

HODNOCENÍ SUCHÝCH OBDOBÍ POMOCÍ NÁROKŮ NA DOPLŇKOVOU ZÁVLAHU VYBRANÝCH PLODIN

RNDr. Tomáš Litschmann, doc. Ing. Eva Klementová, PhD.

Amet. 691 02 Velké Bílovice, Česká republika, E-mail: amet@bva.sol.cz
Tel.: 0042 519346252

Katedra vodného hospodářstva krajiny, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Tel.: 00421-02-59274618, E-mail: klement@svf.stuba.sk

ÚVOD

Ačkoliv problematika sucha v našich oblastech není nikterak nová, neboť suché roky se v minulosti objevovaly s určitou pravděpodobností výskytu vždy, přesto se ukazuje, že stále ještě nemáme dostatek metod, jak přistupovat ke stanovení závažnosti tohoto jevu za konkrétních podmínek. Při zpracování údajů z dlouhodobých měření v pražském Klementinu a z observatoře v Hurbanově (např. LITSCHMANN, KLEMENTOVÁ, ROŽNOVSKÝ, 2002) pomocí Palmerova indexu závažnosti sucha se ukazuje, že v posledních dvou desetiletích minulého století začal počet suchých měsíců vzrůstat a tento trend podle většiny scénářů klimatické změny bude pokračovat i v budoucnosti. Přehled některých obvykle používaných metod k vyjádření intenzity sucha lze nalézt např. v práci (LITSCHMANN, KLEMENTOVÁ, 2002). Většinou jsou založeny buď na porovnávání srážkových anebo jiných meteorologických veličin s jejich normály, popřípadě na bilancování zásob vláhy v půdě pod fiktivním porostem s určitou transpirací. Jak ukazuje CVELIHAROVÁ (2001), při použití různých metod lze dospět k různým závěrům ohledně stanovení pořadí nejsušších roků v dané časové řadě. Domníváme se proto, že pokud chceme opravdu vyjádřit závažnost agronomického sucha (které je většinou prvním viditelným projevem nastupujícího suchého období), není tak možno učinit bez vztahu k určité konkrétní plodině. Nedostatek srážek, popřípadě zvýšená evapotranspirace, se u každé plodiny projevuje různě v závislosti na tom, v jaké vývojové fázi plodiny se tyto jevy vyskytly. Závisí též i na hloubce kořenového systému a retenčních schopnostech půdy, jak dokáže hospodařit se spadlými srážkami. Sucho se nemusí vůbec projevit u ranných plodin s hlubším kořenovým systémem, čerpajících zimní zásoby vláhy, naopak plodiny s dlouhou dobou vegetace mohou být postiženy daleko více. V našich klimatických podmínkách se vždy v průběhu vegetačního období vyskytují srážkové periody, které zvyšují zásobu vláhy alespoň ve svrchních vrstvách půdy a záleží pak již jen na období jejich výskytu a velikosti, zda konkrétní plodině pomohou překonat kritické období předchozího, popřípadě následného nedostatku srážek.

V předloženém příspěvku jsme se pokusili hodnotit závažnost sucha poněkud netradičním způsobem, který je založen na stanovení potřeby závlahové vody pro konkrétní plodiny. Vycházíme přitom z předpokladu, že závlahovou dávkou se upravuje vláhový režim v půdě tak, aby rostliny netrpěly vodním stresem. Tato metoda poměrně dobře reaguje jak na zvýšené transpirační a evaporační nároky způsobené zvýšenou výsušností okolní atmosféry, tak bere v potaz též i rozložení srážek, nároky jednotlivých plodin na vláhu v jednotlivých obdobích jejich vývoje a rovněž i půdní vlastnosti včetně zásoby vláhy v půdě z předchozího období. Nesnažíme se tedy stanovit množství vody, které by v půdě chybělo bez závlahy, poněvadž se snižující se zásobou půdní vláhy vzrůstá vodní stres rostliny a mění se poměr potenciální a aktuální evapotranspirace a za určitých situací může dojít k tomu, že zásoba vláhy v půdě již prakticky neklesá, přičemž tato hranice je někdy velmi proměnlivá. Zajímavou ukázkou tohoto jevu může být obr. 1, na němž jsou vyneseny průměrné hodnoty půdních vlhkostí v hloubce 30 a 60 cm pod porostem broskvoní v letech 2000 a 2003. Zatímco v roce 2000 půdní vlhkost plynule klesala až do výskytu výraznějších srážek v druhé polovině července, v roce 2003 došlo ke zpomalení tohoto poklesu v polovině května a od tohoto termínu vlhkost

