

Dynamika půdní vlhkosti za extrémních srážkových situací Dynamic of soil moisture during extremely precipitation totals

T. STŘEDA, V. VLČEK and J. ROŽNOVSKÝ

Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno, Česká republika (e-mail: tomas.streda@chmi.cz)

Abstract The results of soil moisture monitoring on clayey-loam soil under maize canopy are described in the paper. The observation has been carried out in experimental area of Mendel university agriculture enterprise in Žabčice near Brno in maize growing area since 2005. VIRRIB detectors for measurement of volumetric moisture content are steadily placed in land with grain maize monoculture. The measurement has been proceeded in depth of 20, 50 and 70 cm horizontally and 10 to 40 cm vertically. The data registration period is one hour. The influence of abnormally high precipitation total during the winter 2005/2006 and during the summer months during the year 2006 were registered. In those periods the longtime lasting episodes with soil moisture above full water capacity were found out. Also significant influence of high level of underground water to moisture regime in whole area was evinced.

Úvod

Různé scénáře vývoje klimatu se liší v odhadech míry změny sledovaných meteorologických prvků. Shodují se však v otázce zvýšení variability a četnosti výskytu extrémních povětrnostních jevů. V oblasti atmosférických srážek byla v posledních letech zaznamenána zejména změna jejich distribuce, když byl zaznamenán posun rozdělení směrem k vyšším srážkovým úhrnům (Kalvová et al., 2002). Za extrémní jsou považovány buď srážky přívalové, charakteristické velkou intenzitou a krátkou dobou trvání anebo srážky s malou intenzitou a dlouhou dobou trvání. První typ vyvolává povodňové stavy na malých povodích a způsobuje erozní jevy v důsledku rychlého odtoku vody z povodí. Druhý typ vyvolává nízké odtoky z povodí do naplnění podpovrchových horizontů infiltrací, poté dochází rovněž ke vzniku povodňových stavů (Hrádek, Kuřík, 2002). Při delším trvání deště nebo při několika deštích následujících v krátkém časovém rozmezí může dojít k plnému nasycení půdy. Důsledkem je okamžitý odtok všech dešťových vod, při kterém může dojít ke vzniku eroze a k vytvoření povodňového stavu (Sedláčková, 2007). Kyselý, Kakos a Pokorná (2003) uvádí na základě analýzy dlouhodobé řady v Praze-Klementinu od poloviny 19. století do 80. let 20. století rostoucí trend výskytu vícedenních srážkových extrémů v letním pololetí. V zimním pololetí zaznamenali trend opačný. V posledních čtyřiceti letech uvádí trend nevýrazný, v zimě spíše rostoucí a v létě mírně klesající. Z extrémních srážkových

úhrnů zaznamenaných v ČR uvádějí Klímová et. al. (2001) jako čtyřadvacetihodinové absolutní maximum 345 mm, dosažené 29.-30.7.1897 na stanici Bedřichov – Nová Louka (780 m n. m.). Při povodni v roce 1997 se v nejhůře postižených oblastech pohyboval maximální červencový úhrn srážek okolo 800 mm. Během povodně v srpnu 2002 přesáhly srážkové úhrny v jižních Čechách 400 mm. Při červnové povodni na Dyji v roce 2006 činil čtyřadvacetihodinový srážkový úhrn na srážkoměrné stanici Slavonice 159 mm, apod. (Sklenář, 2007). Změnami časové a prostorové variability výskytu extrémních srážek a přívalových povodní na Moravě (Bílé Karpaty) od 19. století do roku 2005 se zabývali Prosová, Štěpánek (2006). Překonání 200leté srážky v období 1921-2000 zjistili na stanicích Bojkovice, Luhačovice a Strážnice v prvním 40letí. U sledovaných stanic potom stanovili pravděpodobnost překonání denní srážky nad 100 mm jednou za 200 let.

