

DLOUHODOBÁ ZÁSoba VYUŽITELNÉ PŮDNÍ VODY A JEJÍ VARIABILITA NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Mojmír Kohut, Jaroslav Rožnovský, Filip Chuchma

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

1. Úvod

V předkládaném příspěvku je stručně z časoprostorového hlediska analyzována dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody na území České republiky v horizontu let 1961-2000. Pro komplexní hodnocení byl použit model **AVISO** („Agrometeorologická Výpočetní a Informační **SO**ustava“), který je operativním a režimovým způsobem provozován na ČHMÚ, pobočce Brno. Předlohou k jeho sestavení byl anglický model **MORECS** ("The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System") provozovaný v operativním chodu na území Britského souostroví. Kompletní výpočty modelu byly realizovány pomocí technických řad základních meteorologických prvků, které byly odvozeny v denním intervalu pro zhlazený reliéf České republiky. Jedním ze základních výstupů modelu AVISO je aktuální deficit půdní vody vyjádřený v mm, který charakterizuje množství vody v půdě, nedostávající se do polní vodní kapacity. Podrobné hodnocení zásoby využitelné půdní vody v % využitelné vodní kapacity bylo pro dlouhodobé poměry na území České republiky provedeno podle technických řad základních meteorologických prvků 789 gridových bodů (pravidelná síť 10 km x 10 km). Vstupem byly denní klimatické údaje pěti základních meteorologických prvků, jako vypařující povrch se pro jednoduchost bral travní porost.

2. Metodika zpracování

Vedle výparoměrných a bilančních charakteristik ve smyslu vláhových bilancí je právě zásoba půdní vody a aktuální deficit, vyjadřující obecně vlhkost půdy, jedním ze základních praktických výstupů modelu AVISO. **Aktuálním deficitem** se v tomto pojetí rozumí množství využitelné půdní vody v mm, které se nedostává do polní vodní kapacity. **Zásoba využitelné půdní vody** je naopak množství půdní vody v mm, které je v půdě obsaženo mezi základními půdními

hydrolimity (polní vodní kapacita, dále jen PVK a bod vadnutí, dále jen BV). Obdobné vyjádření je v % využitelné vodní kapacity (dále jen VVK), kterou bereme jako vzájemný rozdíl mezi PVK a BV. Právě tuto agrometeorologickou charakteristiku jsme brali v úvahu jako základ při zpracování dlouhodobých vlhkostních poměrů v půdě.

Vyhodnocení jednotlivých let z období 1961-2000 proběhlo v pravidelných denních intervalech pro technické řady 789 gridových bodů, rozmístěných v pravidelné 10 km síti. Vstupními údaji byla denní klimatická data základních meteorologických prvků (teplota vzduchu ve °C, tlak vodní páry v hPa, trvání slunečního svitu v hod., rychlost větru v m.s⁻¹ a srážky v mm). Pro jednoduchost se ve všech výpočtech bral v úvahu travní porost, u něhož na rozdíl od ostatních zemědělských plodin nemusíme mít k dispozici žádné fenologické údaje.

Řešení problematiky je z odborného i časového hlediska velmi náročné, zvážíme-li, že k vyjádření konkrétních vlhkostních podmínek v půdách by bylo nutno znát jejich základní hydrolimity v okolí každého gridového bodu, neboť aplikovaný model primárně vyžaduje hydrolimity VVK, PVK a 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 určit hodnoty požadovaných hydrolimitů.

Rutinní výpočty modelu AVISO v operativním režimu jsou vzhledem k výše uvedeným skutečnostem realizovány pro tři základní skupiny půdních druhů (klasifikace podle V. Nováka s rozlišením obsahu frakce pod 0,01 mm - % v jemnozemi), a to pro:

- půdu lehkou či lehčí s VVK = 70 mm (písečnatá a hlinitopísečnatá půda, zrnitost 0-20, tj. 0-10 a 10-20);

- půdu střední či středně těžkou s VVK = 170 mm (písčitohlinitá a hlinitá půda, zrnitost 20-45, tj. 20-30 a 30-45);
- půdu těžkou či těžší s VVK = 120 mm (jílovitohlinitá, jílovitá, zrnitost 45-75, tj. 45-60 a 60-75).

Kompletní zpracování je takto prováděno individuálně pro každou skupinu půd. Předkládaný příspěvek upřesňuje výpočty modelu AVISO právě s ohledem na zpřesnění hodnoty VVK, která je charakteristická pro širší okolí každého gridového bodu.

V první fázi řešení dané problematiky se přistoupilo k upřesnění vybraných půdních hydrolimitů, především VVK. V režimovém způsobu zpracování (období 1961-2000) jsou právě údaje o VVK půd velmi důležité. Pomocí metod GISu se provedlo upřesnění hodnot VVK, a to podle mapových podkladů VÚMOPu (Využitelná vodní kapacita půd VVK, VÚMOP, v.v.i., Praha 2007). Ke každému gridovému bodu se přisoudila

- $VVK \geq 200$ [$l.m^{-2}$]
- $150 \leq VVK \leq 199$ [$l.m^{-2}$]
- $110 \leq VVK \leq 149$ [$l.m^{-2}$]
- $80 \leq VVK \leq 109$ [$l.m^{-2}$]
- $79 \leq VVK$ [$l.m^{-2}$]

Vlastní výpočet modelem AVISO byl realizován v denním intervalu pro soubor příslušných gridových bodů na území České republiky a s rozlišením podle výše uvedených intervalů VVK ve třech modifikacích. Vedle průměrné hodnoty VVK z daného intervalu se braly v úvahu taktéž horní a dolní hranice intervalu. Tímto postupem byl zpřesněn interval či oblast, kde s vysokou pravděpodobností lze očekávat vypočítané hodnoty agrometeorologických prvků (v našem případě zásoby využitelné půdní vody) daného gridového bodu. Finální (závěrečné) denní hodnoty agrometeorologické prvků (aktuální deficit, zásoba využitelné půdní vody, ale i evaporace, evapotranspirace, bilanční prvky ve smyslu vláhových bilancí apod.), které byly předmětem dalšího vyhodnocování, pak vznikly zprůměrnováním všech tří údajů, vypočítaných modelem AVISO při aplikaci tří hodnot VVK.

