ACTA HYDROLOGICA
SLOVACA

Ročník 17, č. 1, 2016, 3 – 12

VPLYV TRÁVNATÉHO PORASTU NA DYNAMIKU ZÁSOB VODY V ZÓNE AERÁCIE PÔD ZÁHORSKEJ NÍŽINY

Július Šútor, Peter Šurda, Justína Vitková, Peter Stradiot, Katarína Brezianská

Hodnoty zásob vody v jednotlivých pôdnych horizontoch možno získať dvomi spôsobmi - priamym meraním vlhkosti pôdy vhodnými metódami alebo simuláciou na matematickom modeli vodného režimu pôdy. V súčasnosti je simulácia na matematickom modeli veľmi využívaná vzhľadom na to, že metódy priameho merania vlhkosti pôdy sú náročné na čas, pracovníkov a sú pomerne finančne nákladné. Aj napriek časovej, prístrojovej a personálnej náročnosti priamych meraní je úspešné matematické modelovanie nemožné bez priameho monitoringu. Simulácia vodného režimu zóny aerácie pôdy použitím modifikovaných meteorologických prvkov je vykonávaná u nás v početných prácach v odbore hydrológie pôd pomocou matematických modelov GLOBAL a DAISY. Ich využitiu pre riešenie dynamiky zásob vody v pôdach Záhorskej nížiny je venované relatívne menej pozornosti v porovnaní s ich aplikáciou v iných regiónoch Slovenska. Hlavne z aspektu porovnania údajov získaných simuláciou a priamym monitoringom. V predkladanom príspevku sa na základe monitoringu vlhkosti pôdy a simuláciou na vyššie uvedených matematických modeloch kvantifikujú zásoby vody v zóne aerácie pôdy na vybraných lokalitách s trávnatým porastom v oblasti Záhorskej nížiny.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: monitoring vlhkosti pôdy, simulácia na matematických modeloch, porovnanie meraných a simulovaných údajov

IMPACT OF GRASSLAND ON THE DYNAMICS OF WATER SUPPLY IN THE SOILS OF ZÁHORSKÁ LOWLAND. Values of water supply in different soil horizons can be obtained by two ways - by direct measurement of soil moisture through the use of appropriate methods or by simulation on mathematical model of soil water regime. Currently, the simulation on the mathematical models is widely used, considering that the direct method of soil moisture measurements is time consuming, laborious and are relatively expensive. Despite the time, instrument and human resources demand, successful mathematical modeling is not possible without direct monitoring. Simulation of the water unsaturated soil zone using modified meteorological elements is carried out in numerous works in the field of soil hydrology, using mathematical models Global and Daisy. Their use for solving the dynamics of water supply in the soil of Záhorská lowlands is not so widely used, compared to their application in other regions of Slovakia. Especially from the aspect of the comparation of data obtained by simulating and direct monitoring. Presented article is based on the monitoring of soil moisture and simulation of soil water dynamics on the above mentioned mathematical models to quantify water supply in the unsaturated zone of soil at selected locations with grass cover in the area of Záhorská lowland.

KEY WORDS: monitoring of soil moisture, simulation on mathematical models, comparison of measured and simulated data

Úvod

Simulácia vodného režimu zóny aerácie pôdy použitím modifikovaných meteorologických prvkov je vykonávaná u nás v početných prácach v odbore hydrológie pôd pomocou matematických modelov GLOBAL (Majerčák, Novák, 1994) a DAISY (Takáč a kol., 2011; Stradiot, 2015). Čo sa týka modelu GLOBAL, ide o simulačný matematický model pohybu vody v pôde, umožňujúci výpočet rozdelenia vlhkostného potenciálu, resp. vlhkosti pôdy v reálnom čase. Základom modelu je numerické riešenie nelineárnej parciálnej diferenciálnej rovnice pohybu vody v zóne aerácie pôdy – Richardsovej rovnice metódou konečných prvkov (Benetin a kol., 1985; Majerčák a Novák, 1992; Majerčák a Novák, 1994; Šimůnek et al., 1997; Takáč, 1999).

Podobne ako model GLOBAL, tak aj model DAISY je jednorozmerný matematický simulačný model na modelovanie dynamiky pôdnej vody a dusíka v rastlinnej výrobe za rozličných podmienok stratégie a riadenia poľnohospodárskej výroby. Jednotlivé procesy, ktoré sú zahrnuté v modeli, uvažujú s transformačnými a transportnými procesmi vody, tepla, uhlíka a dusíka. Bol vyvinutý v Dánsku na Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Agricultural Sciences, Laboratory for Agrohydrology and Bioclimatology, autormi sú Soren Hansen a Per Abrahamsen (2008).

V oboch modeloch pri ich aplikáciach na lokality v území Záhorskej nížiny je horná okrajová podmienka na rozhraní medzi povrchom pôdy a atmosférou určená meteorologickými parametrami z meteorologickej stanice SHMÚ Kuchyňa-Nový Dvor. Meteorologické údaje zahŕňajú denný zrážkový úhrn - Z [mm], denný priemer teploty vzduchu - T [°C], denný úhrn dĺžky trvania slnečného svitu - S [h], priemerný denný parciálny tlak vodnej pary - p [hPa] a priemernú dennú rýchlosť vetra - v [$m.s^{-1}$] pre každý deň modelovaného obdobia.

Dolnou okrajovou podmienkou pre jednotlivé simulácie bola poloha hladiny podzemnej vody (HPV) získaná ako výstup zo simulácií modelom HYDRUS-ET (Šimůnek et al., 1997), jednak pre jednotlivé scenáre klimatickej zmeny pre časové horizonty 2010, 2030 a 2075 ako aj pre referenčné obdobie 1971–1990.

