automaticky čištěná síta apod. Při využití srážkových vod se údržba zaměřuje na spádová síta, usazovací nádrže a filtrační jednotky.

15.1.2 Údržba zařízení na úpravu závlahové vody se zaměřuje na údržbu jemných sít, údržbu beztlakových a tlakových pískových filtrů, údržbu beztlakových a tlakových filtrů s plovoucí náplní, hydro-cyklonů, mikro- a nanofiltrů aj.

15.1.3 V současné době se při úpravě vody pro mikrozávlahy začínají uplatňovat mikrosítové filtry, diskové filtry, výjimečně až ultrafiltrační zařízení. Údržba se provádí podle doporučení výrobce zařízení.

15.2 Údržba zavlažovacích potrubí a výtokových zařízení mikrozávlah

15.2.1 Údržba rozdělovacího potrubí uloženého na terénu, resp. zavěšeného na nosné konstrukci začíná průběžnou vizuální kontrolou, opravou drobných závad a pravidelným proplachováním. Kontrolují se délkové kompenzátory a fixace zavěšeného potrubí a potrubí uloženého na svazích. Doporučuje se proplachovat rozdělovací potrubí jednou za dva týdny.

15.2.2 Údržba výtokových zařízení, kapkovačů, výtokových zařízení a mikropostřikovače a rozstřikovače je předepsána výrobcí. Rozsah údržby vychází z výsledků kontroly funkčnosti jednotlivých součástí a z jakosti vody.

15.2.3 Údržba kapkovačů a výtokových zařízení se provádí sledováním jejich funkce a pečlivým čištěním. Kontrola funkce těchto zařízení uložených v půdě je obtížná. Zejména u rozdělovacích potrubí s in-line kapkovači uloženými pod povrchem půdy se doporučuje propojení konců potrubí a zpětné proplachování. V extrémních případech se navrhuje uložit souběžně s rozdělovacím potrubím proplachovací potrubí.

15.2.4 Údržba mikropostřikovačů a rozstřikovačů zahrnuje kontrolu nastavení na kruhový nebo sektorový postřik, sledování a čištění průchodnosti hubic mikropostřikovačů a rozstřikovačů.

Před zimním obdobím je nezbytné veškeré závlahové zařízení odvodnit. Z potrubí, uloženého pod povrchem půdy, se voda vytlačí stlačeným vzduchem z nízkotlakého kompresoru. Optimální tlak vzduchu je 0,25 MP až 0,35 MPa. Zazimování řídicích jednotek, čidel, měrných a regulačních zařízení se provádí podle návodu dodavatele.

16 Kvalifikace pracovníků zabývajících se mikrozávlahami a ochrana zdraví při práci

Pracovníci, kteří zajišťují údržbářské práce, musí mít potřebnou kvalifikaci a musí být odpovídajícím způsobem vyškoleni. Podmínkou pro tuto činnost je znalost příslušných zákonů, nařízení, bezpečnostních předpisů a pokynů výrobců závlahových zařízení. Je nezbytné dodržovat příslušné právní předpisy¹⁾. Pracovníci musí být před započetím prací prokazatelně seznámeni s provozním řádem závlahové soustavy a s příslušnými předpisy²⁾ týkajícími se bezpečnosti práce, dodržování hygienických zásad zejména při závlaze odpadními vodami, způsobu ovládání jednotlivých zařízení aj.

16.1 Zásady bezpečnosti práce

16.1.1 Pracovníci musí být poučeni o zásadách první pomoci a seznámeni s místem uložení prostředků první pomoci a ochranných prostředků, které se používají při údržbářských pracích.

16.1.2 Pracovníci musí být seznámeni s protipožárními prostředky a s místem jejich uložení a dostupností.

16.1.3 Údržbu elektrických zařízení smí provádět pouze pracovníci s odbornou kvalifikací. Pracovníci musí být seznámeni s vlastnostmi látek, se kterými přijdou do styku, a poučení o způsobech jejich ukládání.

16.1.4 Pracovníci musí být seznámeni s hygienickými předpisy při práci a nakládání s odpady a odpadními vodami používanými k závlaze.

¹⁾ Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

²⁾ Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a nařízení vlády č. 101/2005 Sb.

16.1.5 K důležitým zásadám patří seznámení s provozem automatizovaných soustav a automatizovaného přidávání hnojiv a s možnostmi, vypínání částí trubní sítě z důvodu údržbářských prací, dodržování předpisů při manipulaci s regulátory tlaku a protirázovými opatřeními.

16.1.6 Na náročné údržbářské práce je nezbytné vyčlenit minimálně dva pracovníky.

16.1.7 Pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních všeho druhu a napětí a v jejich blízkosti platí základní bezpečnostní předpisy stanovené ČSN EN 50110-1 ed. 3. Obsluhující je povinen při práci používat předepsané ochranné a pracovní pomůcky podle PNE 38 1981 ed. 3. a dbát na bezpečnostní předpisy podle ČSN EN 50110-1 ed. 3.

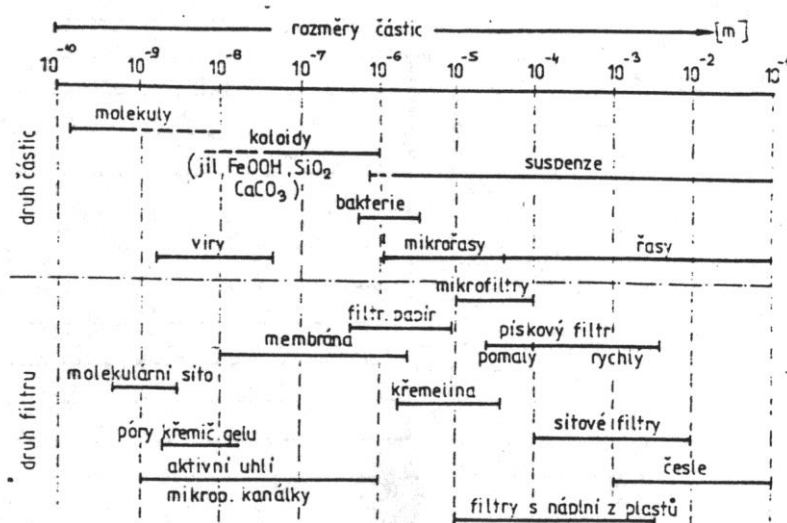
Příloha A (informativní)

Úprava závlahové vody pro mikrozávlahy

Hlavní pozornost se zaměřuje na úpravu fyzikálních vlastností závlahové vody mechanickými způsoby. Úprava chemického a biologického složení se vzhledem k vysokým nákladům využívá jen ve výjimečných případech. Na mechanickou úpravu může podle potřeby navázat magnetická úprava (viz A.2) a dezinfekce vody (viz A.3).

A.1 Mechanické způsoby úpravy

Volba vhodného způsobu mechanické úpravy závlahové vody souvisí s velikostí a vlastnostmi částic v závlahové vodě. Orientační údaje o velikosti částic a odpovídajícím zařízení na úpravu závlahové vody podle [19] jsou uvedeny na obrázku A.1.



Obrázek A.1 – Stanovení druhu filtru v závislosti na velikosti částic obsažených v závlahové vodě

Mechanické způsoby úpravy lze rozdělit do těchto skupin:

- česle (hrubé, jemné, velmi jemné, ručně a strojně stírané);
- lapáky písku (horizontální, vertikální a odstředivé lapáky písku, hydrocyklony na sacím a výtlačném potrubí);
- sítové filtry a mikrofiltry (rotační bubnové a žaluziové sítové filtry, rotační bubnové mikrofiltry – mikrocezy);
- usazovací nádrže (horizontální, vertikální, radiální, lamelové aj.);
- pískové filtry (otevřené pomalé filtry, beztlakové rychlofiltry, tlakové pískové filtry);
- filtry s filtrační náplní z plastů (beztlakové filtry s plovoucí náplní, tlakové filtry s plovoucí náplní, tlakové filtry s pěnovým polyuretanem, tlakové filtry s náplní porézních filtračních materiálů);
- mikrofiltry, tvořené soustavou mikroporézních filtračních trubic, desek aj. umístěných v tlakové nádrži, umožňující zpětné proplachování. Uspořádání filtrů do baterie je předpokladem pro automatizaci provozu.

Výběr vhodného způsobu mechanického čištění závlahové vody popř. kombinace jednotlivých zařízení závisí na rozsahu a druhu znečištění a požadované jakosti vody pro zařízení mikrozávlah. Nejmenší

nároky bývají na úpravu podzemní vody, podstatně vyšší jsou na úpravu povrchových (zejména eutrofizovaných) vod a odpadních vod.