Dalším problémem při zpracování se z hlediska vlhkosti půdy může jevit přechod mezi jednotlivými roky. Problém se týká jak

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:

- půdy s vysokou VVK;
- půdy s vyšší střední VVK;
- půdy se střední VVK;
- půdy s nižší střední VVK;
- půdy s nízkou VVK

operativního, tak i režimového způsobu zpracování. Pokud by model měl skutečně odrážet (reálné) vlhkostní poměry v rámci ČR na uvedených lokalitách a v jednotlivých letech, bylo by nutno výpočty počínaje 1.1. vždy zahájit s konkrétním obsahem půdní vody. Souběžné stanovení skutečné vlhkosti půdy k 1.1. na takovém množství výpočetních míst v operativním i režimovém provozu je naprosto nereálné a časově a technicky nemožné. Výpočetní postup je proto zjednodušen tím, že zahájení bilančních výpočtů u všech gridových bodů a ve všech letech je zahájeno s obsahem půdní vody na hranici polní vodní kapacity. Jak podrobnější analýzy ukázaly, u výpočetních míst středních a vyšších nadmořských výšek (cca nad 250 až 300 m n. m.) se obsah půdní vody na začátku roku v dlouhodobém měřítku příliš neliší od hodnoty polní vodní kapacity, resp. ve většině případů je roven alespoň 80 % VVK. Méně příznivá situace nastává v nížinných oblastech, kde v průběhu období 1961-2000 se vyskytují či mohou vyskytovat jednotlivé roky, kdy na začátku roku je VVK naplněna pouze z cca 50

až 60 %, případně i méně. Analýzy však prokázaly, že tento nedostatek se v průběhu jarního období v důsledku tání sněhové pokrývky a jarních dešťů postupně výrazně eliminuje.

Základním problémem pro bilancování půdní vody v jejím svrchním horizontu je určení

ztráty vody výparem (evaporací). Výchozím vztahem pro výpočet evapotranspirace travního porostu byla v předkládané práci úplná Penman-Monteithova kombinovaná rovnice s korekcí na teplotu vypařujícího povrchu a s vyjádřením vlhkosti vzduchu pomocí tlaku vodní páry ve tvaru:

$$\lambda * ET = \frac{\Delta * (R_{ne} - G) + \frac{\rho * c_p * (E_s - E) * \left(1 + \frac{4 * \varepsilon * \sigma * (273,16 + T_{scr})^3}{\rho * c_p}\right) * r_a}{\rho * c_p}}{\Delta + \gamma * \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right) * \left(1 + \frac{4 * \varepsilon * \sigma * (273,16 + T_{scr})^3}{\rho * c_p}\right) * r_a} \quad (1)$$

- kde: ET = intenzita evapotranspirace, tj. rychlost ztráty vody výparem [kg.m⁻².s⁻¹].
 λ = skupenské (latentní) teplo výparné [J.kg⁻¹], $\lambda = 2465000$ [J.kg⁻¹] neboli 2,465 [MJ.kg⁻¹]. V podstatě se nejedná přesně o konstantu, avšak malé změny λ lze vyjádřit jednoduchou rovnicí v závislosti na teplotě vzduchu. Do modelu nutno dosadit v jednotkách [J.kg⁻¹].
 Δ = sklon křivky napětí vodních par při dané teplotě vzduchu, tj. derivace závislosti mezi měrnou vlhkostí vzduchu nasyceného vodními parami a teplotou vzduchu [hPa.°C⁻¹, mb.°C⁻¹].
 R_{ne} = radiační bilance na povrchu [W.m⁻²]. Položíme-li výchozí předpoklad shodnosti teploty vzduchu měřené na standardní úrovni 2 m a teploty vypařujícího povrchu, potom platí $R_n = R_{ne}$.
 G = tok tepla v půdě [W.m⁻²].
 ρ = hustota vzduchu [kg.m⁻³].
 c_p = měrné (specifické) teplo vzduchu při konstantním tlaku vzduchu a konstantní teplotě vzduchu 273,16 K [J.kg⁻¹.K⁻¹], $c_p = 1004,6$ [J.kg⁻¹.K⁻¹].
 E_s = tlak nasycené vodní páry při teplotě vzduchu měřené ve standardní výšce 2 m [hPa, mb].
 E = aktuální tlak vodní páry při teplotě vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu měřené ve standardní výšce 2 m [hPa, mb].
 ε = koeficient emisivity (vyzařování) vypařujícího povrchu [-], $\varepsilon = 0,95$ [-].
 σ = Stefan-Boltzmannova konstanta [W.m⁻².K⁻⁴], $\sigma = 5,675.10^{-8}$ [W.m⁻².K⁻⁴].
 T_{scr} = teplota vzduchu měřená ve standardní výšce 2 m [°C].
 r_a = aerodynamická rezistence (odpor) plodiny [s.m⁻¹].
 r_s = celková povrchová rezistence (odpor) plodiny a půdy [s.m⁻¹].
 γ = psychrometrická konstanta, $\gamma = 0,66$ pro teplotu vzduchu ve °C a tlak vodní páry v hPa nebo mb.

Vztah (1) je použit i v anglickém modelu MORECS. Do výpočetního postupu modelu AVISO bylo začleněno několik modifikací, které víceméně vycházejí z konkrétních podmínek řešení v rámci území ČR.

Z hlediska fyzikálního je velmi důležité, jakou metodu model používá pro výpočet aktuálního 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 prokořnění. 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 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 je podle půdních druhů buď nastavena na konstantní hodnoty 70 mm, 120 mm a 170 mm na 1 m půdního profilu, nebo je přesněji specifikována odečtem z hydropedologických map (toto je náš příklad zpracování gridových bodů) nebo na základě speciálních hydropedologických průzkumů, což je mnohdy v praxi velmi obtížně realizovatelné. 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 půdní vody, 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 (evaporací) přičte k deficitu půdní vody z minulého dne, získá se současný (aktuální) deficit půdní vody, resp. deficit půdní vody aktuálního dne. Dalším jednoduchým přepočtem lze stanovit zásobu půdní vody 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 PVK. 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.

