

# Monitoring zemědělského sucha v České republice – průběh suché epizody v roce 2015

MONITORING AGRICULTURAL DROUGHT IN CZECH REPUBLIC – DROUGHT EPISODE OF 2015

Lenka Bartošová<sup>1,2</sup>, Miroslav Trnka<sup>1,2</sup>, Petr Hlavinka<sup>1</sup>, Daniela Semerádová<sup>1,2</sup>, Jan Balek<sup>1,2</sup>, Petr Štěpánek<sup>1,3</sup>,  
Pavel Zahradníček<sup>1,3</sup>, Martin Možný<sup>3</sup>, Zdeněk Žalud<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

<sup>2</sup> Mendelova univerzita v Brně

<sup>3</sup> Český hydrometeorologický ústav

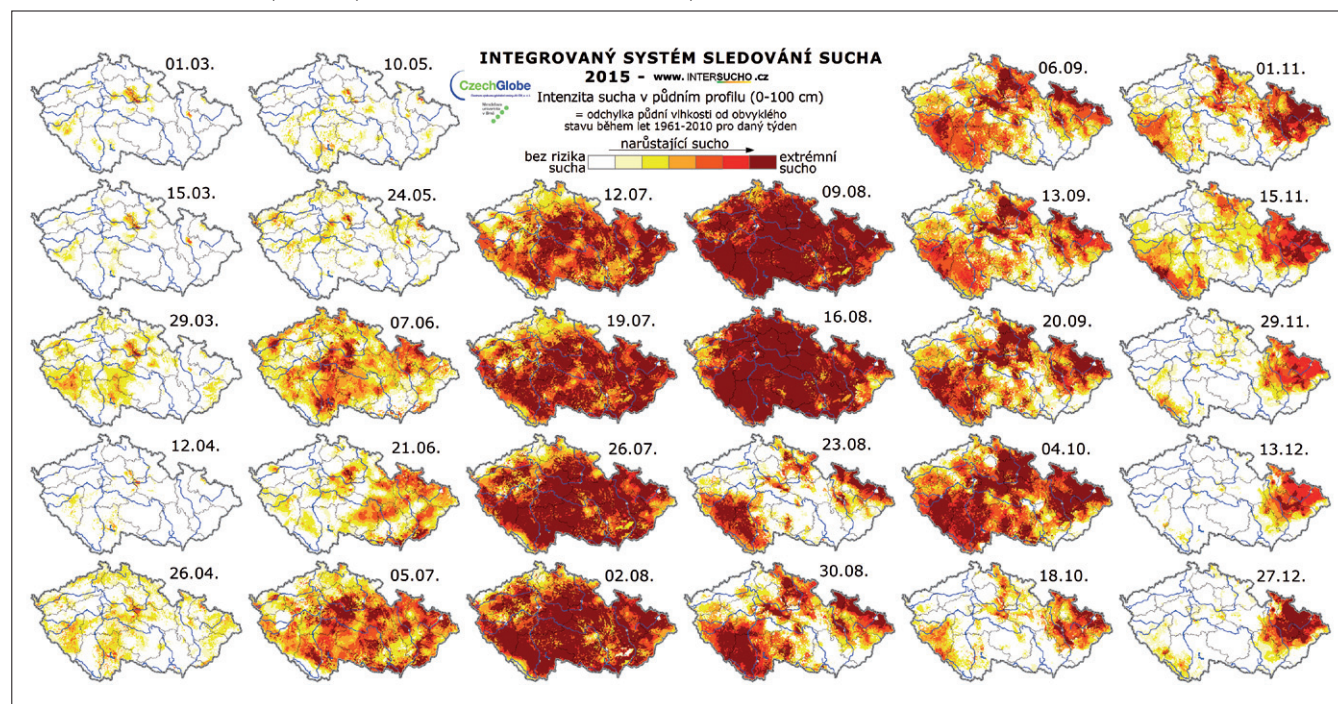
Sucho, které v podmínkách České republiky řadíme mezi klimatické extrémy, se na našem území vyskytuje přirozeně a je součástí mírného klimatu střední Evropy. Jednotná a obecně přijímaná definice nebyla přesto doposud stanovena, a to díky řadě faktorů, které na výskyt sucha mohou mít vliv (na jedné straně meteorologické vlivy, jako jsou srážky, teplota vzduchu a vítr, a na straně druhé vlastnosti půdy jako její struktura, retenční schopnost a řada dalších faktorů) a rovněž řady oborů, které sucho zásadně ovlivňují. Často uváděná definice říká, že sucho definujeme jako zápornou odchylku vodní bilance od klimatického normálu v dané oblasti během určité časové jednotky (1). Pro detailnější popis sucha jej také dělíme na čtyři různé typy dle dominujících projevů, a to na sucho meteorologické, které podmiňuje vznik sucha zemědělského, hydrologického a socioekonomického (2, 3).

