

VLÁHOVÁ BILANCE SMRKOVÉ MONOKULTURY VYŠŠÍCH POLOH DRAHANSKÉ VRCHOVINY

Pavel Hadaš

Summary:

Water balance of Norway spruce monoculture at higher altitudes of the Dražanská vysočina Upland

The most vulnerable point of the stability of Norway spruce stands occurring in the territory of Czech Republic in lower forest altitudinal vegetation zones (FAVZ 5,4,3) is the disturbance of their water balance with a direct impact on moisture regime of soils and on soil water supply. In the growing season, the increased water expenditure through evapotranspiration is usually compensated either by soil moisture or by atmospheric precipitation. The assessment of water balance is in this paper focused on the amount of precipitation and on basic meteorological parameters affecting the evapotranspiration – air temperature and global radiation. The required input data used are those from continual measurements at the long-term field experiment station in Rájec-Němčice, operated by the Institute of Forest Ecology at the Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno. The data on evapotranspiration are usually obtained through a model calculation. A concrete application of the model calculation depends on what meteorological parameters are available from the measurements. Taking into consideration the available meteorological data, the assessment of water balance of Norway spruce stands occurring at higher altitudes of the Dražanská vrchovina Upland was made by using the method of calculating potential evapotranspiration according to Turc.

Abstrakt:

Nejzranitelnějším místem stability smrkových porostů rostoucích na území České republiky v nižších lesních vegetačních stupních (v 5. až 3. LVS) je narušení jeho vláhové bilance s přímým dopadem na vlhkostní režim půd a na zásoby vody v půdě. V době vegetačního období je zvýšený výdej vody evapotranspirací obvykle kompenzován buď dotací půdní vody nebo atmosférickými srážkami. V tomto příspěvku je hodnocení vláhové bilance zaměřeno na množství srážek a na základní meteorologické parametry ovlivňující evapotranspiraci – na teplotu vzduchu a globální záření. Potřebná vstupní data jsou použita z kontinuálního měření na stacionární ploše Rájec-Němčice, kterou provozuje Ústav ekologie lesa LDF MZLU v Brně. Údaje o evapotranspiraci jsou obvykle získávány na základě modelového výpočtu. Konkrétní aplikace modelového výpočtu závisí na tom, jaké meteorologické parametry máme z měření k dispozici. Vzhledem k dostupným meteorologickým datům je pro hodnocení vláhové bilance smrkových porostů vyšších poloh Dražanské vrchoviny použita metoda výpočtu potenciální evapotranspirace podle Turca.

Úvod

Výzkumy klimatu nám poskytují další a další nepříznivé informace o pokračujícím zvyšování globální teploty Země. Předpoklady o změnách klimatu jsou v posledních 10 letech stále více potvrzovány sériemi teplotních a srážkových rekordů – extrémní sucho v jižní, západní a střední Evropě v roce 2003, katastrofální záplavy ve střední Evropě v roce 2002 s dosažení

1000-letých průtokových rekordů na Vltavě v Praze (Kolektiv, 2003), extrémní sucho v jarním období roku 2000 ve střední a východní Evropě, pokračující letní sucho v jižní Evropě s extrémně vysokými 45 ° C teplotami v červenci v Řecku a následnými lesními požáry na přelomu srpna a září 2000 v Chorvatsku, Makedonii a Řecku, katastrofální záplavy v povodí řeky Pád z nezvyklým návětrným efektem a orografickým zesílením srážkových

úhrnů s doplňkovým odtáváním ledovců a sněhu v Alpách v září 2000, další katastrofální záplavy v Anglii v říjnu 2000, extrémní sněhové srážky v Evropě v zimě 1998/99 se zvýšeným výskytem lavin, povodně ve střední a východní Evropě v červenci 1997 s překonáním většiny historických 300-letých průtokových rekordů na řece Odře. Je diskutabilní, zda se stále jedná pouze o přirozené kolísání klimatu, nebo jde již o nepřímé důkazy projevů očekávaných změn klimatu Země.