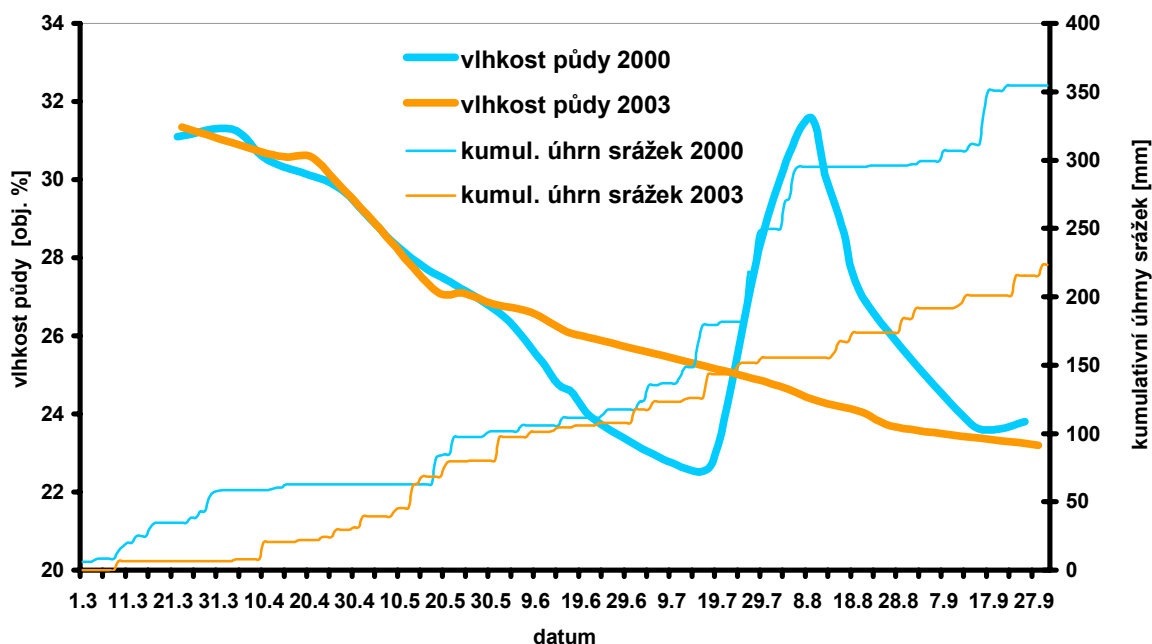
velmi pozvolna klesala až do konce vegetačního období, přičemž velikost kumulativního úhrnu srážek v obou letech byly od poloviny května do poloviny července v obou letech přibližně stejná. Projevuje se tak pravděpodobně odlišná fyziologická reakce plodiny na rozložení srážek a adaptace na podmínky vodního stresu. Jelikož vlhkost půdy v obou těchto letech byla na začátku i ke konci vegetačního období přibližně stejná, lze předpokládat, že v roce 2000 využil porost k evapotranspiraci o cca 150 mm srážek více než v roce 2003.

Pozitivní přínos předloženého postupu stanovení závažnosti suchého období je rovněž i v tom, že se nedostáváme do nereálně vysokých deficitů zásoby vláhy v půdě při použití potenciální evapotranspirace, jak je tomu např. u Metodiky hodnocení sucha na území ČR v období IV. – VI. 2000, podle níž jsou deficity na konci vegetačního období tak vysoké, že nemají šanci ani v případě normálního roku se vrátit do reálných hodnot.

Vybrány byly prozatím dvě plodiny, a to intenzivní travní porost a jabloně. Důvodů pro tuto volbu bylo hned několik:

- vyskytují či pěstují se ve většině zemědělsky využívaných oblastech
- liší se navzájem hloubkou prokořenění i transpiračními koeficienty v průběhu vegetace, rovněž i bodem snížené dostupnosti

Intenzivní travní porost zastupuje plodiny s dlouhou vegetační dobou a s poměrně mělkým kořenovým systémem, zásoba vody je poměrně omezená, transpirační nároky jsou vysoké po celou dobu vegetace. Jabloně naproti tomu mají hlubší kořenový systém, nároky na vláhu jsou zvýšeny pouze několik měsíců během vegetačním období.



Obr. 1 Průběhy vlhkosti půdy v broskvoních v letech 2000 a 2003 a kumulativní úhrny srážek

MATERIÁL A METODIKA

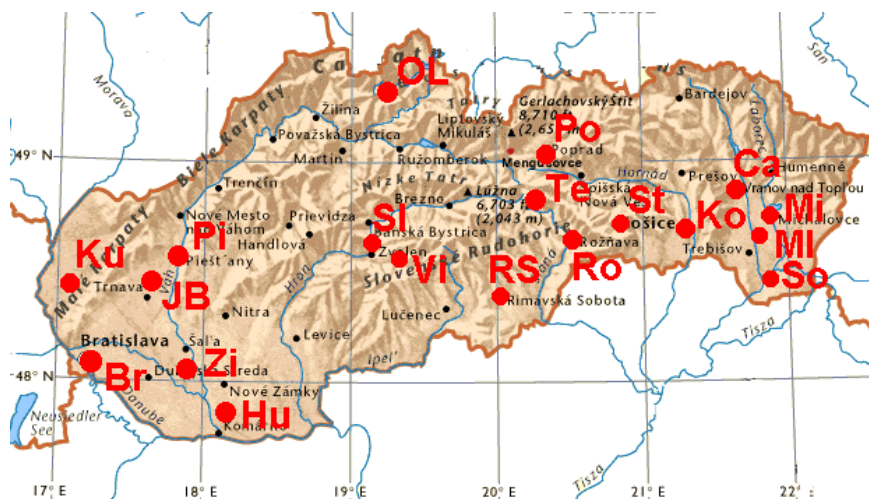
Ke zpracování potřeby závlahové vody uvedenými plodinami byly použity denní meteorologické údaje o srážkách, teplotě a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a době trvání slunečního svitu z 19-ti stanic rozmístěných na území SR. Tyto údaje za období 1971-2000 poskytl SHMÚ. V tab. 1 je seznam použitých klimatologických stanic, které měly pokud

možno co neúplnější řady potřebných meteorologických prvků za zpracované třicetiletí a jejichž údaje nám poskytl SHMÚ. Jejich rozmístění na území Slovenska je náplní obr. 2.