Ako počiatočná podmienka sa zadáva rozdelenie vlhkosti po hĺbke modelovaného pôdneho profilu. Hydrofyzikálne charakteristiky pôdy vstupujúce do modelov GLOBAL a DAISY sú vyjadrené parametrami vlhkostnej retenčnej krivky (VRK) a hodnotou nasýtenej hydraulickej vodivosti pôdy. Pre tento účel boli na záujmových lokalitách odobraté neporušené pôdne vzorky v blízkosti sond na meranie HPV. Na týchto vzorkách boli urobené laboratórne rozbory. Body odvodňovacej vetvy VRK boli vypočítané pomocou pedotransferových funkcií (Skalová, 2001), pre ktoré boli podkladom výsledky zrnitostného rozboru hustomernou metódou. Tieto body boli ďalej aproximované podľa Van Genuchtena (1980), čím sa zistili parametre α a n vstupujúce do modelu. Nasýtená hydraulická vodivosť bola meraná na zariadení s premenlivým hydraulickým sklonom.

Vstupné parametre, charakterizujúce porast obsahujú index listovej pokryvnosti - *LAI* [-], drsnosť vyparujúceho povrchu - *zo* [-], albedo vyparujúceho povrchu - α [-] a hĺbku koreňovej zóny - *zr* [cm]. Parametre charakterizujúce vlastnosti porastu sú odvodené od vegetačného krytu.

V súčasnosti sa na mnohých pracoviskách pracuje s modelom všeobecnej cirkulácie (GCMs) (Lapin a kol., 2006; Stehlová a Štekauerová, 2008), ktorý poskytuje klimatické scenáre rôznych klimatických parametrov.

Materiál a metódy

Monitoring vlhkosti pôdy

Meranie vlhkosti pôdy bolo organizované na 7 lokalitách: južne od obce Kostolište na pravej strane Bahonského kanála, juhozápadne od obce Jakubov na ľavej strane Záhorského kanála, na lokalite západne od obce Veľké Leváre, v chotári obce Malé Leváre, na okraji obce Vysoká na Morave, vzdialenej od vodného toku Morava cca 300 m, na hrádzi rieky Moravy a na lúke v Suchohrade. Na každej lokalite sa merala vlhkosť pôdy po výške pôdneho profilu s diskretizáciou 10 cm od povrchu pôdy do hĺbky 200 cm. Meranie bolo realizované každé dva týždne vo vegetačnom období a v ostatných mesiacoch jedenkrát mesačne. Meranie vlhkosti pôdy bolo realizované neutrónovou sondou a kontrolované raz mesačne gravimetrickou metódou. Príslušnosť pôd k pôdnym druhom na monitorovaných lokalitách, spolu s hodnotami bodov vlhkostnej retenčnej čiary relevantných pôdnych druhov - bod vädnutia (BV), bod zníženej dostupnosti (BZD) a poľná vodná kapacita (PVK) sa uvádza v tab.1. Meraním získané vlhkosti pôdy boli následne spracovávané na priemerné mesačné zásoby vody v zóne aerácie pôdy v tabelárnej a grafickej forme.

Monitorované údaje vlhkosti pôdy na uvedených lokalitách boli okrem hodnotenia dynamiky zásob vody spôsobenej vplyvom meteorologických javov, vegetačného pokryvu a hladiny podzemnej vody, použité na porovnávanie údajov vlhkosti, resp. zásob vody, získaných numerickou simuláciou na matematických modeloch vodného režimu pôdy GLOBAL a DAISY.

Vlhkostné retenčné čiary pôd vybraných lokalít

Schopnosť numericky simulovať zložité toky a transportné procesy prebiehajúce v pôde sa síce s rozvojom výpočtovej techniky neustále zlepšuje, ale spoľahlivosť

Tabuľka 1. Hodnoty bodov vlhkostnej retenčnej čiary: BV, BZD a PVK pre pôdy na monitorovaných lokalitách Záhorskej nížiny

Table 1. Values of moisture retention curve points: Wilting Point (BV), Point of Decreased Availability (BZD) and Field Capacity (PVK)

Druh pôdy	Hydrolimity - vlhkosť pôdy v % obj.		
	BV	BZD	PVK
ľahká	8,9	14,87	27,3
stredne ťažká	14,77	21,21	32,03
ťažká	18,24	25,24	34,74
veľmi ťažká	24,41	34,02	42,77

modelovanej prognózy závisí najmä od vstupných údajov, a to predovšetkým od charakteristík pôdy. Hydrofyzikálne charakteristiky a hydraulická vodivosť sú kľúčovými charakteristikami z tohoto pohľadu. Pre riešenie dynamiky zásob vody simuláciou na matematických modeloch GLOBAL a DAISY boli spracované hydrofyzikálne charakteristiky – vlhkostné retenčné čiary vyjadrené parametrami Van Genuchtena (1980) z prác Takáč a kol., (2011), Vitková a kol., (2009), Skalová a Štekauerová (2011), Stradiot (2015). Ich hodnoty pre jednotlivé pôdne horizonty sa uvádzajú v tab. 2. V tabuľke je dokumentovaná variabilita hodnôt parametrov vlhkostných retenčných čiar vzhľadom na jednotlivé horizonty pôdneho profilu, čo si vyžaduje náročné spracovanie pre celý pôdny profil.

Databáza vlhkostných retenčných čiar pre územie Slovenska nie je spracovaná a jej laboratórne určenie je časovo a finančne náročné. Problém zjednodušenia ich získavania pre dané územia rieši v posledných rokoch často využívaná metóda pedotransferových funkcií, kde základom sú zrnitostné zloženia pôd (Skalová a Štekauerová, 2011).