Je zřejmé, že změny klimatických poměrů ovlivňují četné procesy v lesních ekosystémech, tzn. že se podílejí na všech neočekávaných vývojových procesech lesního ekosystému, jak na pozitivních (např. zvýšení přírůstu), tak na negativních (všechny druhy poškození lesů – větrem, sněhem, mrazem, suchem atd.). Výkyvy klimatu projevující se poklesem srážek a vzestupem teplot přinášejí pro lesní porosty vlhkostní stres. Proto je jedním z cílů prováděného monitoringu i hodnocení vlhkostního stresu. Hodnocení vlhkostního stresu smrkové monokultury vyšších poloh Dražanské vrchoviny (5. LVS) je zaměřeno na roky 2000 a 2003, ve kterých se podmínky vlhkostního stresu vyskytly.

Metodika

Pro hodnocení vláhové bilance (VB=SRA-PET) potřebujeme znát údaj o evapotranspiraci respektive o potenciální evapotranspiraci. Výpočet potenciální evapotranspirace (dále jako PET) byl proveden podle Turca (1961). Denní hodnoty PET jsou odvozeny dle vztahu:

$$PET = \{[(R_g/0.041868) + 50] 0.013 T_d\} / (T_d + 15) \quad (1)$$

kde R_g je suma globální radiace ($MJ m^{-2}$) a T_d je průměr teploty vzduchu ($^{\circ}C$). Hodnota PET je v $mm den^{-1}$. Denní sumy globální radiace R_g a denní průměry teploty vzduchu jsou použity z meteorologických měření, které jsou prováděna na stacionární ploše Ústavu ekologie lesa (Hadaš, 2002) blízko Rájce nad Svitavou a Němčic (odtud označení lokality Rájec-Němčice). Stanice je vybavena 42 m stožárem, na kterém jsou rozmístěny čidla pro měření teploty vzduchu (čidla Young) a pro měření globálního záření (solarimetr GS1/M Delta). Obě čidla jsou umístěna na vrcholu stožáru cca 10 m nad lesním porostem. Vzhledem k výšce stožáru jsou čidla umístěna v nadmořské výšce

667 m n.m.. Stacionární plocha Rájec-Němčice reprezentuje klimatické poměry smrkové monokultury 5. lesního vegetačního stupně.

Pro vyjádření přebytku nebo deficitu vláhy je PET srovnána s denním srážkovým úhrnem. Množství srážek je měřeno srážkoměrem PTM 500 H, který je při záporných teplotách elektricky vyhříván. Srážkoměr je rovněž umístěn na vrcholu stožáru. Vývoj denní vláhové bilance je srovnáván s vývojem průměrné denní objemové vlhkosti půdy. Objemová vlhkost půdy je měřena v blízkosti stožáru pomocí senzorů Delta ML1, které jsou umístěny horizontálně v úrovni 10 a 30 cm pod povrchem půdy. Měření všech uváděných parametrů je prováděno nepřetržitě v 30 minutových intervalech a je řízeno a ukládáno do dataloggeru Campbell.

Výsledky a diskuse

Jak uvádí Mráček a Pařez (1986) smrk ztepilý (*Picea abies* Karst.) je ve spotřebě vody velmi náročnou dřevinou. Z mnoha prací vyplývá jeho vysoká náročnost na vodu, zejména během měsíců květen-srpen, kdy dochází k největší spotřebě vody při fyziologických procesech spojených s tvorbou biomasy. Podle studií provedených v oblasti Šumavy, Krušných hor, Beskyd je k optimálnímu růstu smrčín v období květen až srpen zapotřebí alespoň 430-550 mm srážek. Za spodní hranici pro pěstování smrku ve středoevropských podmínkách se považuje 300 mm (Mráček a Pařez, 1986). Proto se předpokládá, že srážkové úhrny pod limitní hodnotou 300 mm za období květen-srpen mohou vyvolávat vlhkostní stres.

Oba hodnocené roky 2000 a 2003 patří mezi roky s výrazným poklesem srážek a vzestupem teploty vzduchu během vegetačního období. Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961-2000 dosahuje ve zkoumané lokalitě $6.95^{\circ}C$ (Hadaš, 2002). V roce 2000 dosáhla průměrná roční teplota vzduchu hodnotu $8.07^{\circ}C$ (o $1.12^{\circ}C$ více), v roce 2003 $7.34^{\circ}C$ (o $0.39^{\circ}C$ více). Průměrný roční úhrn srážek za období 1957-2000 činí 643.4 mm (Hadaš, 2002). Roční suma srážek za rok 2000 dosahuje 633.5 mm (o 9.9 méně), za rok 2003 675.7 mm (o 32.3 mm více). Z uvedených srovnávacích údajů vyplývá, že oba roky patří do teplotně nadprůměrných roků, srážkově do průměrných roků. K největšímu poklesu srážek dochází u srážkových úhrnů srovnávacího období V.-VIII. mě-

