

Uplatnění drenážního podmoku pro nalepšení vláhové bilance pěstovaných plodin

The application of irrigation drainage to improve the moisture balance of crops

Zbyněk Kulhavý

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., pracoviště Pardubice

Abstrakt

Lepší využití retenčního potenciálu odvodněného půdního profilu zmírňuje dopady agronomického sucha, čímž nepřímo snižuje potřebu závlah. V rámci výzkumného projektu byl experimentálně prokázán efekt regulace drenážního odtoku při redistribuci drenážních vod do půdního profilu, zároveň byl navržen a realizován kalkulátor pro stanovení tohoto efektu v trojrozměrném prostředí pro různé zátěžové stavy. Potenciál regulačních opatření na drenážních systémech se rámcově vyjadřuje v jednotkových objemech 300 až 2000 m³.ha⁻¹. Rekonstrukce stávajících drenážních systémů reagují na potřebu lépe kontrolovat vodní režim pozemku a lépe využívat zdroje vody. Efekty regulace jsou patrné nejen v podmínkách nížin, kde se dosahuje plošně vyrovnanějšího navlažení, ale také na pozemcích svažitéch, na kterých se více uplatňuje filtrační efekt pod úrovní regulované hladiny podzemní vody.

Klíčová slova: retence podzemní vody, regulace drenážního odtoku, modernizace stavby

Abstract

Better use of retention potential of a dewatered soil profile mitigates the effects of agronomic drought, thereby the need for irrigation is reduced indirectly. Within the research project, the effect of regulation of drainage runoff for the redistribution of drainage water into the soil profile has been experimentally proven. Also a calculator for determining this effect in three-dimensional environments for different load conditions was designed and implemented. The potential of regulatory measures on drainage systems is expressed generally in unit volumes of 300-2000 m³.ha⁻¹. Reconstruction works of existing drainage systems respond to the need of better control of water regime of the land and make better use of water resources. Effects of regulation are evident not only in terms of the lowlands, where more balanced areal irrigation is achieved, but also on sloping lands, where a filtering effect below the regulated level of groundwater is better applied.

Keywords: retention of groundwater, regulation of drainage runoff, modernization of the drainage structure

Úvod

Pro efektivní hospodaření s vláhou na zemědělsky využívaných pozemcích se nabízí různé způsoby regulace odtoku vod a s tím související posílení povrchové i podpovrchové infiltrace, optimálně ještě v horních a středních partiích povodí, kdy lze využít levné gravitační principy distribuce zadržené vody na rozdíl od nutnosti jejího čerpání a nákladnější akumulace v otevřených nádržích. Tyto nástroje získávají svou závažnost také díky často vysokému podílu existujících ploch systematického odvodnění drenáží u nás. Odvodnění má svoji nezastupitelnou funkci při snižování důsledků zamokření půd např. po zimním období a po vydatných deštích. Pak se ale jeho jednostranná funkce může stávat nadbytečnou až škodlivou a to v případech, kdy odtéká i ta voda, kterou bude evidentně třeba v pozdějším období s nedostatkem vláhy. Půda má přitom značnou retenční a akumulační schopnost (danou díky přirozené pórovitosti) a tuto schopnost lze za určitých podmínek efektivně využít. Nízká dlouhodobá retence vody odvodněných zemědělských pozemků prohlubuje v sušších letech vodní stres a způsobuje škody v důsledku sucha.

Je evidentní, že právě při nalepšování zásob vody v povodí dochází ke shodě zájmů zemědělství a vodního hospodářství, a přestože jakákoli dvojstranná regulace zvyšuje provozní náročnost z důvodů potřeby dodržovat manipulační pravidla, lze ekonomicky zdůvodnit její efektivnost i v podmínkách českého zemědělství.

Předpokladem návrhu modernizace stávající stavby z jedno-funkčního systému drenážního odvodnění na systém dvoj-funkční, je posouzení vhodnosti stavby a aktuálního stavu objektů. Následuje návrh situování regulačních objektů, jejich řešení a ceny i vytvoření pravidel manipulace s hradíci prvky. Na příkladu hydrologického průběhu jara 2014 bylo kontaktem se zemědělskou praxí ověřeno porozumění principům regulace, kdy hospodáři naléhavě vnímali pokračující drenážní odtok jako nežádoucí důsledek existence jinak vyžadovaných funkčních systémů zemědělského odvodnění.

Drenážní podmok je jedním z řady tradičních způsobů závlahy. Problém může nastat s vydatností a zabezpečeností zdroje vody, pokud by byla stavba navrhována jako jednofunkční – tedy závlahová. Avšak v případě rozšíření funkce stávajících staveb odvodnění o regulaci autochtonního drenážního odtoku, kdy je zdrojem vody vlastní plocha pozemku, je dosahováno při zohlednění rizik přemokření vždy jen vylepšení vláhové bilance pozemku. To se projevuje pozitivně zkrácováním délky agronomického sucha, což nepřímo snižuje i potřebu závlahy. Nákladovost stavebních prací je výrazně nižší než u novostavby, nároky na zdroje cizí vody nejsou žádné.

Zkušenosti s regulací drenážního odtoku můžeme přebírat ze zahraničí (např. Belcher H.W. et al., 1995; Poole C.A., Skaggs R.W. et al., 2013; Alterra/ILRI, 2008; nebo tematický WEB: Baltic Deal, 2013), můžeme navazovat na české a slovenské tradice (Radčenko I., Němec J. a kol, 1980; Kulhavý F., 1992). Zpravidla bývá zohledňován i ekonomický aspekt zvyšování stability výnosů zemědělských plodin a kvality odtékajících drenážních vod (např. Evans et al., 1989; Bonaiti G., Borin M., 2010, Kröger R. et al., 2012).

Předložený článek popisuje experimentálně doloženou hydrologickou účinnost regulace drenážního odtoku a komentuje postupy pro kvantifikaci tohoto efektu na reálných systémech odvodnění s využitím původních výpočtových nástrojů, přístupných na Internetu.