Výsledky a diskusia

Získavaniu informácií o priebehu vlhkosti pôdy, resp. zásobách vody v pôde, na vybraných lokalitách záujmového územia simuláciou na matematických modeloch vodného režimu pôdy je v našej vedeckej literatúre venované pomerne veľa publikácií. Sú však poznačené jedným nedostatkom. Spravidla získané údaje nie sú porovnávané s reálnymi, ktoré sa získavajú priamym monitoringom. Je to spôsobené v prvom rade skutočnosťou, že monitoring v území Slovenska nie je organizovaný a teda nie sú vytvorené podmienky na uvedené porovnávanie. Vzhľadom na súbor fenologických charakteristík, vstupujúcich do matematických modelov možno konštatovať, že ich variabilita počas vegetačného obdobia má na lokalitách s trávnym porastom relatívne najmenšie rozpätie. Preto sa pre modelovanie vyberá ako etalón na porovnávanie presnosti ich aplikácie. Z uvedeného dôvodu pre tento príspevok bola vybraná problematika simulácie na matematických modeloch na lokalitách s trvalým trávnym porastom. Týmto bol zúžený výber lokalít pre priamy monitoring. Výsledok ich výberu bol teda obmedzený na lokality, pre ktoré boli aplikované metódy numerickej simulácie na matematický modeloch. Na Záhorskej nížine boli v literatúre publikované výsledky z modelov GLOBAL a DAISY. V nasledujúcom texte sa predkladajú výsledky numerickej simulácie na týchto modeloch spolu s výsledkami priameho monitoringu vlhkosti, resp.zásob vody v pôde, na vybraných lokalitách Záhorskej nížiny.

Monitorované zásoby vody na vybraných šiestich lokalitách Záhorskej nížiny

V tab.2 a na obr.1 sa uvádzajú priemerné mesačné údaje o zásobách vody v pôdnej vrstve 0-100 cm na lokalitách s travnym porastom v tabelárnej a grafickej forme.

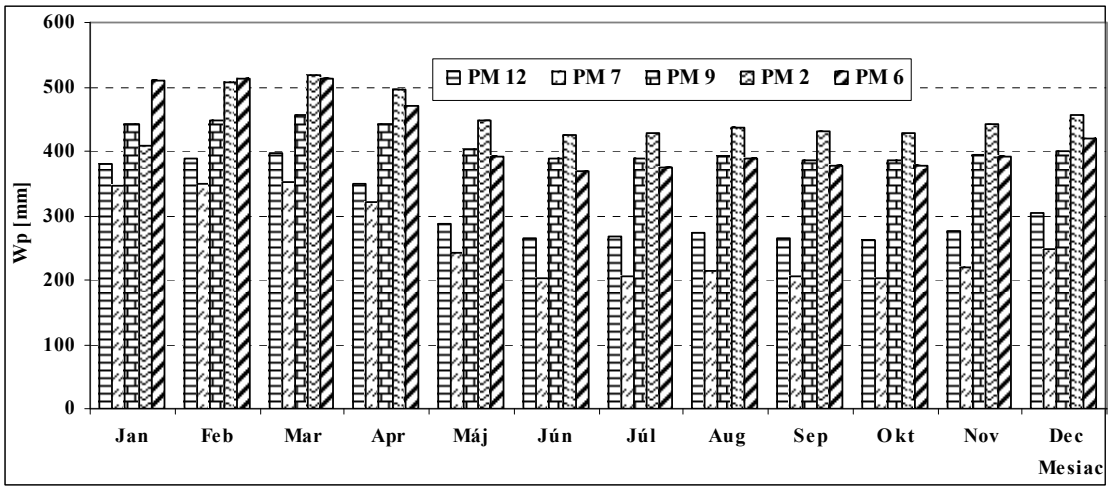
Variabilita zásob má tri charakteristické obdobia. Predvegetačné, vegetačné a jesenné. Je to modifikované zjednodušenými hodnotami súboru fenologických charakteristík. Tomu zodpovedá priebeh zásob vody počas jednotlivých mesiacov, resp. vo vyššie uvedených obdobiach.

Tabuľka 2. Priemerné mesačné hodnoty zásob vody [mm] v pôdnej vrstve 0-100 cm na lokalitách Záhorskej nížiny s trávnym porastom (PM 12, PM 7, PM 9, PM 2 a PM 6) v roku 2000

Table 2. Average monthly soil water supply [mm] in the soil layer 0-100 cm in selected localities with perennial grassland (PM 12, PM 7, PM 9,PM 2 and PM 6) in Zahorska lowland, in the year 2000

Mesiac	Zásoba vody [mm]				
	PM 12	PM 7	PM 9	PM 2	PM 6
Jan	380,32	345,43	441,65	408,63	509,79
Feb	390,11	349,55	448,67	507,02	512,89
Mar	396,14	352,89	455,20	517,50	513,93
Apr	348,00	322,31	442,12	495,36	470,06
Máj	286,32	242,34	403,49	448,15	391,10
Jún	264,36	203,52	387,41	426,08	370,33
Júl	266,23	206,74	387,44	429,54	375,76
Aug	273,82	214,74	391,06	435,46	388,31
Sep	264,44	205,15	386,57	430,60	378,77
Okt	260,90	202,07	386,02	427,00	376,11
Nov	277,13	219,17	394,66	441,13	391,17
Dec	303,40	247,54	401,18	456,78	419,85

Legenda: Označenie jednotlivých lokalít je použité v súlade s ich označením v práci Stradiota (2015**),** kde je PM12 - lokalita Veľké Leváre, PM7 - Vysoká na Morave, PM9 - Suchohrad lúka, PM2 - Devínske jazero, PM6 - Hrádza Vysoká na Morave



Obr. 1. Grafické zobrazenie priemerných mesačných hodnôt zásob vody v pôdnej vrstve 0-100 cm (Wp) na vybraných lokalitách ((PM 12, PM 7, PM 9,PM 2 a PM 6) s trávnym porastom na území Záhorskej nížiny v roku 2000.
Fig. 1. Graphical presentation of average monthly water supply in the soil layer 0-100 cm (Wp) in selected localities (PM 12, PM 7, PM 9, PM 2 and PM 6) on the localities with perennial grass cover in Zahorska lowland for the year 2000.