3. Dosažené výsledky

Model AVISO byl použit pro kompletní zpracování agrometeorologických charakteristik za období 1961-2000, a to na základě denních údajů technických řad 789 gridových bodů na území České republiky v pravidelné 10 km síti. Půdní podmínky (zvláště VVK v místě gridových bodů) byly plošně upřesněny podle materiálů VÚMOPu. Podle výše uvedených podmínek řešení byl pro každý den v letech 1961-2000 a pro každý gridový bod vypočítán aktuální deficit půdní vody, tj. nedostatkové množství půdní vody vzhledem ke konkrétní PVK, a zásoba využitelné půdní vody v mm a v % VVK za předpokladu konkrétně zpřesněné VVK. Pomocí takto získaných údajů byly pro každý den v roce určeny dlouhodobé hodnoty půdně-vlhkostních charakteristik.

V předkládaném příspěvku jsme se soustředili na prezentaci části dosažených výsledků ve formě zásoby využitelné půdní vody v % VVK na území České republiky podle vertikálního měřítka po 100 m. Tab. 1 podává přehled o výškovém rozmístění gridových bodů..

Při výběru intervalů byl největší důraz kladen na pokud možno rovnoměrné rozmístění gridových bodů vzájemně mezi intervaly a v rámci určitého výškového pásma. Vypočítané průměrné nadmořské výšky ve všech intervalech vyjma okrajových jsou rovny nebo se velmi blíží střední hodnotě, navíc četnost v rozmezí nadmořských výšek 200,00 až 599,99 m n. m. je až na jediný případ srovnatelná. To vše lze považovat za nepřímý důkaz správnosti volby zvolených intervalů.

Tab. 1 Vertikální rozmístění gridových bodů v pravidelné 10 km síti na území ČR

Výškové pásmo	Počet grid. bodů	Nadmořská výška [m n. m.]				
		průměrná	nejnižší	gridový bod	nejvyšší	gridový bod
<200,00 m n. m.	30	183,11	158,20	8348	199,28	8052
200,00-299,99 m n. m.	137	250,59	200,12	8931	299,76	8789
300,00-399,99 m n. m.	149	349,43	301,20	8482	397,69	6877
400,00-499,99 m n. m.	220	453,70	400,21	7478	499,85	7307
500,00-599,99 m n. m.	134	550,48	500,53	6062	599,09	6707
600,00-699,99 m n. m.	62	638,96	601,53	5972	697,29	8944
700,00-799,99 m n. m.	28	750,60	703,65	5676	791,29	8215
>=800,00 m n. m.	29	898,44	800,57	6263	1124,18	6263

Následující tab. 2 podává informace o ploše a počtu gridových bodů v jednotlivých vertikálních pásmech včetně jejich procentuálního zastoupení, a to navíc s ohledem na rozdělení půd podle využitelné vodní kapacity.

Vlastní modelové zpracování problematiky dlouhodobých zásob využitelné půdní vody jsme provedli ve dvou etapách:

- A. Zpracování podle vertikálního rozlišení po 100 metrech v rámci České republiky pro kompletní soubor 789 gridových bodů. Brali jsme v úvahu vybrané dny (začátek a konec vegetačního období, začátek a konec léta, konec kalendářního roku), k nimž jsme vyjádřili vlhkostní stav půdy, a vybraná období (léto, vegetační období), za která jsme charakterizovali změnu zásoby využitelné půdní vody. Výsledky jsou shrnuty v tab. 3 a graficky znázorněny na obr. 1 a obr. 2. Celkové zhodnocení vždy vycházelo z průměrných hodnot, které jsme určili ze všech gridových bodů, ležících v daném vertikálním pásmu.
- B. Plošná mapová zpracování pro vybrané dny v roce a pro celé území České republiky znázorňují dlouhodobý stav zásoby využitelné půdní vody (a současně dlouhodobý stav aktuálního deficitu včetně procentuálního podílu půdní vody na hydrolimitu VVK). Vybranými dny jsou začátek a konec vegetačního období (1.4. a 30.9.),

začátek a konec léta (1.6. a 31.8.) a konec kalendářního roku (31.12.).

Obdobími jsme zvolili vegetační období (1.4.-30.9.) a léto (1.6.-31.8.), které z hlediska případného nedostatku srážek mají největší význam. Změny dlouhodobých zásob využitelné půdní vody jsme určili jako rozdíl mezi stavem na konci a na začátku příslušného období. Takto získané údaje v mm mohou být kladné (zlepšení vlhkostní situace na konci období) nebo záporné (zhoršení vlhkostní situace na konci období), vybraná období jsou v tab. 3 uvedena v posledních sloupcích.

Průměry v tab. 3 představují vždy k danému dni průměrnou hodnotu vypočítanou z gridových bodů, ležících v příslušném vertikálním pásmu. Naopak maxima a minima představují mezní hodnoty, které se k danému dni vyskytly v některém z gridových bodů, ležících v příslušném vertikálním pásmu.

Názornou představu o plošném rozložení dlouhodobých zásob využitelné půdní vody v % VVK podávají vybrané mapy. Zvolili jsme mapová znázornění vlhkostní situace ke konci kalendářního roku a dále pak na začátku a na konci vegetačního období (1.4. a 30.9.) a léta (1.6. a 31.8.).

Tab. 2 Výšková pásma na území ČR s rozmístěním gridů a rozdělením půd podle využitelné vodní kapacity (plocha je uvedena v km²)