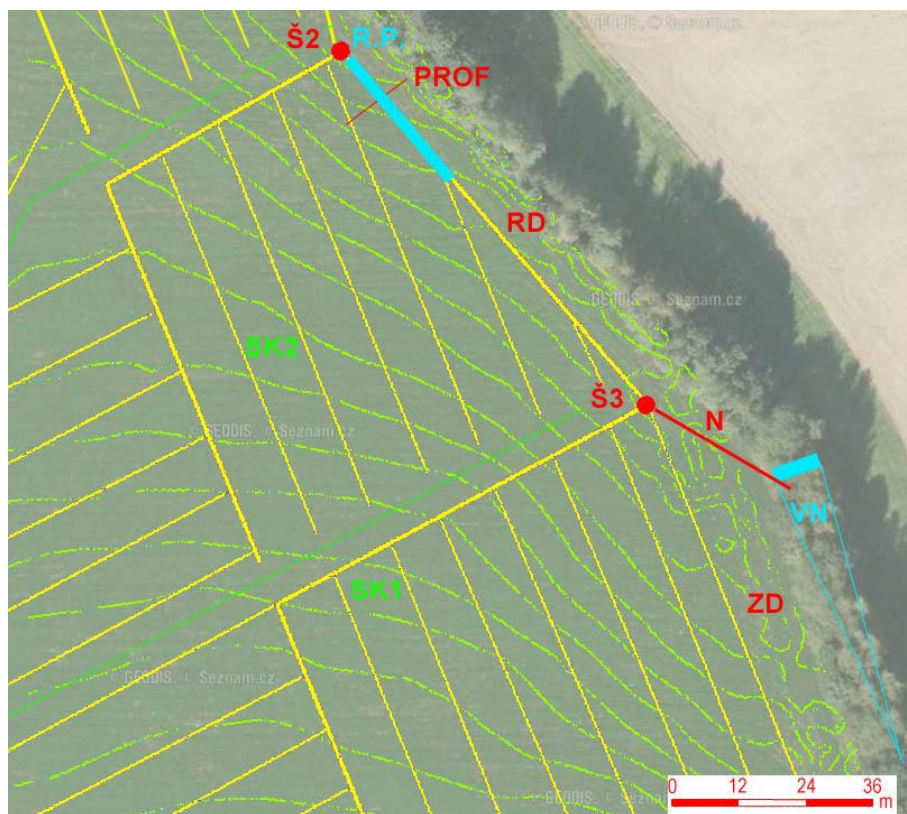
Materiál a metody

Experimentální plocha Pokřikov - Za kněžourem, cílená na problematiku regulace drenážního odtoku, byla vybudována v roce 2012 na Českomoravské vysočině v povodí Kotelského potoka, který je jedním z dlouhodobě provozovaných experimentálních povodí VÚMOP, v.v.i. - viz www.hydrmeliorace.cz/povodi. Přibližně o 800 m severozápadně se nalézá poměrně vodnější drenážní skupina Pokřikov, monitorovaná od roku 2001. Nová plocha byla vybrána na stávajícím systému drenážního odvodnění (realizace 1989) tak, aby umožňovala snadnou instalaci regulačního prvku (konstrukční podmínky, získání souhlasu vlastníka i uživatele pozemků) a aby z hlediska vodnosti nevybočovala ze standardu drenážních systémů transportní zóny konkrétního povodí. Nově byly vybudovány kontrolní šachtice (Š1, Š2 a Š3) k řízení i kontrole režimu odtoku drenážních vod. Jak se předběžným měřením ukázalo, HPV se pohybuje v blízkosti úrovně uložení drénů, což generuje občasné drenážní odtoky, současně to zvyšuje efektivitu podpovrchové infiltrace s vyloučením rizika přemokření pozemku. Hlavním kontrolovaným zdrojem vody pro závlahový pokus byla voda, přítékající ze záchytného drénu (na obr.1a označen ZD), vedeného souběžně s Kotelským potokem a dotovaného břehovou infiltrací z cíleně ovládané, dočasně provozované, vodní nádrže (značené VN), vytvořené provizorním vzduším hradicí stěnou (viz fotodokumentace obr.1b). V případě potřeby bylo dále využito přímého přítoku vody do regulovaného drénu (označen RD) mobilní hadicovou násoskou (značena N) průměru 6/4", délky 28 m z téže vodní zdrže VN (kalibrovaný přítok v rozmezí 0,95-1,00 l.s⁻¹) do Š3. Přirozený, dostatečně vydatný zdroj drenážní vody simulovala výše ležící část drenážní skupiny (na obrázku č.1a označena SK1) se sběrnou plochou 1,59 ha, která transformovala srážkové vody formou drenážního odtoku v šachtici Š3.

K regulaci drenážního odtoku bylo využito regulačního prvku (označen R.P.), situovaného v Š2 na výtokovém potrubí regulovaného svodného drénu (RD), se sklonem 1,92% a celkovou délkou 104 m. Výška vzduší hladiny byla zvolena 50 cm, neboť bylo žádoucí ve svažitém terénu zvýšit dosah vzduší i za cenu horší rovnoměrnosti navlažení (to se však uplatňuje pouze v době dlouhodobějšího dosažení výšky vzduší, k čemuž během experimentů nedocházelo – viz obr.2 a obr.4). Vzduší regulačním prvkem se na RD uplatňovalo do vzdálenosti cca 26 – 30 m.