Primární příčinou vzniku sucha je v podmínkách České republiky deficit srážek v určitém časovém intervalu, např. během vegetačního období či v jeho části (4). Řada publikací v poslední

době dokumentuje rostoucí riziko výskytu sucha ve střední Evropě, které je v posledních letech s velkou pravděpodobností největší za posledních 130 let (5), což je dááno do souvislosti s nárůstem teploty o 1,2 °C za stejné časové období (6). Na území ČR také dochází k postupnému úbytku disponibilní vody v půdě, a to zejména v měsících květnu a červnu (7). Spolupůsobení meteorologických prvků (zejména právě zvyšující se teplota) tak často může významně přispět k prohloubení projevů sucha (4). Většina klimatických modelů předpokládá do budoucna pro oblast České republiky klimatické podmínky, které povedou spíše k nárůstu podílu sušších půdně-vlhkostních režimů (8). S budoucím vývojem klimatu se také s velkou pravděpodobností očekává zvýšení klimatické variability doprovázené mimo jiné i výskytem delších a intenzivnějších epizod sucha (9).

Z uvedených důvodů, které nejsou typické jen pro oblast České republiky a střední Evropy, je globálně provozováno několik monitorovacích systémů, které sledují a vyhodnocují

Obr. 1. Intenzita sucha v půdním profilu 0,0–1,0 m v roce 2015 od počátku března do konce roku



probíhající sucho. Jedním z nejznámějších je monitorovací systém provozovaný v USA, založený v roce 1999 a v týdenním kroku zobrazující aktuální stav sucha (*droughtmonitor.unl.edu*). V Evropě je provozován monitoring European Drought Observatory (<http://edo.jrc.ec.europa.eu/>). V rámci České republiky existuje Integrovaný systém sledování sucha (ISSS) a cílem této práce je popsat, jak je tento systém sestaven, co nabízí svým uživatelům, jak jej mohou využít zejména zemědělci a jakým způsobem popisuje průběh suché epizody v roce 2015.

## Metodika

Aktuální stav sucha je v rámci ISSS monitorován několika způsoby, které se od sebe metodicky liší. Model vodní bilance SoilClim, jehož metodika a systém byly publikovány v dřívějších pracích (9, 10), je využíván pro vytvoření dvou mapových podkladů: popisu intenzity sucha a relativního nasycení půdy. Model SoilClim je nástroj, kterým lze stanovit hodnoty referenční a aktuální evapotranspirace, přítomnost sněhové pokrývky, půdní teplotu a vlhkost ve dvou hloubkách (0,0–0,40 m a 0,40–1,0 m) v rozlišení 500 × 500 m na úrovni všech 77 okresů a cca 13 000 katastrů České republiky. Model pracuje s denními meteorologickými údaji (maximální a minimální teplota, srážky, solární radiace, vlhkost vzduchu a rychlost větru), rozlišuje 11 vegetačních typů a pro každý grid (mřížka 500 × 500 m) slouží jako vstupní data také informace o typu využití plochy (tzv. land-use), expozici a sklonitosti, intercepce, typu a druhu půdy a do výpočtu vstupuje také informace o podzemní vodě. Výstupem modelu je výpočet vlhkosti půdy, který je pro dané místo a čas využit pro konstrukci mapy intenzity sucha, znázorňující odchylku aktuálního stavu vlhkosti půdy od dlouhodobého průměru z let 1961–2010. Pomocí této mapy jsou zobrazovány díky jednoduché barevné škále jednotlivé stupně sucha od stupně S0 (snížená úroveň půdní vláhy) do stupně S5 (extrémní sucho). Stupeň S0 reprezentuje sucho vyskytující se jednou za tři roky, naopak stupeň extrémního sucha popisuje sucho stoleté. Mapa relativního nasycení půdy zobrazuje aktuální procentuální nasycení půdního profilu vodou, respektive popisuje relativní nasycení půdy v procentech. Obě základní mapy jsou připravovány také v detailním rozlišení pro jednotlivé okresy, kde jsou výstupy zobrazovány na úrovni katastrů.