Mimo zmíněné důsledky v podobě povodní a eroze mají extrémní srážkové úhrny značný vliv také na pěstování zemědělských plodin. Kromě extrémních situací se obsah vody v půdě pohybuje mezi hydrolimity bod vadnutí a polní vodní kapacita. Bod vadnutí je definován jako nejnižší půdní vlhkost, při které jsou rostliny ještě schopné z půdy získávat vláhu. Polní vodní kapacita je stav, kdy jsou kapilární póry plně zaplněny vodou. Po překročení optimálního rozpětí (dlouhodobém převlhčení půdy) dochází k hromadění pro kořeny toxického CO₂ v půdě, anaerobnímu stresu pletiv (hypoxii) a uhnívání kořenů rostlin.

Dynamiku změn půdní vlhkosti v průběhu roku popisují např. Novák et al. (2002). Roční chod vlhkosti půdy se vyznačuje výrazným nárůstem na počátku roku (leden až březen). V tomto období je minimální evapotranspirace a infiltrace se omezuje pouze na krátká období tání sněhové pokrývky. Do půdy se najednou dostává velké množství vody a dochází k rychlému nasycení. Vysychání půdy po takové saturaci trvá řádově týdny a v jeho průběhu stačí i slabší srážky k opětovnému nasycení. Nejvyšších hodnot potom dosahuje vlhkost půdy zpravidla v jarních měsících (březen až květen). Období minimální vlhkosti půdy potom koreluje s nejteplejší částí roku (letní měsíce). Nejvlhčí měsíce (květen až říjen) jsou zároveň nejteplejší a vlhkost půdy je tak ovlivňována intenzivním výparem, respektive evapotranspirací. Infiltrace srážkové vody je v tomto období kontinuální a půda ji tak může snadno transportovat. K přesycení půdy vodou může v tomto období dojít zejména při opakovaných přívalových srážkách.

Pro úspěšné pěstování zemědělských plodin uvádí Antal (2000) udržení optimální vlhkosti v kořenové zóně v průběhu celé vegetace s důrazem na kritická (suchá nebo nadměrně vlhká) období. V dlouhodobém pokusu zjistil možnost regulace vlhkostního režimu půd agrotechnickými opatřeními, zejména osevním postupem a obděláváním půdy. Z pohledu osevních postupů na vlhkost půdy uvádí Antal, Igaz, Špánik (2003) negativní vliv monokultur na vlhkostní režim půdy. Vlivem agrotechniky a porostu na zásobu vody v ornici těžkých půd (fluvizem glejová) se zabývali Ivančo et al. (2000, 2003). Ve všech hodnocených letech konstatují o 4,10 až 5,78 % vyšší obsah vody při použití bezorebné technologie ve srovnání s klasickou agrotechnikou. Špánik, Repa (1999) uvádí u kukuřice ve fázi tvorby klasu pokles půdní vlhkosti v hloubce 10 cm v průměru o 16 % hmot., v hloubce 0,5 m o 13 % hmot.

Materiál a metodika

Popis zájmové lokality

Pokusná plocha se nachází na pokusném pozemku Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně v katastru obce Žabčice (20 km jižně od Brna). Rovinatý pozemek je situován v nivě řeky Svratky v průměrné nadmořské výšce okolo 184 m n. m. Řeka Svratka a její pravostranný přítok říčka Šatava výrazně ovlivňují hydrický režim půd v oblasti. Podle agroklimatického členění (Kurpelová, Coufal, Čulík, 1975) je lokalita řazena do makrooblasti teplé, oblasti velmi teplé, podoblasti převážně suché, okrsku s převážně mírnými zimami. Z hlediska zemědělské kategorizace se jedná o kukuřičnou výrobní oblast. Roční teplotní normál v období 1961 – 1990 činí 9,2 °C, roční srážkový normál 483 mm. Srážkově nejbohatšími měsíci jsou v Žabčicích podle normálu 1961-1990 květen s 62,8 mm, červen s 68,6 mm, červenec s 57,1 mm a srpen s 54,3 mm srážek.