A.1.1 Česle jsou obvykle prvním stupněm úpravy závlahové vody. Navrhují se ručně nebo strojně (mechanicky) stírané. Česle se dělí na hrubé s mezerami mezi česlicemi 60 mm až 100 mm, jemné s mezerami 20 mm až 60 mm a velmi jemné s mezerami do 20 mm. Průtočná rychlost se doporučuje v rozmezí $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Velikost ztrátové výšky Z_{ζ} , v m, se vypočítá ze vztahu

$$Z_{\zeta} = \beta \left(\frac{b}{a} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha$$

kde je

- a šířka mezery mezi česlicemi v m;
- b šířka česlice v m;
- β součinitel tvaru česlice (pro obdélníkový průřez: 2,42; jednostranně zaoblený obdélníkový průřez: 1,83; oboustranně zaoblený obdélníkový průřez: 1,67; kruhový průřez: 1,79);
- v střední průřezová rychlost, v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- α úhel, který svírají česlice s vodorovnou rovinou.

A.1.2 Lapáky písku a hydrocyklony jsou určeny k zachycování minerálních (pískových) částic ze závlahové vody. Podle směru průtoku se dělí na horizontální, vertikální, odstředivé, vírové, s příčnou cirkulací. Písek se z lapáku písku odstraňuje ručně nebo čerpáním například hydraulicky mamutkami.

U horizontálních lapáků písku se navrhuje průtoková rychlost $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $0,45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, doba zdržení nad 30 s.

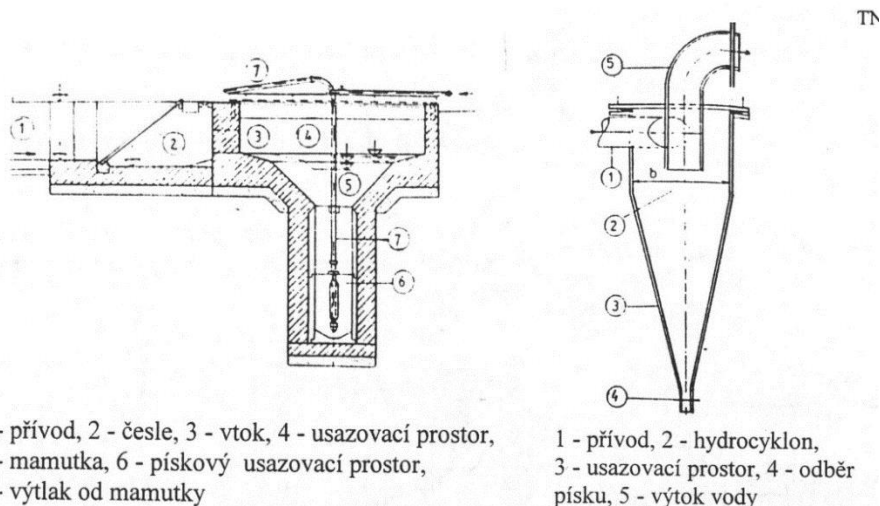
Vzestupná rychlost se ve vertikálním lapáku písku navrhuje rozmezí $0,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $0,03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, hloubka kolem 3 m, doba zdržení nejméně 30 s.

Vtokovou rychlost u vírových lapáků písku se doporučuje navrhovat v rozmezí $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, výtokovou rychlost v rozmezí $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Při vyšším obsahu organických částic se navrhují provzdušované lapáky písku.

Uspořádání odstředivého lapáku písku je znázorněno na obrázku A.2. K oddělení pískových zrn v sacím a výtlačném potrubí se používají hydrocyklony (viz obrázek A.3).

Podrobnosti řešení lapáku písku při úpravě závlahové vody jsou uvedeny např. v publikacích [17], [18], [19] a [33].



Obrázek A.2 – Schéma odstředivého lapáku písku Obrázek A.3 – Schéma hydrocyklonu

A.1.3 Sítové filtry a mikrofiltry (mikrocezy). Filtrační prostředí tvoří síťovina z oceli s různou anti-korozní úpravou, z mosazi, bronzu, plastů apod. Síla vláken filtru se volí v závislosti na provozním zatížení, konstrukci a uspořádání filtru. Velikost ok se navrhuje 0,1 mm až 4 mm, u mikrosít 10 μm až 50 μm . Průtočná rychlost sítovými filtry se navrhuje obvykle v rozmezí 0,2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ až 0,5 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Sítové filtry se navrhují ploché, trubní, bubnové a žaluziové; beztlakové a tlakové. Velikost ztrátové výšky Z_t , v cm, v závislosti na čase t podle [9] se vypočítá ze vztahu:

$$Z_t = \frac{[46 - 39 \cdot m \cdot (1 - k)] \cdot v \cdot v}{a \cdot g \cdot (1 - k)} + 0,35 \cdot [1,5 - m \cdot (1 - k)] \frac{v^2}{g \cdot (1 - k)^2}$$

kde je

k součinitel vyjadřující vliv znečištění síta v závislosti na čase t , v s; vypočítá se ze vztahu:

$$k = 0,8 \cdot \frac{c \cdot Q \cdot t}{m \cdot \rho \cdot a \cdot S}, \text{ kde } m = \frac{a^2}{b^2};$$

Q průtok filtrem, v $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;

c hmotnostní koncentrace tvrdých částic s rozměrem větším než a , v $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$;

S plocha filtru, v cm^2 ;

ρ měrná hmotnost částic, v $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$;

a velikost průliny síta, v cm;

b osová vzdálenost drátů síta, v cm;

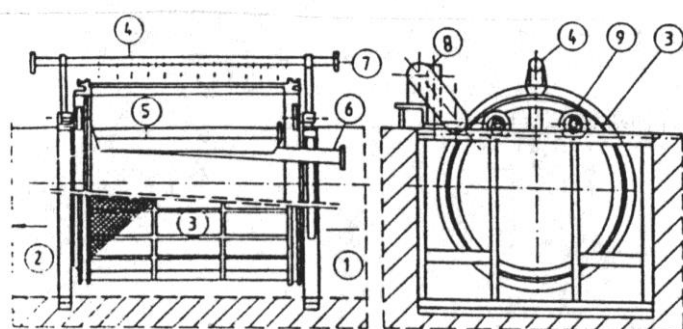
v kinematická viskozita upravované závlahové vody, v $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$;

g gravitační zrychlení, v $\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$;

v střední průřezová rychlost při průtoku filtrem, v $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Beztlakové sítové filtry se před odběrem umísťují do závlahových kanálů, vodních toků, malých vodních nádrží. Čistí se mechanickými stěrači a následným zpětným prostřikováním proudem prací vody, která současně slouží k odvodu zachycených plavenin.

Podrobnosti konstrukčního uspořádání, způsobu návrhu a využití beztlakových a tlakových sítových filtrů při úpravě závlahové vody jsou uvedeny např. v publikacích [17], [18], [19]. Příklad osvědčeného uspořádání rotačního bubnového sítového filtru je znázorněn na obrázku A.4.



- 1 - přítok, 2 - odběr,
3 - filtr, - proplachování,
5 - žlábek, 6 - odvod splavenin,
7 - přívod proplachovací vody,
8 - pohon, 9 - nosné kladky

Obrázek A.4 – Uspořádání rotačního bubnového filtru

A.1.4 Usazovací nádrže se používají k zachycení jemných usaditelných látek, převážně minerálního charakteru. Podle směru průtoku se navrhují s horizontálním, vertikálním a radiálním průtokem. K základním návrhovým parametrům patří:

a) doba zdržení t , v s:

$$t = \frac{V_{us} \cdot u}{Q}$$

kde je

V_{us} objem usazovacího prostoru, v m^3 ;

Q návrhový průtok, v $m^3 \cdot s^{-1}$;

u hydraulická účinnost usazovací nádrže, která závisí na poměru hloubky a délky (H/L) horizontální usazovací nádrže, popř. hloubky a průměru (H/D) vertikální usazovací nádrže.

Orientační hodnoty jsou uvedeny v tabulce A.1.

Tabulka A.1 – Orientační hodnoty hydraulické účinnosti usazovacích nádrží

Poměr H/L , popř. H/D	1:4	1:8	1:12	1:16	1:20
– u horizontální nádrže	0,40	0,42	0,45	0,50	0,58
– u vertikální nádrže	0,22	0,38	0,44	0,45	0,42

b) hydraulické povrchové zatížení v_p , v $m \cdot s^{-1}$;

$$v_p = \frac{Q}{S_{us}}$$

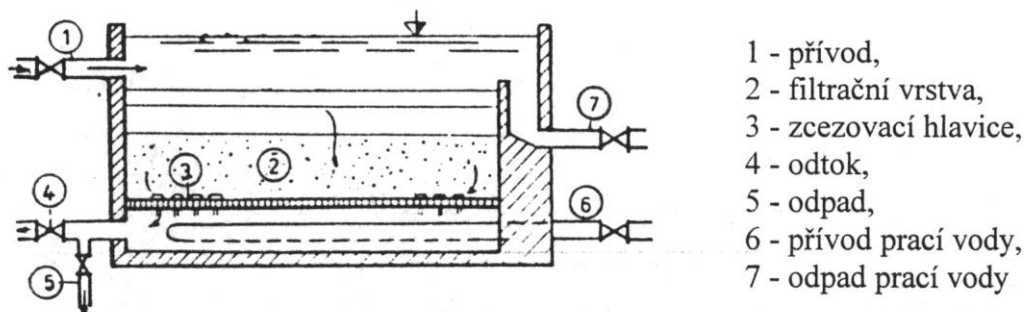
kde je

S_{us} plocha hladiny usazovací nádrže, v m^2 .