V rámci ISSS je využíván optimalizovaný vegetační index, konkrétně Enhanced vegetation index (EVI), pro indikaci míst s fyziologickým stresem, a poskytuje tak informace o kondici vegetace. Hodnoty EVI jsou získávány díky použití družicových dat, která jsou stahována z družic Terra, a to v rozlišení 5 × 5 km. Uživatelům jsou výstupy k dispozici na mapách dopadů na vegetaci, kde je možné vidět pro daný den a grid odchylku množství biomasy od průměru 2000–2014. Výstupy jsou nabízeny pro ornou půdu, veškerou vegetaci ČR a současně jako změna kondice vegetace od minulého týdne.

Mapa dopadů na zemědělství vzniká díky spolupráci s cca 130 zemědělci, vinaři, ovocnáři a lesníky, kteří v týdenním kroku dokumentují dopady sucha na právě pěstované plodiny či obhospodařované porosty. Tito expertní hodnotitelé byli jednak nominováni Agrární komorou České republiky, ale značnou část tvoří zemědělci či lesníci, kteří jsou do monitoringu zemědělského sucha zapojeni z vlastní iniciativy (v současné době zpracováváme data z cca 50 okresů). Pomocí dotazníku vyplňovaného každé úterý hodnotitelé informují, jaký je stav sucha

na jejich pozemcích a jaké snížení výnosů v důsledku jeho výskytu očekávají, případně jaké snížení po sklizni zaznamenali. Pokles výnosu je odstupňován jako procentuální propad od průměru, který byl dosažen během posledních tří let, a stanovuje se pro ozimé a jarní obilniny, ozimou řepku, brambory, cukrovou řepu a kukuřici.

Významným prvkem ISSS je poskytování předpovědí. Pomocí čtyř klimatických modelů jsou vytvářeny mapy krátkodobé (desetidenní) předpovědi intenzity sucha, nasycení půdy a kumulativních úhrnů srážek. Pro registrované uživatele jsou k dispozici předpovědi maximální a minimální teploty a denních úhrnů srážek. Součástí předpovědi je také dvouměsíční prognóza intenzity sucha. Na rozdíl od týdně aktualizovaných map výskytu zemědělského sucha a nasycení půdy vodou jsou předpovědní mapy aktualizovány denně.

