

## **ZÁSoba VYUŽITELNÉ VODY V PŮDĚ POD TRAVNÍM POROSTEM V OBLASTI LOKALITY PÁNOV NA HODONÍNSKU – DLOUHODOBÉ VÝVOJOVÉ TRENDY V OBDOBÍ LET 1961-2099**

**Soil available moisture reserve under grass surface in location Pánov,  
Hodonín region – long-term trend in period 1961-2099**

**Kohut M., Hora P., Chuchma F.**

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

### **Abstrakt**

Předkládaný příspěvek analyzuje dlouhodobé podmínky (1961-2099) vlhkosti půdy pod travním porostem ve svrchní části půdního horizontu v oblasti lokality Pánov na Hodonínsku na jižní Moravě. Základní hodnocenou charakteristikou je zásoba využitelné vody v půdě vyjádřená v jednotkách %VVK (= % využitelné vodní kapacity půdy).

Vstupními daty jsou tzv. scénářová denní klimatická data základních meteorologických prvků (teplota a vlhkost vzduchu, trvání slunečního svitu, rychlost větru a zprostředkovaně srážky) za období 1961-2099. Ze 131 gridových bodů pravidelné sítě 25 x 25 km na území ČR, pro které byl aplikován výše uvedený model AVISO za účelem podrobného zpracování a vyhodnocení základních agroklimatických charakteristik, byl pro dlouhodobé hodnocení zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem na Hodonínsku vybrán gridový bod 2847 (194 m n.m.), který je situován nejbližší zájmové lokalitě Pánov. Scénářová denní data jsou produktem modelu ALADIN-CLIMATE/CZ při současném použití kvantilové metody korekce, která vhodným způsobem eliminuje případné systematické chyby daného modelu.

Předkládaný příspěvek se konkrétně zabývá hodnocením výše uvedené půdně-vlhkostní charakteristiky za dlouhodobá období 1961-1990, 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099. Na rozdíl od evapotranspirace (potenciální či aktuální) neuvažujeme úhrny za konkrétní časové období, ale vždy vlhkostní stav půdy v %VVK k určitému charakteristickému datu (začátek a konec vegetačního období, začátek a konec léta, konec kalendářního roku). Je provedena srovnávací analýza změn scénářových období k období referenčnímu. Ve druhé části příspěvku je provedeno porovnání půdně-vlhkostních podmínek gridového bodu 2847, reprezentujícího Hodonínsko, s nejnižší položenými oblastmi ČR s nadmořskou výškou do 200 m, které jsou zastoupeny příslušnými gridovými body.

**Klíčová slova: zásoba využitelné vody v půdě, využitelná vodní kapacita, půdní hydrolimit, AVISO, ALADIN-CLIMATE/CZ, referenční období, scénářová období, scénářová data**

### **Abstract**

Analysis of long-term soil moisture conditions in the upper part of soil horizon under grass surface in location Pánov, Hodonín region in south Moravia in period 1961-2099 is the aim of this paper. Soil available moisture reserve evaluated in percentage of total available water is basic analyzed characteristics. The evaluations were computed in daily steps by model AVISO with two level model of water circulation in the upper soil horizon.

So-called scenario daily climatic data of basic meteorological characteristics (air temperature, air moisture, sunshine duration, wind speed and precipitation) in period 1961-2099 are the

input data. Grid point 2847 (194 m above sea level), which is situated close to location Pánov was chosen from 131 points of regular grid 25 x 25 km in Czech Republic to analyze soil available moisture reserve in Hodonín region. Scenario daily data are the output of model ALADIN-CLIMATE/CZ revised using kvantil method which is suitable for elimination of possible systematic error.

Soil available moisture reserve in long-term period 1961-1990, 2010-2039, 2040-2069 and 2070-2099 is the subject of the article. In contrast to evapotranspiration (potential or actual) not the sums for particular period are considered, but soil moisture reserve for particular datum (beginning and end of vegetative period, beginning and end of summer, end of the year) is studied. Changes between scenario periods and reference period are analyzed. In the second part of the paper, soil moisture conditions of grid point 2847 representing Hodonín region and the regions below 200 m above sea level of Czech Republic are compared.

**Key words: soil available moisture reserve, total available water, soil hydrolimit, AVISO, ALADIN-CLIMATE/CZ, reference period, scenario periods, scenario data**

## Úvod

Předkládaný příspěvek analyzuje na základě scénářových (matematicky odvozených) denních dat základních meteorologických prvků (období 1961-2099) a podle ověřených výpočetních algoritmů v denním intervalu zásobu využitelné vody v půdě pod travním porostem. Těžištěm našeho zájmu a hodnocení je oblast lokality Pánov na Hodonínsku na jihovýchodní Moravě. Jedním z hlavních výstupů aplikovaného modelu AVISO („Agrometeorologická výpočetní a informační soustava“) je vedle výpočtů evapotranspiračních a bilančních charakteristik právě aktuální deficit vody v půdě, který je podkladem k vyhodnocení zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem.

## Materiál a metody

Základním problémem pro bilancování zásoby využitelné vody v půdě v jejím svrchním horizontu je určení ztráty vody výparem (evaporací). Výchozím vztahem je pro výpočet evapotranspirace travního porostu ve zmíněném modelu AVISO úplná Penman-Monteithova kombinovaná rovnice s korekcí na teplotu vypařujícího povrchu a s vyjádřením vlhkosti vzduchu pomocí tlaku vodní páry. Rovnice ve svém modifikovaném tvaru byla uvedena i s potřebným vysvětlením v rámci této konference v jiném příspěvku stejných autorů, a proto ji zde neuvádíme.

