

# SUCHO – PROBLÉM SOUČASNOSTI I BUDOUCNOSTI

## DROUGHT – PRESENT AND FUTURE METEOROLOGICAL HAZARD

Zdeněk Žalud, Miroslav Trnka, Pavel Kapler, Daniela Semerádová, Martin Dubrovský<sup>1)</sup>

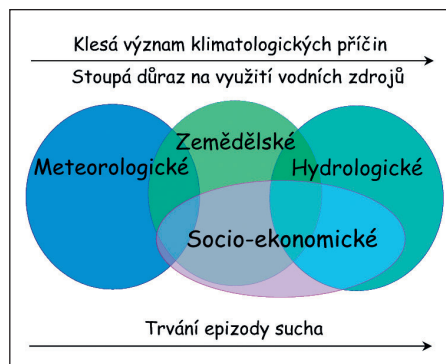
Ústav agrosystémů a bioklimatologie (217), Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: mirek\_trnka@yahoo.com

<sup>1)</sup> Ústav Fyziky Atmosféry AV ČR, Husova 456, 500 08 Hradec Králové

*Drought belongs to the climate extremes, which influences many branches of human activities. Selected methods of drought description and their application are overviewed in this contribution. Palmer drought severity index (PDSI) and Palmer Z-index have been modified to construct spatial drought climatology for individual regions (e.g. whole territory of Czech Republic). Newhall model has been used for estimation of the soil moisture regime. Based on plausible climate change scenarios, possible projections of future drought and soil moisture regime development are presented.*

### Meteorologické extrémy

Pěstování jakékoli polní plodiny je mj. závislé na půdních a meteorologických či z dlouhodobého pohledu klimatických podmínkách dané lokality. Zatímco půda je relativně stabilní složkou celého systému a změny, kterými prochází, mohou být kompenzovány produkčními opatřeními pěstitelů, jsou nenadálé situace vycházející z dějů odehrávajících se v atmosféře podstatně častější. Extrémy počasí se většinou vyznačují časovou i prostorovou nepředvídatelností, mimořádnou intenzitou a důsledky, které mohou v některých případech ve velmi krátké době zhatit např. očekávanou sklizeň, což se bezprostředně projeví v ekonomice prvovýrobců a následně i zpracovatelského průmyslu. Výskyt meteorologických extrémů je přirozeným důsledkem složitých, především fyzikálních, ale i chemických procesů odehrávajících se v atmosféře, a ony samotné jsou přirozenou součástí její variability. Pod slovním spojením „meteorologický extrém“ si nejčastěji vybavíme povodně, ať již vyvolané extrémními úhrny srážek lokálního charakteru (lijáky, průtrže mračen), vydatnými trvalými srážkami či rychle tajícím sněhem. Mezi další velmi dobře známé extrémní jevy patří ničivé vichřice, vlny veder či naopak velmi silné mrazy. Důsledky uvedených meteorologických extrémů mají společnou vlastnost, a to možnost jejich velmi snadné a efektní medializace. Ano, škody na majetku, často i na lidských životech, dramatické záběry na kulturní krajinu poznamenanou „rukou přírody“ v podobě poškozených domů a poničených cest, doplněné rozhovory s postiženými osobami, jsou velmi vděčnou a neodmyslitelnou součástí zpravodajství na celém světě. Do formování krajiny, a v konečném důsledku samotných pěstitelských technologií, zasahuje ovšem i další meteorologický extrém, který přímo neohrožuje životy ani nepoškozuje stavby a majetky, a kterému se pozornosti dostává mnohdy až mnoho týdnů po jeho nástupu. Hovoříme o suchu. Právě postupný, zpočátku nenápadný nástup sucha společně s jeho obtížným časovým a prostorovým vymezením z něj činí extrémní jev, jehož studium i prostý popis je značně komplikovaný, a často i diskutabilní. Vzhledem k tomu, že se doposud nepodařilo odvodit obecně přijatelnou a různými disciplínami použitelnou definici sucha, obvykle hovoříme o čtyřech různých typech podle dominujících projevů: **meteorologické, zemědělské, hydrologické a socioekonomické** [1], mezi nimiž však existuje zřejmá časová posloupnost. Meteorologické sucho, které lze charakterizovat jako zápornou odchylku srážek od normálu během určitého časového období, podmiňuje vznik sucha zemědělského, hydrologického, případně i socioekonomického (obr. 1). Jeho primární příčinou je v podmínkách České republiky deficit srážek, který se obvykle akumuluje během poměrně dlouhého období (řádově týdny až měsíce).



Obr. 1 Vzájemný vztah mezi čtyřmi základními typy sucha. Zdroj: National Drought Mitigation Center, Lincoln

Potřeba výzkumu sucha z pohledu jeho kvantifikace, dopadů a následné adaptace pěstitelských technologií a používaných odrůd v oblasti rostlinné výroby vzrůstá v souvislosti se změnou klimatu. V jejím důsledku očekávané zvýšení teploty a nižší hodnoty relativní vlhkosti podpoří zejména složky výparu, což povede ke zvýšení trvání, četnosti i prohloubení intenzity suchých period a k nárůstu ekonomických škod.

V následujícím příspěvku se pokusíme popsat klimatologii sucha v současných klimatických podmínkách a předestřít rizika související s očekávanou změnou klimatických podmínek v oblasti střední Evropy. Zaměříme se zejména na popis sucha meteorologického a zemědělského, nejen s ohledem na jeho relativně snadné stanovení, ale také proto, že jsou předpokladem objevení dalších projevů sucha. Pro jejich kvantifikaci lze využít řadu různých charakteristik (viz např. [1]), z nichž byly pro popis časových a prostorových změn zvoleny následující: **Palmerův index intenzity sucha, Palmerův Z index a Newhallův model**.