Půdní poměry

Zrnitostně těžká půda, fluvizem glejová (FLq), je vytvořena na holocénních, vápenitých nivních usazeninách. Prakticky celý profil je jílovitohlinitý (49,3 – 58,3 % jílnatých částic), v hloubce okolo 50 cm se potom vyskytuje zrnitostně těžší úsek, který je jílovitý (69,4 % jílnatých částic). Půdní profil je pod stálým vlivem podzemní vody, což má za následek intenzivní glejový proces, jehož intenzita s hloubkou roste. Redoximorfnní znaky jsou patrné již od hloubky 70 cm.

Odběr neporušených vzorků na fyzikální analýzy byl prováděn do Kopeckého válečků ve třech opakováních z každé hloubky. Obsah jílnatých částic byl stanoven pipetovací metodou rovněž ve třech opakováních. Bod vadnutí byl stanoven dpočtem dle Váši (1959). Výsledky půdních analýz jsou uvedeny v Tab. 1.

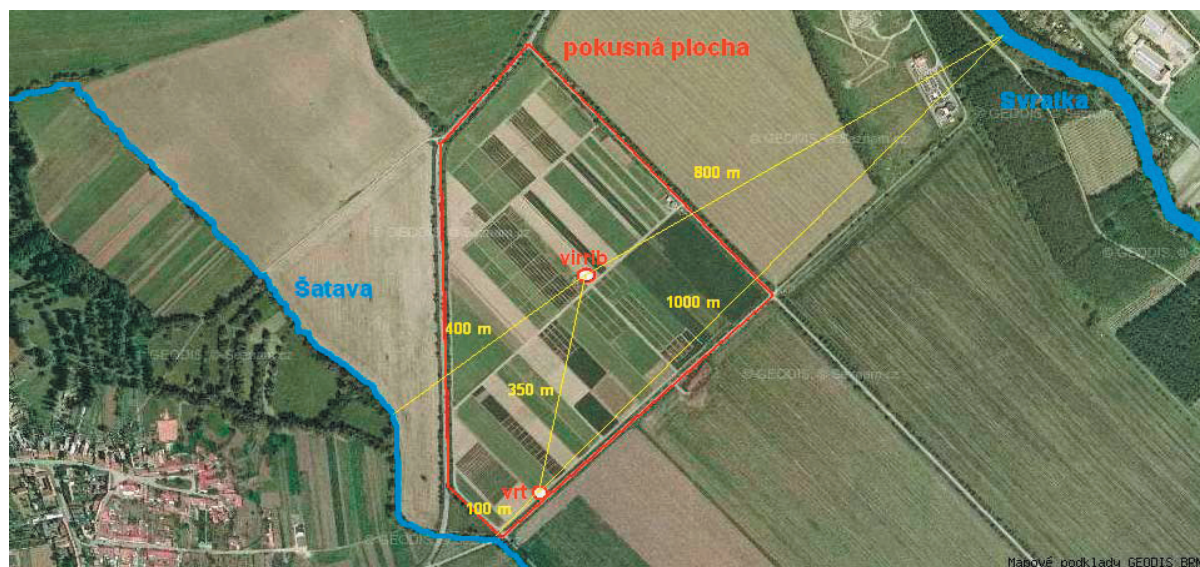
Tab. 1 Půdní hydrolimity monitorované půdy

Hĺoubka [cm]	Plná vodní kapac. [% obj.]	Retenční vodní kapac. [% obj.]	Bod vadnutí [% obj.]	Obsah jílnatých částic [%]
10	45,09	27,41	18,94	49,80
20	42,29	26,32	18,79	49,30
30	42,93	26,65	18,79	49,30
40	43,83	26,53	19,69	52,30
50	47,67	34,26	24,82	69,40
60	45,42	32,58	21,52	58,40
70	44,79	32,18	21,50	58,32

Monitorování půdní vlhkosti

K monitorování půdní vlhkosti jsou používána elektromagnetická čidla VIRRIB s dataloggerem. Snímače registrují objemovou vlhkost půdy v hloubce 20, 50, 70 cm a vertikálně orientované čidlo měří průměrnou vlhkost půdy v hloubce 10 až 40 cm pod povrchem. Údaje jsou zaznamenávány v hodinovém kroku. Měřicí rozsah přístroje se pohybuje od 5 do 50 % objemové vlhkosti, s přesností měření ± 1 %. Lokalizace čidel na pokusné ploše a situační plán jsou uvedeny na Obr. 1.