Seznam použitých klimatologických stanic

tab. 1

Název stanice	zkratka	nadm. výška [m n.m.]	zem. šířka [° s.š.]	zem. délka [° v.d.]	Úhrn srážek IV-IX [mm]	ETP IV-IX [mm]
Bratislava, let.	Br	131	48° 10'	17° 12'	305	622
Čaklov	Ca	133	48° 54'	21° 38'	429	513
Hurbanovo	Hu	115	47° 52'	18° 12'	307	622
Jasl. Bohunice	JB	176	48° 29'	17° 40'	318	620
Košice	Ko	230	48° 40'	21° 13'	411	599
Kuchyňa	Ku	206	48° 24'	17° 09'	378	577
Michalovce	Mi	112	48° 45'	21° 57'	386	538
Milhostov	Ml	104	48° 40'	21° 44'	361	556
Or. Lesná	OL	780	49° 22'	19° 11'	622	411
Piešťany	Pi	165	48° 37'	17° 50'	348	602
Poprad	Po	695	49° 04'	20° 15'	399	500
Rim. Sobota	RS	214	48° 22'	20° 01'	363	544
Rožňava	Ro	289	48° 39'	20° 32'	434	521
Sliach	Sl	313	48° 39'	19° 08'	386	528
Somotor	So	100	48° 24'	21° 49'	353	554
Štós	St	650	48° 43'	20° 48'	508	523
Telgart	Te	901	48° 51'	20° 11'	551	457
Víglaš	Vi	368	48° 33'	19° 19'	371	505
Žihárec	Zi	111	48° 04'	17° 52'	320	582



Obr. 2 Rozmístění použitých stanic

Je zřejmé, že až na určité výjimky je jejich rozložení poměrně rovnoměrné po ploše studovaného území, především pak v těch oblastech, které jsou zemědělsky intenzivně využívány.

Po výpočtu potenciální evapotranspirace metodou Penmana-Monteitha byla tato hodnota spolu s údaji o srážkách zpracována programem AFSIRS (viz SMAJSTRLA 1990).

Výsledkem tohoto zpracování byly m.j. i údaje o množství závlahové vody, potřebné k udržení zásoby půdní vláhy v rozmezí mezi bodem snížené dostupnosti a polní vodní kapacitou. Zjednodušeně lze činnost programu AFSIRS sledovat na obr. 3 - 6. Půdní profil je rozdělen na dvě vrstvy, přičemž ve svrchní z nich je zásoba vláhy doplňována závlahou, ve spodní (nezavlažované) převládá většinou spotřeba vody, popř. slouží jako zásobárna pro výraznější srážky, které prosáknou svrchní vrstvou. Předpokládá se, že ze svrchní vrstvy je odnímáno minimálně 70 % potřeby vody daným porostem, toto procento stoupá úměrně s tím, jak klesá obsah vody ve spodní vrstvě.

Aktuální evapotranspirace příslušného porostu je počítána tak, že referenční evapotranspirace se vynásobí hodnotou tzv. „crop coefficientu“ (Kc), který vyjadřuje, jaký je vztah mezi aktuální evapotranspirací tohoto porostu a vypočítanou referenční evapotranspirací, která reprezentuje travní porost o výšce přibližně 7 – 15 cm. V tab. 2 jsou uvedeny použité koeficienty pro výpočet včetně hodnot bodu snížené dostupnosti, vyjádřené v % využitelné vodní kapacity (%VVK).

Hodnoty koeficientu Kc (horní řádek) a % využitelné vodní kapacity (spodní řádek), použité pro výpočet

tab. 2

Plodina/měsíc	V	VI	VII	VIII	IX	X
Jabloně Kc	0.5	0.6	0.9	0.9	0.8	0.7
% VVK	50	60	70	70	60	50
Trávník, intenzivní Kc	0.85	0.78	0.78	0.82	0.83	0.83
% VVK	60	60	60	60	60	60

Jelikož vždy při dosažení bodu snížené dostupnosti je programem aplikována závlaha, nepředpokládá se, že by docházelo ke snižování evapotranspirace nedostatkem vláhy a není proto nutno zavádět další koeficient vodního stresu, Ks. Aktuální evapotranspirace je proto vždy rovna potenciální pro daný porost. V případě travního porostu jsme předpokládali tloušťku zavlažovaného horizontu 15 cm, celkovou tloušťku prokořenění pak 30 cm, u jabloní to bylo 50 a 100 cm. Půdní profil jsme předpokládali homogenní v celé kořenové vrstvě s hodnotou využitelné vodní kapacity 20 obj. %. Tato hodnota odpovídá přibližně hlinité půdě.