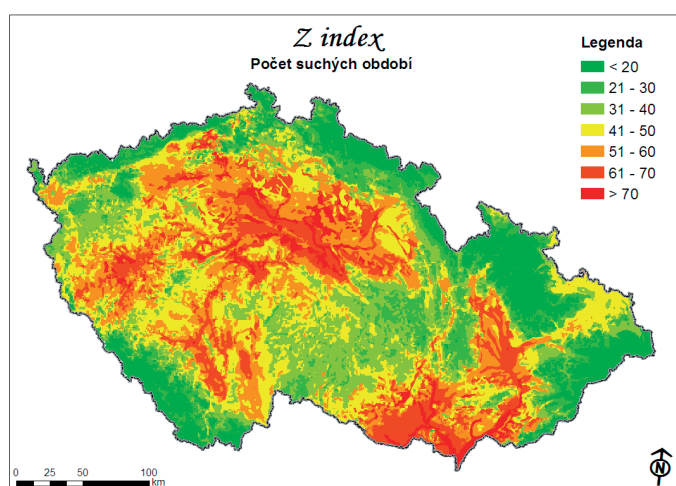
### Metodika popisu sucha

Metodika použitá v této souhrnné studii byla poprvé použita a popsána v Atlase podnebí ČR [2], a dále v Atlase extrémních jevů na Moravě a ve Slezsku [3]. Z tohoto důvodu bude na tomto místě dokumentována ve stručnější podobě.

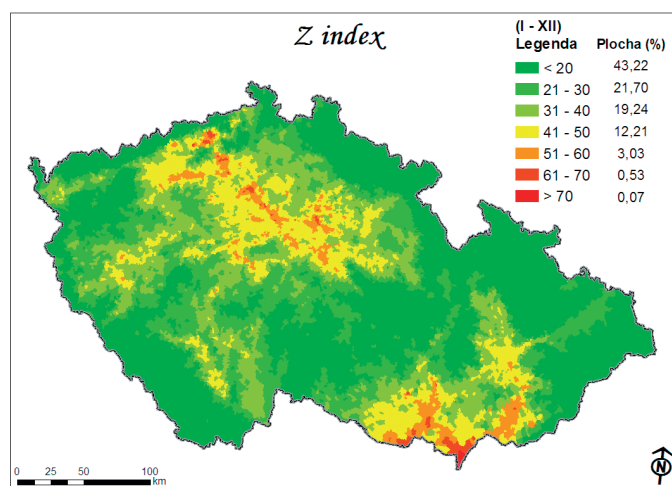
**Palmerovy indexy intenzity sucha** [4, 5] byly vyvinuty ve druhé polovině 60. let a kombinují vliv teploty a srážek pro sledování sucha. Postupně se jejich použití rozšířilo do hydrologie, lesního hospodářství, ekonomie a zemědělství, kde jsou používány dodnes. V našem případě byly jako nejvhodnější indikátory zvoleny **Palmerův index intenzity sucha (PDSI)** a **Palmerův Z-index**. Jejich výpočet vychází z vodní bilance studovaného území, která zahrnuje úhrn srážek za sledované období (typicky 1 měsíc), aktuální obsah vody v půdě a výdejemovou evapotranspirační složku vypočtenou pomocí Thornthwaitovy metody [6]. Palmer vyšel z předpokladu, že půdní profil je možné redukovat na dvě vrstvy, tj. svrchní orniční a spodní vrstvu kořenovou. Dokud není orniční vrstva plně nasycena vodou, nedochází k její perkolaci do vrstvy spodní. Povrchový odtok je do výpočtu indexu zahrnut až v okamžiku, kdy jsou obě půdní vrstvy nasyceny nad hodnotu maximální retenční kapacity a zároveň je pokryt výdej vody evapotranspirací v příslušném měsíci. Hodnota retenční kapacity půdního profilu tak představuje významný vstupní parametr, který bylo nezbytné stanovit pro sledované území (v našem případě ČR). Vzhledem k tomu, že tyto údaje nejsou z jiných dosavadních studií k dispozici, byla maximální retenční schopnost stanovena pro 25 základních půdních typů s využitím databáze 1071 výběrových sond Komplexního průzkumu půd. Každému půdnímu polygonu na digitální mapě půdních typů ČR 1:1 000 000 byla následně přiřazena příslušná hodnota retenční kapacity, která vstupovala do jednotlivých výpočtů.

Na základě klimatologické analýzy zkoumané lokality/území zavedl Palmer pojem „klimatologického optima (KO) pro dané podmínky“, který umožňuje odvodit bezrozměrnou hodnotu indexu a porovnávat ji s údaji z jiných stanic či období. Stanovení obou indexů začíná odvozením složek vodní bilance a v konečné fázi je rozdíl mezi skutečnými srážkami a hodnotou KO převeden na **bezrozměrné číslo** označované jako **Z-index**. Jde tedy o odchylku srážek od KO v konkrétním měsíci bez ohledu na stav vodní bilance v předcházejícím období. **Výpočet PDSI vychází z hodnoty Z-indexu v daném měsíci, ale navíc zohledňuje i jeho hodnoty v období předešlém** [1]. Délka tohoto období není nikde ve výpočtu PDSI implicitně definována. Z-index a PDSI nabývají kladných hodnot v případě srážkově nadnormálních měsíců a hodnot záporných v měsících srážkově podnormálních.

Pokud naměřené teploty vzduchu a srážky



Mapa 1a) Počet suchých epizod v období leden-prosinec během let 1961–2000; suchá epizoda definována jako souvislé období počínající poklesem hodnoty Z-indexu pod hodnotu „–2“ a končící v měsíci, kdy hodnota Z-indexu překročí „–1“ (tj. nabývá „normálních“ hodnot). Mapa je vyhotovena pro úroveň gridu 1x1 km (příklad interpretace pro světle žlutou kategorii 31–40: za sledované období = 40 let se vyskytlo na území vybarveném světle žlutě 31–40 samostatných, nepřerušovaných epizod sucha, kdy hodnota Z-indexu byla pod –1 a alespoň jednou v průběhu epizody menší než –2,0).