síce, kdy v roce 2000 dosahuje srážkový úhrn jen 287 mm, v roce 2003 jen 326.9 mm. Ze srovnání s limitní hodnotou 300 mm vyplývá, že rok 2000 lze považovat z výskytem vlhkostního stresu, srážkový úhrn V.-VIII. měsíce v roce 2003 leží nepatrně nad limitní hodnotou. Z tohoto srovnání vyplývá, že v roce 2000 je pravděpodobnost vlhkostního stresu větší, než v roce 2003. V tomto srovnání se však neodráží stav vláhové bilance, ani vlhkostní poměry půdy.

Na obrázcích 1 a 2 je znázorněna průběžná vláhová bilance (dále PVB) za rok 2000 a 2003. V roce 2000 se průběžná vláhová bilance dostává na počátku dubna až na 174.9 mm přebytek vláhy. Vlivem výrazného úbytku srážek a vzestupu teplot se na počátku července dostává PVB do -44.9 mm deficitu vláhy. Období s deficitem vláhy trvá 28 dnů. Vlivem zvýšených úhrnů srážek v červenci se PVB dostává na počátku srpna až do 64 mm přebytku vláhy. V dalším vývoji cca od konce srpna až do konce října se dostává PVB až na 44 mm deficit vláhy. Druhé období s deficitem vláhy trvá 89 dnů. Vedle vývoje PVB je na obrázku 1 znázorněn rovněž vývoj objemové vlhkosti půdy v 10 a 30 cm. Obě hodnoty vlhkosti půdy kopírují vývoj PVB. Objemovou vlhkost půdy v 30 cm (dále OV30) v jarních měsících příznivě ovlivňují jak srážky, tak postupné odtávání sněhové pokrývky. Hodnoty OV30 se dostávají nad 40 %. V nejkritičtější období na přelomu června a července klesá OV30 krátkodobě pod 17 % (9 dnů). Vlivem zvýšené srážkové činnosti v červenci se OV30 zvyšuje opakovaně nad 45 %. Lze předpokládat, že během nejkritičtějšího období na přelomu června a července byly smrkové porosty vystaveny vlhkostnímu stresu a tím došlo k omezení dostupnosti půdní vláhy.

V roce 2003 koncem května v důsledku výskytu extrémních přívalových srážek v oblasti Dražanské vrchoviny dosahuje PVB až 128 mm přebytek vláhy. Avšak ještě na počátku května vykazuje přebytek vláhy klesající trend, kdy klesá na 16 mm přebytek. Od konce května až do konce září klesá PVB do 112 mm deficitu. Deficit vláhy trvá nepřetržitě 139 dnů od konce července (27.7.) až do začátku prosince (12.12.). Dosažený deficit vláhy 112 mm výrazně přesahuje maximální deficit cca 45 mm v roce 2000. Obě půdní vlhkosti kopírují vývoj PVB. Avšak na rozdíl od roku 2000 nikdy neklesá OV30 pod 19% (celkem 19 dnů s hodnotou OV30 pod 20%). Překvapivě příz-

nivější vývoj vlhkosti půdy oproti roku 2000 je způsoben jednak většími zásobami vláhy v tající sněhové pokrývce na jaře a výskytem extrémního množství srážky 13.5. s denním úhrnem 98 mm. Význam měla rovněž srážková epizoda v červenci (1.7. 15 mm) po níž se zvýšila OV30 až na 40 %. Vývoj teplot, srážek v roce 2003, který se podstatně liší od vývoje v roce 2000, ovlivnil vývoj a hodnoty objemové vlhkosti půdy měřené v 30 cm. Lze konstatovat, že i přes větší hodnoty deficitu u PVB (112 mm) a delší období s vláhovým deficitem byly vláhové poměry v roce 2003 pro smrkové porosty nepatrně příznivější, než v roce 2000. I když vláhový deficit trval déle, tak omezení dostupnosti půdní vláhy bylo nižší.