## Výsledky

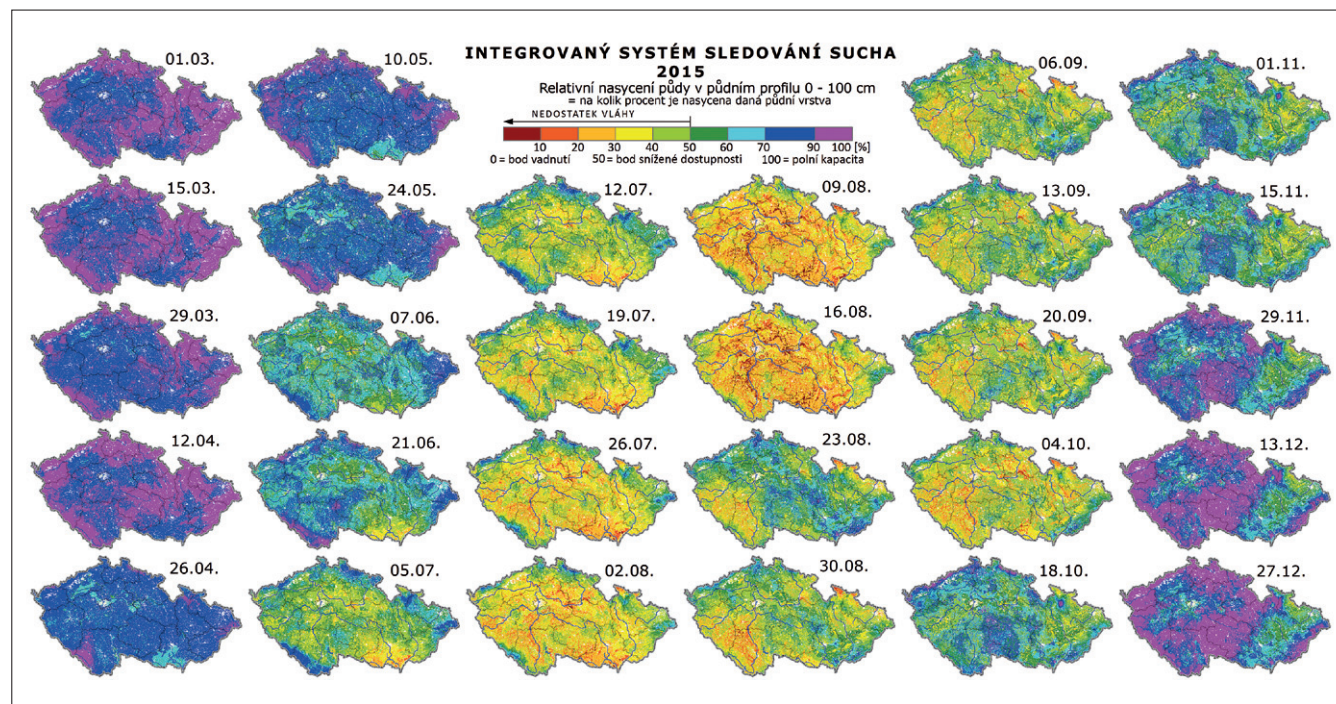
Výsledky Integrovaného systému sledování sucha jsou k dispozici online na webovém portálu [www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz) v podobě mapových podkladů, které jsou aktualizovány vždy v pondělí v 15.00 h. V rámci tohoto článku budou prezentovány výstupy pro rok 2015, kdy prakticky na celém území České republiky probíhalo několikátýdenní sucho.

Mapy intenzity sucha popisují průběh odchylky aktuálního stavu od dlouhodobého průměru ve vrstvě 0,0–1,0 m (obr. 1.) od počátku března do konce roku 2015. První týden v červenci přinesl díky vysokým teplotám počáteční znatelné zvýšení intenzity sucha. Současně začala epizoda s výrazným snížením srážek. Nižší než obvyklou zásobu vody v půdě, typickou pro toto období v roce, mělo 83 % území jak v povrchové vrstvě (0,0–0,4 m), tak obdobně i v celém profilu (0,0–1,0 m). Situace se v následujících týdnech během měsíce července postupně zhoršovala, což bylo způsobeno kombinací nedostatku srážek a vysokých teplot vzduchu. Od 19. července se na více než polovině území ČR vyskytovaly anomálie o intenzitě sucha S4 a S5 (tedy sucho 50leté až 100leté). V prvním týdnu v srpnu byly dosahovány rekordní maximální denní teploty, lokálně až 40° (většinou ve středních Čechách) a během první poloviny tohoto měsíce bylo až 8/10 plochy ČR zasaženo stupni sucha S4 a S5. V třetím srpnovém týdnu se situace výrazně změnila, díky přechodu studené fronty nad územím ČR, která přinesla místy srážky až 60 mm za den. I po této změně v množství srážek a snížení teploty ale stále zůstávaly některé oblasti (jižní Čechy, severní Morava a Slezsko) ohrožené nejvyššími stupni sucha (S4 a S5), a to celkem na 13 % plochy.