VÝSLEDKY A DISKUSE

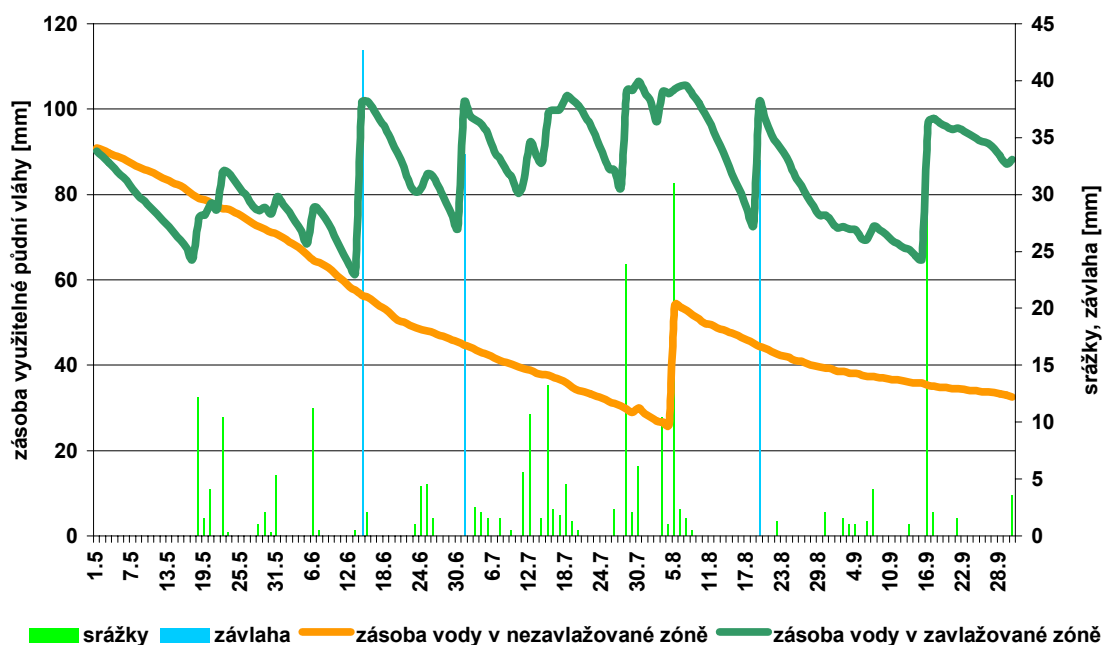
Vypočítané hodnoty potřeby závlahové vody pro obě plodiny byly pro každou stanici seřazeny v sestupném pořadí. V tab. 3 si lze prohlédnout pořadí tří let s nejvyššími nároky na doplňkovou závlahu pro intenzivní travní porost a ve druhém sloupci i pro jabloně.

Při pohledu na tuto tabulku je zřejmé, že nejvíce na prvních místech převládá rok 1992, u travních porostů se vyskytuje 11x, u jabloní 10x. Rok 2000, který byl často hodnocen jako velmi suchý a pravděpodobně díky jeho medializaci se začala věnovat problematice sucha u nás i z odborného hlediska opět větší pozornost, se vyskytl při našem hodnocení jako nejsušší pouze ve čtyřech případech u travních porostů a 3x u jabloní. Je to dáno tím, že v roce 2000 se nedostatek srážek vyskytoval především v jarních měsících od dubna do června, což znamenalo především vývoj jarních obilovin, v dalších měsících se přece jenom určité srážky vyskytly a zásoby vody alespoň ve svrchních vrstvách půdy byly doplňovány. Hlouběji kořenicí plodiny čerpaly v jarním období vodu z hlubších vrstev půdy, který byly poměrně dobře saturovány předcházejícím vlhčím obdobím trvajícím do konce března.

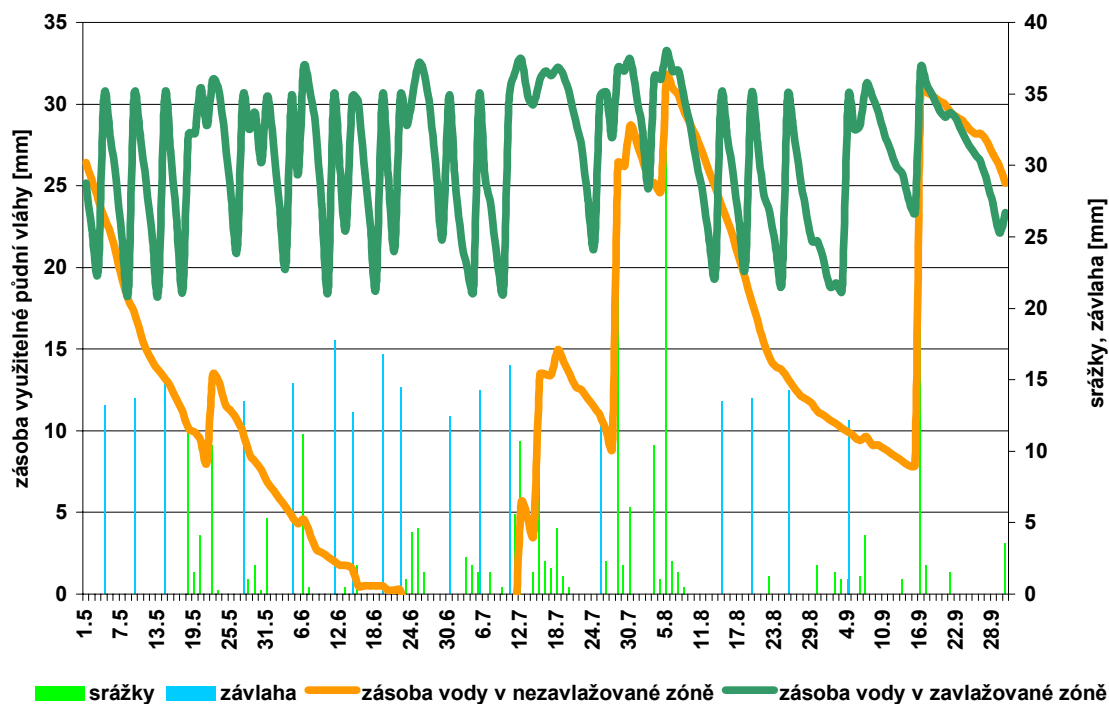
Pořadí tří nejsušších let z hlediska nároků na potřebu závlahové vody pro jednotlivé plodiny tab. 3