Jedním z hlavních bilančních výstupů modelu AVISO je aktuální vodní deficit v půdě pokryté travním porostem. Jedná se o nedostatkové množství půdní vody v mm, které chybí do polní vodní kapacity půdy. Za předpokladu znalosti využitelné vodní kapacity půdy jako rozdílu vlhkostí mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí půdy lze z aktuálního vodního deficitu odvodit zásobu využitelné vody v půdě pod travním porostem (dále jen ZVVP\_TP). Všechny výše uvedené charakteristiky jsou vyjádřeny v mm.

Vstupními údaji ke všem bilančním výpočtům, ale i k výpočtům potenciální evapotranspirace travního porostu jako základní výdejové složky, byla scénářová denní klimatická data základních meteorologických prvků (průměrná teplota vzduchu ve °C, průměrný tlak vodní páry v hPa, trvání slunečního svitu v hod, průměrná rychlost větru v m.s<sup>-1</sup> a srážkové úhrny v mm) za období 1961-2099. Trvání slunečního svitu bylo odvozeno ze scénářových údajů globální radiace a tlak vodní páry byl vypočítán podle scénářových údajů teploty a vlhkosti vzduchu. Ze 131 gridových bodů pravidelné sítě 25 x 25 km na území ČR, pro které byl v plném rozsahu aplikován výše uvedený model AVISO, jsme pro dlouhodobé hodnocení ZVVP\_TP na Hodonínsku vybrali gridový bod 2847 (194 m n.m.), který je situován nejbliž

zájmové lokalitě Pánov (vzdálenost cca 11,1 km) a tedy vhodným způsobem charakterizuje její dlouhodobé půdně-vlhkostní podmínky. Scénářová denní data za období 1961-2009 jsou produktem modelu ALADIN-CLIMATE/CZ. Použitím kvantilové metody korekce se vhodným způsobem eliminují případné systematické chyby tohoto modelu. Pro jednoduchost se ve všech výpočtech bral v úvahu travní porost, u něhož na rozdíl od zemědělských plodin nemusíme mít k dispozici žádné fenologické údaje.

Oproti standardnímu modelovému řešení jsme přistoupili k upřesnění ve smyslu upřesnění vybraných hydrolimitů našich půd. V dalším textu je stručně popsán postup, který jsme použili při řešení této problematiky pro celé území naší republiky. Vlhkost půdy ve svrchních partiích půdního horizontu do hloubky aktivního prokořenění (u travního porostu maximálně do hloubky 100 cm) výrazně ovlivňuje vypočítané hodnoty aktuálního výparu, vláhové bilance a taktéž vypočítanou ZVVP\_TP, která je předmětem podrobné analýzy tohoto příspěvku. Řešení je z odborného i časového hlediska velmi náročné. Použitý model primárně vyžaduje údaje využitelné vodní kapacity půdy (dále jen VVK), kterou rozumíme rozdíl mezi polní vodní kapacitou půdy (dále jen PVK) a bodem vadnutí půdy (dále jen BV). Problematika je ještě výrazně komplikována skutečností, že naše půdní poměry jsou velmi pestré a v naprosté většině případů různorodé i v širším okolí gridových bodů, jinými slovy ani v rámci jediného gridového bodu nelze přesně či přesněji určit hodnoty požadovaných hydrolimitů.

Pomocí metod GISu se provedlo upřesnění hodnot VVK, a to podle mapových podkladů VÚMOPu Praha (Využitelná vodní kapacita půd VVK, VÚMOP, v.v.i., Praha 2007). Ke každému ze 131 gridových bodů (a tedy i gridového bodu 2847, který charakterizuje širší okolí Pánova) se přisoudila zpřesněná hodnota VVK, přičemž se postupně testovaly tři následující postupy:

- VVK přesně podle polohy gridového bodu, v úvahu se brala jediná hodnota VVK jediného čtverce o délce strany 1 km;
- VVK jako průměr z okolních 9 čtverců o délce strany 1 km (1 čtverec přímo s gridovým bodem a dalších 8 okolních čtverců);
- VVK jako modální hodnota z okolních 9 čtverců o délce strany 1 km (1 čtverec přímo s gridovým bodem a dalších 8 okolních čtverců).

Další postup řešení probíhal již s modální hodnotou VVK, určenou ke každému gridovému bodu. Upřesnění půdních podmínek každého gridového bodu ve smyslu upřesnění VVK spočívalo v rozdělení do následujících intervalů:

- $VVK \geq 200$  [mm,  $l.m^{-2}$ ] - půdy s vysokou VVK;
- $150 \leq VVK \leq 199$  [mm,  $l.m^{-2}$ ] - půdy s vyšší střední VVK;
- $110 \leq VVK \leq 149$  [mm,  $l.m^{-2}$ ] - půdy se střední VVK;
- $80 \leq VVK \leq 109$  [mm,  $l.m^{-2}$ ] - půdy s nižší střední VVK;
- $79 \leq VVK$  [mm,  $l.m^{-2}$ ] - půdy s nízkou VVK

Realizace výpočtu modelem AVISO následně proběhla v denním kroku (období 1961-2009) pro soubor 131 gridových bodů na území ČR a s rozlišením podle výše uvedených intervalů VVK pro jejich střední a okrajové hodnoty. Tímto postupem byl upřesněn interval či podoblast, kde s vysokou pravděpodobností lze očekávat vypočítané hodnoty vybraných agrometeorologických prvků, v našem případě ZVVP\_TP daného gridového bodu. Finální (závěrečné) denní hodnoty těchto charakteristik, které byly předmětem dalšího podrobného zkoumání, pak vznikly zprůměrnováním všech tří údajů, vypočítaných modelem AVISO za předpokladu použití tří hodnot VVK (střední a obě okrajové) z daného intervalu.