Obr. 1 Pokusná plocha. Situační plán.



Mapový podklad: zdroj GEODIS

Měření meteorologických prvků

K měření teploty vzduchu je používán elektronický registrátor HOBO (výrobce Onset Computer, USA) s intervalem měření 15 minut. Z naměřených hodnot byly spočítány denní průměry. Čidlo je stabilně umístěno do výšky 5 cm nad povrchem půdy. Důvodem je větší vypovídací hodnota přízemní teploty pro rostliny než teplota měřená ve 2 m nad povrchem.

Srážky jsou monitorovány automatickým člunkovým srážkoměrem s přesností měření 0,33 mm, umístěným v bezprostřední blízkosti snímačů půdní vlhkosti VIRRIB. Naměřené hodnoty byly sumovány do denních srážkových úhrnů.

Stavy podzemní vody

Týdenní údaje o stavu hladiny podzemní vody pochází z vrtu VB0326 Nosislav sítě ČHMÚ, který se nachází na okraji pokusné plochy (podrobně na Obr. 1).

Vegetační kryt

Měření půdní vlhkosti probíhá na pozemku s dlouhodobou monokulturou kukuřice na zrno. Po sklizni kukuřice následuje vždy mělké zpracování půdy (podmítka). Před setím na jaře následujícího roku je pozemek jen mělce nakypřen a následně oset. V roce 2006 byl porost založen dne 28.4. a sklizen 19.10.

Kukuřice spotřebuje na tvorbu 1 kg sušiny přibližně 256 l vody. Má 3 – 6krát větší sací sílu než oves nebo pšenice. Podle půdních podmínek je schopna čerpat vláhu až z hloubky 3 m. Při vyšší hladině podzemní vody vytváří převážnou část kořenového systému do hloubky 0,3 – 0,4 m.

Výsledky

Průběh vlhkostí půdy v aerační zóně (10 – 50 cm) a týdenní stavy hladiny podzemní vody na pokusné lokalitě ve srážkově specifickém roce 2006 jsou uvedeny v Grafu 1. Zpočátku roku nedocházelo vlivem nízkých teplot k tání v této oblasti nezvykle vysoké sněhové pokrývky a vlhkost půdy v měřeném profilu tak setrvala na úrovni okolo 20 – 28 %. Zejména vlivem zvýšení teplot (Graf 2) a následného tání sněhové pokrývky došlo ke krátkodobému zvýšení vlhkosti půdy a také hladiny podzemní vody. Citelné oteplení a srážky ve třetí dekádě března přispěli k nasycení půdního profilu vodou na úroveň plné vodní kapacity a značnému vzestupu hladiny podzemní vody až do výše cca 60 cm pod povrch půdy. Nepříznivý stav trval s krátkou přestávkou až do konce první dekády dubna a způsobil opoždění jarních polních prací. Koncem dubna, po významnějších srážkových úhrnech, došlo k opětovnému několikanásobnému přesycení půdního profilu vodou, provázeného vzestupem hladiny podzemní vody. Vlivem teplého počasí a rostoucí evapotranspirace kukuřice se v následujícím období udržovala vlhkost půdy pod úrovní plné vodní kapacity a klesala. Výkyv byl zaznamenán pouze po extrémní jednodenní srážce 68 mm dne 8.7.2006. K dosažení abnormálních hodnot půdní vlhkosti a hladiny podzemní vody došlo po sedmidenní srážkově extrémní epizodě mezi 1.-8.8.2006, kdy spadlo v lokalitě 116 mm srážek (tj. více než dvojnásobek srpnového normálu). Dynamiku vlhkosti půdy s velice podobným průběhem uvádí v témže období na stejné lokalitě z měření pod porostem pšenice ozimé Flekalová et al. (2007).