Název stanice	pořadí intenzivní porost	pro travní	pořadí pro jabloně
Bratislava, let.	2000, 1992, 1986		2000, 1992, 1973
Čaklov	1982, 1992, 1983		1994, 1976, 1982
Hurbanovo	2000, 1993, 1990		2000, 1990, 1983
Jasl. Bohunice	1992, 2000, 1990		1992, 2000, 1990
Košice	1992, 1994, 1986		1994, 1992, 1976
Kuchyňa	1992, 2000, 1994		1992, 1994, 1990
Michalovce	1994, 2000, 1986		1994, 1986, 1995
Milhostov	1999, 1992, 1993		1999, 1976, 1994
Or. Lesná	1992, 1983, 1976		1992, 1994, 1997
Piešťany	1992, 1973, 1983		1992, 1973, 1978
Poprad	2000, 1992, 1994		1994, 1982, 1973
Rim. Sobota	1993, 1992, 2000		1993, 2000, 1992
Rožňava	1992, 1986, 1994		1992, 1986, 1994
Sliach	1992, 2000, 1973		1992, 1973, 2000
Somotor	1992, 1994, 2000		1992, 1994, 2000
Štós	1992, 2000, 1993		1992, 1986, 1976
Telgart	1992, 1993, 1994		1992, 1994, 1976
Víglaš	1992, 2000, 1973		1992, 2000, 1973
Žihárec	2000, 1992, 1973		2000, 1992, 1973
Celkem	1992, 2000, 1993		1992, 1994, 1976

Názorně to lze pozorovat na obrázcích 3 a 4, na nichž je znázorněn průběh zásob vláh v jednotlivých vrstvách v roce 2000 v lokalitě Kuchyňa (poblíž Malacek na Záhorské nížině). V této lokalitě se v případě travního porostu rok 2000 umístil na 2. místě, v případě jabloní až na čtvrtém.

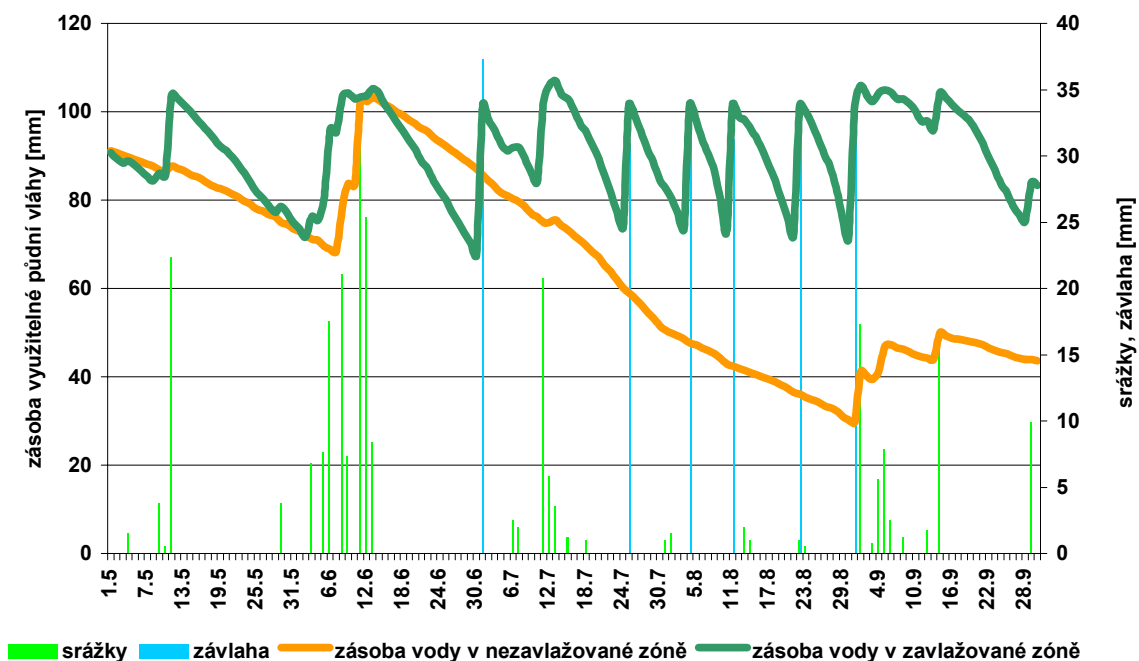


Obr. 3 Bilance zásoby vláh v jednotlivých půdních vrstvách pro jablone (Kuchyňa, 2000)