Jistým problémem u modelu AVISO se z hlediska vlhkosti půdy mohou jevit přechody mezi jednotlivými roky. Pokud by model měl odrážet skutečné (reálné) vlhkostní poměry v rámci ČR na uvedených lokalitách a v jednotlivých letech, bylo by nutno výpočty počínaje 1.1. vždy zahájit se zjištěným konkrétním obsahem vody v půdním horizontu. Tyto údaje samozřejmě nejsou za jednotlivé roky (1961-2009) k dispozici, stejně tak souběžné stanovení skutečné vlhkosti půdy vždy k 1.1. na takovém množství výpočetních míst v operativním provozu je naprosto nereálné a časově a technicky zcela nemožné. Výpočetní postup při použití scénářových dat pro jednotlivá období je proto zjednodušen tím, že zahájení půdně-bilančních výpočtů u všech gridových bodů a ve všech letech období 1961-2009 startuje s obsahem půdní vody na hranici PVK půdy.

Jak podrobnější analýzy z období 1961-2000 ukázaly, u výpočetních míst již středních a hlavně vyšších nadmořských výšek (cca nad 300 m n. m.) se obsah vody v půdě na začátku roku v dlouhodobém měřítku příliš neliší od hodnoty PVK, resp. ve většině případů je roven alespoň 80 % VVK. Méně příznivá situace naopak nastává v nížinných oblastech (zvláště cca pod 200 m n.m.), kde se vyskytují či mohou vyskytovat jednotlivé roky, kdy na začátku roku je VVK naplněna pouze z cca 60 až 70 %, případně i méně. Další podrobné analýzy však prokázaly, že tento nedostatek se v průběhu jarního období v důsledku tání sněhové pokrývky a jarních dešťů, mající za následek dosycování svrchních půdních horizontů srážkovou vodou, postupně výrazně eliminuje. Před zahájením vegetačního období v naprosté většině případů se s modelem již blížíme skutečným vlhkostním poměrům v půdním prostředí.

Z hlediska fyzikálního je velmi důležité, jakou metodu model používá pro výpočet aktuálního vodního deficitu, resp. vláhového deficitu (nedostatku půdní vody). Jedná se o zjednodušený dvouvrstevný model pohybu vody v půdě s jejím konstantním čerpáním v celém aktivním profilu, kterým se rozumí profil do hloubky aktivního prokořenění. Základním výchozím předpokladem je skutečnost, že dostupná voda se drží ve dvou tzv. zásobnících označených X a Y, které v každém okamžiku obsahují zásobu  $x$  [mm] a  $y$  [mm] půdní vody. Oba zásobníky jsou vzájemně od sebe odděleny bodem snížené dostupnosti (lentokapilárním bodem). Všechna voda  $x$  [mm] v prvním, tj. svrchním zásobníku X, je volně dostupná a je čerpána bez limitování půdními podmínkami, zatímco voda  $y$  [mm] v druhém, tj. spodním zásobníku Y, se snižováním množství  $y$  [mm] čerpá stále obtížněji. Výdej vody je postupně omezován a evapotranspirace klesá pod svoji potenciální hodnotu. Celková (tj. maximální) zásoba dostupné vody je ze 40 % obsažena ve svrchním zásobníku X, z 60 % ve spodním zásobníku Y. Maximální množství vody je v obou zásobnících určeno využitelnou vodní kapacitou půdy (VVK), která byla přesněji specifikována na základě hydropedologických průzkumů VÚMOPu. Jak již bylo zmíněno výše, VVK půdy přitom představuje rozdíl mezi retenční vodní kapacitou (RVK) neboli polní vodní kapacitou (PVK) a bodem vadnutí (BV). V zemědělské praxi se používá pro stanovení a bilancování ta část vody v půdě, kterou dostaneme jako rozdíl momentální (aktuální) vlhkosti půdy a vlhkosti jejího BV. Pro hydrologické účely se naopak používá rozdíl RVK (PVK) a momentální (aktuální) vlhkosti půdy, který charakterizuje, kolik mm vody půdní profil při následném výskytu srážek je schopen potenciálně ještě zadržet.

Voda se čerpá z půdy až do okamžiku úplného vyčerpání zásoby  $x$  [mm] svrchního zásobníku X. Po jeho odčerpání začíná odčerpávání množství  $y$  [mm] spodního zásobníku Y. Logicky se předpokládá, že srážky nejdříve doplňují zásobu  $x$  [mm] svrchního zásobníku X, zásoba  $y$  [mm] spodního zásobníku Y se obnovuje až když je zásobník X plně dosycen srážkovou vodou. Na základě množství půdní vody v obou zásobnících, resp. na poměru množství  $x$  [mm] a  $y$  [mm] v obou zásobnících se určuje povrchový odpor plodiny, jehož správné definování je rozhodující pro uspokojivé výsledky určení deficitu vody v půdě. Model navíc rozlišuje husté plodiny s plným zápojem, které úplně nebo téměř úplně zachycují dopadající

sluneční radiaci (povrchový odpor zůstává konstantní za předpokladu čerpání prvních 40 % z dostupné půdní vody, naopak výrazně vzrůstá, jestliže je všechna dostupná voda vyčerpána), od plodin s neúplným zápojem (zejména v období časného růstu), kdy je třeba počítat i s příspěvkem evaporace z půdy mezi rostlinami.

Pokud se rozdíl mezi srážkami a evapotranspirací přičte k deficitu půdní vody z minulého dne, získá se současný (aktuální) vodní deficit v půdě, resp. deficit půdní vody aktuálního dne. Dalším jednoduchým přepočtem lze stanovit zásobu využitelné vody v půdě jako její množství mezi hydrolimity PVK (RVK) a BV. Uvádí se v mm či %VVK.

O srážkách se předpokládá, že velmi rychle naplní nejdříve zásobník X a potom zásobník Y. V případě, že oba zásobníky jsou maximálně naplněny, půda je nasycena na plní vodní kapacitu. Všechna přebytečná srážková voda se potom považuje za „hydrologicky účinné (efektivní) srážky“. Na tomto místě je nutno zdůraznit, že model je koncipován především pro analýzu nedostatku půdní vody. Zjednodušujícím kritériem je skutečnost, že v jednotlivých dnech se neuvažuje s podpovrchovým (hypodermickým) ani podzemním odtokem či přítokem.