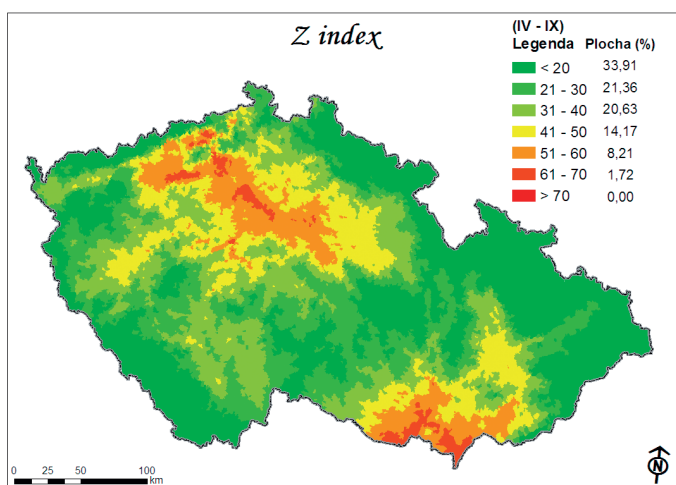
Mapa 1b) Procento měsíců s výskytem suché epizody v období leden-prosinec během let 1961–2000; Mapa je integrována na úrovni katastrálních území a současně je vymezena plocha zasaženého území (příklad interpretace pro žlutou kategorii 41–50: za sledované období = 40 let se vyskytly na území vybarveném světle žlutě 41–50 % měsíců z celkového počtu 40 x 12 = 480, ve kterých byla registrována suchá perioda = hodnota Z-indexu byla pod –1 a alespoň jednou v průběhu epizody menší než –2,0).

Tab. 1 Kategorie sucha Palmerova indexu sucha a Palmerova Z-indexu

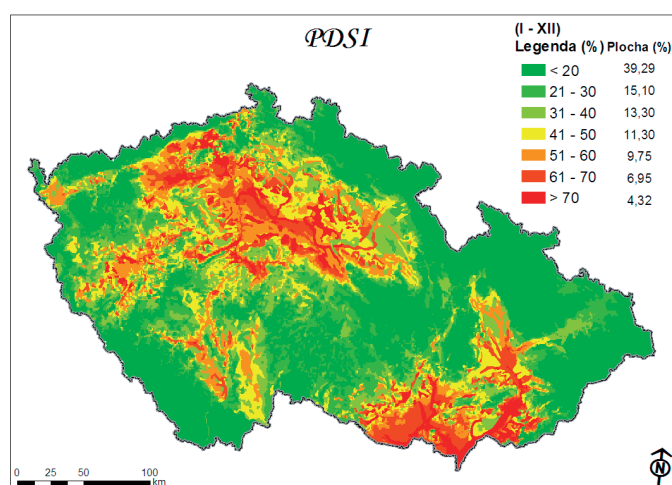
odpovídají teplotnímu a srážkovému normálu na dané stanici, bude hodnota indexu teoreticky rovna nule bez ohledu na roční období nebo lokalitu [4]. Proto jsme pro konstrukci map 1–2 použili tzv. **relativního Z-indexu a PDSI** [7]. U relativních indexů je hodnota „klimatologického optima“ stanovena opět jednotně pro celé území na základě údajů z 233 stanic z celé ČR. Za epizodu sucha se považovalo souvislé období s hodnotami indexu menšími než –1,0, přičemž index nabyl alespoň v jednom měsíci hodnot menších než –2,0 (tab. 1).

PDSI a Z-index	Charakteristika období
$\geq 4,00$	Extrémně vlhké
3,00 až 3,99	Velmi vlhké
2,00 až 2,99	Středně vlhké
1,00 až 1,99	Mírně vlhké
0,5 až 0,99	Počínající vlhké období
–0,49 až 0,49	Normální
–0,50 až –0,99	Počínající suché období
–1,00 až –1,99	Mírně suché
–2,00 až –2,99	Středně suché
–3,00 až –3,99	Velmi (Intenzivně) suché
$\leq 4,00$	Extrémně suché

Mapy 1b–c a 2a–b zachycují podíl měsíců zasažených suchou epizodou během celého roku a dále letních měsíců (červen-srpen) na základě PDSI i Z-indexu. V případě Z-indexu je navíc k dispozici mapa zaznamenávající počet suchých epizod (mapa 1a) v letech 1961–2000. Hodnocení sucha nejen pro období celého roku, ale navíc i pro období letních měsíců bylo vedeno snahou popsat charakteristiky meteorologického sucha i během vegetačního období, a zároveň potlačit známý nedostatek Palmerových indexů, které nezhledují specifika tuhých srážek.