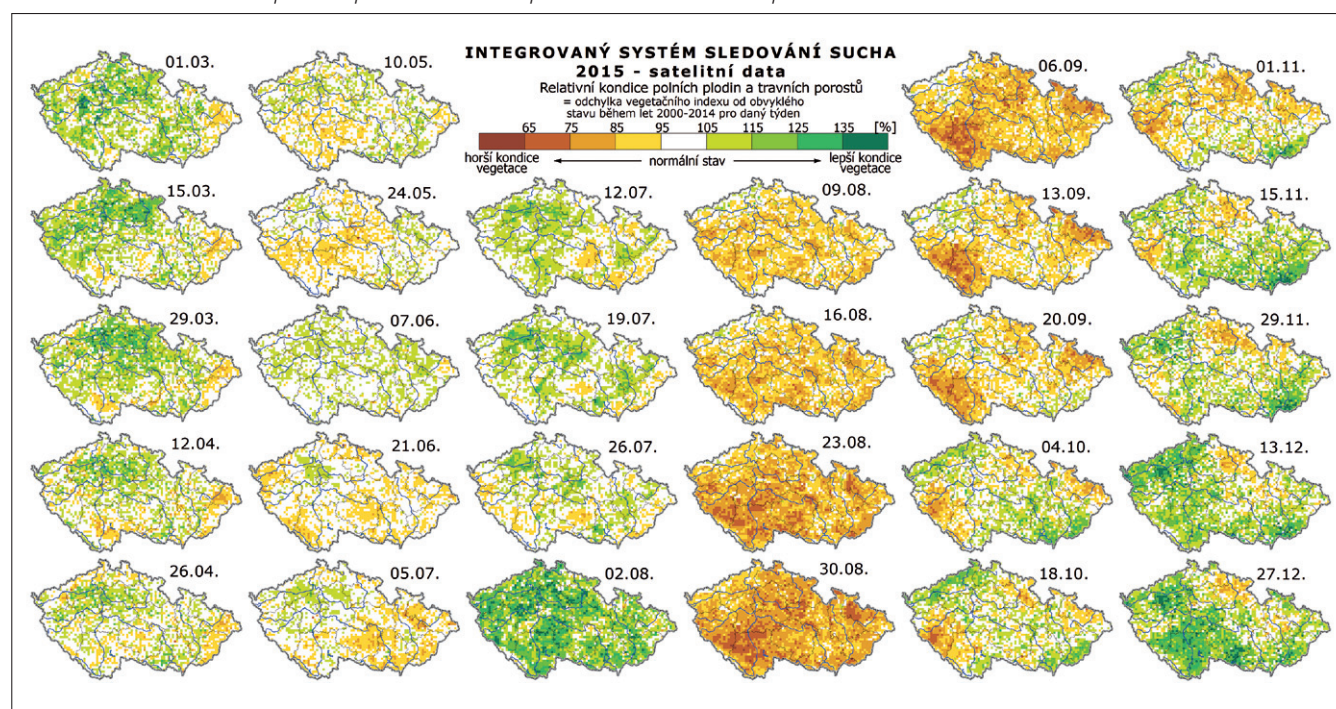
Mapy relativního nasycení půdy popisují aktuální vývoj obsahu vody v půdě (obr. 2.) v půdní vrstvě 0,0–1,0 m. Na začátku července (během prvního týdne) bylo nedostatečnou dostupností vláhy v povrchové vrstvě (0,0–0,4 m) postiženo více než 40 % území ČR, tzn. že obsah vody v půdě byl pod 50 %. Situace se postupně zhoršovala až do poloviny měsíce srpna. Míra nasycení půdního profilu (ve vrstvě 0,0–1,0 m) dosáhla minima roku 2015 v týdnu od 2. do 9. srpna. V druhém srpnovém týdnu bylo pod bodem snížené dostupnosti 97 % území, zatímco profily s dostatečnou zásobou se na našem území prakticky nevyskytovaly. Místa se zásobou menší než 30 % pro rostliny dostupné vláhy (a tedy bezprostředně ohrožené stresem suchem) se na našem území vyskytovaly na 2/3 území. V druhé polovině srpna díky srážkám vzrostl obsah dostupné půdní vláhy



Obr. 2. Relativní nasycení půdy v půdním profilu 0,0–1,0 m v roce 2015 od počátku března do konce roku



Obr. 3. Relativní kondice polních plodin a travních porostů v roce 2015 od počátku března do konce roku