V následující kapitole jsou pro lokalitu Pánov na Hodonínsku stručně popsány výsledky srovnávací analýzy změn dlouhodobé ZVVP\_TP scénářových období 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099 vztažené k období referenčnímu (normálovému), tj. k období 1961-1990. Ve druhé části kapitoly je porovnán vybraný gridový bod 2847, reprezentujícího Hodonínsko, s nejnižší položenými oblastmi ČR s nadmořskou výškou do 200 m, zastoupené vybranými gridovými body (3241 a 3319 v Polabí, 2766 a 2845 na jižní Moravě, 3007 na Hané).

Nutno zdůraznit, že zpracování proběhlo na scénářových datech dílčích 30letých období, nikoliv na datech naměřených (období 1961-1990).

Aplikací modelu AVISO jsme získali velké množství výsledků. Z prostorových důvodů na následujících stránkách předkládaného příspěvku uvádíme pouze ty nejpodstatnější. Případné zájemce odkazujeme na autorský kolektiv.

## **Výsledky a diskuse**

Tab. 1 analyzuje dlouhodobé průměry ZVVP\_TP za rok a vegetační období. Nutno zdůraznit, že se jedná o výrazně orientační hodnoty, které jsou produktem kompletního zpracování modelem AVISO. Pro oblast Pánova na Hodonínsku na jihovýchodní Moravě lze na základě scénářových dat předpokládat postupný pokles dlouhodobých ročních průměrů ZVVP\_TP od normálových 55,1 % VVK (1961-1990) až na 48,0 % VVK (2070-2099). Obdobný trend platí i pro vegetační období (duben-září), kdy ZVVP\_TP se snižuje z 34,0 % VVK na 22,8 % VVK. Budeme-li referenční období 1961-1990 brát jako základ, ve scénářových obdobích vyjma období 2010-2039 postupně dochází k poklesům dlouhodobých průměrných hodnot ZVVP\_TP - pro časově nejvzdálenější horizont let 2070-2099 se odhaduje nejvýraznější pokles, a to o 7,1 % VVK (rok jako celek), resp. o 11,2 % VVK (vegetační období).

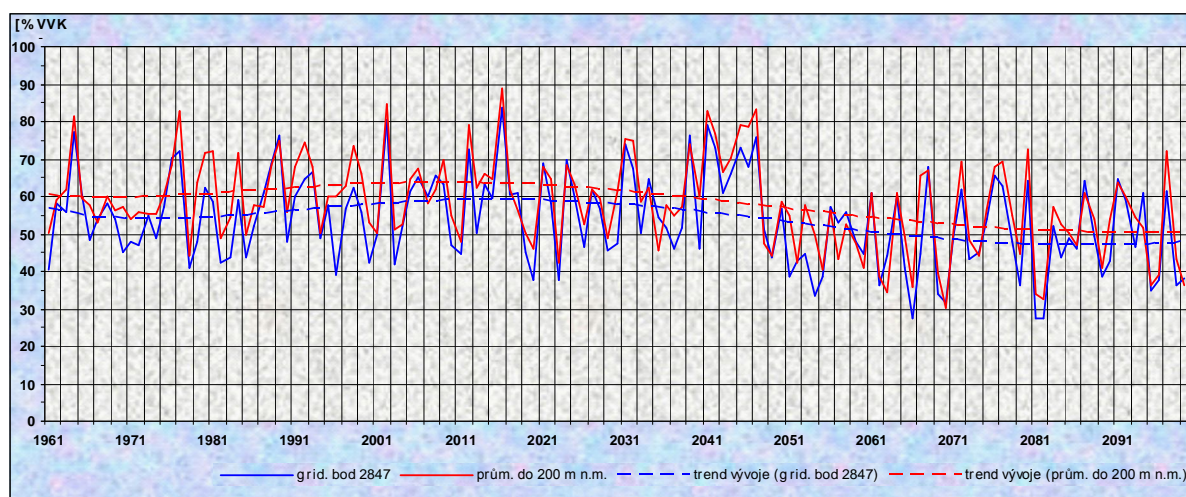
Obdobné závěry vyplývají ze zpracování průměrných hodnot pro nížinné oblasti naší republiky. Postupně sledujeme pokles až na úroveň 51,7 % VVK, resp. 36,2 % VVK. Rok i vegetační období ve všech 30letých obdobích se na Hodonínsku vyznačují z dlouhodobého pohledu vždy nižším obsahem vody v půdě, tj. nižšími dlouhodobými průměry ZVVP\_TP. Výrazně vyšší rozdíly oproti nížinným územím ČR jsou ve vegetačním období (snížení o cca 10-15 % VVK); za předpokladu roku jako celku je to pokles o cca 4-6 % VVK.