Priebeh hodnôt zásob vody v pôde získaných simuláciou a priamym monitoringom na lokalite Vysoká na Morave

V tab. 3 sú sumarizované hodnoty priebehu zásob vody pôde z lokality Vysoká na Morave, ktoré boli získané simuláciou na matematickom modeli DAISY (Takáč a kol., 2011) - Wps, hodnoty získané monitoringom z miesta simulácie - Wpm a nezávislým monitoringom na uvedenej lokalite organizovaným ÚH SAV - Wpm-UH (ÚH SAV, 2012). Uvedené výsledky sú grafický spracované na obr. 2.
Základnou príjmovou zložkou vo vodnej bilancii sú atmosférické zrážky a v prípade prítomnosti hladiny podzemnej vody aj kapilárny prítok z tejto hladiny. Vzhľadom na priestorovú a časovú variabilitu zrážkových udalostí hlavne v letnom období, kedy sa zrážky vyskytujú najčastejšie vo forme prehánok, a vzhľadom na vzdialenosť meteorologických staníc, z ktorých boli použité meteorologické údaje, je veľmi pravdepodobné, že väčšie odchýlky medzi simulovanými a meranými hodnotami vlhkosti pôdy v niektorých termínoch boli spôsobené rozdielmi medzi reálnymi zrážkovými úhrnmi na danej lokalite a úhrnmi použitými ako vstupné hodnoty do modelu. Schopnosť matematického modelu simulovať procesy závisí od toho, ako kvalitné a presné sú vstupné údaje do modelu.

Prognózovanie hodnôt zásob vody v pôde pre rok 2090 simuláciou na modeli GLOBAL

Na obr. 3 je analyzovaný dopad zmeny klímy na zásoby vody v pôde na Záhorskej nížine, ak by sa klimatické prvky vyvíjali v budúcnosti podľa regionálnálneho klimatického modelu KNMI. Výsledky preukázali, že pri trávnatom poraste bude dochádzať k poklesu zásob vody v pôdnej vrstve 0 – 0,5 m ku koncu 21. storočia. Je to spôsobené jednak výrazným nárastom teploty vzduchu oproti referenčnému obdobiu a tiež predpokladaným poklesom úhrnov zrážok.
Z výsledkov vyplýva, že model KNMI predpokladá pokles zásoby vody v pôde, a to približne o 5 % v porovnaní s referenčným obdobím 1964 - 1983 (RO). Tento pokles síce nie je extrémny, ale problémy môžu nastať práve pri nerovnomernom rozdelení zrážok počas roka. Uvedené výsledky korešpondujú s podobnými štúdiami robenými na Záhorskej nížine, pri ktorých boli použité iné klimatické modely (Pásztorová a Skalován, 2012).

Porovnanie priebehu monitorovaných denných zásob vody získanými simuláciou na modeli DAISY

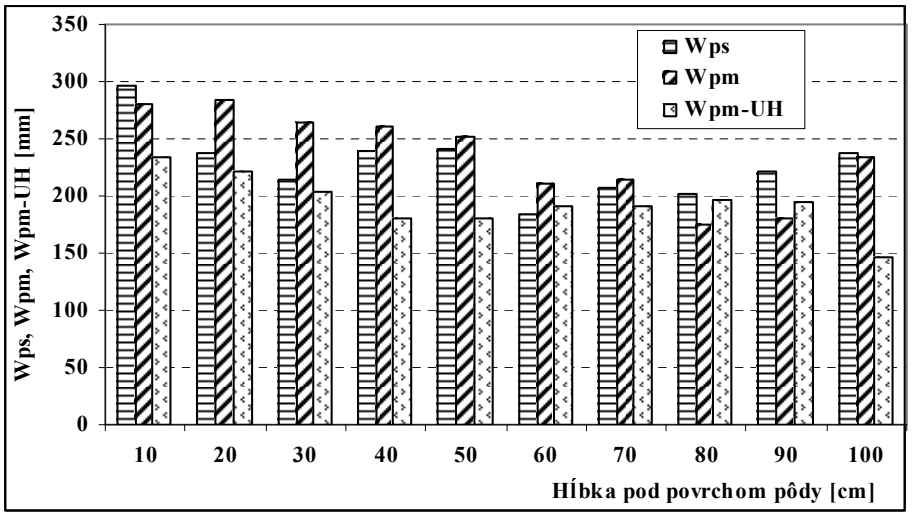
Porovnanie priebehu simulovaných údajov na matematickom modeli DAISY so získanými hodnotami priamym monitoringom uvedené na tab. 5 dokumentujú už spomínanú skutočnosť, že model DAISY dobre simuluje priebeh vlhkosti pôdy na vybraných lokalitách Záhorskej nížiny, ktoré sa odlišujú zrnitostným zložením pôdy a ktoré sú ovplyvňované hladinou podzemnej vody. Schopnosť matematických modelov simulovať procesy nezávisí len od toho, ako dobre sú procesy popísané matematickými rovnicami, ale hlavne od toho, ako kvalitne a presne sú spracované vstupné údaje do

modelu. Presnejšie výsledky je možné dosiahnuť kalibráciou na konkrétne pôdne podmienky, spresnením aproximácie retenčných kriviek a priamym meraním meteorologických parametrov na jednotlivých lokalitách. Okrem toho na porovnanie simulovaných a monitoringom získaných údajov má kardinálny vplyv totožná presná územná lokalizácia miesta monitoringu vlhkosti pôdy a spracovanie vstupných údajov do aplikovaného modelu z miesta merania vlhkosti. Dokumentácia tejto situácie je uvedená výsledkami na obr. 4.