Stav pokusné plochy dne 8.8. je patrný na Obr. 3. Díky komplikovanému hydrickému režimu půdy (těžká půda s vysokou hladinou podzemní vody) byla znemožněna v dalším období sklizeň zejména ječmene jarního, došlo k porůstání zrna v klasech a znehodnocení části polních pokusů.

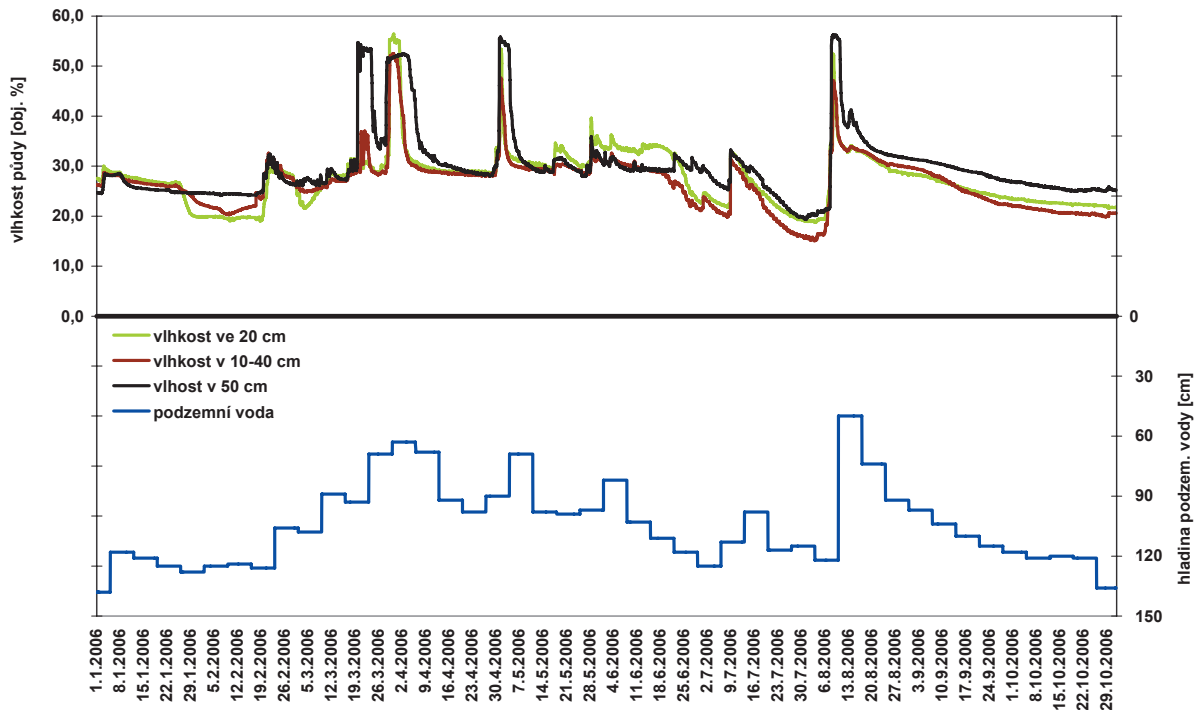
Obr. 2 Stav půdy v porostu kukuřice na pokusné ploše v suchých měsících