*Tab. 1 Lokalita Pánov (2847), zásoba využitelné vody v půdě [%VVK]*

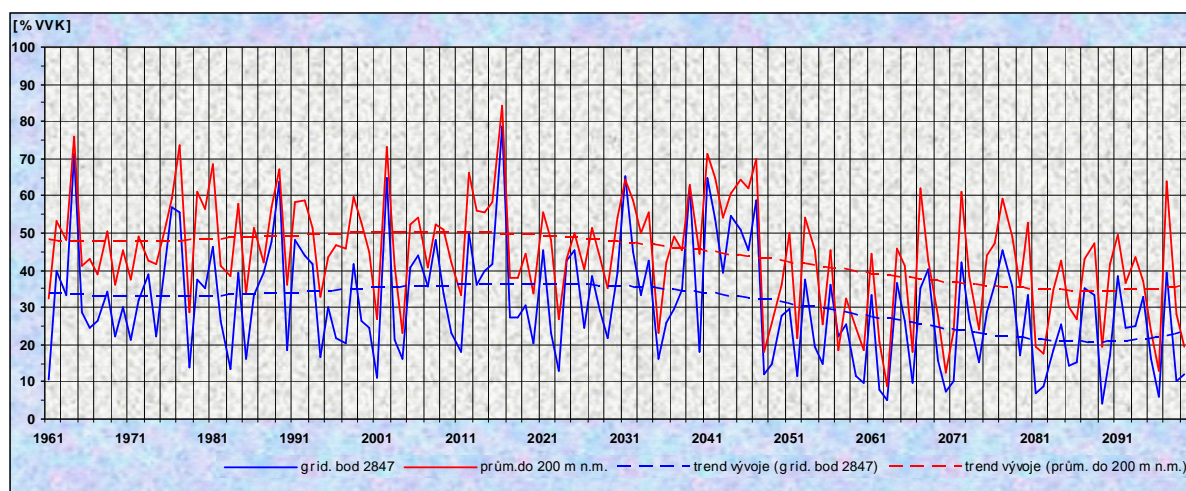
*a její dlouhodobé průměrné úhrny včetně změny k období normálovému (referenčnímu), srovnání s nížinnými oblastmi ČR*

období	Rok				Vegetační období (IV.-IX.)			
	grid. bod	rozdíl k	průměr	rozdíl k	grid. bod	rozdíl k	průměr	rozdíl k
	2847	1961-1990	do 200 m	1961-1990	2847	1961-1990	do 200 m	1961-1990
1961-1990	55,1	-	60,6	-	34,0	-	48,6	-
2010-2039	57,1	2,0	61,0	0,4	35,7	1,7	48,3	-0,3
2040-2069	52,2	-2,9	56,2	-4,4	28,9	-5,0	40,6	-8,0
2070-2099	48,0	-7,1	51,7	-8,9	22,8	-11,2	36,2	-12,5

Následující grafy na obr. 1 a 2 dokumentují časové řady průměrných hodnot ZVVP\_TP za rok a za vegetační období. Vhodnou doplňující informací je vývojový trend prezentovaný polynomičným rozvojem 6. stupně.



Obr. 1 Lokalita Pánov (2847), časová řada průměrných ročních hodnot zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem [%VVK] včetně časového trendu vývoje a její srovnání s nížinnými oblastmi ČR



Obr. 2 Lokalita Pánov (2847), časová řada průměrných hodnot zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem za vegetační období [%VVK] včetně časového trendu vývoje a její srovnání s nížinnými oblastmi ČR

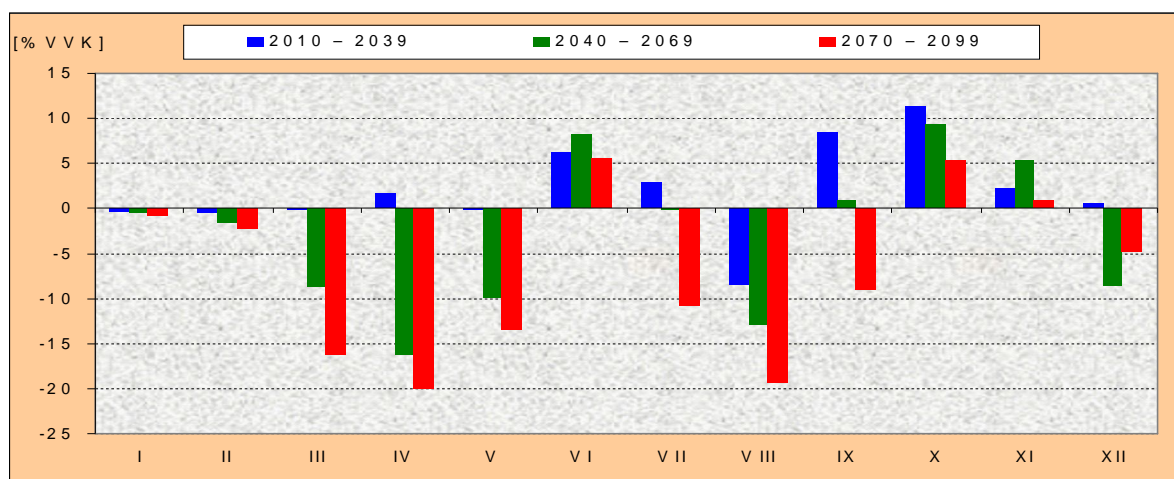
Jak z obou grafů vyplývá, průměrné hodnoty ZVVP\_TP za rok i vegetační období vykazují výraznou časovou variabilitou, což je dáno především kvalitou vstupních scénářových dat, z nichž se prováděl modelový výpočet. Stanice Pánov na Hodonínsku podle polynomického trendu při srovnání s nižšími oblastmi ČR se vyznačuje jak pro rok (tab. 1), tak pro vegetační období (tab. 2) nižšími hodnotami obsahu vody v půdě, přičemž větší rozdíly jsou patrné za vegetační období.

Podle trendových křivek sledujeme v obou případech (rok i vegetační období) výraznější pokles průměrných hodnot ZVVP\_TP až v období po roce 2030. V letech předcházejících (přibližně do roku 2000) je podle trendových křivek naopak patrný mírný nárůst průměrné ZVVP\_TP. Pro nižší oblasti ČR jako celek prakticky platí tytéž závěry.

Podrobnější tabelárně-grafická analýza na úrovni dlouhodobých měsíčních průměrů ZVVP\_TP je uvedena v tab. 2 a na obr. 3 a 4. Tabulka obsahuje konkrétní dlouhodobé měsíční (a celkový dlouhodobý roční) průměrné hodnoty ZVVP\_TP referenčního a všech scénářových období až k horizontu roku 2099, grafy na obr. 3 a 4 přehledně dokumentují měsíční dlouhodobé rozdíly v %VVK jednotlivých scénářových obdobích 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099 k období referenčnímu 1961-1990, resp. průměrné dlouhodobé měsíční hodnoty ZVVP\_TP ve všech analyzovaných obdobích.