V rámci hodnocení vláhové bilance a jejího dopadu na vlhkostní poměry půdy byl řešen jejich vzájemný vztah. Na obrázku 3 je znázorněna funkční závislost desetidenních sum vláhové bilance a průměrných desetidenních hodnot objemové vlhkosti půdy v 10 a 30 cm v roce 2003. Z obrázku vyplývá, že dle determinantu (R^2) hodnoty OV30 závisí na vláhové bilanci z více jak 68 %, hodnoty OV10 závisí na vláhové bilanci z více jak 63 %. Podíl 32 až 37 % připadá například na vliv tající sněhové pokrývky, intercepci srážek atd.. Zajímavé je zjištění, že vzhledem k očekávanému předpokladu OV10 vykazuje nižší závislost. Celkově hodnoty OV10 jak v roce 2000, tak v roce 2003 ve srovnání s hodnotami OV30 (16.5 % až 49 %) dosahují nižších hodnot objemové vlhkosti půdy v rozsahu od 24% do 7 %. Příčinu nižších hodnot lze spatřovat v tom, že měření vlhkosti půdy v úrovni 10 cm zasahuje svrchní humusový horizont s rostlinným opadem, který je pórovitý a snadno propouští srážkovou vodu do nižších horizontů.

Závěr

Z hodnocení vláhové bilance v roce 2000 a 2003 vyplývá, že výkyvy klimatu v podmínkách mírného pásma na evropském kontinentu bude mít na lesy řadu negativních dopadů. Pokud se naplní scénáře očekávaných změn klimatu, můžeme si na příkladu roků 2000 a 2003 udělat obrázek o tom, jak významný vliv tyto změny budou mít na procesy v půdě, fyziologii stromů a lesní ekosystémy. To znamená, že můžeme očekávat zvýšenou extrémnost teplotních a srážkových poměrů. Zvýší se výskyt extrémně horkých a suchých period v letním období. Tato situace bude bě-

hem vegetačního období zvyšovat nároky dřevin na dostupnou půdní vláhu, což bude vyvolávat v oblastech s poklesem srážek a růstu teplot vlhkostní stres. S růstem frekvencí horkých suchých lét je pravděpodobné, že dojde ke snížení přírůstu, což ovlivní produkci dřeva a jeho kvalitu. Horké počasí a dlouhodobé sucho zlepší podmínky samovolného vznícení lesa (např. léto 2000 Řecko, Chorvatsko, 2003 Francie, Španělsko, 2005 Španělsko, Portugalsko).

Současný špatný zdravotní stav lesních porostů zejména ve střední Evropě, daný zejména

převládající zátěží ze znečištění ovzduší (depozice síry a dusíku), bude tuto situaci pravděpodobně dále zhoršovat.

Zjištěné hodnoty vývoje vláhové bilance a jejího dopadu na vlhkostní poměry půd, mohou poskytnout podklady pro hodnocení růstových podmínek a produkčních procesů dřevin v souvislosti s komplexním hodnocením pěstebních variant smrkové monokultury v 5. LVS na území přírodní lesní oblasti Dražanská vrchovina.

Poděkování

Práce vznikla v souvislosti s řešením výzkumného záměru MSM č. 6215648902 „Zásady hospodaření a optimalizace druhové skladby lesů v antropicky se měnících podmínkách pahorkatin a vysočin“