Měřicí technologie experimentálního objektu byla osazena dvěma řídicími stanicemi (typ M4016 fy Fiedler-Mágr) v místě drenážních šachtic Š2 a Š3 s příslušnými soubory čidel. Interval záznamu dat je 10 min., data jsou systémem GPRS odesílána na server, kde jsou archivována a prostřednictvím Internetu zpřístupněna. Pro měření úrovní hladin bylo použito několika typů čidel (ultrazvukové pro vodní nádrž na potoce, tenzometrické pro hladinu v regulačním prvku, torzně-mikro-plovákový princip a tenzometrický princip u půdních sond měření úrovně HPV), pro měření průtoků (objemové průtokoměry – provedení „tipping-bucket“ s kapacitou 1 litr/překlopení, měrný obdélníkový přeliv – u hradícího objektu na vodním toku), dále pro měření vlhkostí půdy (čidla TDR ThetaProbe typ ML2x) a pro teploty (vzduchu, půdy a vody) Pt-čidla fy.Fiedler. Plocha byla dále osazena systémem 8-mi mikropůdních hladinových sond 1/2“ (tzv. Nortonky) pro manuální doměřování profilových změn HPV – profil (ozn. PROF) je situován kolmo na regulovaný drén ve vzdálenosti 8 m nad Š2, jedna ze sond je zaústěna do drénu. Vzdušnou čarou cca 700 m západně se nachází dlouhodobě provozovaná meteorologická stanice Pokřikov (poskytuje zejména celoroční měření srážek, radiace a rychlosti větru, teploty a vlhkosti vzduchu). Data stanice byla použita pro výpočet indexu předchozích srážek za posledních 30 dní - IPS_{30} .

Pro experimentální plochu byly k dispozici situace z projektové dokumentace realizované stavby odvodnění, které byly digitalizovány a v GIS rektifikovány do jednotného souřadného systému. Správnost polohové transformace byla ověřena jednak s využitím DPZ (metoda viz Tlapáková L. a kol., 2014) jednak odkopáním charakteristických profilů drénu na místě a jejich následným zaměřením. Na ploše probíhá souběžně další experimentální výzkum, proto byly k dispozici podrobné charakteristiky půdního prostředí (Pelíšek I. a kol., 2013) resp. výsledky hydrogeologického průzkumu (zpracovatelem byl v roce 2013 RNDr. F. Medřík). Celá experimentální plocha byla v roce 2013 geodeticky zaměřena a byl vyhotoven polohopisný a výškopisný plán (zpracovatelem je Agroprojekce Litomyšl, s.r.o.).

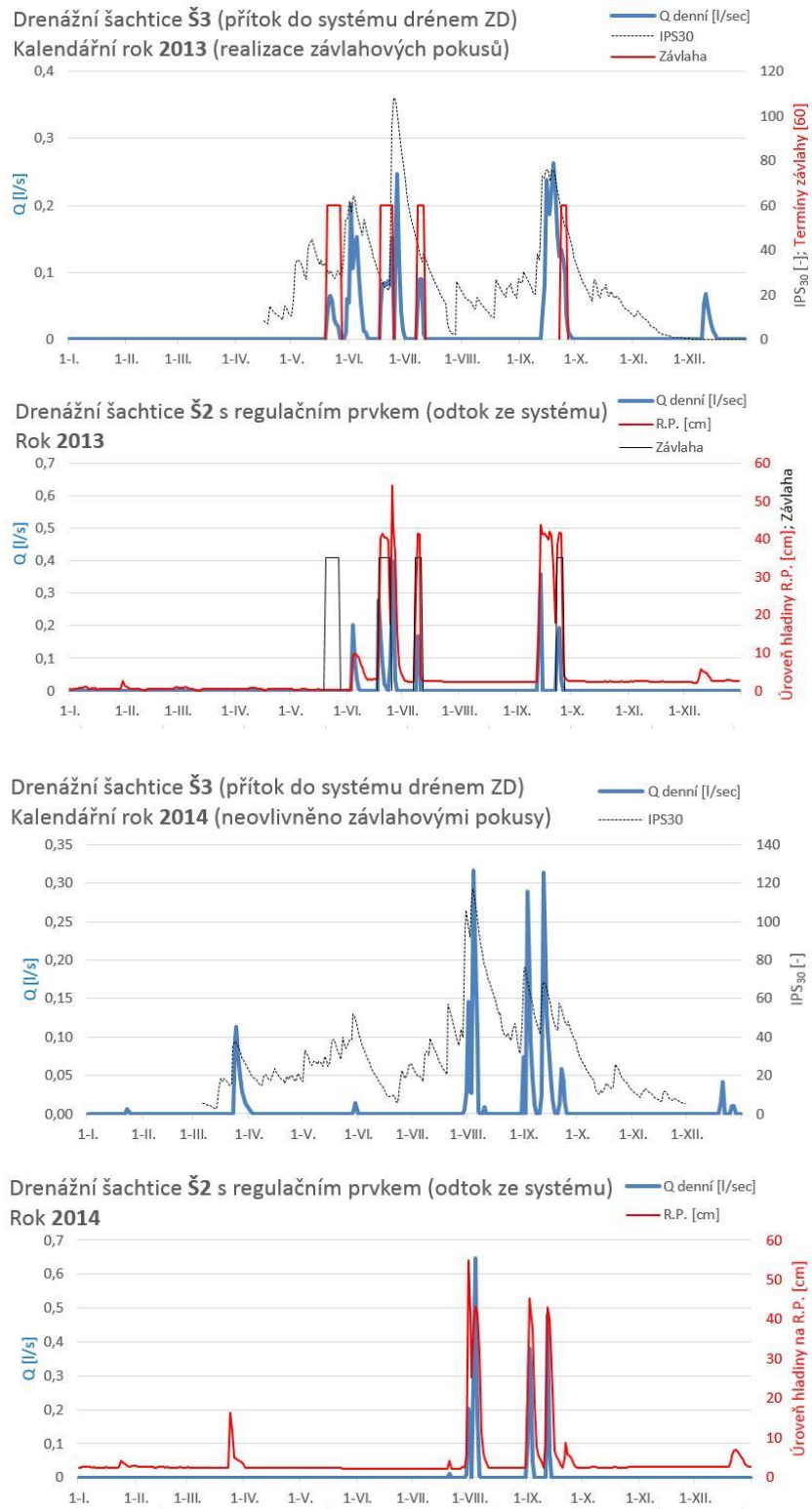


Obr.1a Schéma rozmístění objektů pro měření a regulaci drenážního odtoku
drenážní šachtice: Š1 a Š2; regulační drén RD; vodní nádrž na potoce VN; měrný profil PROF;
záchytný drén ZD; násoska N; drenážní skupiny SK1 a SK2; regulační prvek R.P.