Tab. 2 Lokalita Pánov (2847), dlouhodobá průměrná měsíční a roční zásoba využitelné vody v půdě pod travního porostu [%VVK] v normálovém (referenčním) a ve scénářových obdobích

období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
1961-1990	98,8	97,5	90,2	62,9	36,1	29,5	26,9	26,8	22,1	31,6	58,7	83,0	55,1
2010-2039	98,4	97,0	90,1	64,5	36,1	35,7	29,8	18,3	30,4	42,9	60,9	83,6	57,1
2040-2069	98,3	96,0	81,5	46,6	26,2	37,8	26,7	13,9	23,0	40,9	64,1	74,4	52,2
2070-2099	98,1	95,2	73,9	42,9	22,6	35,1	16,2	7,5	13,1	36,9	59,6	78,2	48,0



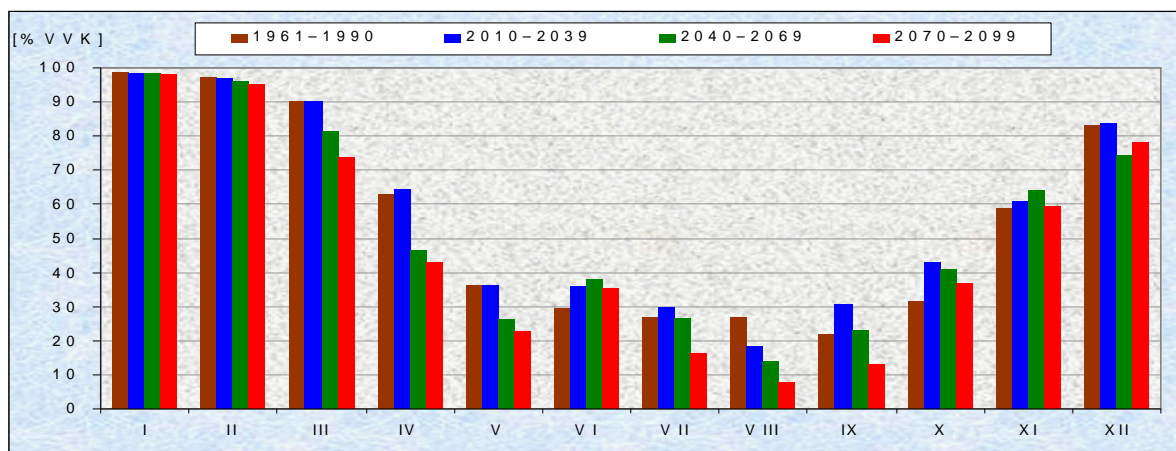
Obr. 3 Lokalita Pánov (2847), dlouhodobá průměrná měsíční zásoba využitelné vody v půdě pod travním porostem, rozdíly jednotlivých scénářových období k období normálovému (referenčnímu) 1961-1990 v %VVK

V rámci příslušných měsíců a ve shodě s dříve provedenou analýzou lze konstatovat, že ve většině případů se postupně snižují dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty ZVVP\_TP, nejnížší takto vypočítané charakteristiky vlhkosti půdy jsou predikovány až pro poslední

scénářové období 2070-2099, kdy ve vegetačním období výpočtem podle scénářových dat lze předpovídat ZVVP\_TP pod 50 %VVK, ve druhé polovině léta a na počátku podzimu dokonce pod 20 % VVK (s nejnižší hodnotou 7,5 % VVK v srpnu).

Graf na obr. 3 dokumentuje postupný nárůst rozdílových hodnot scénářových období k období referenčnímu, všechny údaje jsou v %VVK. Je logické, že nejvyšší rozdíly jsou většinou vypočítány pro závěrečné scénářové období 2070-2099 – v jarních měsících přesahují většinou 15 %VVK, v letních měsících většinou 10 %VVK s maximem v srpnu. Zbývající scénářová období se vyznačují menšími rozdílovými hodnotami při srovnání s obdobím referenčním.

Graf na obr. 4 představuje z dlouhodobého pohledu typický chod ZVVP\_TP, a to individuálně pro všechna analyzovaná období. Během jara ve všech případech dochází ke snižování zásob vody v půdě až k letním minimálním hodnotám (všechny měsíce) na hladině pod 30 %VVK (v období 2070-2099 i pod 15 %VVK). Podzimní měsíce a počátek zimy se z dlouhodobého pohledu již vyznačují výrazným vzrůstem půdní vlhkosti.



Obr. 4 Lokalita Pánov (2847), dlouhodobá průměrná měsíční zásoba využitelné vody v půdě pod travním porostem [%VVK] v normálovém (referenčním) a ve scénářových obdobích

Charakteristiku ZVVP\_TP je také vhodné vyjadřovat pomocí jejího průběžného stavu k vybraným dnům roku. Je to dáno hlavně tím, že v průběhu výpočtů se bilancují hodnoty aktuální evapotranspirace travního porostu, které ve velké míře závisí na provlčení svrchních částí půdního horizontu. Tato vlhkost půdy jako reakce na srážkovou činnost, může přetrvávat i z období předcházejících, jinými slovy výpočet realizovaný pro dnešní den je současně závislý na přetrvávající vlhkosti půdy z dní předcházejících.

Tab. 3 dokumentuje dlouhodobou průměrnou ZVVP\_TP k začátku a konci vegetačního období (1.4. a 30.9.), k začátku a konci léta (1.6. a 31.8.) a ke konci roku (31.12.). Navíc jsou uvedeny dlouhodobé změny scénářových období 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099 k období referenčnímu 1961-1990.