Výškové pásmo		Česká rep.	Využitelná vodní kapacita v půdě [mm]				
			79≤	80-109	110-149	150-199	≥200
< 200,00 m n. m.	plocha	4124,6	984,5	458,7	348,1	44,1	2289,2
	% z vertikálního pásma	5,2	23,9	11,1	8,4	1,1	55,5
	Σ gridy	30	10	4	2	0	14
200,00 – 299,99 m n. m.	plocha	15992,0	2464,4	1792,7	1792,7	1249,0	8691,7
	% z vertikálního pásma	20,3	15,4	11,2	11,2	7,8	54,4
	Σ gridy	137	16	7	10	6	98
300,00 – 399,99 m n. m.	Plocha	14108,0	2569,1	3347,8	3507,2	1413,6	3270,2
	% z vertikálního pásma	17,9	18,2	23,7	24,9	10,0	23,2
	Σ gridy	149	21	26	40	25	37
400,00 – 499,99 m n. m.	plocha	19363,0	3952,0	7383,1	5199,0	1886,0	943,0
	% z vertikálního pásma	24,5	20,4	38,1	26,9	9,7	4,9
	Σ gridy	220	41	90	66	14	9
500,00 – 599,99 m n. m.	plocha	12931,0	2820,3	6861,2	2543,5	647,8	58,2
	% z vertikálního pásma	16,4	21,8	53,1	19,7	5,0	0,5
	Σ gridy	134	30	68	28	7	1
600,00 – 699,99 m n. m.	plocha	6445,3	1416,7	3530,7	1133,1	361,6	3,2
	% z vertikálního pásma	8,2	22,0	54,8	17,6	5,6	0,1
	Σ gridy	62	11	38	10	3	0
700,00 – 799,99 m n. m.	plocha	2807,1	833,4	1266,3	492,9	214,5	0,0
	% z vertikálního pásma	3,6	29,7	45,1	17,6	7,6	0,0
	Σ gridy	28	10	14	3	1	0
≥ 800,00 m n. m.	plocha	3107,2	972,2	1761,5	257,9	115,6	0,0
	% z vertikálního pásma	3,9	31,3	56,7	8,3	3,7	0,0
	Σ gridy	29	11	17	1	0	0
	% z vertikálního pásma	3,7	37,9	58,6	3,4	0,0	0,0

4. Závěr

V předkládaném příspěvku je z dlouhodobého horizontu let 1961-2000 analyzována zásoba využitelné půdní vody na území České republiky. Zhodnocení bylo provedeno na základě modelově vypočítaných dlouhodobých hodnot zásoby využitelné půdní vody vyjádřených jako % VVK daného půdního druhu. Vstupními údaji byla denní data základních meteorologických prvků ve formě technických řad gridových bodů sítě 10 x 10 km. Proti předcházejícím obdobným hodnocením byly podle materiálů VÚMOPu upřesněny údaje o vybraných hydrolimitech (VVK) v širším okolí gridových bodů. Komplexní hodnocení bylo realizováno modelem AVISO. Nejdůležitější závěry jsou prezentovány ve formě tabulek, grafů a map.

Ze získaných výsledků lze vynést tyto závěry:

- Dlouhodobé vysoké zásoby využitelné půdní vody a nejmenší rozdíly v dlouhodobých vlhkostních poměrech vyjádřené v % VVK jsou mezi jednotlivými výškovými pásmy na začátku vegetačního období (1.4.), což je obecně způsobeno výraznou převahou srážek nad evapotranspirací a jejich malou proměnlivostí při srovnání s vegetačním obdobím. Hodnoty se pohybují nad hranicí 90 % VVK (92,8 % VVK pro celé území České republiky, v nejnižším pásmu do 200 m n.m. je to však pouze 84,7 % VVK), dlouhodobý aktuální deficit je ve všech případech nejvyšší.
- Nejnižší dlouhodobé zásoby využitelné půdní vody (a tedy nejvyšší dlouhodobé

- aktuální deficity půdní vody) se ve všech vertikálních pásmech vyskytují koncem léta (31.8.), resp. koncem vegetačního období (30.9.). Na celém území České republiky klesají pod hranici 80 % VVK (mnohdy výrazně), přičemž je znatelný rozdíl mezi jednotlivými oblastmi v závislosti na jejich nadmořských výškách: pro nejnižší polohy do cca 300 m n. m. jsou charakteristické dlouhodobé hodnoty pod 45 % VVK, pro střední polohy do 600 m n. m. jsou typické dlouhodobé hodnoty do 60 % VVK, naopak nejvyšší partie republiky mají hodnoty až do 80 % VVK. Jak ovšem vyplývá z tab. 3, vlhkost půdy i v rámci daného vertikálního pásma je výrazně variabilní. Negativní vliv na vlhkostní režim půd mají vysoké úhrny evapotranspirace (aktuální hodnoty mohou přesahovat hranici 6 mm/den) v létě či ve druhé polovině vegetačního období, které v naprosté většině případů převyšují srážkové úhrny.
- S růstem nadmořské výšky obecně na území České republiky dochází v dlouhodobých podmínkách k nadlepšování vlhkostní situace, tj. ke snižování aktuálního deficitu a tím zvyšování zásoby využitelné vody v půdě.
 - Konec roku se oproti konci vegetačního období vyznačuje výrazným nadlepšením dlouhodobé vlhkostní situace. Ve středních a zvláště vyšších polohách se v dlouhodobém měřítku zásoba půdní vody může na některých místech přibližovat až k hodnotám plní vodní kapacity.
 - Analyzujeme-li konkrétní změny dlouhodobých průměrných půdních vlhkostních podmínek v rámci léta, resp. vegetačního období, nejméně příznivá situace (nejvýraznější prohloubení nedostatku využitelné půdní vody) nastává v obou nejnižších vertikálních pásmech do 300 m n. m. (-17,5 mm a -20,6 mm, resp. -55,4 mm a -49,2 mm), naopak nejpříznivější situace (nejmenší pokles obsahu půdní využitelné vody) v nejvyšším vertikálním pásmu nad 800 m n. m. (-3,2 mm, resp. -19,2 mm). Dlouhodobá průměrná hodnota pro Českou republiku jako celek činí -13,5 mm (pokles během léta) a -40,1 mm (pokles během vegetačního období).
 - Základním rysem pro léto i vegetační období je z dlouhodobého hlediska pokles zásoby využitelné půdní vody ve všech vertikálních profilech, tedy i ve vyšších nadmořských výškách. Musíme ovšem mít na zřeteli skutečnost, že hodnocení proběhlo na základě zprůměrování hodnot všech gridových bodů, ležících v daném výškovém pásmu.
 - Konec kalendářního roku se oproti konci vegetačního období vyznačuje nadlepšením dlouhodobé vlhkostní situace v celém vertikálním profilu. V nadmořských výškách nad cca 500 m n. m. se v dlouhodobých podmínkách blíží 100 % VVK, naopak horší vlhkostní situace je v nížinných a částečně středních polohách.