Tabuľka 3. Chody hodnôt zásob vody v pôdnom profile na lokalite Vysoká na Morave (región Záhorská nížina) získané výpočtom zo simulačného matematického modely DAISY (Takáč a kol., 2011)-Wps, monitoringom vo vypočtovom časovom horizonte Wpm a monitoringom v relevantnom časovom horizonte Wpm-UH (ÚH SAV, 2012)

Table 3. Course of water supply values in a soil profile in the locality Vysoká na Morave (region Zahorska lowland) obtained by calculation from the model DAISY (Takáč et al., 2011)-Wps, monitoring in calculated time horizon Wpm and monitoring in relevant time horizon Wpm-UH (IH SAS, 2012)

Hĺbka	Zásoba vody [mm]		
	Wps	Wpm	Wpm-UH
10	297	280	233,1
20	238	284	221,3
30	215	265	203,2
40	239	261	180,6
50	241	252	180,6
60	184	210	191,2
70	207	215	191,2
80	201	175	196,5
90	222	180	194,6
100	238	234	146,3



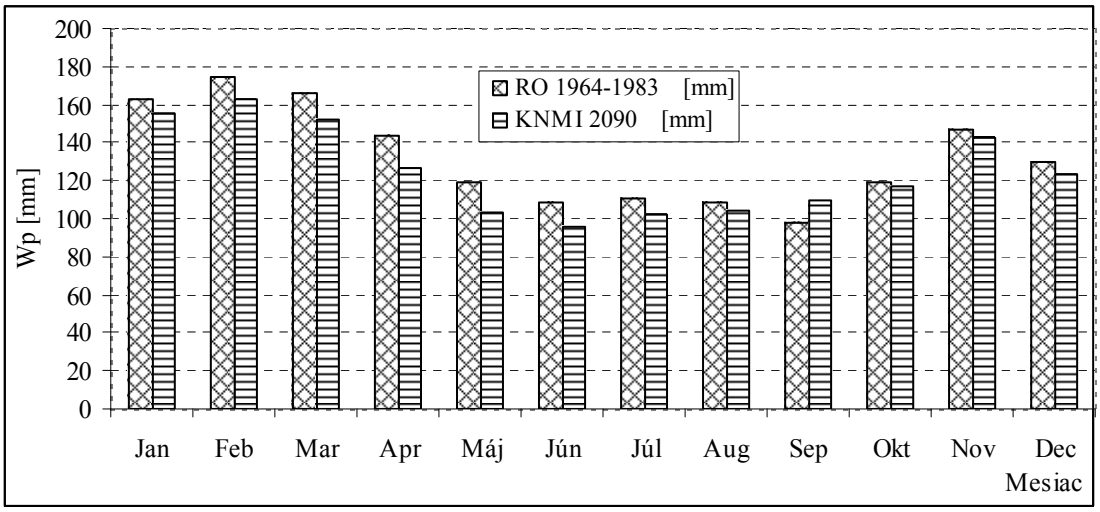
Obr. 2. Porovnanie hodnôt zásob vody na lokalite s trávnym porastom Vysoká na Morave, kde Wps sú hodnoty získané simuláciou na matematickom modeli DAISY v roku 2011 (Stradiot, 2015) a súčasne monitorované hodnoty Wpm (Stradiot) v porovnaní s hodnotami monitorovanými v relevantnom čase Wpm-UH taktiež v roku 2011 (ÚH SAV, 2012).

Fig. 2. Comparison of water supply values in the locality Vysoká na Morave with perennial grassland where Wps are values obtained from mathematical model DAISY in the year 2011 (Stradiot, 2015) and Wpm (Stradiot, 2015) are simultaneously monitored values in comparison to values monitored in relevant time Wpm-UH also in the year 2011 (IH SAS, 2012).

Tabuľka 4. Priemerné mesačné zásoby vody vo vrstve 0-50 cm [mm] v pôdach s trávnym porastom v podmienkach Záhorskej nížiny pre časový horizont 2090 – KNMI-90 (Vitková a kol., 2014) a priemerné hodnoty získané výpočtom pre referenčné obdobie 1964-1983 – RO 64-83

Table 4. Values of water supply in the soil layer 0-50 cm [mm] in soils with perennial grassland in Zahorska lowland for the time horizon 2090 (Vitková a kol., 2014) and values obtained by calculation for the reference period 1964-1983

Mesiac	Zásoba vody [mm]	
	RO 64-83	KNMI 90
Jan	163	155
Feb	174	163
Mar	166	152
Apr	144	127
Máj	119	103
Jún	109	103
Júl	111	96
Aug	109	102
Sep	98	104
Okt	102	110
Nov	119	117
Dec	147	143



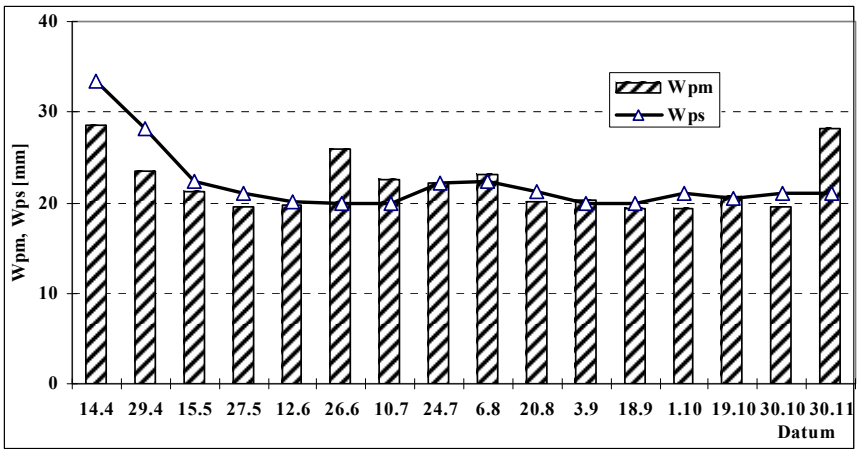
Obr. 3. Priemerné mesačné zásoby vody vo vrstve 0-50 cm v pôdach s trávnym porastom v podmienkach Záhorskej nížiny pre časový horizont 2090 (Vitková a kol., 2014) získané simuláciou na modeli GLOBAL (Wp) s použitím klimatických prvkov z regionálneho modelu KNMI v porovnaní s hodnotami údajov získanými výpočtom pre referenčné obdobie 1964-1983.