Obr.1b Fotodokumentace vybavenosti objektů experimentální plochy
Nahore: Š3 (měření přítoku ze ZD, zaústění N); násoska N; hrazení nádrže VN a měření hladiny

Dole: ruční měření hladin v Nortonkách; Š2 (měření průtoku a hladiny na R.P.); pohled na Š2 ve směru proti přítoku z Š3, profil PROF měření hladin a půdních vlhkostí ve 3 hloubkách.



Obr.2 Měření a vypočtené hydrologické veličiny během experimentů v letech 2013 a 2014

Komentář: Drenážní odtok v Š3, měřený na sběrném drénu ZD, je generován při vyšších hodnotách IPS₃₀ (zpravidla nad hodnotu 40), resp. při umělém závlahovém pokusu. V roce 2013 byly realizovány čtyři závlahové pokusy, rok 2014 znázorňuje přirozený výskyt

drenážních odtoků bez přívodu cizích vod. Regulace odtoku na R.P. v šachtici Š2 je zajištěna trvalým zahrazením hradítka na výšce 50/40 cm v obou letech experimentů.

Kalkulátor pro kvantifikaci efektu regulace odtoku vody

Výpočet efektu regulačního opatření na odvodňovacích prvcích, jakými je otevřený odvodňovací příkop nebo drén, je založen na kalkulátoru, publikovaném na adrese <http://www.hydomeliorace.cz/registrace/login.php?sw=4>, jeho modifikací pro vyjádření diferenci drenážního odtoku vlivem regulace v konkrétních místních podmínkách konkrétní stavby odvodnění.

Řešení vychází z popisu dosahu vzdutí, daného sklonem terénu a výškou vzdutí vody regulačním prvkem. Dále respektuje vrstevnatost půdního profilu a jeho hydrofyzikální parametry. Umožňuje volit různé metody výpočtu, odpovídající přírodním a technickým podmínkám fungování systému odvodnění.

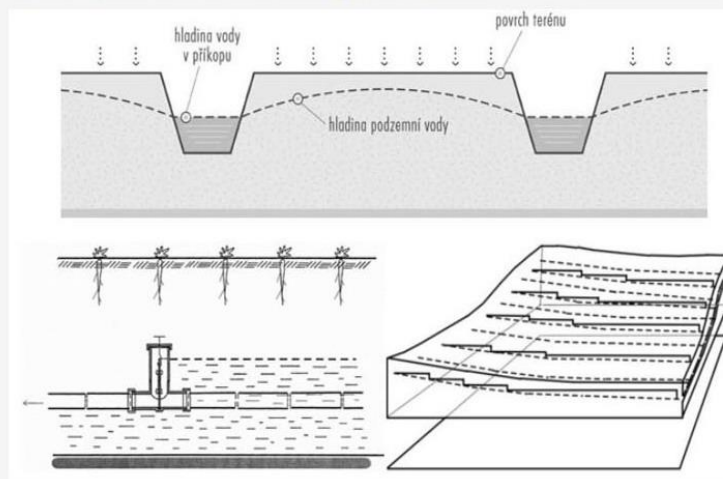
Výsledkem je kvantifikace vlivu regulace odtoku na množství odtékajících vod a tedy nepřímo stanovení změny retenční schopnosti odvodněného pozemku.

Kalkulátor nalezne uplatnění ve sféře vodního hospodářství, zemědělství i životního prostředí.

Kalkulátor vznikl jako plánovaný výstup projektu **IACR** s evidenčním číslem TA02020384

[Registrace](#)

[Přihlášení](#)



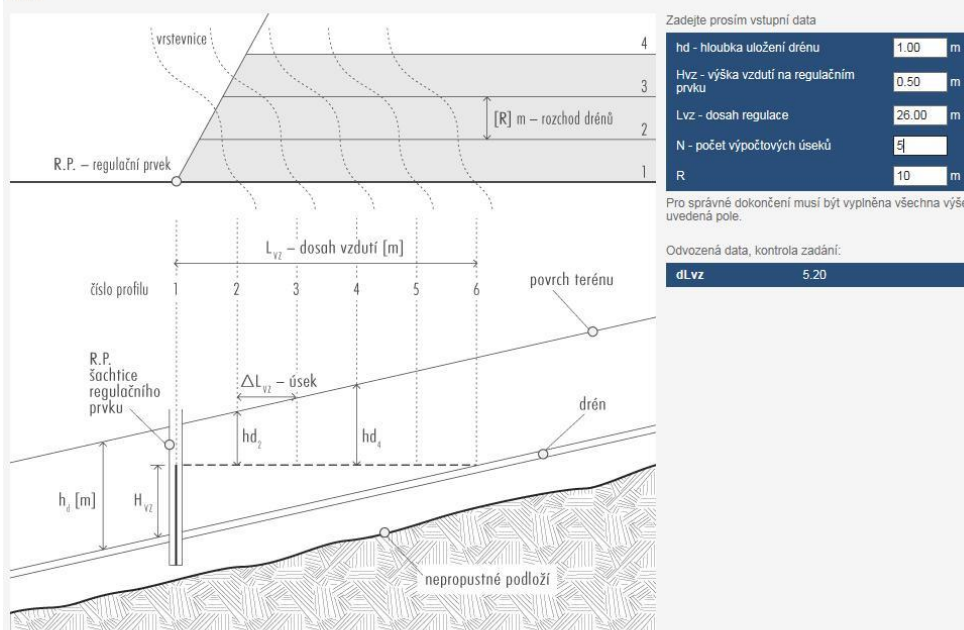
[Zpět na úvod](#)

[Manuál](#) | [©](#)

Geometrické schéma odvodnění

Vyjádření dosahu regulace odvozené z výšky vzdutí hladiny regulačním prvkem a ze sklonu a hloubky uložení potrubí. Stanovení výpočtového kroku zadáním počtu příčných profilů. Zadání je provedeno na základě situačního uspořádání odvodňovacího prvku v terénu, např. z projektové dokumentace stavby, z podkladu GIS apod.