A.1.5 Pískové filtry jsou určeny k zachycení jemných suspendovaných látek, nejčastěji se používají beztlakové pomalé filtry, rychlofiltry a tlakové pískové filtry.

A.1.5.1 Pomalé filtry obvykle tvoří 0,6 m až 1,2 m vysoká filtrační písková vrstva o průměru zrn 0,15 mm až 0,40 mm; filtrační rychlost se navrhuje $2 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ až $5 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$. Na čistícím účinku se výraznou měrou podílí biologická membrána, která se vytváří na povrchu pomalého filtru. Zakolmatovaná povrchová vrstva filtru se odstraňuje, po vyprání se vrací zpět; biologická membrána se postupně regeneruje.

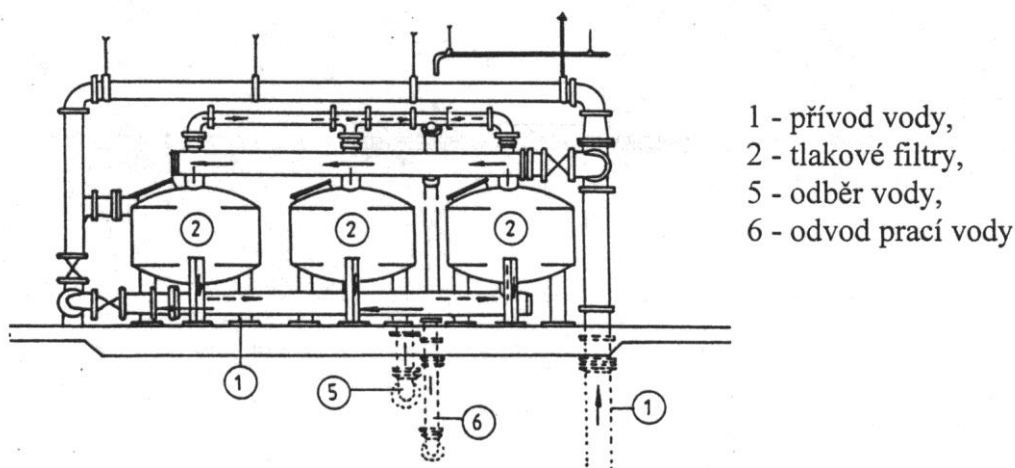
A.1.5.2 Rychlofiltry tvoří zpravidla 1,1 m až 1,4 m vysoká náplň křemičitého písku o průměru zrna 0,7 mm až 1,0 mm, při vyšším obsahu suspendovaných látek 1,1 mm až 1,6 mm. Sloupec vody nad filtrační vrstvou se navrhuje 0,6 m až 1,0 m. Filtrační rychlost je $3,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ až $4,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$. Zakolmatované rychlofiltry se nejdříve propírají vzduchem a potom prací vodou. Schéma rychlofiltru je znázorněno na obrázku A.5.



Obrázek A.5 – Schéma uspořádání otevřeného rychlofiltru

A.1.5.3 Tlakové pískové filtry se umísťují do vertikálních, válcovitých, tlakových ocelových nádob. Výška filtrační vrstvy je 1,5 m až 2,0 m, filtrační rychlost je až o 50 % vyšší než u otevřených filtrů. Při použití rychlofiltrů pro úpravu závlahové vody pro mikrozávlahy se filtry zapojují do baterie, aby bylo možné jejich vzájemné proplachování. Uspořádání baterie pískových filtrů je znázorněno na obrázku A.6.

Zásady výpočtu pískových filtrů jsou uvedeny v publikaci [19], konstrukční uspořádání obsahují typičtí směrnice uvedené v C.2.

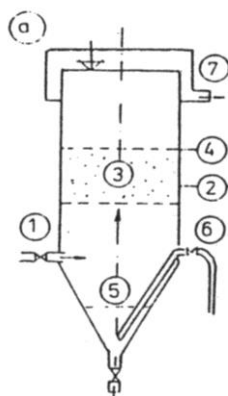


Obrázek A.6 – Schéma baterie tlakových pískových filtrů

A.1.6 Filtry s plovoucí náplní

Filtry s plovoucí náplní z plastů se navrhují v beztlakové a tlakové úpravě. Filtry s plovoucí náplní používají jako filtrační medium granule z napěněného polystyrénu o průměru 0,8 mm až 3 mm. Tloušťka filtrační vrstvy je 600 mm až 900 mm, filtrační rychlosti se doporučují v rozmezí $0,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ až $1,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. K praní se používá upravená voda akumulovaná nad filtrační náplní, prací rychlost se doporučuje $10 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ až $20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tlakové filtry s plovoucí náplní mají podobné parametry. Aby nedocházelo k deformaci granulí, neměly by provozní tlaky přesáhnout 0,2 MPa až 0,25 MPa. Uspořádání filtrů s plovoucí náplní je znázorněno na obrázku A.7.



- 1 přívod vody
- 2 nádrž
- 3 filtrační náplň
- 4 síťovina
- 5 kalový prostor
- 6 odběr prací vody
- 7 odběr upravené vody

Obrázek A.7 – Filtr s plovoucí náplní

A.1.7 Filtry se stabilním filtračním prostředím z plastů jsou vybavené deskami z pěnového polyuretanu, mikroporézními deskami nebo potrubími z polyvinylchloridu nebo polyethylenu apod. U filtračního prostředí z pěnového polyuretanu tloušťky 0,1 m až 0,3 m se navrhuje filtrační rychlost $6 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ až $10 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$. Filtrační rychlosti u ostatních materiálů se navrhuji individuálně podle vlastností materiálu.

A.1.8 Membránové technologie v posledním čtvrtstoletí doznaly značný rozvoj, který ovlivnil stávající metody úpravy závlahové vody. Membránami se odstraňuje znečištění až na úroveň požadovanou u kapkových závlah. Podle [12] může mikrofiltrace zachytit částice velikosti do $0,2 \text{ } \mu\text{m}$, ultrafiltrace $0,005 \text{ } \mu\text{m}$. Ultrafiltrací je možné zachytit makromolekuly, viry, bakterie a koloidní látky. Ultrafiltrace plně nahrazuje pískovou filtraci, sedimentaci a koagulaci. Nanofiltrace se pro úpravu závlahové vody v nejbližší době nepochybně nebude používat, zachytí vícemocné ionty, pesticidy apod. Podrobnosti jsou uvedeny v publikaci [15].

A.1.9 Diskové filtry jsou nejpoužívanějším filtračním zařízením pro úpravu vody pro kapkové závlahy. Rozsah sériově vyráběných filtrů je $800 \text{ } \mu\text{m}$ až $25 \text{ } \mu\text{m}$ (18 mesh až 600 mesh). Zařízení zachycují částice nad $25 \text{ } \mu\text{m}$ a jsou vhodná i pro čištění předčištěných odpadních vod. Navrhují se v jednotlivém provedení, nebo v baterii. Filtrační stanici tvoří optimálně čtyři vzájemně propojené tlakové diskové filtry.

A.1.9.1 Filtrační prostředí je vybaveno diskovými lamelami ze speciálních plastů, korozivzdorné oceli, s drážkami stlačenými pružinou, které se mohou přizpůsobit požadovanému čistícímu účinku. Tangenciální drážky se proplachují zpětným proudem vody. Při silném znečištění se pouzdro filtru otevře, vyjmou se filtrační disky a externě vyčistí. Podle složení vody ve zdroji a průtočného množství se navrhuji s ručním a automatickým proplachováním.

A.1.9.2 Jsou dostupné také automaticky proplachované diskové filtry. Automatická filtrace a praní je řízená buď časovým spínačem, buď spustí čištění v pravidelných časových intervalech, nebo při náhlém ucpání, popř. při zjištění zvyšující se tlakové ztráty na filtru nad limitní hodnoty, která se zjistí diferenčním manometrem připojeným před filtr a za něj.

Pro filtraci velkých objemů vody jsou určeny bubnové filtry, zachycující částice do velikosti $20 \text{ } \mu\text{m}$.