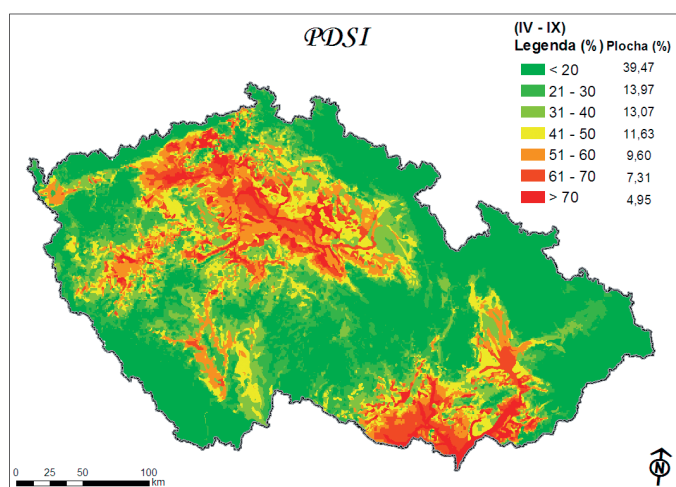


Mapa 1c) Procento měsíců s výskytem suché epizody v období duben-září během let 1961–2000; Mapa je integrována na úrovni katastrálních území a současně je vymezena plocha zasaženého území (příklad interpretace pro žlutou kategorii 41–50: za sledované období = 40 let se vyskytly na území vybarveném světle žlutě 41–50 % měsíců z celkového počtu 40 x 12 = 480, ve kterých byla registrována suchá perioda = hodnota Z-indexu byla pod –1 a alespoň jednou v průběhu epizody menší než –2,0).



Mapa 2a) Procento měsíců s výskytem suché epizody v období leden-prosinec během let 1961–2000; suchá epizoda definována jako souvislé období počínající poklesem hodnoty PDSI (Palmerův index intenzity sucha) pod hodnotu „–2“ a končící v měsíci, kdy hodnota PDSI překročí „–1“ (tj. nabývá „normálních“ hodnot). Mapa je vyhotovena pro úroveň gridu 1x1 km. a současně je vymezena plocha zasaženého území (příklad interpretace pro žlutou kategorii 41–50: za sledované období = 40 let se periody sucha vyskytly na území vybarveném světle žlutě ve 41–50 % měsíců z celkového počtu 40 x 12 = 480, kdy hodnota PDSI – indexu byla pod –1 a alespoň jednou v průběhu epizody menší než –2,0).





Mapa 2b) Procento měsíců s výskytem suché epizody v období duben-září během let 1961–2000; Mapa je vyhotovena pro úroveň jednotlivých KÚ (příklad interpretace pro žlutou kategorii 41–50: za sledované období = 40 let se vyskytly na území vybarveném světle žlutě 41–50 % měsíců z celkového počtu 40 x 12 = 480, ve kterých byla registrována suchá perioda = hodnota PDSI – indexu byla pod –1 a alespoň jednou v průběhu epizody menší než –2,0).

**Newhallův model patří mezi nástroje umožňující posouzení vlhkostního režimu půd a dovoluje posouzení jejich frekvence a pravděpodobnosti výskytu.** Současně lze model využít pro popis suché a vlhké periody buď pro celý rok, či určitou klimatickou periodu. Klíčovou charakteristikou pro jeho použití je znalost maximální retenční kapacity zvolené půdy. Vstupy pro stanovení půdní vlhkosti jsou: měsíční hodnota evapotranspirace (celkového výparu z půdy i vegetace), srážky, obsah vody v předdefinovaných půdních vrstvách a teplota půdy v 50 cm. Jeho aplikaci provedl např. Van Wambeke [8, 9, 10], a to pro značnou část povrchu naší planety. Newhallův simulační model je dlouhodobě využíván USDA (United States Department of Agriculture) pro stanovení vlhkostních režimů (stupně perudického = vlhkého, udického = vyrovnaného, tempudického = suchého), jak jsou zachyceny v mapách 6a a 6b, a které jsou definovány v její Půdní taxonomii [11].

#### Jak vznikaly mapy?

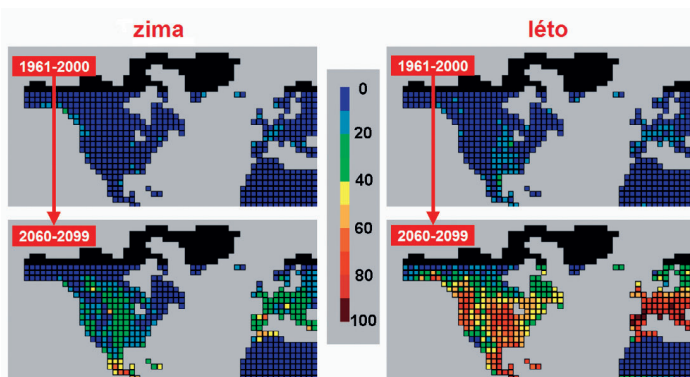
Technika konstrukce map je založena na závislosti mezi parametry sucha (např. počtem suchých epizod či procentem měsíců

zasazených epizodou sucha) a geografickou lokalizací stanice, kterou určuje nadmořská výška, zeměpisná šířka a zeměpisná délka. V případě použitých indexů byly tyto nezávislé proměnné doplněny o maximální retenční schopnost půd v bezprostředním okolí stanice. Základním předpokladem použitelnosti uvedené metody je možnost odvodit regresní funkce s přijatelnou přesností pro celé zájmové území. Regresní funkce pak byla aplikována v **digitálním modelu terénu**, který byl zhlazen na rozlišení nadmořské výšky 50 m a výpočet byl proveden pro každý grid o velikosti 1x1 km. V některých případech byly tyto hodnoty integrovány na úrovni katastrálních území. V posledním kroku byl v každé z map posouzen výskyt výrazných lokálních fluktuací. V případě, že tyto fluktuace byly zjevně způsobeny nehomogenitou měřených dat a nebylo je možné ospravedlnit na základě místních podmínek (např. specifický typ půdy), byly mapy