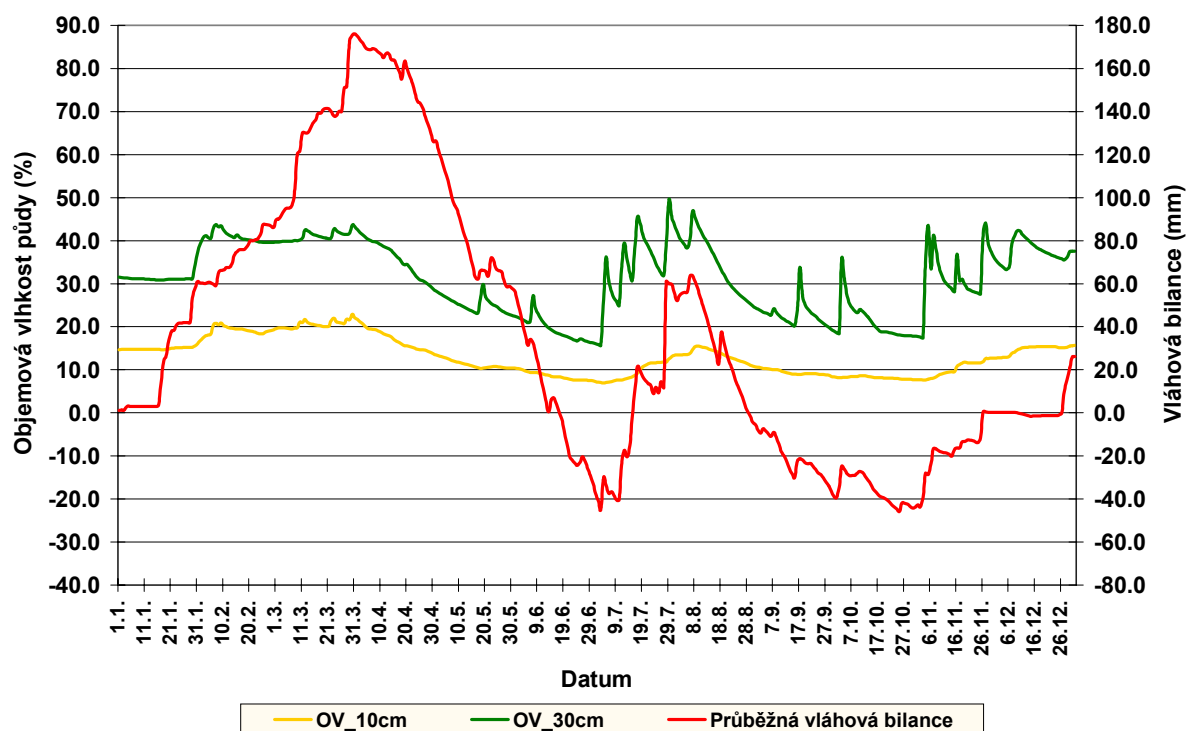
Literatura

Hadaš, P., 2002: Temperature and precipitation conditions in the high elevation spruce stands of the Dražanská vrchovina upland. *Ekológia* (Bratislava) Vol. 21, Supplement, 1: 69-87.

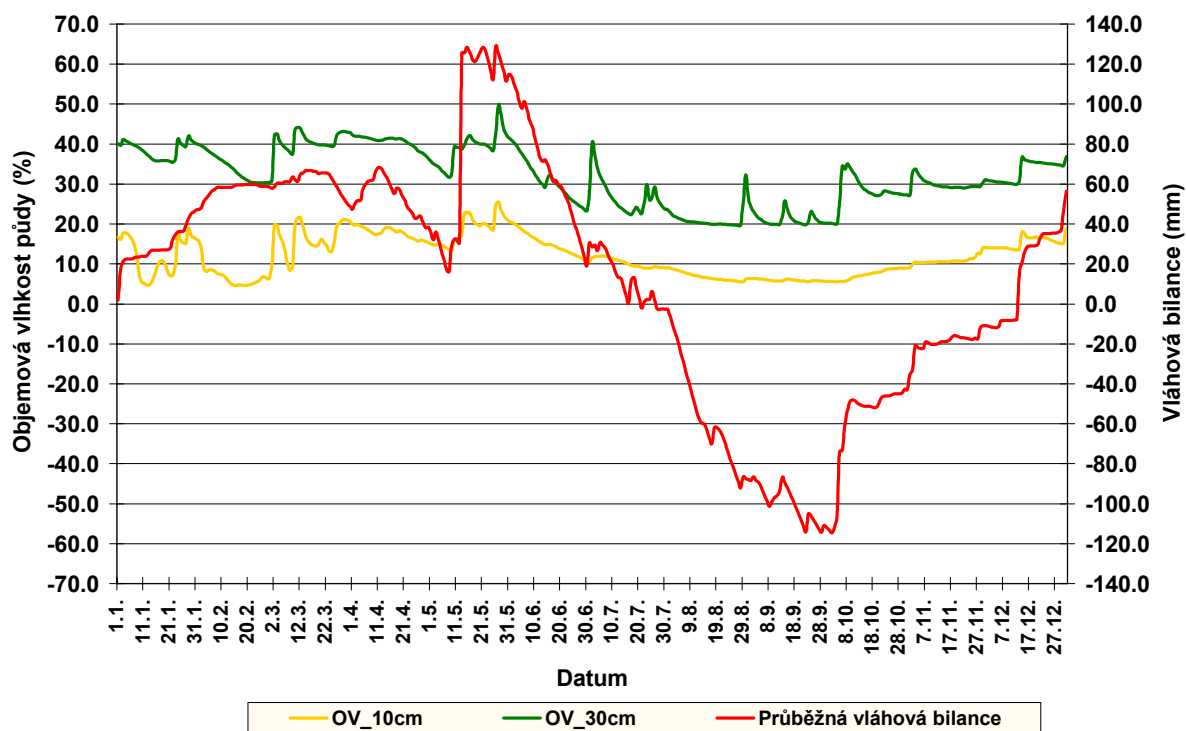
Kolektiv, 2003: Hydrologická ročenka České republiky. ČHMÚ Praha, 196 str.