A.2 Magnetická úprava vody

K magnetické úpravě závlahové vody se používají pevné magnety a elektromagnety zapojené nejčastěji do výtlačného potrubí za čerpací stanici. Magnetická úprava zvyšuje infiltraci vody, snižuje alkalitu půdy a nebezpečí blokace kapkovačů vysráženými solemi. Podrobnosti jsou uvedeny v publikaci [11], v podmínkách ČR se tento způsob užívá spíše výjimečně.

A.3 Hygienické zabezpečení

Hygienické zabezpečení vody (dezinfekce) se nejčastěji provádí UV zářením. Zářič se umísťuje do křemíkové trubice, která je obtékána závlahovou vodou. Potřebná dávka záření D , ve $\text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$, se vypočítá ze vztahu:

$$D = E \cdot t$$

kde je

E hustota ozáření, ve $\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$;

t doba působení, nezbytná pro zničení patogenních mikroorganismů, v s.

A.4 Úprava srážkových vod

Srážkové vody jsou důležitým zdrojem závlahové vody. Specifický roční odtok ze zpevněných ploch V , v $\text{m}^3 \cdot \text{r}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, se orientačně vypočítá ze vztahu:

$$V = 10^{-3} \cdot \phi_r \cdot H_r$$

kde je

ϕ_r redukovaný odtokový součinitel (pro nedostatek přesných měření se používá hodnota neredukovaného odtokového součinitele ϕ);

H_r redukovaný roční srážkový úhrn v mm, který se stanoví odečtem od ročního srážkového úhrnu srážky menší než $1 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$.

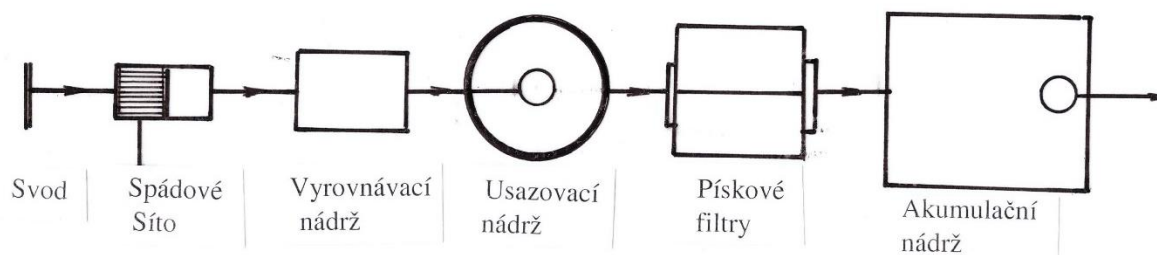
Hodnoty součinitele odtoku ϕ , podle šetření realizovaných na FAST VUT Brno, byly u šikmých střech podle druhu krytiny, sklonu a expozice od 0,75 do 0,85; nižší hodnoty byly u neglazovaných pálených tašek, vyšší hodnoty u glazovaných a kovových materiálů. U plochých střech je odtokový součinitel v rozmezí od 0,65 do 0,75. U zelených střech se stanoví individuálně; vegetace zelených střech zachytí podstatnou část srážek a evapotranspirací zpětně odvede do ovzduší kolem 40 % srážkového úhrnu. U ostatních sběrných ploch viz tabulka 1 ČSN 75 9010.

A.4.1 Úprava srážkových vod

Srážkové vody se jímají ze střech a jiných poměrně čistých ploch. K jímání vody ze zpevněných ploch se využívají jímací žlábků a navazující trubní svody vody. Srážkové vody ze zpevněných ploch je nezbytné před dalším využitím upravit. Nejčastěji se používají tato opatření:

- odstranění hrubších nečistot na samočisticím síťovém spádovém filtru;
- zachycení usaditelných látek ve vertikální nebo lamelové usazovací nádrži;
- odstranění jemných nečistot filtrací přes filtry s jemným kamenivem z křemičitého písku, vodárenského písku, drceného krystalického vápence, mikrosíta aj.

Blokové schéma řazení jednotlivých jednotek je znázorněno na obrázku A.8.

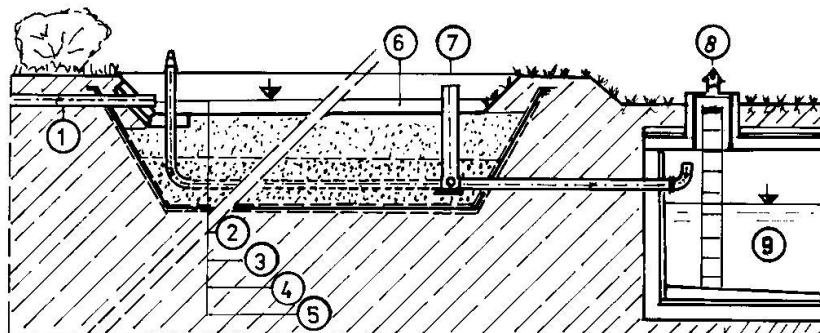


Obrázek A.8 – Blokové schéma uspořádání jednotek na úpravu srážkových vod

Před úpravárenskou jednotkou se umístí spádové síto a vyrovnávací nádrž, která umožní krátkodobou akumulaci vody při odtoku z přívalové srážky a zabezpečí rovnoměrné zatížení úpravárenského zařízení. Usaditelné látky se odstraní ve vertikální usazovací nádrži, jemné nečistoty se zachytí na filtru s pískovou náplní, která se regeneruje zpětným proplachováním. Filtrační materiál tvoří vrstva písku zrnitosti 1 mm až 2 mm, kolem jímacího perforovaného potrubí (perforovaného dna) je umístěn obrácený filtr.

Upravené srážkové vody se akumulují v nadzemních a podzemních akumulacích nádržích (cisternách) různého uspořádání. Akumulační nádrže se navrhují nadzemní, podzemní, uzavřené, kryté, méně často otevřené; zhotovují se z dílů z plastu (polypropylenu), sklolaminátu, železobetonu aj. Podrobnosti jsou uvedeny např. v publikacích [85] a [86].

A.4.1.1 Půdní filtry s retencí. K jednodušším zařízením patří upravený půdní (zemní) filtr vybavený retenčním prostorem na vyrovnání nerovnoměrnosti mezi přítokem srážkových vod a průběhem filtrace. Půdnímu filtru předchází čištění na spádových sítích a případně sedimentace v usazovací nádrži. Příklad jednoduchého půdního filtru s malou retencí je znázorněn na obrázku A.9.



- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 přívod srážkových vod | 6 retenční prostor na srážkovou vodu |
| 2 retenční prostor filtru | 7 revizní šachtiice |
| 3 filtrační prostředí | 8 vstup do akumulací nádrže s větracím komínkem |
| 4 jímací perforované prostředí | 9 akumulací nádrž na srážkovou vodu |
| 5 těsnicí fólie | |

Obrázek A.9 – Schéma půdního filtru používaného na jednoduchou úpravu srážkových vod

A.4.1.2 Na úpravu srážkových vod z čistých ploch se používají mimo jiné mikrofiltry a zejména diskové filtry (viz A.1.3 a A.1.9).

Příloha B (informativní)

Hydraulický výpočet závlahového detailu mikrozávlah

Hydraulický výpočet závlahového detailu mikrozávlah navazuje na řešení a uspořádání čerpací stanice, přívodního potrubí a rozvodné trubní sítě. Na rozvodnou trubní síť navazuje rozdělovací potrubí. Hydraulické řešení rozdělovacího potrubí (viz 8.1) vychází ze znalosti charakteristik kapkovačů, výtokových zařízení bodové závlahy, mikropostřikovačů a rozstřikovačů, místních a terénních podmínek. Výpočet dimenzí rozdělovacího potrubí vychází z rozteče kapkovačů a výtokových zařízení v souladu s půdními vlastnostmi, zavlažovanými plodinami, terénními podmínkami aj. Údaje o hydraulických parametrech kapkovačů, výtokových zařízení a mikropostřikovačů poskytují výrobci (dodavatelé zařízení). Některé údaje, zejména charakteristiky výtokových zařízení uložených v půdním prostředí, je třeba stanovit experimentálně pro konkrétní půdní podmínky. Podrobnosti jsou uvedeny v kapitole 5.

B.1 Návrh a hydraulický výpočet přívodní a rozvodné trubní sítě

B.1.1 Přívodní a rozvodná závlahová potrubí se se navrhují v souladu s ČSN 75 4306. Přívodní potrubí se dimenzují na návrhový průtok a přetlak v místě připojení na rozvodnou závlahovou síť, vodojem, zvyšovací čerpací stanici apod. Rozvodné závlahové trubní sítě se navrhují tak, aby v místě odběru závlahové vody byl zajištěn návrhový průtok a přetlak.