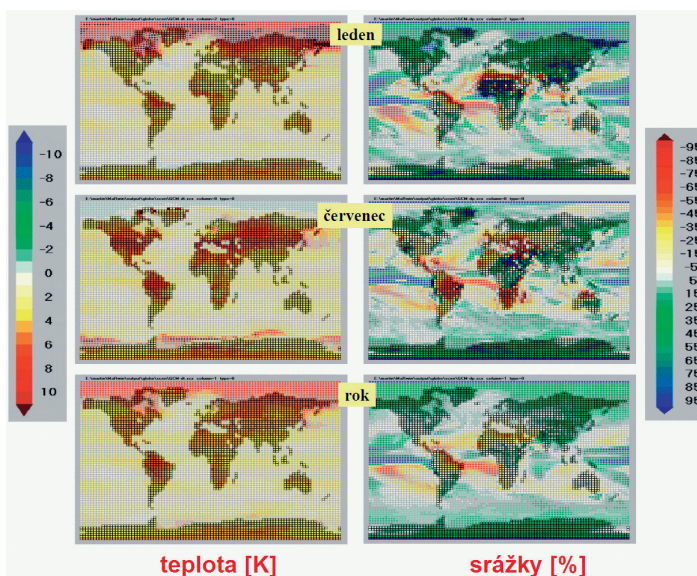
opraveny ručně. Počet těchto zásahů byl ovšem minimální v několika málo odůvodněných případech.

#### Sucho a jeho vývoj v podmínkách změny klimatu

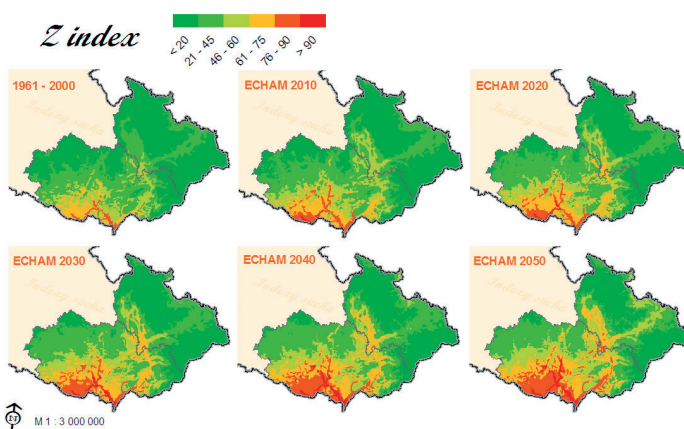
Vzhledem k prokazatelně probíhající globální změně klimatických podmínek, která se ostatně prokazatelně projevila např. v nárůstu teplot na řadě stanic v oblasti ČR (např. [12]), je nezbytné doplnit studii zabývající se klimatologií sucha na území ČR i o výhled na několik budoucích desetiletí. K tomuto účelu jsme využili výstupy globálních cirkulačních modelů (GCM) a relativních indexů sucha (zejména Z-indexu). Globální cirkulační modely si lze představit jako fyzikální modely počasi



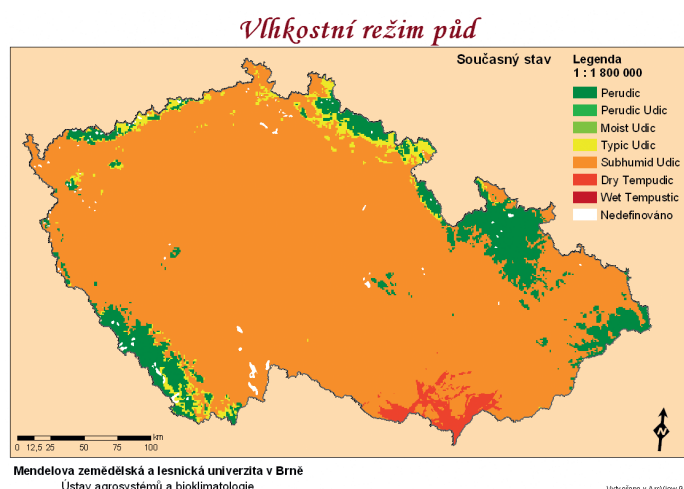
Mapa 4 Procento měsíců zasazených suchou epizodou na základě Z-indexu v současnosti (1961–2000) a v klimatických podmínkách očekávaných pro období 2060–2099. Ke konstrukci map byly použity výstupy GCM modelu HadCM3 a nárůst emisí skleníkových plynů byl uvažován dle SRES-A2.



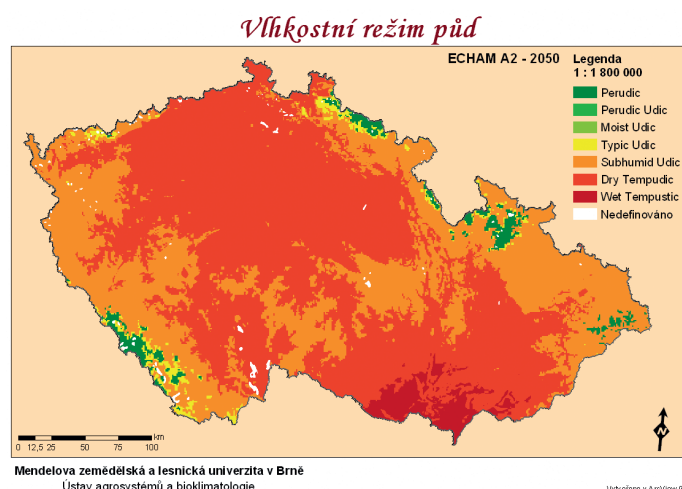
Mapa 3 Očekávaná změna průměrné teploty vzduchu a průměrných úhrnů srážek v období 2060–2099 podle HadCM3 a SRES-A2 oproti hodnotám v období 1961–2000. Změny jsou zachyceny pro měsíce leden (nahore); červenec (uprostřed) a pro celý rok (dole).