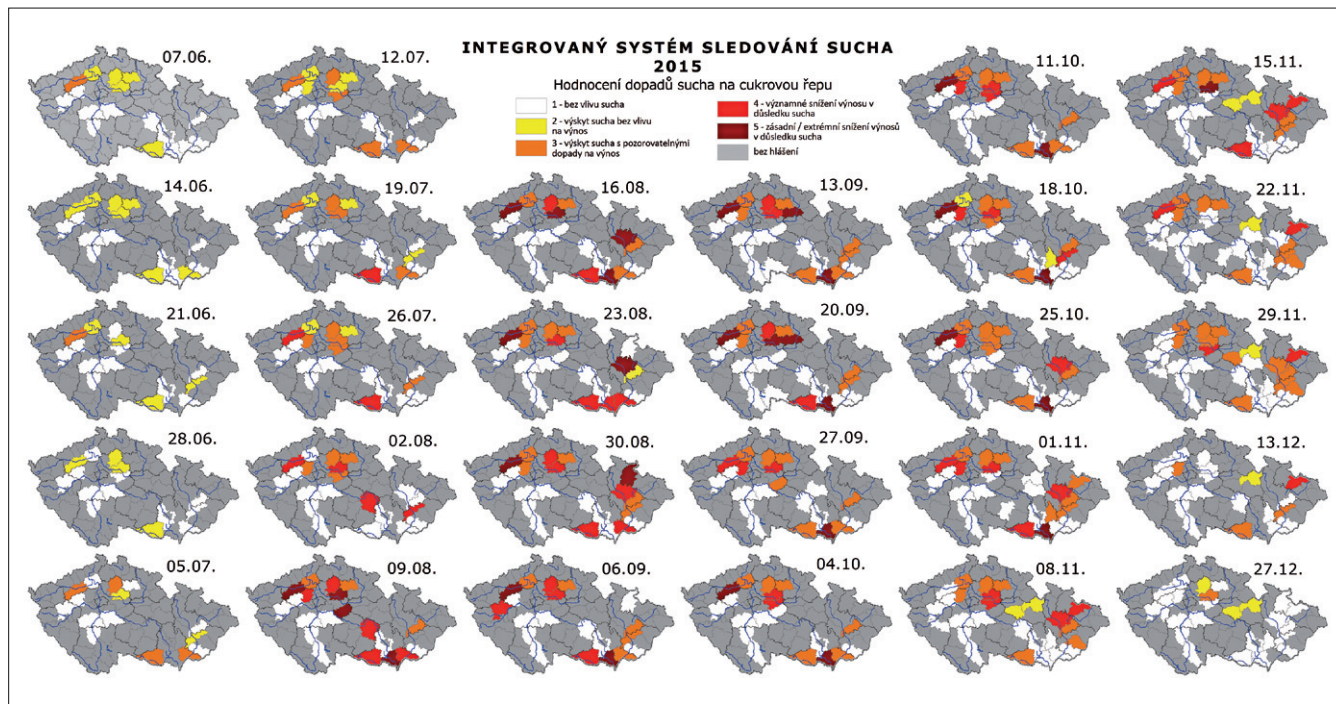
(zejména v povrchové vrstvě 0,0–0,4 m) a situace se na většině území zlepšila, nicméně i nadále zůstávaly oblasti nedostatečně zásobené vodou v půdě.

Satelitní data (obr. 3.) vegetačního indexu EVI jsou zobrazována na mapě dopadů na vegetaci a znázorňují odezvu vegetace na nízké srážky a vysokou teplotu a zobrazují velmi špatnou kondici vegetace (méně biomasy, než je k danému datu pro dané místo obvyklé) zejména od konce července a dále během měsíce srpna až do začátku září.