Fig. 3. Average monthly water supply in the layer 0-50 cm in soils with perennial grassland in Zahorska lowland for time horizon 2090 (Vitková et al., 2014) obtained from simulation on the model GLOBAL (Wp) with use of climatic elements from regional model KNMI and comparison with data obtained from calculation for the reference period 1964-1983.

Tabuľka 5. Porovnanie priebehu denných zásob vody [mm]v pôde na lokalite Vysoká na Morave v horizonte 60 cm získa-ných simuláciou na matematickom modeli DAISY (Wps), Takáč a kol. (2011) s hodnotami z priameho monitoringu (Wpm), (ÚH SAV, 2009) pre pôdny horizont 0-60 cm

Table 5. Course of water supply values [mm] in a soil profile in the locality Vysoká na Morave (region Zahorska lowland) in the soil horizon 0-60 cm obtained by calculation from the model DAISY (Takáč et al., 2011)-Wp and monitoring in relevant time horizon - Wpm, (ÚH SAV, 2009)

Dátum	Zásoba vody [mm]	
	Wpm	Wps
14.4.	28,56	33,50
29.4.	23,49	28,10
15.5.	21,24	22,30
27.5.	19,51	21,10
12.6.	19,78	20,10
26.6.	25,89	20,00
10.7.	22,56	20,00
24.7.	22,17	22,10
6.8.	23,09	22,40
20.8.	20,18	21,30
3.9.	20,31	20,00
18.9.	19,38	20,00
1.10.	19,25	21,00
19.10.	20,57	20,50
30.10.	19,51	21,00
30.11.	28,26	21,00



Obr. 4. Porovnanie priebehu denných zásob vody [mm] v zóne aerácie pôdy na lokalite Vysoká na Morave získaných simuláciou na matematickom modeli DAISY - Wps, Takáč a kol. (2009) s hodnotami získanými priamym monitoringom - Wpm (ÚH SAV, 2009) pre pôdny horizont 0-60 cm.

Fig. 4. Course of water supply values [mm] in a soil profile in the locality Vysoká na Morave (region Zahorska lowland) obtained by calculation from the model DAISY - Wps, Takáč et al., (2009) and by monitoring - Wpm (ÚH SAV, 2009) for the soil layer 0-60 cm.

Dopad klimatickej zmeny simuláciou na modeli GLOBAL s pomocou modelu CGCM 3.1

Na obr. 5 sa uvádza grafické spracované tabelárnych údajov z príspevku Pásztorovej a Skalovej (2012) z priebehu priemerných ročných zásob zásob vody v pôde upravených podľa dvoch emisných scenárov (B1 a A2) pre pôdny horizont 0-30 cm pre vybrané časové horizonty s priebehom počas referenčného obdobia 1981 – 2000. Uvedené údaje sú pre časový horizont 2090 nižšie v porovnaní s hodnotami z práce Vitkovej a kol (2014) (JV) pre tento časový horizont. Uvedená

porovnávajúca hodnota bola získaná simuláciou na matematickom modeli GLOBAL s využitím regionálneho modelu klimatických prvkov z KNMI.

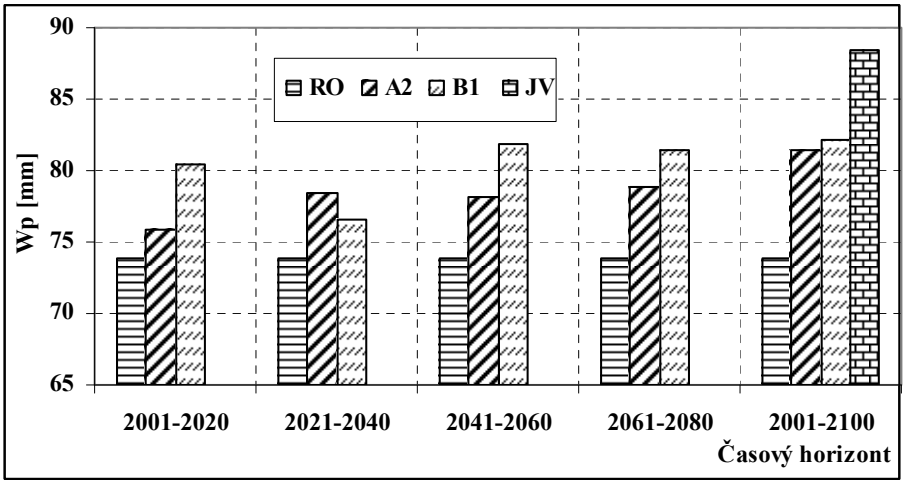
Priebeh priemerných ročných zásob vody v pôde na obr. 5 má stúpajúci charakter, čiže v porovnaní s referenčným obdobím (RO 1964-1983) sa podľa Pásztorovej a Skalovej (2012) v každom časovom horizonte pre oba hodnotené scenáre predpokladá nárast zásoby vody v pôde vzhľadom na priebeh hodnôt počas referenčného obdobia. Uvedené porovnávajúce hodnoty pre časový horizont 2090 z príspevku Vítkovej a kol. (2014) sú vyššie čo je dôsledkom použitia rozdielnych pomocných scenárov, t.j emisných scenárov (B1 a A2) v prvom prípade a regionálneho modelu klimatických prvkov z KNMI v prípade druhom.