Literatura

- BECKER, A., SEVRUK, B., LAPIN, M. (ed.): Evaporation, Water Balance and Deposition. Slovak Hydrometeorological Institute Bratislava, Swiss Federal Institute of Technology, Department of Geography Zürich, IGBP / BAHC Core Project Office, Free University of Berlin, 360 p., Bratislava 1993.
- BRUTSAERT, W.: Evaporation into the Atmosphere. D. Reidel Publishing Company, 269 p., Dordrecht 1982.
- KOTT, I.: Soil Water Balance on the Territory of the Czech Republic in the years 1974-1990 (in Czech). Sborník prací ČHMÚ, 42, 125 p., Praha 1992.
- HOUGH, M., JONES, R. J.: The United Kingdom Meteorological Office rainfall and evaporation calculation system: MORECS version 2.0 - an overview. Hydrology and Earth System Sciences, 1997, 1(2), p. 227-239.
- HOUGH, M., PALMER, S., WEIR, A., LEE, M., BARRIE, I.: The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS version 2.0. Meteorological Office Bracknell, Meteorological Office Wolverhampton, Bracknell 1997, 82 p.
- JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., ALLEN, R. G.: Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, New York 1990, 333 p.
- MATEJKA, F., HUZULÁK, J.: Analysis of the Plant Cover Microclimate (in Slovak). Veda, 232 p., Bratislava 1987.

NOVÁK, V.: Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. VEDA, Slovenská akadémia ved, Bratislava 1995, 256 s.

PAL ARYA, S.: Introduction to Micrometeorology. Academic Press, 2nd Edition, London 2001, 421 p.

ROŽNOVSKÝ, J., KOHUT, M.: The Course of Potential Evapotranspiration in the Vegetation Season of the year 2000. Contributions to Geophysics and Geodesy, Vol. 31, No.2, pp. 483-493. ISSN 1335-2806.

ROŽNOVSKÝ, J., KOHUT, M.: Drought 2003 and Potential Moisture Balance. Contributions to Geophysics and Geodesy. 2004, Vol. 34, No. 2, pp. 195-208. ISSN 1335-2806.

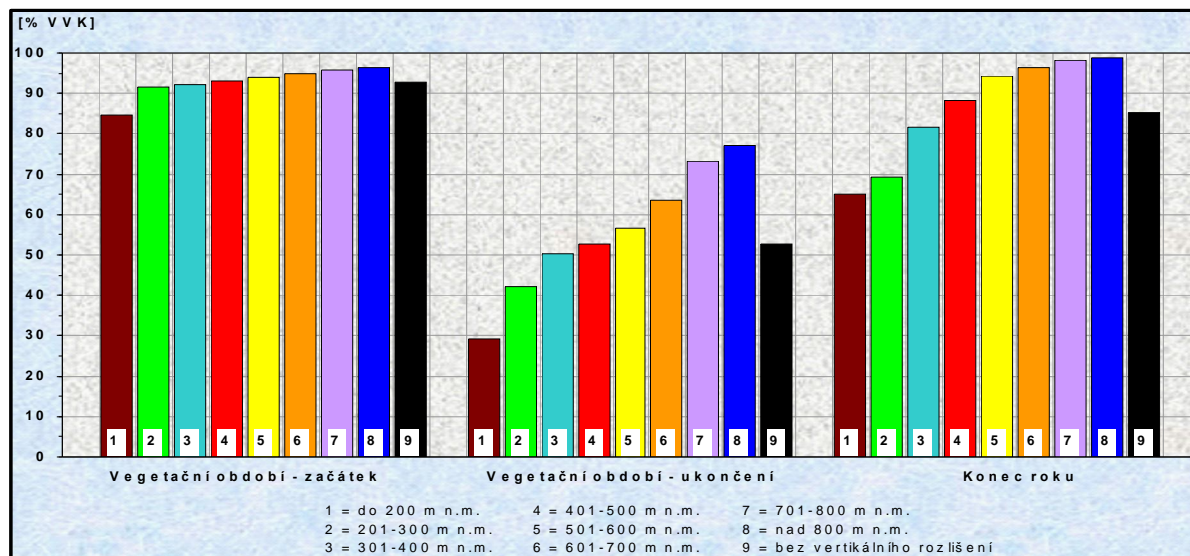
ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., SKALÁK, P. (2009): Data quality control and homogenization of the air temperature and precipitation series in the Czech Republic in the period 1961-2007. Advance Science Research., 3, s. 23–26.

THOMPSON, N., BARRIE, I. A., AYLES, M.: The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS. Hydrological Memorandum, Bracknell 1981, No. 45, 71 p.

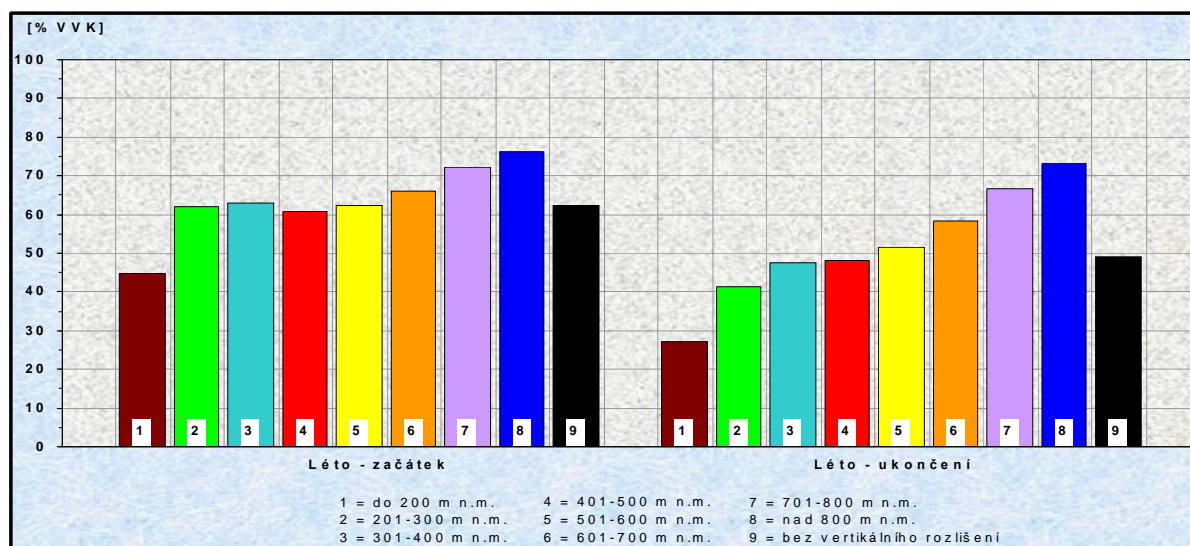
WINKLER, L.: Některé modely dynamiky vody v systému půda - rostlina - atmosféra a jejich využití v praxi. Kandidátská dizertační práce, Výzkumný ústav ekoagrotechniky, Hrušovany u Brna 1991, 82 s.