[Odhlásit](#)
Zbyněk
Kulhavý



[Zpět na úvod](#)

[Pokračovat](#)

[Manuál](#) | [©](#)

Obr.3 Příklad použití kalkulátoru (řešení pro jednovrstevný půdní profil, ustálené proudění) s daty experimentální plochy – výsledky viz tab.1.

Metodika experimentu vychází z následujících předpokladů:

- v období bez měřitelného počátečního drenážního odtoku (viz na obr.4 vymezená tři období závlahy: A, B, C) lze vyvolat podpovrchovou infiltraci - drenážní podmok přívodem cizí vody (v tomto případě ze snadno měřitelného a odtokově ovladatelného drénu ZD, případně s využitím hadicové násosky) a toto množství lze kvantifikovat instalovaným monitorovacím systémem;
- v období s přirozeným výskytem drenážního odtoku na drenážní skupině, lze regulovat odtok drenážních vod regulačním prvkem a tím vytvořit podmínky k podpovrchové infiltraci, jejíž velikost lze bilančními metodami kvantifikovat (odpovídá úsekům na obr.4 mezi vymezenými obdobími závlahových pokusů: A, B, C), kdy je registrován drenážní odtok v Š3;
- v obou případech je intenzita infiltrace z drénu závislá na úrovni hladiny podzemní vody v okolním půdním profilu a na výšce vzdušné hladiny v regulovaném drénu RD. Hladiny jsou měřeny na R.P. a v měrném profilu Nortonek; pokud dochází k přetoku přes přepadovou hranu R.P., je odtékající množství měřeno objemovým překlápěcím průtokoměrem;
- pro konkrétní přírodní, technické a geometrické podmínky drenážního systému bude použit výpočtový nástroj (kalkulátor autorů Kulhavý Z., Štibinger J., 2014 - viz obr.3), který kvantifikuje retenci v třírozměrném půdním prostředí. Výpočtem je doloženo množství vody, které je zadrženo v půdě – tj. neodteče odvodňovacím systémem z důvodu zvýšení odvodňovací báze nastaveným regulačním prvkem. Je tedy v předem volitelném počtu jednotlivých, k drénu kolmých řezů vyjádřena diference drenážního přítoku s regulací odtoku a bez regulace.

Výsledky

Cílem předloženého příspěvku je na experimentálních datech kvantifikovat potenciál drenážního podmoku ve svažitých podmínkách pozemků Českomoravské vysočiny s využitím regulace drenážních vod, přitékajících z horních částí drenážní skupiny, případně vod cizích, a poukázat na způsob využití navrženého kalkulátoru k posouzení účinnosti regulace instalací regulačního prvku na drenážním systému.

V první části jsou analyzovány výsledky aplikace drenážního kalkulátoru.

Zvolený koncept respektuje vrstevnatost půdního profilu a jeho hydrofyzikální parametry. Vychází přitom z hydraulických metod s využitím matematicko-fyzikálního popisu proudění

podzemní vody k drénům pro podmínky ustáleného, neustáleného a tranzientního drenážního proudění. Poskytuje podklady k úvahám o možnosti regulace odvodnění v těch případech, kde se jeví účinnost odvodnění neúměrně vysoká s ohledem na zájmy zemědělství, vodního hospodářství nebo životního prostředí a kdy se odvodnění negativně projevuje při zadržování vody v krajině.

Tab.1 Rekapitulace výsledků užití kalkulátoru

č.profilu <i>i</i>	h_{di} [m]	Drenážní přítok q [mm.den ⁻¹]	Efekt regulace Reg [mm] pro různé K_{sat} . [m.den ⁻¹]		
			$K_{sat} = 0,4$	$K_{sat} = 1,2$	$K_{sat} = 2,4$
0	0,5	46,02	59,0	176,9	208,0
1	0,6	74,35	49,6	148,6	151,3
2	0,7	106,21	38,9	116,7	87,6
3	0,8	141,61	27,1	81,3	16,8
4	0,9	180,54	14,2	42,4	0
5	1,0	222,95	0	0	0
<i>Průměr</i>		<i>128,45</i>	<i>37,76</i>	<i>113,2</i>	<i>115,91</i>

Bylo prokázáno (Alterra/ILRI, 2008), že vyšší hodnoty drenážního faktoru způsobují menší drenážní odtoky. To znamená, že při zachování stejných hydrofyzikálních a hydrologických vlastností odvodňovaného prostředí, při stejných návrhových parametrech drenážního systému a pro stejné požadavky na hydraulickou účinnost drenáže, vyvolá regulace zmenšený drenážní odtok.

Uvedené výsledky popisují vliv změny úrovně odvodňovací báze regulačním prvkem a tím snižování intenzity přítoku vody do drénu směrem od konce drénu (profil č.5) k profilu s regulačním prvkem (profil č.0). Jednotkový přítok vody nad profilem č.5 resp. č.4 [mm.den⁻¹], tj. tam, kde již nedosahuje účinnost vzdutí regulačním prvkem, odpovídá přítoku jednofunkčního odvodnění, tedy návrhovým podmínkám odvodnění.

Pro úplnou bilanci je třeba k tomuto efektu přičíst změnu zásob vody v půdních pórech (v závislosti na počáteční vlhkosti půdy) i intenzitu infiltrace do okolí drenážní skupiny, resp. intenzitu infiltrace do spodních vrstev bilancovaného půdního profilu (vlivem zvýšení hydraulického gradientu vzdouvané podzemní vody). Zde použitá metoda výpočtu při ustáleném proudění do drenáže je opodstatněná cílem prostého porovnání efektu regulace.