B.1.2 Hydraulický výpočet tlakových ztrát v potrubí se stanoví při ustáleném rovnoměrném proudění. Výpočet se doporučuje provádět pomocí vztahů vycházejících z teorie proudění v přechodné oblasti turbulentního proudění, při současném započtení místních ztrát na spojích, změně směru proudění, tvarovkách, armaturách aj. Výši ztrát třením v potrubí ovlivňují zanášení, inkrustace a případná koroze potrubí. Jejich negativní dopad je třeba zahrnout do návrhu trubní sítě.

B.1.3 Trubní síť, včetně čerpací stanice se posuzuje na rázy v trubní síti a navrhují se odpovídající protirázová opatření. Největší pracovní přetlak v závlahové trubní síti, včetně zvýšení přetlaku hydraulickými rázy nesmí převyšovat hodnoty jmenovitého tlaku použitého trubního materiálu. Při odběru vody z trubní sítě nesmí přetlak v místě připojení klesnout pod 0,05 MPa. Minimální průtočné rychlosti v trubní síti se stanoví v závislosti na sedimentační rychlosti dopravovaných částic, orientačně se doporučují $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

B.1.4 Návrh dimenzí čerpací stanice, přívodního a rozvodného potrubí a rozdělovací trubní sítě, včetně řešení podrobné závlahy se optimalizuje v závislosti na provozních vlastnostech, investičních a provozních nákladech. Podrobnosti jsou uvedeny v publikacích [18] a [40].

B.1.5 Součástí hydraulického výpočtu je stanovení ztrát vody v trubní síti, ke kterým dochází na spojích, tvarovkách a armaturách. Podrobnosti uvádí ČSN 75 4306.

B.2 Hydraulický výpočet kapkovačů, výtokových zařízení a mikropostřikovačů

Je dostupný značný počet typů, jednotlivých konstrukčních uspořádání kapkovačů, výtokových zařízení bodové závlahy, mikropostřikovačů a rozstřikovačů. Při návrhu závlahového detailu se vychází z hydraulických charakteristik jednotlivých zařízení závlahového detailu, které převážně poskytuje každý výrobce. Charakteristiky je možné stanovit experimentálně na jednoduchém testovacím zařízení, viz [59]. Příklad výpočtu dvou typů zařízení podrobné závlahy, kapilární zavlažovače a výtoková zařízení podrobné závlahy je uveden dále.

B.2.1 Kapilární kapkovače tvoří buď rovné, nebo navinuté kapilární trubice, popř. kapilární trubice přímo zalisované do stěn zavlažovacího potrubí. Průtok kapilárou Q , v $\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$, se vypočítá ze vztahu:

$$Q = \alpha \cdot L^{\beta} \cdot H^{\gamma} \cdot D^{\delta}$$

kde je

L délka kapiláry, v m, platná rozmezí 0,25 m až 1,5 m;

H tlaková výška platná v rozmezí 1,0 m až 15,0 m;

D vnitřní průměr kapiláry, v mm, platný v rozmezí 0,5 mm až 1,1 mm;

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ koeficienty uvedené v tabulce B.1.

Tabulka B.1 – Základní konstanty pro výpočet průtoku kapilárními kapkovači

Průměr kapilár mm	Průměr střední mm	Koeficienty				Součinitel korelace
		α	β	γ	σ	
0,45 až 0,55	0,511	0,275	- 0,796	0,846	1,416	0,997 4
0,55 až 0,65	0,589	0,939	- 0,752	0,795	3,108	0,995 0
0,65 až 0,75	0,786	1,070	- 0,687	0,769	3,174	0,993 4
0,75 až 0,85	0,811	0,735	- 0,675	0,748	0,953	0,993 2
0,95 až 1,05	0,991	1,278	- 0,624	0,684	2,998	0,994 5
Poznámka Zpracováno podle Irrigation localisé, Aix-en-Provence, 1975, 39 s.						

Základní charakteristiky kapkovačů, kterými je závislost průtoku na tlaku, uvádí většina dodavatelů zařízení pro mikrozávlahy. Závislost rozdělení intenzity postřiku na dostřiku mikropostřikovačů nebo rozstřikovačů není vždy k dispozici. Tuto závislost je třeba stanovit experimentálně. Zkušební zařízení se skládá z jímacích ombrometrů ve dvou kolmých směrech od mikropostřikovače až ke konci dostřiku. Změří se základní provozní veličiny, kterými jsou průtok a tlak v místě připojení mikropostřikovače, a po uplynutí časového intervalu (v min) se odečte výška zachycené umělé srážky a zaznamená v $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

B.2.2 Výtoková zařízení

Výtoková zařízení pro bodovou závlahu se osazují přímo na rozdělovací potrubí. Hydraulickým výpočtem se stanoví průtok výtokovým otvorem Q_v , v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v závislosti na tlakové výšce, průměru výtokového otvoru (S) a výtokovém součiniteli (μ).

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

kde je

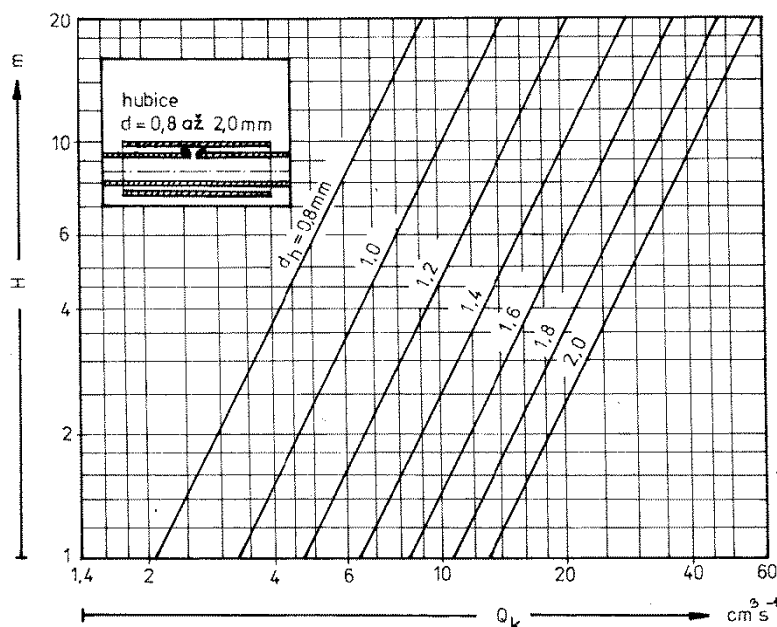
S plocha výtokového otvoru, v m^2 ;

μ výtokový součinitel, který závisí na tvaru a uspořádání výtokového zařízení, u vrtaných otvorů $\mu = 0,63$, u propalovaných otvorů $\mu = 0,87$, u výtokových hubic se zaoblenou vtokovou částí $\mu = 0,93$;

H tlaková výška v místě připojení výtokového zařízení, v m.

Výtoková zařízení bodové závlahy se umísťují na terén, ale také mělce pod terén; v tomto případě se doplňují krytkou, zabraňující ucpání. Vzhledem k větší výtokové kapacitě se často navrhnou u zařízení bodové závlahy v místech výtokového zařízení vsakovací brázdy hloubky 0,10 m až 0,15 m, délky 0,3 m až 1,8 m, umístěné po vrstevnici, výjimečně kolmo na rozdělovací potrubí. Délka vsakovací brázdy závisí na vsakovací schopnosti půdy, přesné rozměry se stanoví přímým pokusem v dané lokalitě.

Při návrhu bodové závlahy se vychází z ověřených charakteristik dodávaných výrobcem zařízení. Průtok hubicí bodové závlahy v závislosti na průměru výtokové hubice a tlakové výšce je znázorněn na obrázku B.1



Obrázek B.1 – Závislost průtoku výtokovým zařízením na tlakové výšce a průměru výtokové hubice

B 2.3 Mikropostřikovače a rozstřikovače

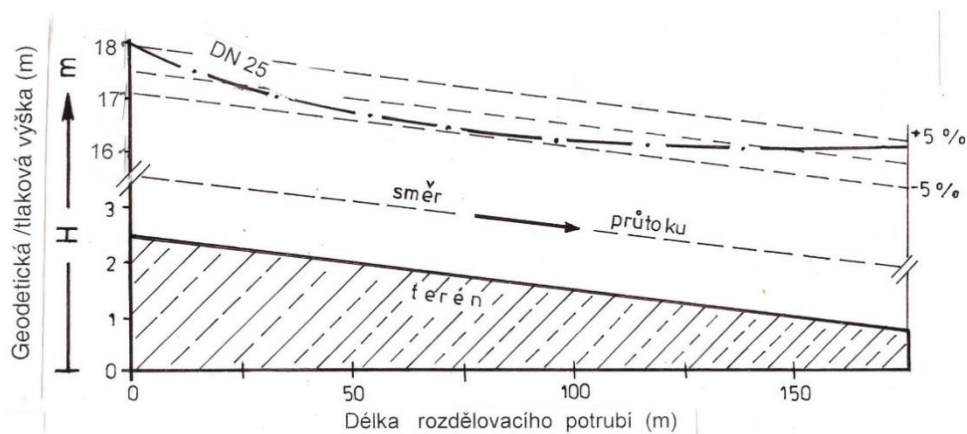
Pro návrh mikropostřikovačů jsou rozhodující návrhové parametry výrobce, vyjadřující pro konkrétní typ a průměr hubice závislost průtoku na tlaku, závislost dostřiku na tlaku a průběh intenzity postřiku v závislosti na dostřiku (viz kapitola 5). Při závlaze mikropostřikovači se zavlažuje buď celá plocha, nebo její část – sektor (např. plocha pod korunou ovocných dřevin). V prvním případě se mikropostřik navrhuje podle TNV 75 4307.