Prostorové a časové vymezení dopadů sucha na cukrovou řepu podle sledování pozorovatelů nabízí obr. 4. Významné a extrémní snížení výnosů cukrové řepy v důsledku sucha bylo dokumentováno zejména pro oblast jihomoravského kraje, dále v oblasti středních a západních Čech od počátku srpna do konce roku 2015. Dle detailního popisu hodnotitelů (zejména z okresů Louny, Nymburk, Kolín, Břeclav a Znojmo) trpěla cukrová řepa nedostatkem vody ve svrchních vrstvách půdy již na konci dubna. K výraznému zhoršení stavu porostů cukrovky



Obr. 4. Hodnocení dopadů sucha na cukrovou řepu očima expertních hodnotitelů od počátku března do konce roku 2015



došlo na konci měsíce července a na přelomu července a srpna. Během srpna postupně docházelo k postupnému zhoršování porostů a na řadě míst k celkovému usychání chrástu (obr. 5.). Snížení teplot a zvýšení množství srážek v druhé polovině srpna přineslo mírné zlepšení stavů porostů, ale na zlepšení výnosů se již neodrazilo. Negativní projevy sucha se opět projeví během září a října. Sklizeň probíhající na konci října a během listopadu potvrdila výrazné snížení výnosů v celkem 11 hodnocených okresech (výnosy byly hodnoceny jako velmi nízké či významně až extrémně snížené působením sucha).

#### Diskuse a závěr

Aktuálně používané metody monitoringu sucha jsou založeny buď na sledování půdní vlhkosti a nebo propojují informace o půdní vlhkosti a srážkových indexech (11). Jednou z efektivních možností monitorování výskytu sucha je metoda dálkové detekce. Obecně se metodami dálkové detekce sucha zabývala řada autorů (12, 13). Nejčastěji se používají tzv. vegetační indexy, nejčastěji používaným je tzv. normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI) (14), který je také součástí Integrovaného

Obr. 5. Porost cukrovky ve středních Čechách v polovině srpna 2015





systému sledování sucha (ISSS). Korelace mezi vegetačními indexy a výskytem půdní vlhkosti (resp. zemědělského sucha) již byla prokázána (15).

ISSS nabízí informace o aktuálním průběhu zemědělského sucha na území ČR a přináší krátkodobou (desetidenní) předpověď. Využívá několik na sobě nezávislých metod založených na výpočtu vodní bilance, dálkovém průzkumu země a vybudování široké sítě pozorovatelů. ISSS je v týdenním kroku aktualizován na stránkách [www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz), nabízí sledování sucha v půdním profilu 0,0–1,0 m v gridu 500 × 500 m pro celou ČR. V současných podmínkách měnícího se klimatu, kdy se sucho stává významným dopadem klimatické změny, slouží jako systém včasné výstrahy a jako nástroj pro posouzení dopadů zemědělského sucha.

*Článek vznikl díky podpoře projektu CzechAdapt – Systém pro výměnu informací o dopadech změny klimatu, zranitelnosti a adaptačních opatřeních na území ČR (EHP-CZ02-OV-1-014-2014), který byl podpořen grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska a díky projektu NAZV QJ1610072 s názvem Systém pro monitoring a předpověď dopadů zemědělského sucha.*

## Souhrn

Sucho se v posledních letech stává klimatickým extrémem, který se v České republice objevuje s větší intenzitou a vyšší frekvencí. Aby bylo možné i přes tento fakt provozovat konkurenceschopné zemědělství, je nutné mít k dispozici základní informace o aktuálním stavu sucha a krátkodobé předpovědi. Cílem této práce je proto představit Integrovaný systém sledování sucha (ISSS), který monitoruje aktuální stav a vývoj sucha pomocí několika na sobě nezávislých metod. Základním zdrojem výstupů je model vodní bilance SoilClim, který pracuje s aktuálními meteorologickými charakteristikami, dále s údaji land-use (typ využití plochy země), expozicí a sklonitostí, intercepcí, typem a druhem půdy a informacemi o podzemní vodě. Výstupem jsou mapové podklady, které v týdenním kroku popisují tzv. intenzitu zemědělského sucha odvozenou z výpočtu relativního nasycení půdy do hloubky 1 m (rozděleno na dvě vrstvy 0,0–0,4 m a 0,4–1,0 m). ISSS sleduje kondici vegetace (vegetační index) pomocí družicových snímků a spolupracuje s řadou expertních hodnotitelů, kteří hodnotí v aktuálním čase sucho na svém pozemku a současně sledují dopady sucha na právě pěstované plodiny. Pomocí těchto parametrů byla vyhodnocena suchá epizoda roku 2015 od března do konce roku. Výsledky popisují výskyt 50 až 100letého zemědělského sucha na velké části České republiky. Výsledky v podobě mapových výstupů jsou k dispozici na webové stránce [www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz).