V roce 2013 byly zaznamenány na regulačním prvku čtyři a v roce 2014 šest přirozených odtokových period (tj. neovlivněných umělým přívodem závlahové vody), s délkou souvislého trvání periody 1 až 14 dní (celkem bylo v roce 2013 registrováno 57 dní s drenážním odtokem, v roce 2014 bylo registrováno 63 dní) – viz obr.2. V následující části jsou tyto experimenty dílčím způsobem vyhodnoceny.

V rámci realizovaných čtyř závlahových epizod v roce 2013 byly pořízeny podklady pro zhodnocení efektu infiltrace drenážních vod. V literatuře uváděná schopnost retardovat v drenážním systému 300 až 2000 m³.ha⁻¹ vody i více, resp. jednorázově 200-600 m³.ha⁻¹ (TNV 75 4221, Kulhavý F., 1992, Soukup M., Kulhavý Z., 2000) byla experimenty potvrzena a v konkrétních podmínkách překročena (viz obr.4). Data korespondují také s výsledky použitého kalkulátoru (viz tab.1), který kvantifikuje jednu ze složek regulace drenážního odtoku.

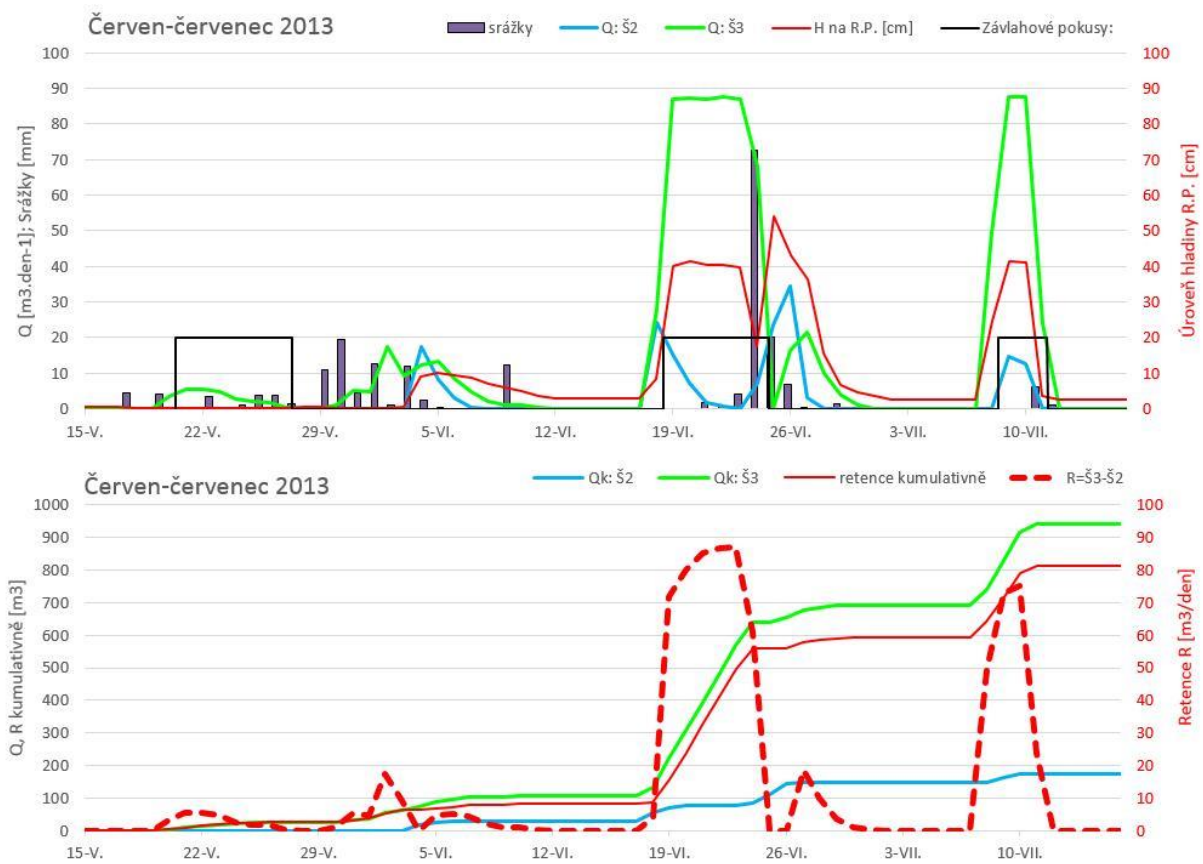
Pro regulovaný drén (RD) byla měřením stanovena maximální absolutní denní hodnota retence 87 m³.den⁻¹ (viz komentář k obr.4). Kalkulátorem vypočtená průměrná retence drénu v úseku ovlivněném vzduťm je 115,9 mm.den⁻¹ (pro $K_s = 2,4 \text{ m.den}^{-1}$) a tato hodnota je zejména závislá na nasycené hydraulické vodivosti přilehlého půdního prostředí.

V době ustálení podmínek infiltrace, což byl např. stav naměřený dne 22.6.2013, tj. pátý den závlahového pokusu, kdy se na infiltraci průkazně podílela nejnižší část drénu s měřitelným dosahem vzduťm regulačního prvku v délce cca 30m, bude dosahovat jednotková intenzita infiltrace hodnoty 289,4 mm.den⁻¹ (plocha stanovena pro aktivní část drénu: 30 x 10 = 300 m²).

Hodnotu nepřesahující 300 mm.den⁻¹ lze považovat i v podmínkách středně propustných až vysoce propustných půd Českomoravské vysočiny za horní limit retenční schopnosti stávajících drenážních systémů, přizpůsobených k retardaci drenážního odtoku.