Mikropostřikovače a rozstřikovače je nezbytné v místě připojení stabilizovat, aby rozstřikovací zařízení bylo ve vertikální poloze. Mikropostřikovače a rozstřikovače zavlažují do kruhu, sektorově a popřípadě i bodově.

B.3 Návrh rozdělovacího potrubí pro mikrozávlahy

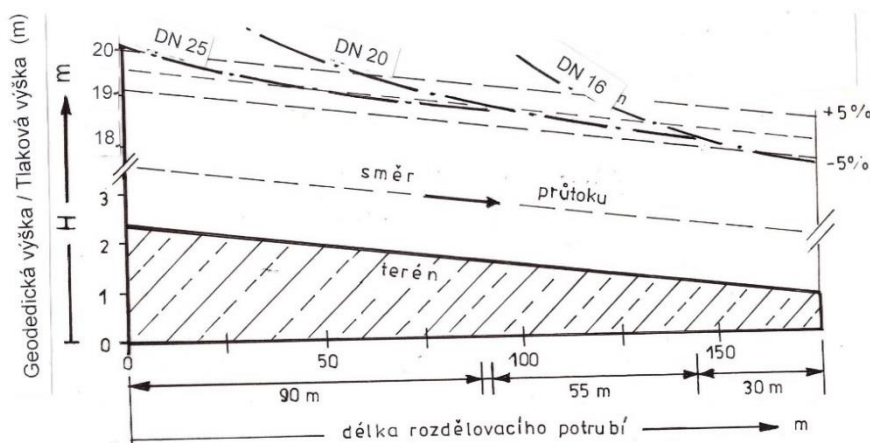
Návrh rozdělovacího potrubí má zajistit rovnoměrné rozdělování závlahové vody po celé délce rozdělovacího potrubí. Jedná se o šest individuálních řešení, na které navazuje přímý hydraulický výpočet rozdělovacího potrubí.

B.3.1 Při prvním způsobu se rovnoměrného rozdělování vody z jednotlivých výtokových zařízení po zavlažované ploše docílí jeho uložením ve sklonu, odpovídajícím sklonu hydrodynamického tlaku (čáry energie) (viz obrázek B 2). Všechna výtoková zařízení disponují přibližně vyrovnaným tlakem. Tento způsob řešení je použitelný spíše výjimečně v příznivých sklonitostních poměrech.



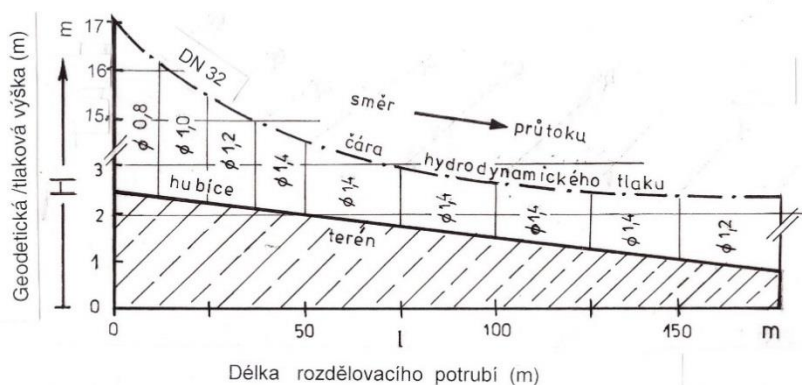
Obrázek B.2 – Návrh optimálního sklonu rozdělovacího potrubí zajišťující rovnoměrné rozdělování vody

B.3.2 Při druhém způsobu se rovnoměrného rozdělování závlahové vody po délce rozdělovacího potrubí docílí postupným zmenšováním průměru rozdělovacího potrubí (viz obrázek B.3). Rovnoměrné rozdělení tlaku v rozdělovacím potrubí příznivě ovlivní zokruhování sítě rozvodných potrubí, kdy rozdělovací potrubí je zásobeno závlahovou vodou z obou stran.



Obrázek B.3 – Zajištění rovnoměrného rozdělování vody změnou průměru potrubí

B.3.3 Třetím způsobem je změna průměru výtokových otvorů v závislosti na tlaku v místě odběru (viz obrázek B.4). Tento způsob je použitelný u bodových závlah, mikropostřikovačů a rozstřikovačů.



B.3.4 Čtvrtým, nejrozšířenějším způsobem, je využití tlakově samoregulačních kapkovačů a výtokových zařízení.

B.3.5 Pátým způsobem je umístění regulátorů tlaku do dílčích úseků rozdělovacího potrubí. Tento způsob má omezené využití.

B.3.6 Šestým způsobem je impulsní způsob rozdělování vody po délce rozdělovacího potrubí.

B.3.7 Na řešení závlahového detailu mají rozhodující vliv parametry hlavních závlahových zařízení, kterými jsou čerpací stanice, přívodní a rozvodné potrubí.

B.4 Hydraulický výpočet rozdělovacího potrubí

B.4.1 Výpočet rozdělovacího potrubí, tvarovek a armatur

B.4.1.1 Rozdělovací potrubí se navrhuje nejčastěji z PVC a polyethylenu. Pro výpočet součinitele ztráty třením po délce potrubí λ se použije rovnice Colebrook-Whiteova:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot D} \right) \text{ platná v oboru } 0,34 \leq \frac{k \cdot Re \cdot \sqrt{\lambda}}{32,5 \cdot D} \leq 6,2$$

kde je

Re Reynoldsovo číslo;

D vnitřní průměr potrubí, v m;

k hydraulická drsnost potrubí, v m; pro nové potrubí z polyethylenu se započtením svárů na „tupo“ je $k = 0,01$ mm.

Velikost ztráty třením po délce potrubí Z, v m, mezi dvěma kapkovači, popř. výtokovými zařízeními se vypočítá z Darcy-Weissbachovy rovnice:

$$Z = \lambda \cdot \frac{l \cdot v^2}{D \cdot 2g}$$

kde je

v kinematická viskozita, v $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$;

l délka potrubí, v m;

g gravitační zrychlení, v $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; má hodnotu $9,806\,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Hodnota hydraulické drsnosti u potrubí z polyethylenu je v rozmezí od 0,005 mm do 0,01 mm. Hydraulickou drsnost zvyšují sváry na tupo a polyfuzní, přípojky kapkovačů vně a ve stěně potrubí, případné provozní deformace a inkrustace rozdělovacího potrubí.

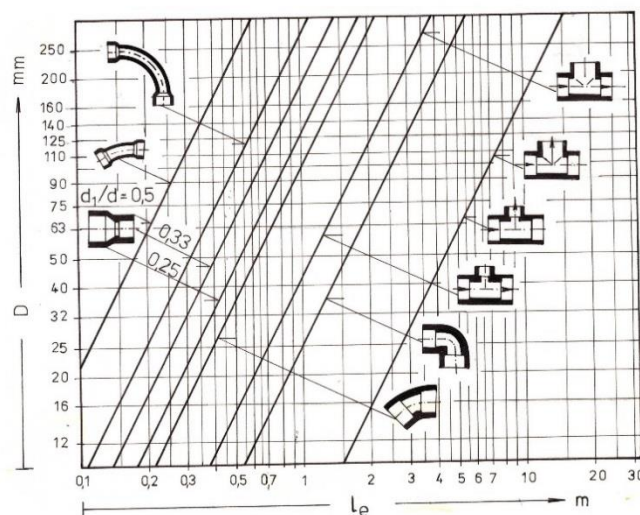
B.4.1.2 Místní tlakové ztráty Z_m , v m, se vypočítají buď z Weissbachovy rovnice, nebo se nahradí tzv. náhradní (ekvivalentní) délkou rovného potrubí l_e , v m.

$$Z_m = \zeta \frac{v^2}{2g} \qquad l_e = \zeta \frac{D}{\lambda}$$

kde je

ζ součinitel místní ztráty.