Tab. 3 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody, resp. změna dlouhodobé zásoby využitelné půdní vody [%VVK, 1961-2000] podle výškových pásem na území ČR a s přihlédnutím k základním hydrolimitům pro vybrané dny, resp. vybraná období v roce

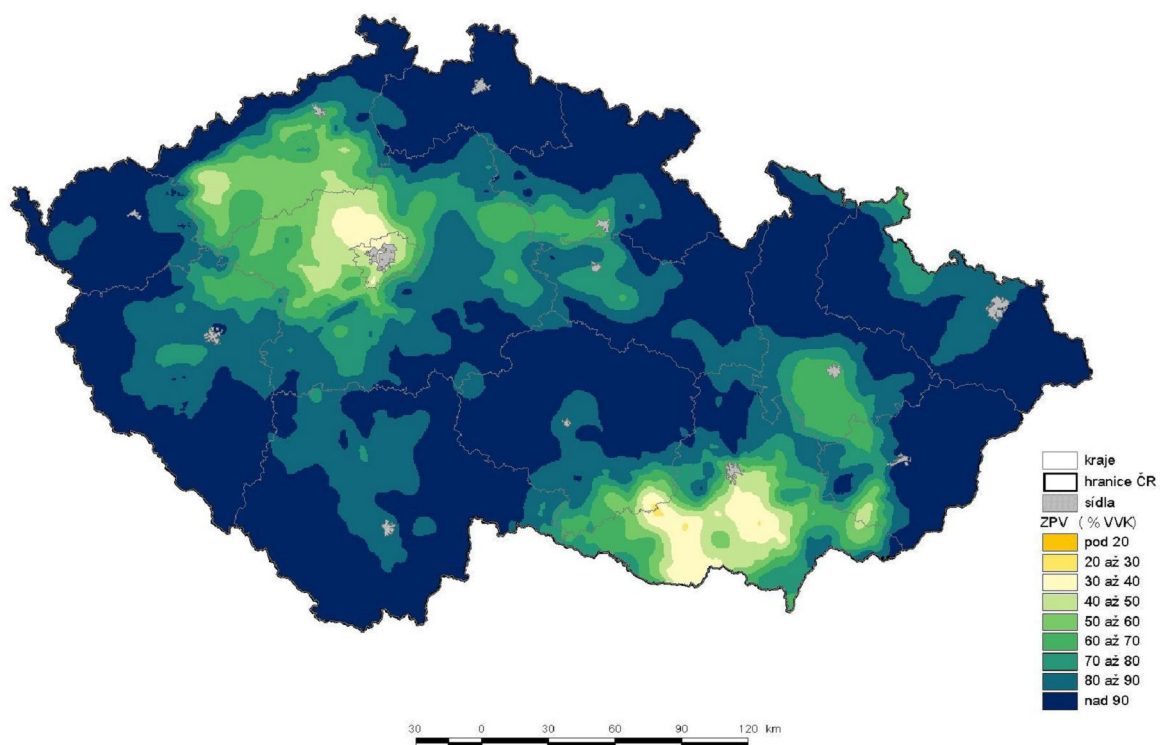
Nadmořská výška [m n. m.] / charakteristika	1.4. začátek veg. obd.	30.9. konec veg. obd.	31.12. konec roku	1.6. začátek léta	31.8. konec léta	VEGET. OBDOBÍ 1.4.-30.9.	LETNÍ OBDOBÍ 1.6.-31.8.
< 200,00 <i>prům</i>	84,7	29,3	65,0	44,6	27,1	-55,4	-17,5
	<i>max</i>	94,8	48,1	87,8	72,3	48,5	-
	<i>min</i>	70,0	16,0	37,9	19,1	15,2	-
200,00-299,99 <i>prům</i>	91,5	42,3	69,4	61,9	41,3	-49,2	-20,6
	<i>max</i>	96,6	75,5	97,5	83,0	73,2	-
	<i>min</i>	67,2	12,8	31,1	13,8	13,3	-
300,00-399,99 <i>prům</i>	92,2	50,2	81,6	63,1	47,6	-42,0	-15,5
	<i>max</i>	97,2	84,9	99,2	86,2	81,9	-
	<i>min</i>	72,2	13,5	30,8	20,9	14,4	-
400,00-499,99 <i>prům</i>	93,1	52,8	88,3	60,9	48,3	-40,3	-12,6
	<i>max</i>	97,7	89,1	99,7	88,0	86,6	-
	<i>min</i>	84,7	20,7	48,8	30,2	17,9	-
500,00-599,99 <i>prům</i>	94,1	56,5	94,2	62,2	51,5	-37,6	-10,7
	<i>max</i>	97,5	87,3	99,7	87,0	83,6	-
	<i>min</i>	88,5	30,3	82,7	37,0	28,4	-
600,00-699,99 <i>prům</i>	94,9	63,5	96,4	66,1	58,2	-31,4	-7,9
	<i>max</i>	97,3	88,4	99,7	84,7	85,7	-
	<i>min</i>	91,3	42,1	78,9	44,0	35,8	-
700,00-799,99 <i>prům</i>	95,9	73,1	98,2	72,3	66,6	-22,8	-5,7
	<i>max</i>	97,8	85,3	99,7	84,0	79,2	-
	<i>min</i>	92,5	44,1	85,6	55,7	38,2	-
≥ 800,00 <i>prům</i>	96,3	77,1	98,7	76,2	73,0	-19,2	-3,2
	<i>max</i>	98,3	87,7	99,6	87,6	84,5	-
	<i>min</i>	92,8	56,3	97,2	57,2	48,6	-
Česká republika <i>prům</i>	92,8	52,7	85,3	62,5	49,0	-40,1	-13,5
	<i>max</i>	98,3	89,1	99,7	88,0	86,6	-
	<i>min</i>	67,2	12,8	30,8	13,8	13,3	-