Z výsledkov simulácie zásoby vody v pôde možno záverom skonštatovať, že lokalita Malé Leváre by v budúcnosti nemala trpieť nedostatkom vody v pôde, pretože podľa oboch emisných scenárov sa predpokladá zvýšenie zásoby vody v pôde.

Tabuľka 6. Výsledky dopadu klimatickej zmeny simuláciou pomocou modelu CGCM 3.1 (emisný scenár B1 a A2) a získané simuláciou na modeli GLOBAL pre regionálny model klimatických prvkov z KNMI (JV) pre časový horizont 2090 a hodnoty pre RO

Table 6. Results of climate change impact by the simulation according to the model CGCM 3.1 (emission scenario B1 and A2) and obtained by simulation on the model GLOBAL for regional model of climatic elements from KNMI for the time horizon 2090 (JV) and data obtained from calculation for the reference period 1964-1983(RO)

Čas.horizont	Zásoba vody [mm]			
	RO	A2	B1	JV
2001-2020	73,8	75,9	80,5	
2021-2040	73,8	78,5	76,6	
2041-2060	73,8	78,2	81,8	
2061-2080	73,8	78,8	81,5	
2001-2100	73,8	81,5	82,1	88,5



Obr. 5. Porovnanie priemerných ročných hodnôt zásob vody v pôdnej vrstve 0-30 cm v časovom horizonte 2090 získané simuláciou pomocou modelu CGCM 3.1 (emisný scenár B1 a A2) Pásztorovou a Skalovou (2012) a z modelu GLOBAL pre regionálny model klimatických prvkov z KNMI (Vitková a kol., (2014) pre časový horizont 2090 (JV) a hod-noty pre RO.

Fig. 5. Comparison of average annual values of water supply data in the soil layer 0-30 cm in time horizon 2090 obtained from simulation on the model CGCM 3.1 (emission scenario B1 and A2) by Pásztorova and Skalová (2012) and from the model GLOBAL for regional model of climatic elements from KNMI (Vitková et al., (2014) for the time horizon 2090 and data obtained from calculation for the reference period 1964-1983(RO).

Záver

Získať vlhkosti pôdy v jednotlivých pôdnych horizontoch možno dvoma spôsobmi: priamym meraním vlhkosti pôdy vhodnými metódami alebo simuláciou na matematickom modeli vodného režimu pôd. V súčasnosti je simulácia na matematickom modeli veľmi využívaná vzhľadom na to, že metódy priameho merania vlhkosti pôdy sú náročné na čas, pracovníkov a sú pomerne finančne nákladné (Benetin a kol., 1985, Majerčák, Novák, 1992; Šimůnek et all.1997; Takáč, Šiška, 2011; Vogel a kol., 2000) a aj napriek časovej, prístrojovej a personálnej náročnosti priamych meraní je úspešné matematické modelovanie nemožné bez priameho monitoringu.

Uvádzajú sa údaje zásob vody v zóne aerácie pôdy získané priamym monitoringom na 7 lokalitách Záhorskej nížine: južne od obce Kostolište na pravej strane Bahonského kanála, juhozápadne od obce Jakubov na ľavej strane Záhorského kanála, na lokalite západne od obce Velké Leváre, v chotári obce Malé Leváre, na okraji obce Vysoká na Morave vzdialenej od vodného toku Morava cca 300 m, na hrádzi rieky Moravy a na lúke v Suchohrade t.j. na lokalitách s trávnatým porastom. V dvoch hodnotených prípadoch výsledky monitoringu a matematickej simulácie bolo urobené obecne pre pôdy s trávnatým porastom v podmienkach Záhorskej nížiny a časový horizont 2090.

V predkladanom príspevku sa na základe monitoringu vlhkosti pôdy a simuláciou na matematických modeloch GLOBAL (Majerčák, Novák,1992) a DAISY (Takáč a kol., 2011, Stradiot, 2015) kvantifikujú zásoby vody v zóne aerácie pôdy na vybraných lokalitách Záhorskej nížiny s trávnatým porastom.

Monitoringom získané údaje sú porovnávané s údajmi získanými simuláciou na matematických modeloch GLOBAL a DAISY. Výsledky porovnávania sú spracované v grafickej a tabelárnej forme.

Predložené výsledky analýzy dokumentujú, že robiť všeobecne platné uzávery o vplyve meteorologických javov a vegetačného pokryvu na dynamiku zásob vody v zóne aerácie pôdy je možné robiť simuláciou na matematických modeloch v prípade, ak je priebeh vstupných údajov známy na požadovanej úrovni pre časový horizont aplikácie modelov.

Poďakovanie

Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja, a tiež s finančnou podporou z projektov Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-0512-12, APVV-0139-10 a Vedeckej grantovej agentúry VEGA 2/0013/15.

Literatúra

Benetin, J., Šoltész, A., Štekauerová,V. (1985): Bilančný matemaický model na podrobnú analýzu časovej variability zložiek vodného režimu pôd. In. Vodohospodársky časopis, čísl 33, 583 – 609

Lapin, M., Melo, M., Damborská, I., Vojtek, M., Martini, M.(2006): Physically and statistically plausible downscaling of daily GCMs outputs and selected results. In: Acta Meteorologica Universitatis Comenianae, Bratislava, 2006, Vol. XXXIV, 35 – 57.