Mapa 5 Procento měsíců zasazených suchou epizodou v současnosti (1961–2000) a v očekávaných klimatických podmínkách (2010–2050) na základě relativního Z-indexu. Scénář změny klimatu je založen na výstupech GCM modelu ECHAM 4. Koncentrace skleníkových plynů byla odhadnuta jako průměr koncentrací předpokládaných scénářů SRES A1 a B1 a předpokládána je střední citlivost klimatického systému na změny v koncentraci skleníkových plynů. Relativní index používá jako referenční klima datovou řadu 1961–2000 z 96 stanic na území Moravy a Slezska. Komentář k legendě: Oblasti s výskytem sucha <20% lze označit jako oblast s **nulovým až nízkým rizikem**, >60% jako oblasti s **vyšším až vysokým rizikem** a >90% jako oblasti s **extrémně vysokým rizikem** výskytu suchých epizod.



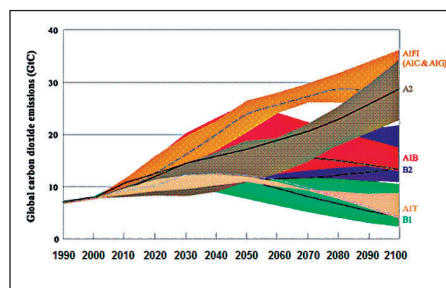
Mapa 6a) Vlhkostní režimy půd v podmínkách současného klimatu 1961–2000. Perudický = vlhký, Udický = vyrovnaný, Tempudický = sušší, bílé plochy zahrnují převážně rašelinistní půdy.



Mapa 6 b) Vlhkostní režimy půd pro rok 2050 podle klimatického scénáře ECHAM a emisního scénáře A2. Perudický = vlhký, Udický = vyrovnaný, Tempudický = sušší, bílé plochy zahrnují převážně rašelinistní půdy.

umožňující odhadnout vývoj základních parametrů klimatického systému během několika desítek (až stovek) let. Pro naši studii byl jako konečný horizont zvolen rok 2100. Základním vstupním parametrem těchto modelů je i koncentrace tzv. skleníkových plynů (zejména  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , freonů apod.), a právě jejich možný vývoj je rozhodujícím hybatelem budoucího klimatického vývoje. Odhady budoucích emisí skleníkových plynů vycházejí z tzv. emisních scénářů (SRES), které vycházejí z rozdílných (avšak možných) směrů budoucího vývoje lidské populace a ekonomiky. Existují čtyři základní varianty tohoto vývoje označované jako SRES-A1, A2, B1 a B2 (obr. 2).

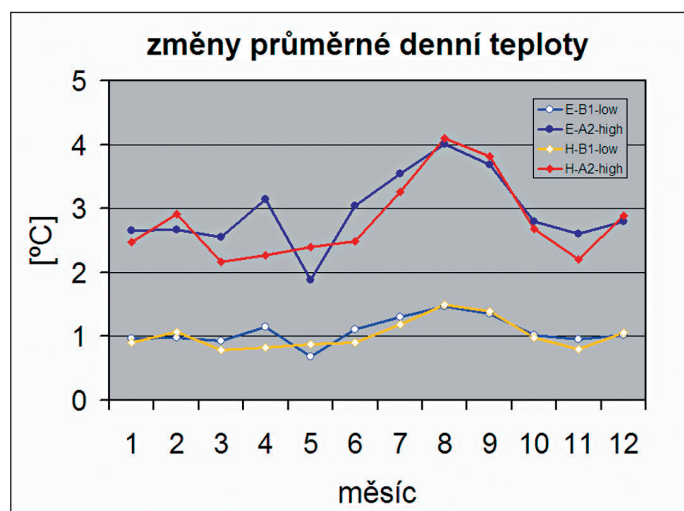
**Scénář A2** indikující nejvyšší nárůst  $\text{CO}_2$  k cílovému roku 2100 předpokládá poměrně značný přírůstek obyvatel, vysokou regionalizaci a omezenou mezinárodní spolupráci, tedy i nedostatečnou koordinaci snah na zmírnění produkce skleníkových plynů a orientaci na kvantitu hospodářského růstu. Naproti tomu **scénář B1** je obrazem světa s čistou mezinárodní spoluprací, vyrovnaným



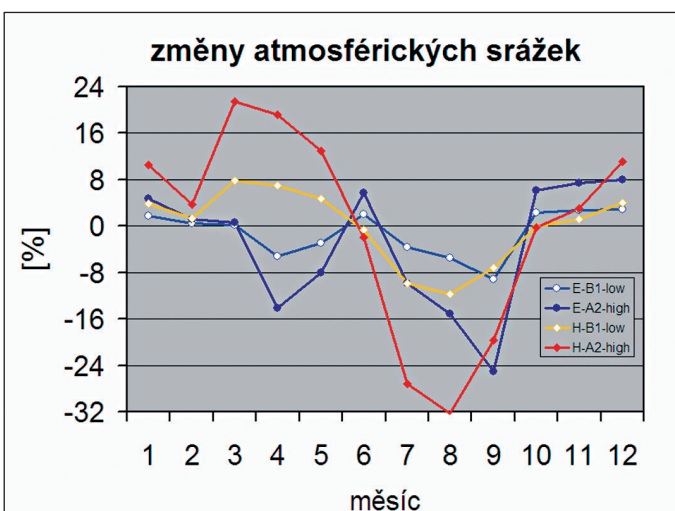
Obr. 2 Globální emise  $\text{CO}_2$  v Gt za rok, pro období 1990–2100 podle scénářů SRES. Zdroj: Intergovernmental Panel on Climate Change

a udržitelným ekonomickým rozvojem v jednotlivých regionech, koordinací úsilí na zmírnění příčin klimatické změny a také odklonem od fosilních paliv a materiálů náročných produktů. **Scénáře A1 a B2** tvoří kombinaci obou výhledových stavů, přičemž A1 je ještě členěn v detailnějším pohledu různých kombinací vývoje světa a emisí.