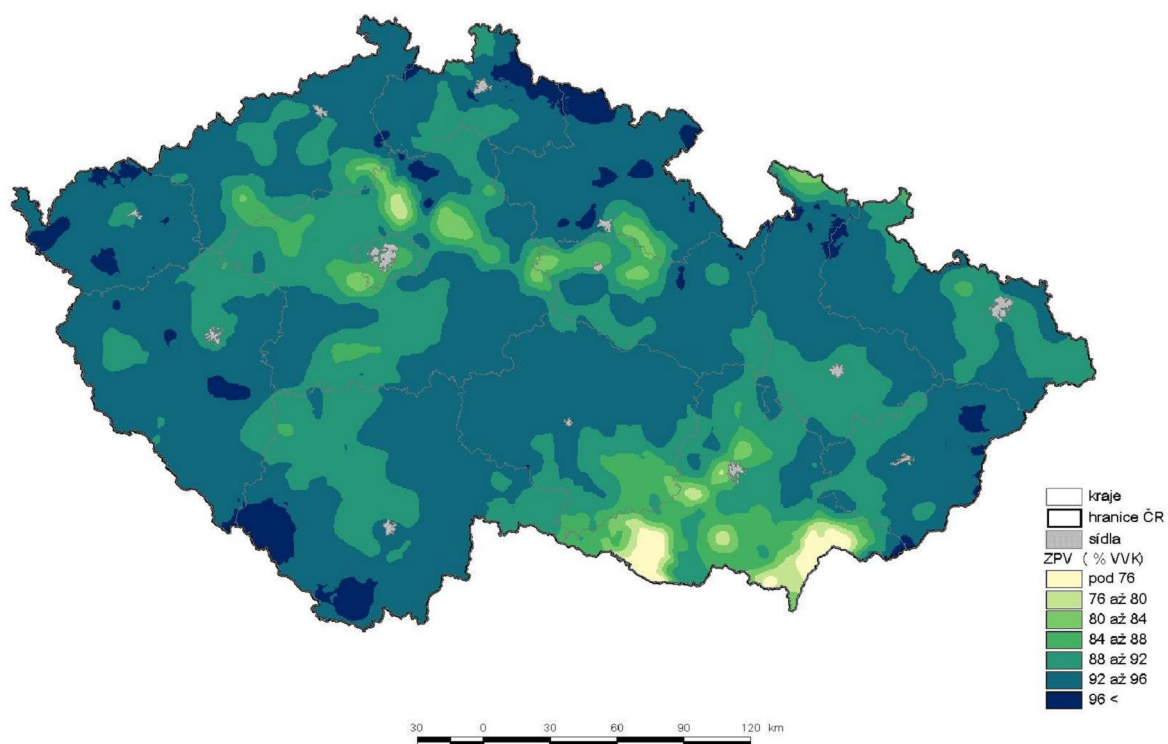
Obr. 1 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody [%VVK, 1961-2000] na začátku a konci vegetačního období a na konci roku ve vertikálním profilu na území ČR



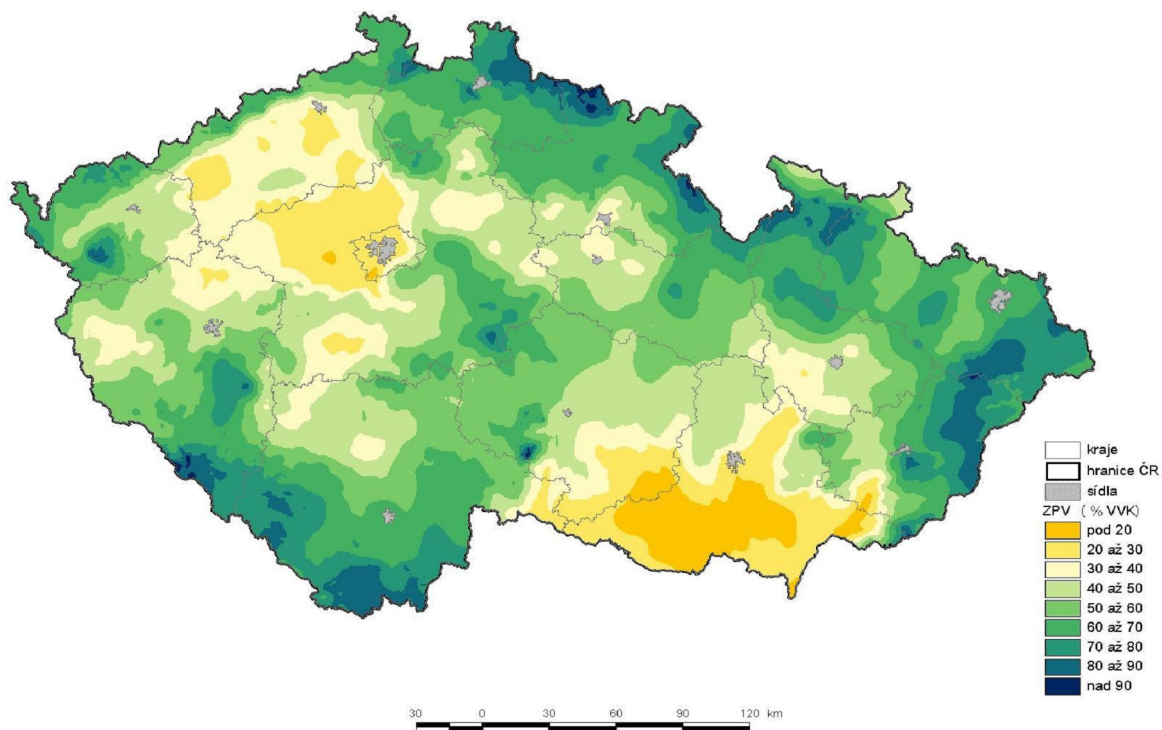
Obr. 2 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody [%VVK, 1961-2000] na začátku a konci léta ve vertikálním profilu na území ČR