Majerčák, J., Novák, V. (1994): GLOBAL – a numerical model for water movement in the soil root zone. Research Report, Institute of Hydrology SAS, Bratislava

Mikulec, V., Skalova, J., Čistý, M. (2001): Vplyv rôznych klimatických situácií na modelovaný vodný režim pôdy. Acta Hydrologica Slovaca, Roč. 2, č. 2, 2001, 139 – 148

Pásztorová, M., Skalová, J. (2012):Vývoj zásoby vody v pôde v dôsledku klimatickej zmeny, Acta Hydrologica Slovaca, Roč. 13, č. 1, 59 – 69

Skalová, J. (2010): Pedotransferové funkcie pôd Záhorskej nížiny a ich aplikácia pri matematickom modelovaní.STU Bratislava, SvF STU Bratislava, 112 p.

Skalová, J., Štekauerová, V. (2011): Pedotransferové funkcie a ich aplikácia pri modelovaní vodného režimu pôd. Nakladateľstvo STU, Bratislava, 2011, 101 s

Stehlová, K., Štekauerová, V. (2008): Prognosis of hydrological balance members in the Žitný ostrov region. Cereal Research Communications, Vol. 36, No. 1, 2008, ISSN 0133-3720, 1451 – 1454.

Stradiot, P. (2015): Hodnotenie dynamiky zásob vody v pôdach Záhorskej nížiny v v podmienkach súčasného využívania územia.KDP, STU, Stav.fakulta, s.116

Šimunek, J., Huang, K., Šejna, M., van Genuchten, Th. M., Majerčák, J., Novák, V., Šútor, J. (1997): The HYDRUS-ET Software Package for Simulating the One -Dimensional Movement of Water , Heat and Multiple Solutes in Variably -Saturated Media. Ver sion 1.1. 1997, Institute of Hydrology S.A.S. Brati slava - U.S.Salinity Laboratory, Riverside, 184 pp.

Takáč, J., Nováková, K., Sobocký, I. (2011): Simulácia vlhkostného režimu pôdy na Záhorskej nížine. Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy č. 33, Bratislava 2011, 173 – 183, ISBN 978-80-89128-91-4

Takáč, J., Šiška, B. (2011): Kalibrácia a validácia modelu DAISY pre podmienky Slovenska. Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy č. 33, Bratislava 2011, 161 – 172, ISBN 978-80-89128-91-4

Takáč, J. (1999): Trend vývoja vodného režimu pôd pre modelové podmienky Žitného ostrova. Vedecké práce Výskumného ústavu závlahového hospodárstva v Bratislave, 24. Bratislava: SEMISoFT, 189 – 202. ISBN 80-85755-06-8.

Van Genuchten, M., Th. (1980): A closed - form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 987-996.

Vitková, J., Klečková, N., Jarabicová, M., Skalová, J. (2014): Predpokladané zmeny vo vodnom režime pôd na Záhorskej nížine zapríčinené klimatickou zmenou

použitím regionálnych modelov KNMI a MPI. In Acta Hydrol. Slovaca, 2014, roč. 15, č. 2, 332 – 337.

Vitková, J., Skalová, J., Pasztorová, M., Jánošík, J. (2009): Vplyv zrážok na zásoby vody v pôde pre porast kukurice. AHS, Ročník 10, č.2, 2009, 401 – 409.

Vogel, T., Gerke, H.H., Zhang, R., Van Genuchten, M.T. (2000): Modeling flow and transport in a two-dimensional dual-permeability system with spatially variable hydraulic properties. J. Hydrol., vol. 238, 2000, no. 1-2, p. 78 – 89. ISSN 0022-1694.

IMPACT OF GRASSLAND ON THE DYNAMICS OF WATER SUPPLY IN THE SOILS OF ZÁHORSKÁ LOWLAND

Amount of soil water supply in particular soil horizons can be made by two ways: direct monitoring of soil moisture by proper methods or with the help of simulation on mathematical model of soil water regime. Since the soil moisture monitoring is time consuming, demanding from the viewpoint of workers and quite expensive, the simulation on mathematical model is widespread and often used (Benetin et al., 1985, Majerčák and Novák,1992; Šimůnek et al., 1997; Takáč-Šiška, 2011). However, in spite of time, equipment and personal demands of direct monitoring, successful mathematical modelling is impossible without direct monitoring.

There are presented water supplies in the soil aeration zone obtained by direct monitoring in 7 localities in Zahorska lowland: southbound from the village Kostolište on the right side of Bahonsky canal, south-westbound from the village Jakubov on the left side of Záhorsky canal, in the locality westbound from the village Velké Leváre, in the cadastral area of the village Malé Leváre, at the periphery of the village Vysoká na Morave about 300m apart from the river Morava, on the dike on the Morava River, and on the meadow in the village Suchohrad, i.e. in localities with perennial grassland. In two evaluated cases there were results of monitoring and mathematical simulation compared generally for soils with perennial grassland under condition of Zahorska lowland for the time horizon 2090.

This paper presents quantification of soil water supply in the soil aeration zone in selected localities with perennial grassland in Zahorska lowland based on soil moisture monitoring and simulation on mathematical models GLOBAL (Majerčák-Novák,1992) and DAISY (Takáč et al., 2011, Stradiot, 2015)

Data obtained by monitoring are compared with data obtained by simulation on mathematical models GLOBAL and DAISY. Results are processed in graphical and table form.

Presented results show that it is possible to declare generally valid conclusions regarding impact of meteorological effects and vegetation cover on water supply dynamics in the soil aeration zone with the help of simulation on mathematical models if the course of input data is known on requested level for time horizon of model application.

RNDr. Július Šútor, DrSc.
Ing. Peter Šurda, PhD.
Ing. Justína Vitková, PhD.
Ing. Katarína Brezianská, PhD.
Ústav hydrológie SAV
Dúbravská cesta 9
841 01 Bratislava
Tel.: +4212 3229 3520
E-mail: surda@uh.savba.sk
vitkova@uh.savba.sk
stehlova@uh.savba.sk

Ing. Peter Stradiot, PhD.
Výskumný ústav vodného hospodárstva
Nábrežie arm. Gen. L. Svobodu 5
812 49 Bratislava