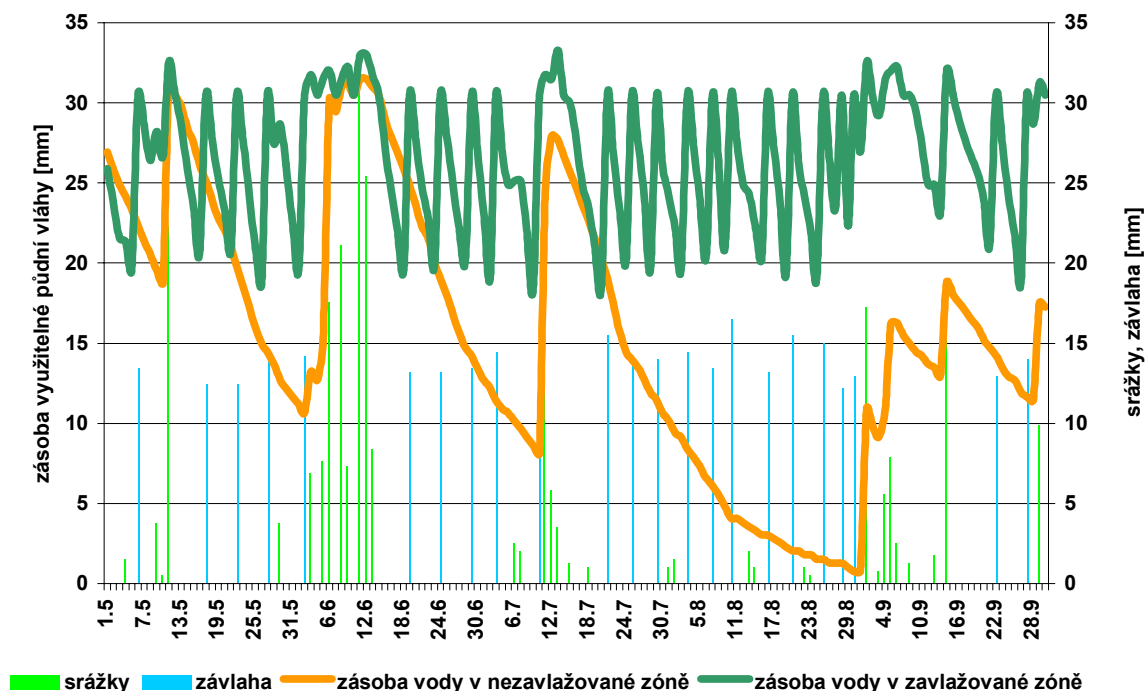


Obr. 4 Bilance zásoby vláhý v jednotlivých půdních vrstvách pro intenzivní travní porosty (Kuchyňa, 2000)

Naproti tomu v roce 1992 (z hlediska použité metodiky nejsušší rok) se projeví výrazněji především „medardovské deště“ v první polovině června a méně výraznější vlhčí období o měsíc později, zbývající část vegetačního období však zůstávala bez výraznějších srážek a zásoba půdní vláhý musela být doplňována závlahou. Dokumentují to obr. 5 a 6.



Obr. 5 Bilance zásoby vláhy v jednotlivých půdních vrstvách pro jablone (Kuchyňa, 1992)

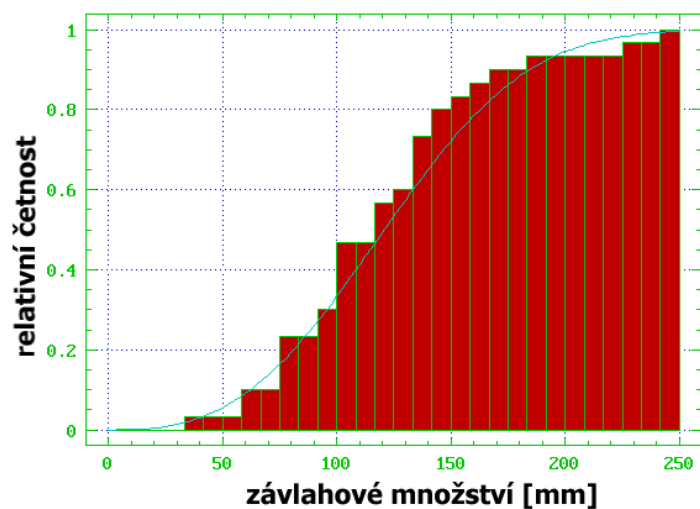


Obr. 6 Bilance zásoby vláhy v jednotlivých půdních vrstvách pro intenzivní travní porosty (Kuchyňa, 1992)

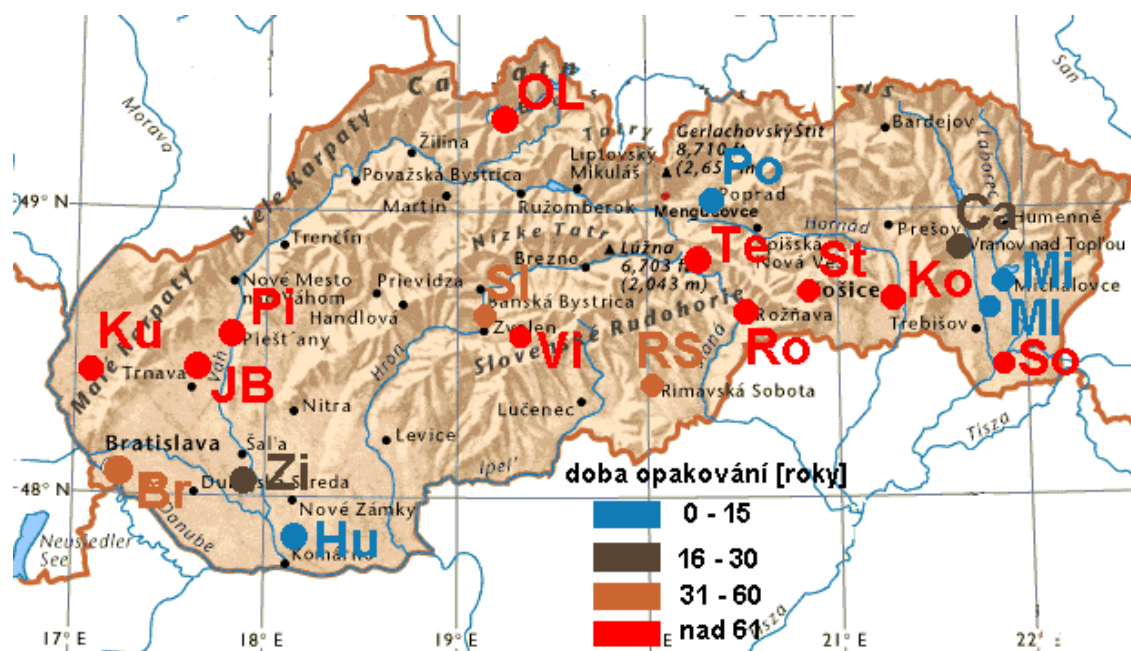
Absence výraznějších srážek v období vrcholného léta je z hlediska mělce i hlouběji kořenících trvalých kultur horší variantou, projevující se zvýšenou potřebou závlahové vody. Proto se rok 1992 zařadil z hlediska potřeby závlahy na první místo na většině studovaných lokalit.