Pro oblast Pánova je podle gridového bodu 2847 většinou typické postupné snižování dlouhodobé průměrné ZVVP\_TP podle 30letých období, avšak v některých případech toto postupné snižování není průkazné pro všechna 30letá období. Obdobný trend vývoje vykazují i nížinné oblasti ČR, ale pouze do konce vegetačního období a vždy na vyšších nebo podstatně vyšších úrovních vlhkosti půdního horizontu (jinými slovy, oblast Pánova má v dlouhodobých podmínkách nižší vlhkost půdy). Konec roku se naopak u Pánova vyznačuje dlouhodobě vyšší ZVVP\_TP.



Tab. 3 Lokalita Pánov (2847), zásoba využitelné vody v půdě pod travním porostem [%VVK] a její dlouhodobé průměrné úhrny včetně změny k období normálovému (referenčnímu) ke dnům 1.4., 1.6., 31.8., 30.9. a 31.12.

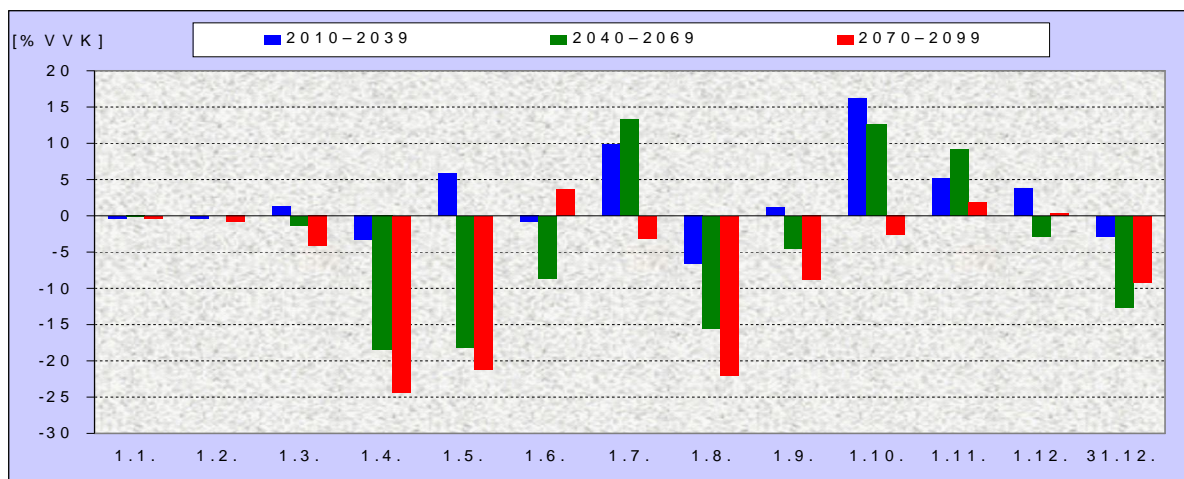
datum	Rok			
	grid. bod 2847	rozdíl k 1961-1990	průměr do 200 m	% z 1961-1990
<b>k 1.4.</b>				
1961-1990	80,1	-	87,0	-
2010-2039	76,8	-3,3	85,8	-1,2
2040-2069	61,6	-18,5	77,3	-9,7
2070-2099	55,7	-24,4	74,6	-12,4
<b>k 1.6.</b>				
1961-1990	30,8	-	67,6	-
2010-2039	30,0	-0,8	50,0	-17,6
2040-2069	22,2	-8,6	39,0	-28,6
2070-2099	34,5	3,7	46,9	-20,7
<b>k 31.8.</b>				
1961-1990	19,8	-	33,0	-
2010-2039	19,8	0,0	31,5	-1,5
2040-2069	15,3	-4,5	24,9	-8,1
2070-2099	10,7	-9,1	17,2	-15,8
<b>k 30.9.</b>				
1961-1990	27,4	-	34,2	-
2010-2039	44,4	17,0	39,0	4,8
2040-2069	40,1	12,7	35,1	0,9
2070-2099	22,0	-5,4	18,3	-15,9
<b>k 31.12.</b>				
1961-1990	91,6	-	69,2	-
2010-2039	88,7	-2,9	67,5	-1,7
2040-2069	79,0	-12,6	63,1	-6,1
2070-2099	82,4	-9,2	59,3	-9,9

Následující tab. 4 charakterizuje dlouhodobé podmínky všech analyzovaných období podle dlouhodobého stavu ZVVP\_TP vždy k 1. dni v měsíci a ke konci roku, graficky je vše přehledně znázorněno na obr. 6. Rozdíly scénářových období k období referenčnímu 1961-1990 jsou přehledně graficky zobrazeny na obr. 5.

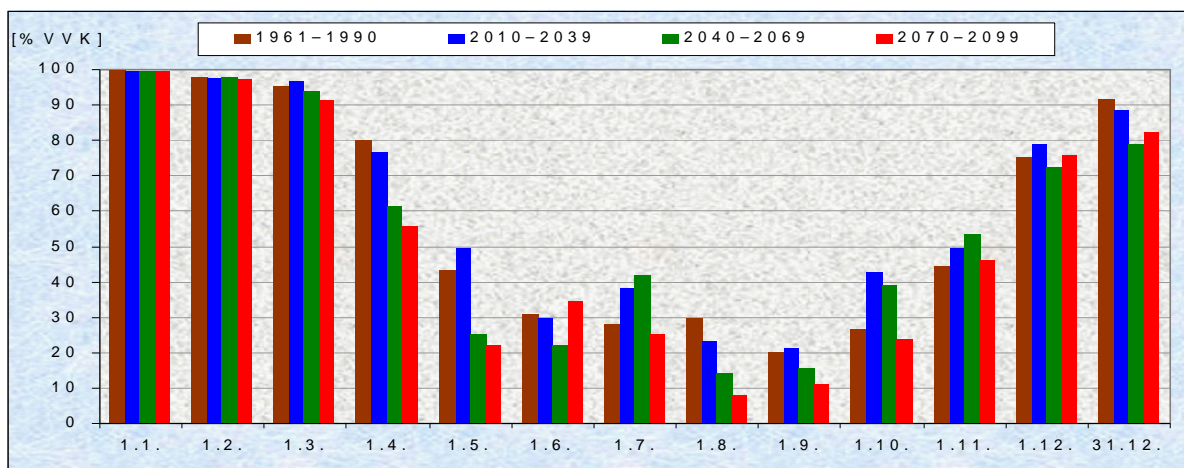
Tab. 4 Lokalita Pánov (2847), dlouhodobá zásoba využitelné vody v půdě pod travního porostu [%VVK] k počátkům měsíců a na konci roku v normálovém (referenčním) a ve scénářových obdobích