Diskuze

Z realizovaných experimentů i numerických výpočtů je evidentní nezanedbatelný potenciál regulace drenážního odtoku. Výše uvedené hodnoty (až 3.000 m³.ha⁻¹.den⁻¹) budou v průběhu roku dosahovány jen občasně a jen v optimálních podmínkách: voda odváděná z horních částí drenážního systému je infiltrována v jeho nižší části. Účelné by proto bylo zadržovat vodu po celé ploše drenážního systému a dosáhnout tak rovnoměrné navlažení pozemku. Intenzita 300 mm.den⁻¹ by pak mohla být dosahována na větší ploše, než je dokumentováno experimentem. Docházelo by ke zpoždění nástupů regulace odtoku shora po svahu směrem dolů tak, jak by se uplatňoval nejen drenážní odtok, ale i podpovrchový odtok (infiltrace) pod úrovní uložení drénů.



Obr.4 Vyhodnocení závlahových experimentů: epizody A (20.5.-27.5.2013), B (18.6.-24.6.2013), C (8.7.-11.7.2013)

Komentář k obr.4:

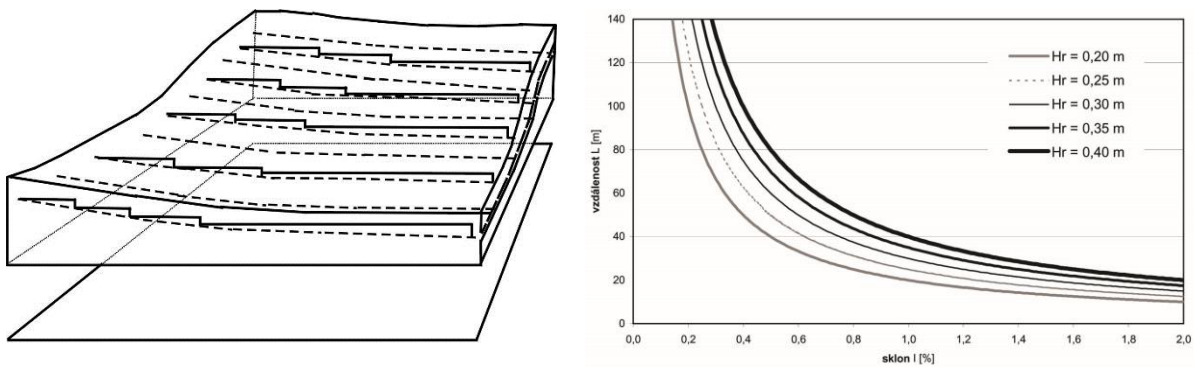
Epizoda A charakterizuje retenci drenážních vod přitékajících ze ZD, celé měřené množství vody infiltrovalo jedním drénem do půdního profilu (cca $5 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ resp. $25,6 \text{ m}^3$ kumulativně)

Epizoda B charakterizuje intenzivnější přívod vody k závlaze, podpořený násoskou; přítok drenážních vod z SK1 nebyl registrován až do výskytu srážek dne 24.6. ($72,7 \text{ mm}$), kdy byla závlaha ukončena a regulační prvek krátkodobě vyhrazen. V rámci závlahového pokusu bylo regulací jediného drénu zadrženo při maximu retence $87 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$, tj. kumulativně až 476 m^3 drenážní vody. Po přepočtu na plochu celého drénu (tj. $104 \times 12 = 1\,248 \text{ m}^2$) to reprezentuje maximální intenzitu retence $69,7 \text{ mm} \cdot \text{den}^{-1}$.

Epizoda C charakterizuje závlahový pokus neovlivněný přítokem drenážních vod z SK1, zdrojem vody k regulaci je pouze záchytný drén ZD a hadicová násoska N. Maximální hodnota denní retence drenážních vod je $75,1 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$, a kumulativně představuje $221,3 \text{ m}^3$. Pokud by se však v těchto případech uplatňovalo při infiltraci pouze cca 30 m regulovaného drénu (viz dosah vzduť), reprezentovala by maximální intenzita retence hodnotu $250 \text{ mm} \cdot \text{den}^{-1}$.

¹, což koresponduje s maximálním drenážním přítokem v tabulce tab.1 během odvodňovací funkce (3. sloupec, profil č.5).

V tomto smyslu je optimem vytvoření kaskády podzemních drží, jak je znázorňuje obr.5 vlevo, s parametry rozmístění regulačních prvků podle grafu vpravo. Budeme-li uvažovat v podmínkách realizovaného experimentu celou plochu drenážní skupiny (až po šachtici Š2), která reprezentuje 3,1 ha, vychází experimentem měřený průměrný denní retenční potenciál konkrétního systému $2,81 \text{ mm} \cdot \text{den}^{-1}$, zde však při vědomí značné nerovnoměrnosti navlažení v rámci drenážní skupiny. Tato hodnota je stále vysoká a koresponduje s denními úhrny evapotranspirace, což dokládá v úvodu příspěvku popsany záměr, doložit snížení potřeby závlahy resp. zkrátit období vodního stresu pěstovaných plodin.



Obr.5 Kaskáda hladin podzemní vody (vlevo) ovlivněná instalací regulačních prvků ve vzdálenostech, závislých na sklonu terénu a zvolené výšce regulačních prvků Hr (vpravo)

Nejedná se o nereálný koncept uplatnění regulace. Setkáváme se s ním poměrně často například vlivem zanesení drenážní výusti, případně vlivem poškození či zanesení drénu nebo drenážní šachtice. Absence čištění hlavních odvodňovacích zařízení (tzv. HOZ) a s tím související zanešení drenážní výusti způsobují zastavení drenážního odtoku v nejnižší části drénů a podpovrchovou filtraci drenážních vod půdním profilem směrem do recipientu, někdy s efektem lokálního přemokření povrchu pozemku nebo vývěry drenážních vod na povrch. U pozemků v říční nivě je takové řešení často z různých hledisek opodstatněné a je voleno jako vzorové řešení při revitalizacích drobných vodních toků (tzv. "vymělčením" dna a přeložkami drenážních výustí – pokud je v takových případech k existenci stavby odvodnění vůbec přihlédnuto). Neudržovaná stavba zemědělského odvodnění bude vytvářet celou řadu kolizních stavů, nehledě k povinnostem vlastníků odvodňovací stavby, uloženým dle stavebního zákona nebo dle zákona o vodách.