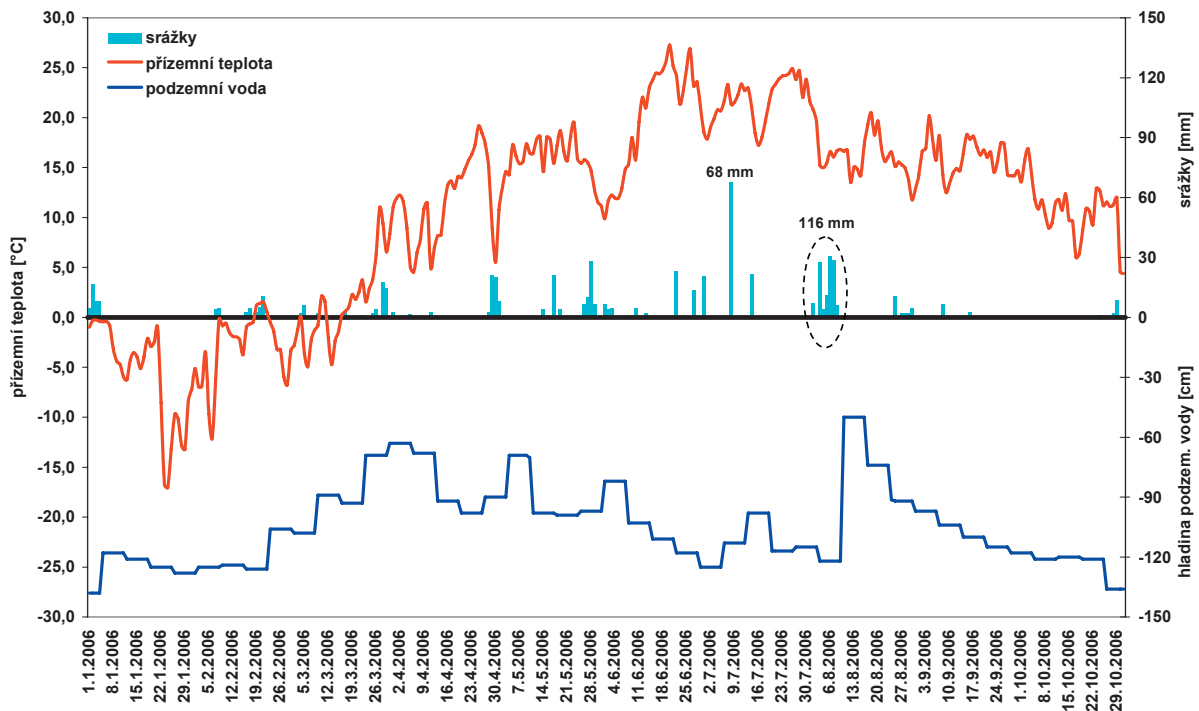
Obr. 3 Pokusná plocha 8.8.2006



Graf 1 Průběh vlhkosti půdy a hladiny podzemní vody na pokusné lokalitě v roce 2006



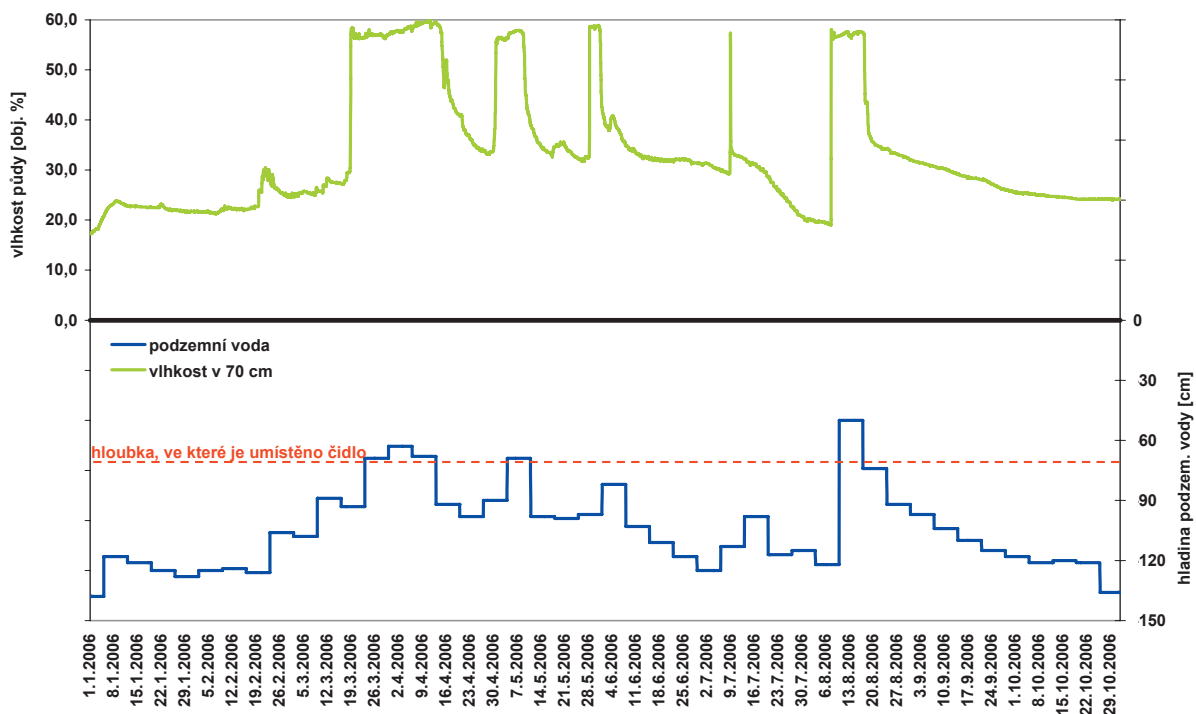
Graf 2 Průběh vybraných meteorologických prvků (průměrná denní teplota v 5 cm a denní srážkové úhrny) a stavy podzemní vody v roce 2006