Náhradní délky potrubí l_e pro různé průměry D tvarovky z plastů jsou uvedeny na obrázku B.5.



Obrázek B.5 – Náhradní délky potrubí pro různé průměry z plastů

B.4.1.3 Ztráta tlakové výšky, v m, po délce rozdělovacího potrubí s kapkovači a výtakovými zařízeními bodové závlahy se stanoví jako součet ztrátových výšek v potrubí mezi jednotlivými kapkovači Z_i , v m.

$$Z_c = \sum_{i=1}^n n \cdot Z_i$$

kde je

n počet kapkovačů;

$$Z_i = Z_t + Z_m + Z_g + Z_k$$

kde je

Z_t ztráta třením po délce potrubí, v m;

Z_m místní ztráty na tvarovkách, v m;

Z_g rozdíl geodetických výšek mezi kapkovači, v m;

Z_k místní ztrátová výška na kapkovači, v m.

B.4.1.4 Výsledky přímého stanovení ztrát v rozdělovacím potrubí a na vybraných tvarovkách jsou uvedeny např. v publikacích [17], [18], [27] a [33]. Výpočet rozdělovacího potrubí usnadní tabulky, nomogramy [40] a výpočetní programy. Metody podrobného výpočtu rozdělovacího potrubí jsou uvedeny v [33]. K dispozici je programové vybavení řešící tuto problematiku.

Způsob hodnocení hydraulických vlastností zařízení mikrozávlah uvádí ČSN EN 15097.

Příloha C (informativní)

Podklady pro navrhování mikrozávlah

C.1 Návrh jednotlivých zařízení pro mikrozávlahy vyžaduje znalost celkového řešení i řady detailů, které není možné v požadovaném rozsahu uvést v této normě. Podrobnosti jsou uvedeny v dále uvedených publikacích.

C.1.1 Jakost vody pro mikrozávlahy

- [1] BAŠNÁKOVÁ, Z., REŠETKA, M. (1989) Stanovenie kritérií kvality vody používanej na kvapkovú závlahu, VÚVH Bratislava, 44 s., 52 tab.
- [2] BUCKS, D. A., NAKAYAMA, F. S., GILBERT, R. G. (1979) Trickle irrigation water quality and preventive maintenance, Agric.Wat.Mgmt., č. 2, 149-162
- [3] DECROIX, M. L'obstruction des distributeurs en microirrigation, CEMAGREF, BI 323, 1984, s. 25-31
- [4] GILBERT, R. G. et al. (1979) Trickle irrigation – prevention of clogging, Trans.ASAE, 22, č. 3, s. 514-519
- [5] KVALITA VODY pro mikrozávlahy (1991), AGP Brno, 94 s.
- [6] MOSER, E. et al. (1979) Ein Beitrag zur Verstopfung von Tropfbewässerungsanlagen, Die Wasserwirtschaft, 69., s. 312-315
- [7] NAKAYAMA, F. S., BUCKS, D. A. (1979) Water quality in drip/trickle irrigation, Irrig.Sci., 12. č. 4, s. 187-192
- [8] SHANNON, W. M. et al. (1982) Sediment transport and deposition in trickle irrigation laterals, Trans. ASAE, s. 160-164

C.1.2 Úprava závlahové vody pro mikrozávlahy

- [9] ALŠTUL, A. L., KRASNOV, S. N. (1967) Gidravličskoje soprotivlenije setok s kvadratnymi jačejkami. Vodosnabženije i sanitarnaja tehnika, č. 10, s. 24-26.
- [10] HUMPHERYS, S. A. (1985) Mechanized wheel and belt screens for farm irrigation turnouts, Trans. ASAE, 28, 11/12, s. 1933-1939
- [11] KLASSEN, V. I. (1982) Omagničivanie vodnych sistem. Moskva, 295 s.
- [12] KRAUSE, S. et al. (2011) Untersuchungen zum ressourcenschonenden Betrieb von Membranbelebungsanlagen. KA Korresp. Abwasser (58), č. 9, s. 827-836
- [13] KVALITA VODY pro mikrozávlahy, AGP Brno 1991, 94 s.
- [14] MERKBLATT DWA M 178 (2005) Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung. Hennef. DWA, 42 s.
- [15] PLOTĚNÝ, K. (2007) Membránové technologie v roce 2007. Vodní hospodářství - Čistírenské listy, č. 1, 2007, s. II-IV
- [16] ŠÁLEK, J. (1985) Závlahové stavby – vybrané statě, SNTL Praha, 186 s.
- [17] ŠÁLEK, J. (1987) Závlahové stavby. Návod ke komplexnímu projektu a diplomovému semináři, ES VUT Brno, 252 s.
- [18] ŠÁLEK, J. (1993) Závlahové stavby. VUT Brno, 204 s.
- [19] TESAŘÍK, I. a kol. (1985) Vodárenství. SNTL Praha, 487 s.

C.1.3 Navrhování a uspořádání mikrozávlah

- [20] CÍSLEROVÁ, M. (1989) Inženýrská hydroopedologie, ČVUT Praha, 156 s.
- [21] DANDY, G. C., HASSANLI, A. M. (1996) Optimum design and operation of multiple subunit drip irrigation systems, Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, č. 5, s. 265-275
- [22] DRDOVÁ, Z., NOVOTNÝ, M. (1976) Kapková závlaha, ÚVTIZ Praha, 63 s.
- [23] EFEKTÍVNE METÓDY ZAVLAŽOVANIA ŠPECIÁLNYCH PLODIN (1986), sborník z konference, Bratislava, 213 s.
- [24] GILLAD, Y., MARCO, A. (1977) Tropfbewässerung, Erläuterung zur Bemessung von Tropfern und Tropfleitungen, Zeitschr.f.Bewässerungswirtschaft, 10, s. 25-65,
- [25] JUANA, L. et al. (2004) Analytical Relationships for Designing Rectangular Drip Irrigation Units. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. č. 1/2, s.47-59
- [26] KANG, Y., NISHIYAMA, S. (1996) Design of microirrigation submain units, Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. 3/4, s. 83-88
- [27] KOCHÁNEK, K. (1985) Komplexní projekt hydromeliorací – závlahové stavby. ES ČVUT Praha, 232 s.
- [28] KUKLÍK, V. (1990) Vláhové režimy při kapkové závlaze, Metodika ÚVTIZ Praha, č. 16, 36 s.
- [29] KUTÍLEK, M., KURÁŽ, V., CÍSLEROVÁ, M. (1994) Hydroopedologie, ČVUT Praha, 150 s.
- [30] MODERNÍ ZPŮSOBY ZÁVLAH (1989), sborník referátů, Karlovy Vary, 205 s.
- [31] PROBLEMATIKA PODPOVRCHOVÝCH A KVAPKOVÝCH ZÁVLAH (1983), sborník z konference, Banská Bystrica, 261 s.
- [32] PROVENZANO, G. (2007) Design Hydrus-2D Simulation Model to Evaluate Wetted Soil Volume in Subsurface Drip Irrigation Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. 7/8, s. 342-347
- [33] REHÁK, S. et al. (2015) Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov. Bratislava. VEDA, Vydavateľstvo SAV, 605 s.
- [34] RUKOVODSTVO po projektirovaniju, stroitel'stvu i ekspluataciji sistem kapel'nogo orošenija, (1981) Moskva, 180 s.
- [35] SKAGGS, H. T. et al. (2004) Comparison of Hydrus-2D Simulations of Drip Irrigation with Experimental Observations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. č. 7/8, 304-310
- [36] STARÝ, M., KOŽNÁREK, Z., ŠOUSTAL, O., ŠÁLEK, J. (1987) Automatizované systémy ve vodním hospodářství. Brno. S VUT, 125 s.
- [37] ŠÁLEK, J. (1987) Závlahové stavby – návody ke komplexnímu projektu a diplomovému semináři. ES VUT Brno, 252 s.
- [38] ŠÁLEK, J. (1993) Závlahové stavby. VUT Brno, 204 s.
- [39] ŠÁLEK, J., SVOBODA, F. (1989) Čerpací stanice. ES VUT Brno, 188 s.
- [40] ŠEREK, M., ŠÁLEK, J. (1990) Inženýrské sítě a závlahové stavby. ES VUT Brno, 199 s.
- [41] VERMEIREN, L., JOBLING, A. G. (1983) L'irrigation localisée. Rome, 214 s.
- [42] WU, I. P., HOWELL, A. T., HILER, A. E. (1979) Hydraulic design of drip irrigation systems, Hawaii, 79 s.