Paralela zaneseného recipientu drenážního systému s nefunkčními drenážními výustmi je zde použita pro praktickou demonstraci reálnosti efektu regulace drenážního odtoku. Modernizace stavby zemědělského odvodnění je žádoucí nejen z hlediska zájmů životního prostředí a vodního hospodářství – na jedné straně umožní zvyšování dlouhodobé retence vody v povodí, na druhé straně vytváření retenční kapacity v půdě pro zachycení intenzivních dešťových srážek, ale i z hlediska zájmů zemědělce, kterému poskytuje možnost s minimálními náklady řídit vodní režimy obhospodařovaného pozemku.

Závěr

V článku popsané argumenty ve prospěch regulace drenážního odtoku lze aplikovat s několika výjimkami v rámci celého území ČR. Aktuálnost budou získávat s probíhající změnou klimatu, s požadavky zvyšování ochrany jakosti povrchových vod i s požadavky na sladění zájmů zemědělství v environmentálním prostoru. Rozsáhlá meliorační výstavba z konce minulého století změnila současné zaměření průzkumu vhodnosti podmínek realizace. Sledováním odtokového režimu konkrétní drenážní skupiny může projektant prokazatelně kvantifikovat plánovaný efekt modernizace stavby. Dále může vyhodnocením režimu splavenin v drenážní vodě i průzkumem vývoje chemické degradace drenážního systému zanášením sloučeninami železa či manganu poměrně snadno eliminovat dříve obtížně předvídatelná provozní rizika. O to větší pozornost je třeba věnovat popisu aktuálního stavu stavebních objektů a místům s výskytem poruch. V literatuře je popsána plejáda technických řešení k regulaci drenážního odtoku, od velmi jednoduchých a levných až po systémy vysoce sofistikované. Z nich lze vybírat optimální řešení pro konkrétní podmínky.

Literatura

- Alterra/ILRI- WUR Wageningen, 2008: *International Course on Land Drainage*, modul 3: Design, Implementation and Operation of Drainage Systems, Wageningen. The Netherlands.
- Belcher H.W., Frank M.D'Itri, 1995: *Subirrigation and Controlled Drainage*. International Standard Book. Lewis Publisher. ISBN 1-56670-139-2.
- Bonaiti G., Borin M., 2010: Efficiency of controlled drainage and subirrigation in reducing nitrogen losses from agricultural fields. *Agricultural Water Management* 98, pp 343–352, 2010. doi:10.1016/j.agwat.2010.09.008.
- Evans R.O., Gilliam J.W., Skaggs R.W., 1989: Managing water table management systems for water quality. ASAE Paper 89-2129. *Report no. 237*. North Carolina Water Resources Research Institute.

Kröger R., Pierce S. C., Littlejohn K. A., Moore M. T., Farris J. L., 2012: Decreasing nitrate-N loads to coastal ecosystems with innovative drainage management strategies in agricultural landscapes: An experimental approach. *Agricultural Water Management* 103, pp 162– 166, 2012. doi:10.1016/j.agwat.2011.11.009.

Kulhavý F., 1992: Regulované odvodňovací systémy. *Stavební ročenka 1992*. SNTL Praha, str. 2012-267

Kulhavý Z., Štibinger J., 2014: Kvantifikace efektu regulace odtoku vody v systému zemědělského odvodnění. Příspěvek sborníku konference *Krajinné inženýrství 2014*. ČSKI, ČSSI, MZe, ČVUT v Praze, ČZU v Praze. Praha. ISBN 978-80-87384-06-0

Kulhavý Z., Štibinger J., Hurda J., 2013: *Kalkulátor - kvantifikace efektu regulace odtoku na odvodňovacím prvku*. Autorizovaný software a manuál:

<http://www.hydrmeliorace.cz/sw/regulace> (sw=21) VÚMOP, v.v.i., ČZU v Praze

Pelíšek I., Kulhavý Z., Čmelík M., 2013: Měření hydropedologických charakteristik pro určení účinnosti modernizace drenáží. Sborník konference *Voda, půda a rostliny*, Křtiny, 29.-30.5. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2

Poole C.A., Skaggs R.W., Cheschie G.M., Youssef M.A., Crozier C.R., 2013: Effects of drainage water management on crop yields in North Carolina. *Journal of Soil and Water Conservation* 2013 68(6), pgs.429-437

Radčenko I., Němec J. a kol, 1980: Regulační drenáž. Studijní informace. ÚVTIZ Praha, 64 str.

Soukup M., Kulhavý Z., 200: *Způsoby regulace odtoku z odvodňovacích systémů*. Metodická příručka. Výstup projektu EP 090006150 NAZV, VÚMOP Praha, 68 str., ISSN 1211-3972

Tlapáková L., Žaloudík J., Pelíšek I., Kulhavý Z., 2014: Identifikace drenážních systémů pomocí dálkového průzkumu Země (úvod do problematiky). *Vodní hospodářství č.3/2014*, str.8-14, ISSN 1211-0760

TNV 75 4221 *Regulace a retardace odtoku na zemědělských pozemcích odvodněných trubkovou drenáží*. MZe, Hydroprojekt CZ, VÚMOP Praha, 2004.

WEB, 2013: *Baltic Deal* - project of the EU Strategy for the Baltic Sea Region <http://www.balticdeal.eu/measure/controlled-drainage/> Web page, category: Wetlands, drainage and irrigation

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Technologické agentury České republiky (TAČR), v rámci projektu TA02020384 Autoregulace hypodermického odtoku v malých povodích.

Poděkování patří ing. M. Čmelíkovi za přípravu experimentů a za pečlivý dohled i měření v průběhu experimentů.

Kontakt:

doc. Ing. Zbyněk Kulhavý, CSc.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP, v.v.i.)

pracoviště Pardubice

Boženy Němcové 231; 530 02 Pardubice

Tel. 466 310 265, e-mail: kulhavy.zbynek@vumop.cz