Pokusili jsme se v dalším zpracování stanovit pořadí nejsušších let na základě výsledků zpracování všech použitých stanic. Jak je patrné z tab. 3, kromě převažujícího výskytu roku 1992 na předních místech u obou kultur se na zbývajících pozicích objevují nejrozličnější roky, v závislosti na lokálním průběhu srážek v oblasti příslušné stanice. Při stanovení pořadí nejsušších let jsme proto postupovali tak, že jsme po sestupném seřazení zpracovaných let podle vypočítané potřeby závlahové vody pro konkrétní stanici každému letopočtu přiřadili číslo, udávající jeho pozici. Rok s největšími nároky tak měl pořadové číslo 1 atd. Získali jsme devatenáct takto sestavených řad, zprůměrováním pořadových čísel pro jednotlivé letopočty jsme dospěli k závěrům, které jsou obsaženy v posledním řádku tab. 3. Na prvním místě se umístil u obou plodin rok 1992 (jeho průměr byl pro intenzivní travní porosty 1,6, pro jabloně 2,7), na dalších pozicích jsou roky 2000 a 1993 pro trávníky, zatímco pořadí pro jabloně je 1994 a 1976, rok 2000 se umístil až na čtvrtém místě.

Zvolený výpočetní postup rovněž umožňuje proložit vypočítanými hodnotami potřebného závlahového množství pro každou lokalitu teoretickou křivku překročení a z ní stanovit dobu opakování výskytu příslušného množství, jež se v jednotlivých letech vyskytne. Použili jsme Weibullovo rozdělení, které, jak ukazuje obr. 7, ve většině případů poměrně dobře kopíruje hodnoty empirického rozdělení, což bylo ověřováno i K-S testem. Jelikož použité třicetileté časové řady jsou poměrně krátké, považujeme za reálné vypočítané doby opakování přibližně do 60-ti let, proto jsme rozdělili lokality na obr. 8 a 9 pouze do čtyř kategorií. Z pohledu závlahy intenzivních travních porostů se v roce 1992 pohybovaly doby opakování na většině území nad touto hranicí.



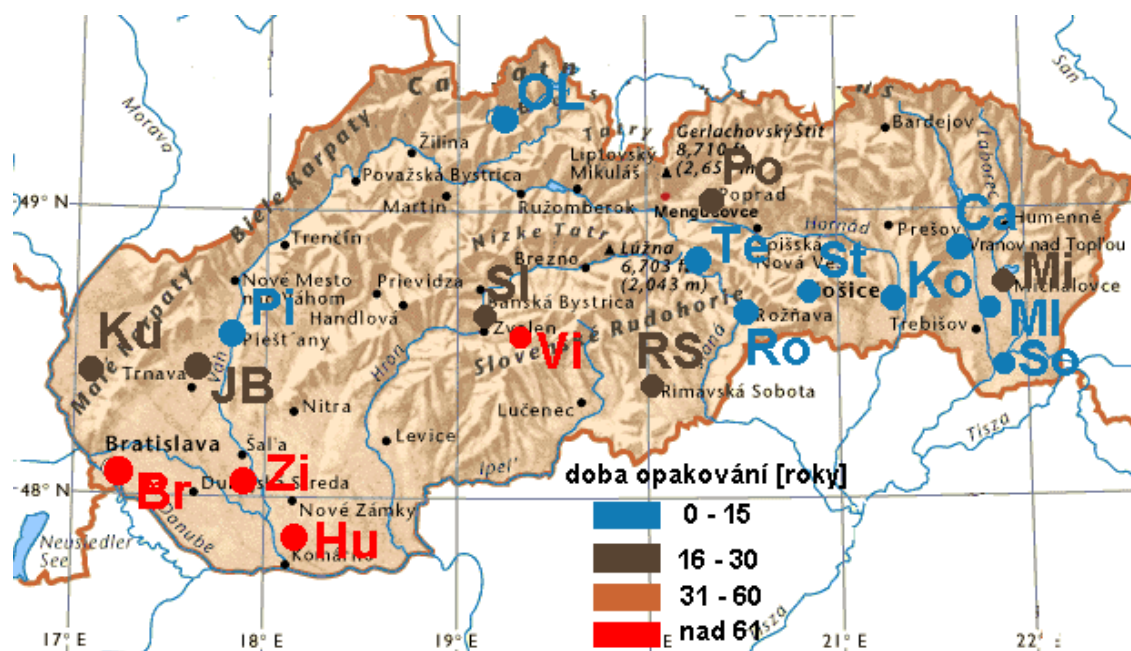
Obr. 7 Proložení křivky Weibullova rozdělení empirickými hodnotami potřebného závlahového množství pro travní porost v lokalitě Víglaš



Obr. 8 Doby opakování velikosti potřebného závlahového množství pro intenzivní travní porosty v roce 1992

Obdobné obrázky lze sestavit pro libovolný rok, pro srovnání je na obr. 9 znázorněno rozložení dob opakování v roce 2000.

Oproti předchozímu případu se oblasti s nejvyšší dobou opakování soustředily většinou na jižním Slovensku, naopak na východním Slovensku se pohybovaly většinou do 15 let.