Na základě těchto scénářů lze určit pravděpodobnou spotřebu fosilních paliv a následně odhadnout koncentraci skleníkových plynů. Globální cirkulační modely pak přetaví tuto informaci do podoby možné změny jednotlivých meteorologických prvků ve zvolených časových obdobích. Ke svým výpočtům využívají našich dosavadních znalostí o klimatickém systému Země a vyžadují vysokovýkonnou počítačovou kapacitu. Z tohoto důvodu existuje ve světě pouze několik center, která v případě střední Evropy shodně signalizují nárůst teplot doprovázený změnou distribuce srážek s nárůstem v zimě a jejich recipročním snížením v letních měsících. V předkládané studii jsou uvažovány globální cirkulační modely označované jako HadCM (vytvořené v Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Velká Británie, obr. 3) a ECHAM (Deutschen Klima-Rechenzentrum, Německo, obr. 4). Podle většiny globálních cirkulačních modelů patří Evropa mezi tzv. „horké body“, v nichž se důsledky změny klimatu projeví intenzivněji (resp. dříve) než v případě oblastí méně citlivých. Oblast jižní



Obr. 3 Scénáře změny průměrné měsíční teploty vzduchu pro rok 2050 podle modelů ECHAM4 a HadCM3. E – model ECHAM4, H – HadCM2, emisní scénář B1 – SRESB1, A2 – SRES-A2, low – nízká citlivost, high – vysoká citlivost klimatického modelu. Změny teplot jsou uvedeny ve srovnání s referenčním obdobím 1961–1990. Zdroj: Národní Klimatický Program ČR



Obr. 4 Scénáře změny atmosférických srážek (měsíčních úhrnů) pro rok 2050 podle modelů ECHAM4 a HadCM3. E – model ECHAM4, H – HadCM2, emisní scénář B1 – SRESB1, A2 – SRESA2, low – nízká citlivost, high – vysoká citlivost klimatického modelu. Změny srážek jsou uvedeny ve srovnání s referenčním obdobím 1961–1990. Zdroj: Národní Klimatický Program ČR



Evropy patří mezi regiony, které budou postihy výraznou redukcí srážek podobně jako Evropa východní. Naopak v Evropě severní a západní by podle některých předpokladů mohlo dojít k mírnému nárůstu srážek. Poloha ČR na pomezí těchto oblastí do jisté míry snižuje spolehlivost provedených analýz, nicméně díky obecnému nárůstu teploty dojde i v oblastech s nárůstem srážek ke zvýšení rizika vzniku suchých epizod díky většímu výparu a transpiraci. Proto jsme pro ilustraci do studie zařadili jak výstupy globální studie (*mapy 3 a 4*), tak i regionální odhady pro území Moravy a Slezska (*mapa 5*), resp. pro celé území ČR (*mapa 6*). Ve všech případech se ale jedná pouze o ilustrativní nástin bezroucí v úvahu omezené spektrum možného budoucího vývoje. Detailnější popis metodiky i získaných výsledků (včetně využití dalších emisních scénářů a GCM) lze nalézt např. v pracích [13, 7, 14].

#### Posouzení sucha na základě indexů

Výhodou Z-indexu je zohlednění variability půdních podmínek a výpočet vodní bilance, což umožňuje lépe rozlišovat mezi jednotlivými regiony, pokud jde o riziko výskytu suchých epizod. Na základě **Z-indexu** je patrné, že suchem nejohroženější oblasti se v Čechách nacházejí v okolí Prahy, na Žatecku a v zemědělsky intenzivně využívané oblasti Polabské nížiny. Na jižní Moravě jsou patrná dvě „epicentra“ v oblasti Znojma a Břeclavska, kde je více než 70 % měsíců ovlivněno suchými epizodami. Obě oblasti jsou odděleny nápadným předělem tvořeným oblastí Pavlovských vrchů. Plocha „epicenter“ stejně jako rozloha území zasaženého suchem ve více než 50 % měsíců mírně vzrůstá během léta. Z *map 1b–c* rovněž vyplývá, že území jižních Čech, Českomoravské vrchoviny a severní Moravy patří mezi oblasti suchem poměrně málo ohrožené, neboť na tomto území se nevyskytuje žádné KÚ s četností suchých období nad 50 %.

Z *mapy 2a–b*, znázorňující hodnoty **PDSI**, vyplývá, že mezi oblastmi nejvíce ohrožené výskytem sucha patří nívní půdy v okolí vodních toků, např. na jižní Moravě v povodí Dyje a Moravy. To je dáno relativně nízkými srážkami a vysokou potenciální evapotranspirací v celé oblasti, což vede k nedostatečné akumulaci vláhy v půdním profilu. Při lokální interpretaci výsledků Palmerových indexů (zejména u nívních půd) je třeba mít na paměti, že použité metody nezohledňují vliv podzemní vody, který může být v řadě případů významný a zcela zásadně měnit vodní režim jednotlivých stanovišť.

#### Možný budoucí vývoj

Jak vyplývá z *mapy 3*, lze v letech 2060–2099 (alespoň podle výstupů GCM – modelu HadCM3 a při použití SRES scénáře A2) očekávat v oblasti střední Evropy nárůst roční průměrné teploty v řádu 2–4 °C, která bude doprovázena pouze malou změnou ročních srážkových úhrnů. Nicméně v případě srážek nejspíše dojde ke změně jejich ročního chodu, která by znamenala výrazné zvýšení srážek v zimě (až o 25 %) a jejich snížení (opět poměrně výrazné) v letních měsících. To by nevyhnutelně vedlo k aridizaci klimatu v Evropě a severní Americe, jak dokazuje *mapa 4*, která by se projevila nejen ve Středomoří, ale rovněž v oblasti střední Evropy s nevyhnutelnými následky pro země jako je ČR (tj. země bez významnějších náhradních zdrojů vody krom atmosférických srážek). To podle našeho názoru přinese nutnost změny hospodaření s vodními zdroji v krajině a zároveň vyústí v několikanásobný nárůst pravděpodobnosti výskytu intenzivních epizod sucha a není vyloučen i výskyt epizod skutečně devastujících.