V Grafu 3 je samostatně uveden průběh vlhkosti půdy z čidla VIRRIB umístěného v hloubce 70 cm pod povrchem půdy a týdenní stavy hladiny podzemní vody z vrtu na pokusné lokalitě. Během roku 2006 došlo třikrát k přímému kontaktu nejhluběji umístěného čidla se souvislou hladinou podzemní

vody. Zřejmý je tak bezprostřední vliv podzemní vody na hydrický režim půdy v této hloubce (glejové procesy). Hladina podzemní vody 50 cm pod povrchem u vrtu VB0326 Nosislav, zjištěná v týdnu od 10. do 16.8.2006, je třetí nejvyšší změřená úroveň od roku 1965, od kdy je vrt v provozu. Srovnatelná výška hladiny podzemní vody byla zjištěna pouze v březnu 1970 (46 cm pod povrchem), v únoru 1969 (48 cm pod povrchem) a v červenci 1997 (50 cm pod povrchem).

Graf 3 Průběh vlhkosti půdy v hloubce 70 cm a stav hladiny podzemní vody v roce 2006



Závěry

- Vlhkost půdního profilu na pokusné lokalitě Žabčice dosahovala v roce 2006 dlouhodobě abnormálně vysokých hodnot. Všechna čidla (od hloubky 10 cm do hloubky 70 cm pod povrchem půdy) zaznamenala více několikadenních epizod, kdy byla půda dlouhodoběji přemokřena.
- Vysoká vlhkost půdy byla způsobena rychlým táním nadprůměrné sněhové pokrývky na jaře a opakovanými extrémními srážkami v letních měsících v kombinaci s vysokou hladinou podzemní vody v oblasti.
- Intenzivní vliv podzemní vody souvisí zejména s vodním režimem blízké řeky Svratky a jejich přítoků. Nejhlouběji umístěné vlhkostní čidlo (70 cm pod povrchem půdy) bylo v průběhu roku 2006 minimálně třikrát přímo zaplaveno podzemní vodou, což dokumentují stavy hladiny podzemní vody z vrtu sítě ČHMÚ. Hladina podzemní vody v tomto roce vystoupila až na 50 cm pod povrch půdy, tj. na úroveň jako při povodních v roce 1997.
- Vysoký obsah jílnatých částic v půdě (až 69,40 %) výrazně omezuje průsak srážkových vod do hlubších vrstev a způsobuje intenzivní vztlínání spodní vody.
- Popsaný hydrický režim půdy může komplikovat zejména jarní a podzimní přípravu půdy, v případě vysokých letních srážkových úhrnů také sklizeň některých zemědělských plodin.

Poděkování

Práce vznikla jako výstup projektu MŠMT ČR č. 2B06101 s názvem „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“.