Mráček Z., Pařez J., 1986: Pěstování smrku. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 203 str.

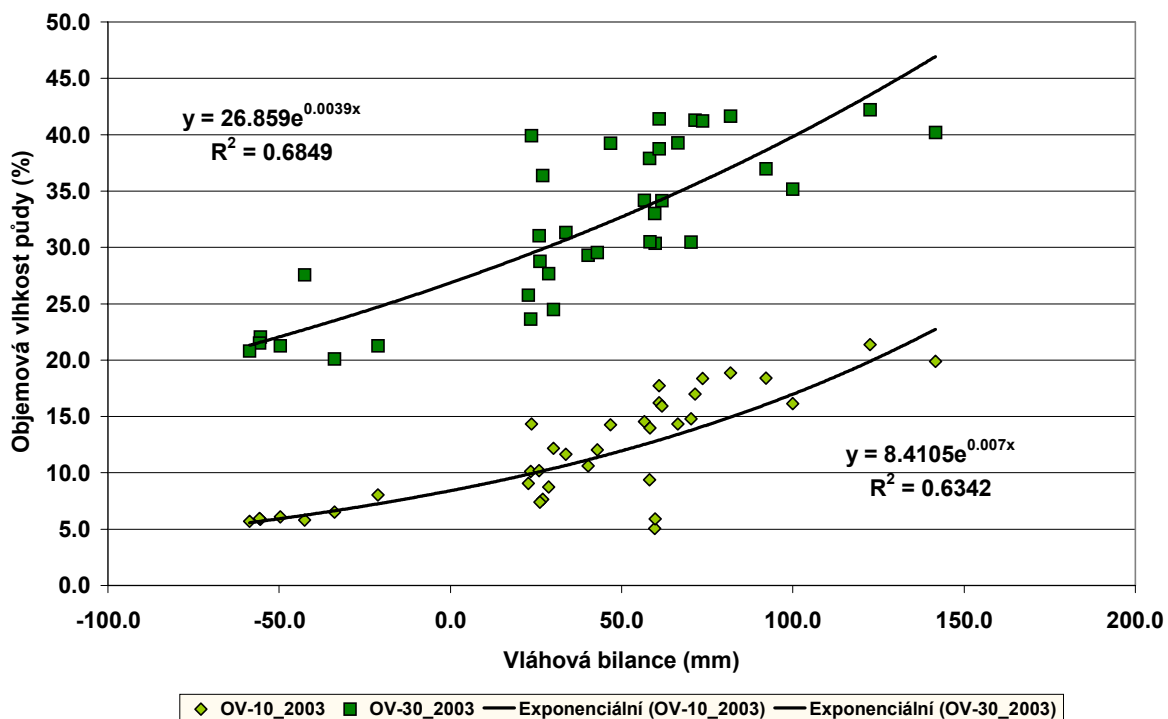
Turc, L., 1961: Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, 12:13-49.



Obrázek 1. Vývoj průběžné (sumované) denní vláhové bilance a objemové vlhkosti půdy v 10 a 30 cm na stacionární ploše Rájec-Němčice v roce 2000.



Obrázek 2. Vývoj průběžné (sumované) denní vláhové bilance a objemové vlhkosti půdy v 10 a 30 cm na stacionární ploše Rájec-Němčice v roce 2003.



Obrázek 3. Závislost objemové vlhkosti půdy měřené v 10 a 30 cm na vláhové bilanci v roce 2003 na stacionární ploše Rájec-Němčice.