Regionem, který je v ČR tímto vývojem ohrožen nejbezprostředněji, je oblast jižní Moravy, jak ostatně dokumentuje *mapa 5* pro relativní Z-index. Naprostá většina použitých scénářů změny klimatu indikuje výrazný nárůst území ohroženého suchem, které shodou okolností zasahuje nejproduktivnější zemědělské oblasti. Z pohledu lesního hospodářství pak bude značné riziko představeno potenciální nárůstem počtu lesních požárů díky kombinaci vyšších letních teplot, snižování zásob půdní vláhy a zejména deficitu srážek. Ohroženy budou bezpochyby i zbytky přirozených a polopřirozených ekosystémů, neboť takto výrazná aridizace území výrazně změní podmínky řady stanovišť.

Newhallův model demonstruje popis vlhkostního režimu u půd. Především udicí (ale částečně i perudický) půdní režim, který na území ČR v současnosti převládá (*mapa 6a*), bude na základě použitých scénářů změny klimatu v řadě oblastí téměř eliminován, a může být nahrazen sušším režimem označovaným jako tempudický (*mapa 6b*), s řadou negativních následků nejen pro půdní vlhkost s přímým dopadem na pěstování polních plodin, ale také na zdroje podzemní vody ve vyšších polohách.

#### Poděkování:

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (projekt č. 1G 46055) a Grantové Agentury ČR (projekt č. 521/03/D059).

#### Literatura

1. Heim, R.R.: A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. BAMS, 2002, 1149–1165.
2. Tolasz, R., et al.: Atlas podnebí Česka (in print) (2006)
3. Brázdil, R., et al.: Atlas extrémních jevů na Moravě a ve Slezsku (in print) (2006)
4. Palmer, W.C.: Meteorological drought, Office of Climatology research paper no. 45, U.S. Weather Bureau, 1965, 58s.
5. Palmer, W.C.: Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the Crop Moisture Index. Weatherwise 21, 1968, 156–161.
6. Thornthwaite, C.W.: An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review 38, 1948, 55–94.
7. Dubrovský, M., Trnka, M., Svoboda, M., Hayes, M., Wilhite, D., Žalud, Z., Semerádová, D.: Drought Conditions in the Czech Republic in Present and Changed Climate, EGU 2005 24.–29. 2005, Vienna.
8. Van Wambeke, A.: Calculated soil moisture and temperature regimes of South America. Soil Management Support Services Technical Monograph No. 2, USDA-SCS, Washington, D.C., 1981.
9. Van Wambeke, A.: Calculated soil moisture and temperature regimes of Africa. Soil Management Support Services Technical Monograph No. 3, USDA-SCS, Washington, D.C., 1982.
10. Van Wambeke, A.: Calculated soil moisture and temperature regimes of Asia. Soil Management Support Services Technical Monograph No. 9, USDA-SCS, Washington, D.C., 1985.
11. Soil Survey Staff: Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second Edition, USDA Soil Conservation Service, Agric. Handbook No. 436. US Gov't Printing Office, Washington, D.C., 1999.
12. Květoň, V.: Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961–1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961–2000, NKP 30, nakl. ČHMÚ, Praha, 2001, 216.
13. Hayes, M., Dubrovský, M., Trnka, M., Svoboda, M., Wilhite, D., Žalud, Z., Semerádová, D.: Application of Drought Indices for the Changed Climate. AGU Fall Meeting, San Francisco, 5–9. 12. 2005.
14. Trnka, M., Žalud, Z., Semerádová, D., Dubrovský, M., Svoboda, M., Hayes, M., Wilhite, D., Možný, M.: Drought Occurrence under Present and Future Climate: In: 48. Gesellschaft für Pflanzenbauwiss., Vienna, 2005, ISSN 0934-5116, 108–110.

## Firma ZIEMANN je úspěšná v celém světě

Největší světový výrobce pivovarského zařízení, firma A. ZIEMANN (Ludwigsburg, Německo), vsadila na politiku vlastního vývoje strojního zařízení pro pivovary, kompletní inženýring, kompletní rozsah dodávek. Vlastní vysoce kvalitní výroba zaručuje skutečnost, že dodaná zařízení jsou bezporuchová. K obchodnímu úspěchu patří i fakt, že konečné ceny zakázek jsou pro zákazníka výhodné,

což přitahuje jak pivovarské koncerny, tak i střední a menší pivovary, a mezi zákazníky patří i zcela noví začínající podnikatelé v oboru výroby piva. Na základě této důsledně prováděné politiky je firma ZIEMANN úspěšná nejen v Evropě a Rusku, ale i na dalších kontinentech. Lze např. jmenovat Jižní Ameriku, kde její podíl na realizovaných dodávkách pro místní pivovary dosahuje téměř 100 %. Mexická pivovarská skupina Grupo Modelo si mimo jiné objednala na klíč kompletní pokusný pivovar, další významný jihoamerický výrobce piva Cervceria Polar si pro

svůj pivovar ve venezuelském městě San Joaquín objednal od firmy ZIEMANN zvýšení kapacity na tři miliony hl ročně. Ve Vietnamu firma realizovala v nedávném období dodávku pivovaru na klíč – jednalo se o pivovar s roční kapacitou 500 000 hl pro vietnamský potravinářský koncern VINAMILK a pivovarský koncern SAB v Ho-Chi Minhově městě. Rozsahem strojního zařízení a automatizace se jedná o nejmodernější závod v celém Vietnamu. Pro tento pivovar dodávala firma ZIEMANN i stáčecí linky a paletizaci.

CI