období	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	1.9.	1.10.	1.11.	1.12.	31.12.
1961-1990	100,0	98,1	95,5	80,1	43,5	30,8	28,4	29,9	20,1	26,5	44,4	75,3	91,6
2010-2039	99,7	97,7	96,8	76,8	49,4	30,0	38,2	23,3	21,2	42,7	49,5	79,1	88,7
2040-2069	99,8	98,1	94,1	61,6	25,4	22,2	41,8	14,4	15,6	39,2	53,6	72,4	79,0
2070-2099	99,6	97,2	91,3	55,7	22,4	34,5	25,3	7,9	11,3	23,8	46,3	75,6	82,4

Z tab. 4 a obr. 6 vyplývá, že pokles dlouhodobé ZVVP\_TP k 1. dni v měsíci postupně mezi jednotlivými obdobími není jednoznačný. Velmi malé rozdíly mezi obdobími jsou zvláště na začátku prvních tří měsíců, což je především dáno omezující podmínkou modelu při zahájení výpočtů, v dalších měsících mezi jednotlivými obdobími se vyskytují výraznější rozdíly. Na konci roku k 31.12. dlouhodobá ZVVP\_TP ve všech obdobích vyjma 2010-2069 převyšuje hranici 80 % VVK, v normálovém (referenčním) období dokonce 90 % VVK. Toto je důkaz postupného snižování vlhkosti půdy do časového horizontu roku 2099.



Obr. 5 Lokalita Pánov (2847), dlouhodobá zásoba využitelné vody v půdě pod travním porostem, rozdíly jednotlivých scénářových období k období normálovému (referenčnímu) v %VVK k počátkům měsíců a na konci roku



Obr. 6 Lokalita Pánov (2847), dlouhodobá zásoba využitelné vody v půdě pod travním porostem [%VVK] v normálovém (referenčním) a ve scénářových obdobích

## Závěr

Předkládaný příspěvek se pokusil o prognózu podmínek vlhkosti půdy pomocí zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem pro roky 1961-2099 pro nížinné oblasti ČR reprezentované lokalitou Pánov na Hodonínsku na jihovýchodní Moravě. K výpočtům ZVVP\_TP podle agrometeorologického modelu AVISO byla použita denní scénářová data dlouhodobých období (referenční, normálové období 1961-1990, období scénářová 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099), která jsou výstupem modelu ALADIN-CLIMAT/CZ.

Uvedené výsledky dokladují možné postupné snižování půdní vlhkosti na základě ZVVP\_TP v časovém horizontu až do roku 2099. Tato skutečnost je či s velkou pravděpodobností může být příčinou zhoršující se vláhové či vodní bilance v nížinných oblastech ČR

V příspěvku jsou publikovány pouze některé vybrané výsledky, případné zájemce o další informace odkazujeme na autory příspěvku.

### **Dedikace**

Předkládaný příspěvek vychází z výsledků řešení výzkumného projektu Ministerstva školství a tělovýchovy ČR „Modelový projekt zamezení biologické degradace půd v podmínkách aridního klimatu“ (č. projektu 2B08020) v rámci Národního programu výzkumu II. a projektu VaV-SP/1a6/108/07 „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“.

### **Použitá literatura**

Hough M., Palmer S., Weir A., Lee M., Barrie I. (1997):: The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS version 2.0. Meteorological Office Bracknell, Meteorological Office Wolverhampton, Bracknell, 82 p.

Hough M., Jones R. J. (1997): The United Kingdom Meteorological Office rainfall and evaporation calculation system: MORECS version 2.0 - an overview. Hydrology and Earth System Sciences, 1(2), p. 227-239.

Kohut M. (2003): Vybrané metody výpočtu evaporace a evapotranspirace. In: „*Mikroklima porostů*“. Brno, Bioklimatologická společnost, s. 172-186, CD-ROM.

Kohut M. (2007): Vláhová bilance zemědělské krajiny. Doktorská disertační práce, MZLU Brno, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie, 128 s.

Kohut M., Vitoslavský J. (1999): Agrometeorologická výpočetní a informační soustava - možnosti jejího využití. In: „*Agrometeorologické prognózy a modely*“. Velké Bílovice, s. 53-61.

Pal Arya S. (2001) Introduction to Micrometeorology. Academic Press, 2<sup>nd</sup> Edition, London, 421 p.

Štěpánek P. (2006) AnClim - software for time series analysis. Dept. Of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU Brno, <http://www.climahom.eu/AnClim.html>

Štěpánek P. (2006): ProClimDB - software for processing climatological datasets. CHMI, regional office Brno, <http://www.climahom.eu/ProcData.html>

Thompson N., Barrie I. A., Ayles, M. (1981): The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS. Hydrological Memorandum, Bracknell, No. 45, 71 p.

Winkler L. (1991): Některé modely dynamiky vody v systému půda - rostlina - atmosféra a jejich využití v praxi. Kandidátská dizertační práce, Výzkumný ústav ekoagrotechniky, Hrušovany u Brna, 82 s.

Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Projekt VaV-SP/1a6/108/07, odpovědný řešitel J. Pretel.

**Kontaktní adresa 1. autora**

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno  
Kroftova 43  
616 67 Brno  
mojmir.kohut@chmi.cz