**Klíčová slova:** sucho, monitoring, předpověď sucha, rok 2015.

## Literatura

1. ALLEN, R. G. ET AL.: *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 1998, Rome: FAO.
2. HEIM, R. R.: A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, 2002, s. 1149–1165.
3. WILHITE, D. A.: *Drought and Water Crisis: Science, Technology and Management Issues*. CRC Press, Boca Raton, FL, 2005, 431 s.
4. TOLASZ, R. ET AL.: *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd., Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 256 s., ISBN 978-80-86690-26-1.
5. BRÁZDIL, R. ET AL.: Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961–2005. *Int. J. of Climatology*, 29, 2009, s. 223–242.
6. BRÁZDIL, R. ET AL.: Variability of droughts in the Czech Republic, 1881–2006. *Theoret and Applied Climatology*, 97, 2008, s. 297–315.

7. TRNKA, M. ET AL.: Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *Int. Journal of Climatology*, 35, 2015, s. 3733–3747.
8. DUBROVSKÝ, M. ET AL.: Multi-GCM projections of future drought and climate variability indicators for the Mediterranean region. *Regional Environmental Change*, 14, 2014, s. 1907–1919.
9. TRNKA, M. ET AL.: Consequences of climate change for the soil climate in Central Europe and the central plains of the United States. *Climatic Change*, 120, 2013 (1–2), s. 405–418.
10. HLAVINKA, P. ET AL.: Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. *Agricultural Water Management*, 98, 2011, s. 1249–1261.
11. MOŽNÝ, M. ET AL.: Use of a soil moisture network for drought monitoring in the Czech Republic. *Theor. Appl. Climatol.*, 107, 2012, s. 99–111.
12. VOGT, J. V. ET AL.: *Drought monitoring from space*. In VOGT, J. V.; SOMMA, F. (EDS.): *Drought and drought mitigation in Europe*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000, s. 167–183.
13. BAYARJARGAL, Y. ET AL.: A comparative study of NOAA AVHRR derived drought indices using change vector analysis. *Remote Sensing of Environment*, 105, 2006, s. 9–22.
14. BRÁZDIL, R.; TRNKA, M. ET AL.: *Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost*. Centrum výzkumu globální změny Akademie Věd České republiky, v. v. i., 2015, Brno, 402 s., ISBN 978-80-87902-11-0.
15. TADESSE, T. ET AL.: A new approach for predicting drought-related vegetation stress: Integrating satellite, climate, and biophysical data over the US central plains. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 59, 2015, s. 244–253.

## Bartošová L., Trnka M., Hlavinka P., Semerádová D., Balek J., Štěpánek P., Zahradníček P., Možný M., Žalud Z.: Monitoring Agricultural Drought in Czech Republic – Drought Episode of 2015

Drought has recently become a climatic extreme that has occurred in the Czech Republic more frequently and has had a more severe impact. In order to be able to run a competitive agricultural sector, it is necessary to have the basic information on the current drought condition and short-term forecasts. The aim of this study is to introduce the Integrated Drought Monitoring System (IDMS) that monitors the current state and evolution of drought by means of several independent methods. The basic source of outputs is the SoilClim model of water balance that works with current meteorological characteristics, land-use data (type of used land), slope exposure and inclination, interception, soil type and information on groundwater. The output consists of maps that describe the so called agricultural drought intensity derived from the calculation of the relative soil saturation up to 1 m (divided into two layers 0.0–0.4 m and 0.4–1.0 m). The IDMS monitors the condition of vegetation (vegetation index) using satellite images and cooperates with a number of experts, who perform real-time assessment of the drought on their land and at the same time they monitor its impact on the existing crops. Using these parameters, the drought episode from March to the end of the year 2015 was assessed. The results describe occurrence of a 50 to 100-year agricultural drought in great part of the Czech Republic. The results in the form of maps are available on [www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz).

**Key words:** drought, monitoring, drought forecast, year 2015.

## Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Lenka Bartošová, Ph.D., Ústav výzkumu globální změny Akademie Věd ČR, v. v. i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno, Česká republika, e-mail: bartolen@gmail.com