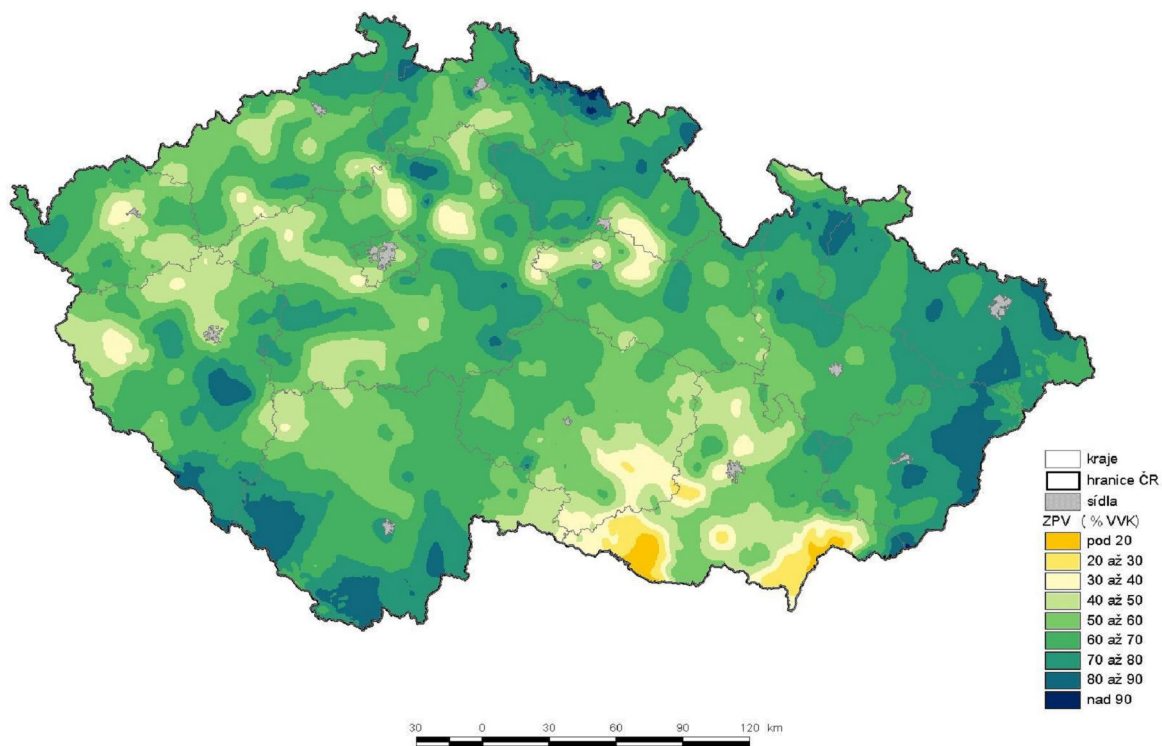
Obr. 3 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody v % VVK (1961-2000) pod travním porostem, stav na konci kalendářního roku k 31.12.



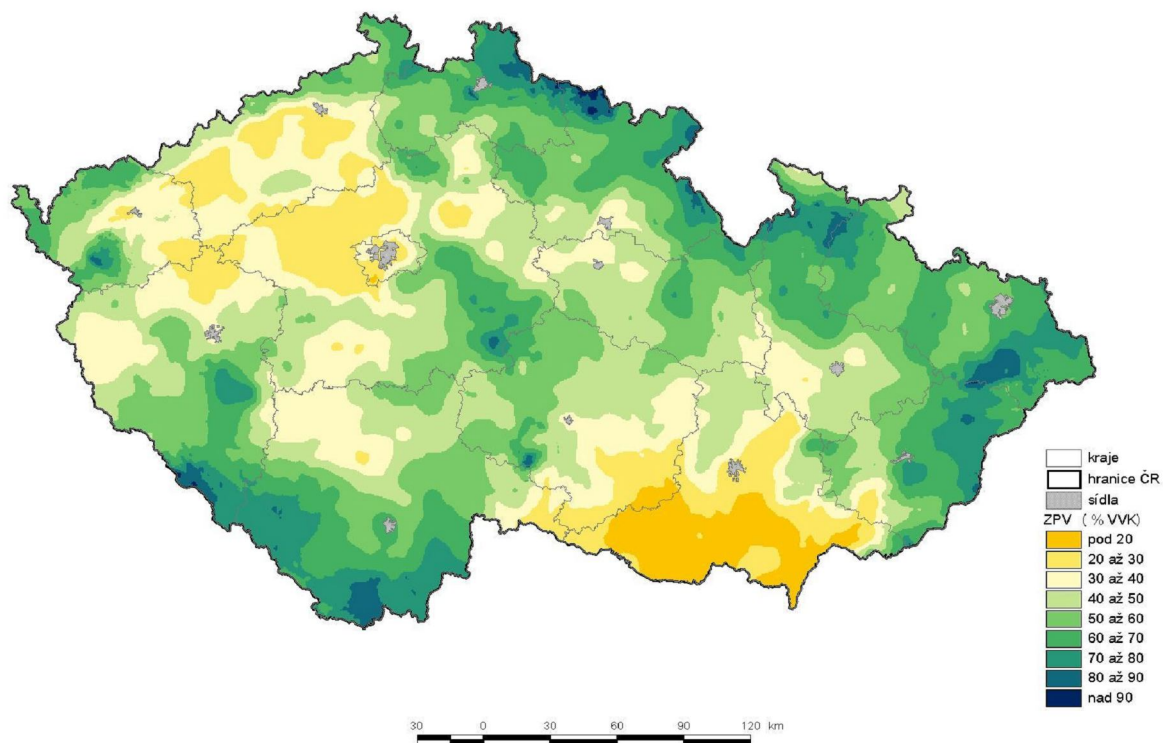
Obr. 4 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody v % VVK (1961-2000) pod travním porostem, stav na začátku vegetačního období k 1.4.



Obr. 5 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody v % VVK (1961-2000) pod travním porostem, stav na konci vegetačního období k 30.9.



Obr. 6 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody v % VVK (1961-2000) pod travním porostem, stav na začátku léta k 1.6.



Obr. 7 Dlouhodobá zásoba využitelné půdní vody v % VVK (1961-2000) pod travním porostem, stav na konci léta k 31.8..

Poděkování

Příspěvek vychází z výsledků projektu QH92030 (NAZV) „Hodnocení půd z hlediska jejich produkčních a mimoprodukčních funkcí s dopady na plošnou a kvalitativní ochranu půd České republiky“, 9927