Obr. 9 Doby opakování velikosti potřebného závlahového množství pro intenzivní travní porosty v roce 2000

V předloženém příspěvku jsme se pokusili hodnotit závažnost sucha poněkud netradičním způsobem, který je založen na stanovení potřeby závlahové vody pro konkrétní plodiny. Vycházíme přitom z předpokladu, že závlahovou dávkou se upravuje vláhový režim v půdě tak, aby rostliny netrpěly vodním stresem. Tato metoda poměrně dobře reaguje jak na zvýšené transpirační a evaporační nároky způsobené zvýšenou výsušností okolní atmosféry, tak bere v potaz též i rozložení srážek, nároky jednotlivých plodin na vláhu v jednotlivých obdobích jejich vývoje a rovněž i půdní vlastnosti včetně zásoby vláhy v půdě z předchozího období. Nesnažíme se tedy stanovit množství vody, které by v půdě chybělo bez závlahy, poněvadž se snižující se zásobou půdní vláhy vzrůstá vodní stres rostliny a mění se poměr potenciální a aktuální evapotranspirace a za určitých situací může dojít k tomu, že zásoba vláhy v půdě již prakticky neklesá, přičemž tato hranice je někdy velmi proměnlivá.

ZÁVĚR

Předložená práce je pokusem o další příspěvek k problematice hodnocení sucha pro konkrétní lokalitu a ročník. Ukazuje, že při posuzování závažnosti agronomického sucha je vhodné přihlídnout k nárokům na závlahovou vodu konkrétních plodin. Vzhledem k tomu, že pro různé plodiny mohou být výsledky zařazení rozdílné, nelze proto dát zcela uspokojivou odpověď na to, ve kterém roce byla závažnost sucha obecně největší. Použitý postup lze aplikovat jak na nejrůznější plodiny, tak i lze přihlídnout ke konkrétnímu druhu půdy, který se v dané lokalitě vyskytuje. Dalším rozšířením by bylo možno stanovit poměrně přesně závažnost sucha pro konkrétní lokalitu s danou skladnou plodin na daných druzích půd.

Výpočet dob opakování umožňuje posoudit závažnost nedostatku vláhy v konkrétním ročníku z dlouhodobějšího kontextu. Tak jako při vyhodnocování povodňových průtoků si odborníci i veřejnost zvykli na používání dob opakování jako na vyjádření závažnosti tohoto jevu na konkrétním místě, při hodnocení sucha se povětšinou uchylujeme k tomu, že jej srovnáváme s jinými lety, např. rokem 1947.

Příspěvek je prezentací grantové úlohy VEGA 1/9364/02 Optimalizácia vodného režimu krajiny ako súčasť jej revitalizácie a VEGA 1/9363/02.

LITERATURA:

- BROWN, P., KOPEC, D., (2000): Converting reference evapotranspiration into turf water use. Turf irrigation management series II, University of Arizona, 2000, 6s.
- CVELIHAROVÁ, K. (2001): Metódy hodnotenia sucha a ich aplikácia na vybranú lokalitu. DP KVHK SvF STU Bratislava, 2001, ved. DP Klementová, 79s.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. (2001): Drought and their Evaluation. 9th International Conference of Horticulture, vol. 2, ZF MZLU, Lednice na Moravě. s. 447 – 443.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. (2001): Hodnotenie sucha s ohľadom na doplnkové závlahy. Ed.: Z. Izakovičová. Krajinné plánovanie v 21. storočí. UKE SAV Bratislava 2001:152-158. ISBN 80-968120-8-4.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN T., (2001): Hodnotenie sucha s ohľadom na doplnkové závlahy. In.: Extrémny prostredia (počasie) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov, Bioklimatologické pracovné dni, Račkova dolina 10.-12.9.2001.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J. (2002): Assessment of Drought in Landscape. In: Participation of women in the fields of meteorology, operational hydrology and related sciences. Bratislava, 16-17. V. 2002, s. 143 – 148.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. (2002): Detekcia výskytu sucha v Hurbanove. Ed: Antal, J.: Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo. Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, Zborník 27 SAPV, Nitra 2002:45-50. ISBN 80-968665-3-2 .
- KVĚTOŇ, V., VALTER, J., KOTT, I. (2000): Metodika hodnocení sucha na území ČR v období IV – VI.2000. Interní sdělení ČHMÚ, 2000.
- LITSCHMANN T., KLEMENTOVÁ E., ROŽNOVSKÝ J. (2001): Palmerův index závažnosti sucha a jeho použití v našich podmínkách. poster, in: transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, Bratislava 29.11. 2001.
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E. (2002): Spotřeba závlahové vody teplomilnými ovocnými dřevinami. X. posterový deň s medzinárodnou účasťou „Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra“. Bratislava 28.11.2002, ISBN 80-968480-9-7.
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E., ROŽNOVSKÝ, J. (2002): Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina a Hurbanova pomocí PDSI. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 2002, ISBN 80-85813-99-8, s. 280-289.
- ROŽNOVSKÝ, J., KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. (2002): Kritéria hodnotenia klimatických pomerov. In: Zborník príspevkov zo VII. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou. Košice, 22.-24.V. 2002, s. 156 – 159.
- SMAJSTRLA, A.G. (1990): Agricultural Field Scale Irrigation Requirements Simulation (AFSIRS) Model. IFAS, University of Florida. Technical Manual. Gainesville FL. 1990, 252 s.
- ZAVADIL, J. (2000): Efektivní a ekonomická závlaha trávníků. IN.: Trávniky 2000, s. 7-10. Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave, Zv. 33/I, ALFA, Bratislava 1991, 239 s.