C.1.4 Řešení podrobné závlahy – závlahový detail

- [43] BAGARELLO, V. et al. (1997) Evaluating Pressure Losses in Drip-Irrigation Lines. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. č. 1/2, s. 1-7.
- [44] DANDY, G. C., HASSANLI, A. M. (1996) Optimum design and operation of multiple subunit drip irrigation systems, Journ. of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, č. 5, s. 265-275
- [45] GILLAD, Y., MARCO, A. (1977) Tropfbewässerung, Erläuterung zur Bemessung von Tropfern und Tropfleitungen, Zeitschr.f.Bewässerungswirtschaft, 10, s. 25-65
- [46] GREGORY, P. J. (1980) Soil physics and irrigation. Tapping the potential for drip, 17. Agric. Wat. Mgmt., č. 1-3, s. 159-169,
- [47] HACHUM, Y. A., ALFARO, F. J., WILLARDSON, L. S. (1976) Water movement in soil from tricle source, Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. Div., č. 6, s. 170-192
- [48] HATHOOT, H. M. et al. (1993) Analysis and design of tricle – irrigation laterals, Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, 5, s. 756-767
- [49] HOLZAPFEL, E. A. et al. (1990) Drip irrigation nonlinear optimization model, Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, č. 4, s. 479-496
- [50] HOWELL, T. A., BARINAS, F. A. (1980) Presure losses across tricle irrigation fittings and emitters, Trans.ASAE, č. 4. s. 928-933,
- [51] JURÁS, G., REHÁK, A. (1985) Kvapková a bodová závlaha – metodická pomocka. Bratislava, Štátna melioračná správa, 59 s.
- [52] KANG, Y., NISHIYAMA, S. (1996) Analysis and design of microrrigation laterals, Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, č. 3/4, s. 75-82,
- [53] KOCHÁNEK, K. (1985) Komplexní projekt hydromeliorací – závlahové stavby, ES ČVUT Praha, 232 s.
- [54] KULHAVÝ, F., KULHAVÝ, Z. (2008) Navrhování hydromelioračních staveb. Praha. Nakladatelství ČKAIT, s. 432
- [55] NOVOTNÝ, M., HRIBÍK, J. (1985) Prvky nízkotlakých závlahových systémov, VÚZH Bratislava, 101 s.
- [56] PROVENZANO, G., PUMA, D. (2004) Experimental Analysis of Local Presure Losses for Microirrigation Laterals. Journal of Irrigation and Drainage Engng. ASCE. č. 7/8, s. 318-324
- [57] REHÁK, S. et al. (2015). Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov. Bratislava. VEDA, Vydavateľstvo SAV, 605 s.
- [58] STYLES, W.S. et al. (2008) Accuracy of Global Microirrigaio Distribution Unifomity Estimates. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. č. 5/6, s. 292-297
- [59] ŠÁLEK, J., STARÝ, M. (1985) Výzkum zařízení pro kapkovou závlahu a mikropostřik. Výzkumná zpráva. Brno. FAST VUT, 85 s.
- [60] ŠÁLEK, J. (1987) Závlahové stavby – návody ke komplexnímu projektu a diplomovému semináři. ES VUT Brno, 252 s.
- [61] ŠÁLEK, J. (1993) Závlahové stavby. VUT Brno, 204 s.
- [62] YILDIRIM, G., AGIRALIOGLU, N. (2004) Comparative Analysis of Hydraulic Calculation Methods in Design of Microirrigation Laterals. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE. č. 5/6, s. 201 – 217

C.1.5 Automatizace závlahového provozu

- [63] BACHOVJEC, B. A., TKAČUK, J. V. (1989) Osnovy avtomatiki i avtomatizacija proizvodstvennyh procesov v gidromelioracii, Lvov, 335 s.
- [64] IRIMON Technologický předpis pro návrh a montáž závlahových systémů Hunter, Irimon s.r.o., Praha 2017, MID-B7-0117
- [65] IRIMON Volba zdroje vody. Doplněk technologického předpisu pro návrh a montáž AZS. Irimon s.r.o., Praha 2017, MID-B8-0117
- [66] HOLÝ, M. a kol. (1976). Závlahové stavby. Praha. SNTL, 446 s.
- [67] KULHAVÝ, F., KULHAVÝ, Z. (2008) Navrhování hydromelioračních staveb. Praha. Nakladatelství ČKAIT, s. 432
- [68] KULHAVÝ, F., METELKA, K. (1980) Víceúčelové závlahy speciálních kultur. Studijní informace, meliorace, č. I/80, ÚVTIZ Praha, 76 s.
- [69] REHÁK, S. et al. (2015) Zavlažovanie polných plodín, zeleniny a ovocných sádov. Bratislava, VEDA, Vydavateľstvo SAV, 605 s.
- [70] SCHWARZOVÁ, P., LABURDA, T., PAVLÍK, O., ULIARCZYKOVÁ, N. (2015) Výuka závlah a testování půd na Laboratorním dešťovém simulátoru ČVUT v Praze. Sborník Závlahy a jejich perspektiva. Praha. Česká bioklimatologická společnost
- [71] SPITZ, P., SLAVÍK, L., ZAVADIL, J. (1998) Progresivní úsporná závlahová zařízení a jejich využívání, VÚMOP Praha
- [72] STARÝ, M., KOŽNÁREK, Z., ŠOUSTAL, O., ŠÁLEK, J. (1987) Automatizované systémy ve vodním hospodářství, Brno, ES VUT 126 s.
- [73] VÁŠKA, J. a kol Hydromeliorace (2000) Praha. ČKAIT
- [74] Technologické předpisy a informace o produktech výrobců Rain Bird (www.rainbird.com), Weathermatic (www.weathermatic.com), Solem (www.solem.fr), Hydrowise (www.hydrowise.com)
- [75] Odborné články a materiály Irrigation Association (<http://www.irrigation.org/>)

C.1.6 Mikrozávlahy čištěnými odpadními vodami a přidávání hnojiv do závlahové vody

- [76] KÖNEMANN, N. (2000) Bewässerung einer Golfanlage mit geklärtem Abwasser. KA Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, č. 9, s. 1313-1316
- [77] LELKES, J. (1996) Application of Chemical through Irrigation Systems. 45. ICID Journal, č. 6, s. 124-147
- [78] PLNĚ ROZPUSTNÁ HNOJIVA, N, P, Mg, Ca, mikroelementy pro kapkové závlahové systémy. (2016), Louny. Netafin Czech, 40 s.
- [79] ŠÁLEK, J. (1967) Poznatky z výzkumu zařízení na přidávání průmyslových hnojiv do závlahové vody. Sborník VUT Brno, č. 3-4, s. 607-612
- [80] ŠÁLEK, J. (1996) Závlahy odpadními vodami z venkovských sídlišť a jejich vliv na životní prostředí. Studijní informace - rostlinná výroba č. 8, Praha. Ústav zemědělských a potravinářských informací, 56 s.
- [81] Výzkumná zpráva, Brno. ÚVHK FAST VUT, 1993, 26 s.
- [82] ŠÁLEK, J. (1996) Vliv závlah odpadními vodami na životní prostředí. Studijní informace – rostlinná výroba č. 8, Praha. Ústav zemědělských a potravinářských informací, 56 s.

- [83] ŠÁLEK, J. (2001) Mise en pratique des irrigations souterraines en utilisant les eaux usées (The use of subsurface irrigation systems for irrigation with waste water). Sustainable use of Land and Water, 19. European Regional Conference of ICID. Brno and Prague, 6 s.
- [84] ŠÁLEK J., ELAZIZY I. (1994) Čistící účinek půdy při podpovrchové závlaze. 40. Rostlinná výroba, č. 12, s. 1165-1171.
- [85] ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., PÍREK, O., PLOTĚNÝ, K., ROZKOŠNÝ, M., ŽÁKOVÁ, Z. (2012) Voda v domě a na chatě. Praha. Nakladatelství Grada Publishing a.s., 144 s.
- [86] ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V. (2006) Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Praha. ČKAIT, 283 s.
- [87] ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z., HRNČÍŘ, P. (2008) Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. Brno. ERA, 115 s.

C.2 Technická doporučení, směrnice a typizační práce (podle Přehledu technických doporučení, směrnic a ostatních podkladů pro vodní hospodářství, Sweco Hydroprojekt a.s., Praha)

III–B–77	Kapková závlaha (1985)	TSm
III–B–82	Objekty na závlahové trubní síti (1986)	TP
III–B–84	Navrhování závlahových čerpacích stanic (1987)	TSm
III–B–88	Bodová závlaha speciálních plodin (1989)	TSm
III–B–96	Závlahy mikropostřikem (1991)	TS
I-C-14	Úpravy vody: otevřené pískové rychlofiltry – Díl 1. Filtrační jednotky F 20 a F 30 (1978)	TP
I-C-17	Úpravy vody: otevřené pískové rychlofiltry – Díl 2. Filtrační jednotky F 50 a F 80 (1980)	TP
I-C-23	Úpravy vody – Tlakové filtry (1984)	TSm

Vysvětlivky:

TS – typizační studie

TSm – typizační směrnice

TP – typový podklad