Použitá literatura

- [1] Antal, J. Niektoré aspekty regulácie vlhkového režimu pôd agrotechnickými opatreniami. In *Bioklimatológia a životné prostredie, XIII. Bioklimatologická konferencia SBkS a ČBkS, Košice, 12.-14. september 2000.*
- [2] Antal, J., Igaz, D., Špánik, F. Vplyv meteorologických faktorov na predvegetačnú pôdnu vlhkosť v rôznych pestovateľských systémoch. In *Seminár „Mikroklima porostů“, Brno, 26. března 2003.* Ed. Rožnovský, J., Litschmann, T. ČBKs a ČHMÚ, 2003. s. 15-22. ISBN 80-86690-05-9.
- [3] Flekalová, M. et al. Posouzení historického vývoje a vlhkovního režimu půd na území ŠZP Žabčice a následný návrh obnovy zeleně – dílčí výsledky. In *MendelNet'06 Agro – sborník z mezinárodní konference posluchačů postgraduálního doktorského studia.* MZLU v Brně, Ediční středisko MZLU v Brně, 2006. s.63-64. ISBN 80-7157-999-8.
- [4] Hrádek, F., Kuřík, P. Hydrologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Praha, 2002. Skriptum. 271 s. ISBN 80-213-0950-4.
- [5] Ivančo, J. et al. Vplyv agrotechniky na zásobu vody v zóne aerácie fluvizemí glejových na Východoslovenskej nížine. In *Bioklimatológia a životné prostredie, XIII. Bioklimatologická konferencia SBkS a ČBkS, Košice, 12.-14. september 2000.* Dostupné z: <http://www.cbks.cz/sbornikKosice/kosice.htm>.
- [6] Ivančo, J., Pavelková, D., Mati, R. Dynamika zásob vody v pôdnom profile ťažkých pôd na Východoslovenskej nížine. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2003, vol. 4, no. 1, s.74-85.
- [7] Kalvová et al. Zpřesnění scénářů projekce klimatické změny na území České republiky a odhadů projekce klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. Národní klimatický program České republiky, Praha, 2002, 151 s.
- [8] Klímová, E. a kol. (2001): *Rekordy České republiky. Příroda.* 1. vyd. Bratislava: Mapa Slovakia. ISBN 80-8067-025-0.
- [9] Kyselý, J., Kakos, V., Pokorná, L. Povodně a extrémní srážkové úhrny v ČR a jejich časová proměnlivost. In *Bioklimatologické pracovní dny. Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatologických systémoch, Račková Dolina, 2.-4.9.2003.* Ed. Šiška, B., Igaz, D., Mucha, M. SPU v Nitre, Nitra, 2003. s. 6.
- [10] Novák, P. et al. Monitorování sezónních změn půdní vlhkosti metodou pulzní reflektometrie. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2002.* Česká geologická služba, 2002, s. 199-200. ISBN 80-7075-610-1.
- [11] Prosová, O., Štěpánek, P. Extrémní srážky a přívalové povodně v Bílých Karpatech. In *Sborník z mezinárodní mezioborové konference Venkovská krajina, Slavičín a Hostětín, 12.-14. května 2006.* ZO ČSOP Veronica, 2006. s. 164-168. ISBN 80-239-7166-2.
- [12] Sedláčková, R. Změna fyzikálních vlastností a infiltrační schopnosti půdy v závislosti na použitém systému zpracování. In *9. Odborná konference doktorského studia „Juniorstav 2007“.* VUT v Brně, Brno, 2007. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/Sekce_3/Sedlackova_Radovana_CL.pdf.
- [13] Sklenář, J. Povodně na území České republiky a povodňová měření. *Spisy Zeměpisného sdružení*, 2007, vol. 17, no. 1. Dostupné z: http://www.sweb.cz/spizem/cislo1_2007.htm.
- [14] Špánik, F., Repa, F. Analytický vzt'ah medzi pôdnou vlhkosťou pod porastom kukurice na zno a ornice – štandardom agrometeorologickej stanice. In *Acta horticulturae te regioteecturae, príloha Voda v bioklimatických systémoch – Zborník z medzinárodnej konferenci BPD.* 1999, vol. 2, s. 278-279.
- [15] Váša, J. Stanovení půdních hydrokonstant. *Vodní hospodářství* 3, Praha, 1959.