

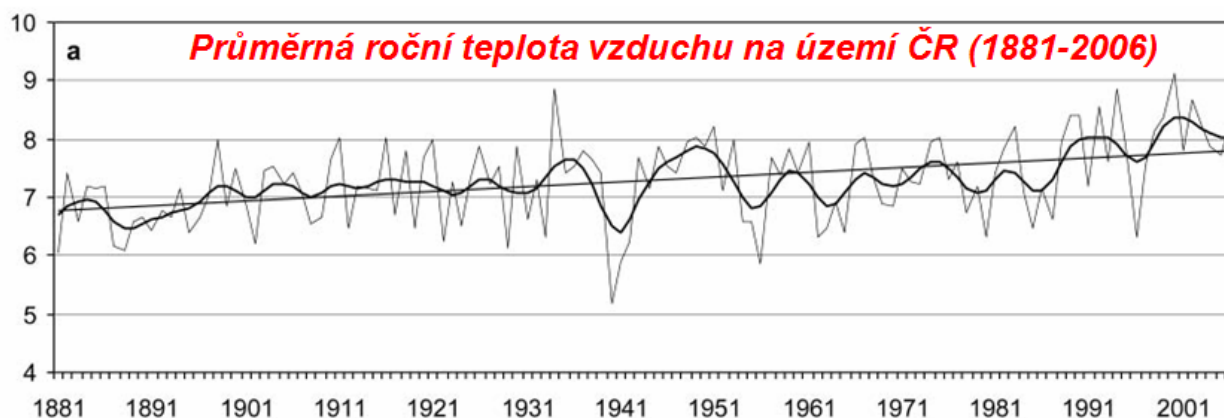
Očekávané dopady změny klimatu na zemědělskou produkci

Zdeněk Žalud,

Miroslav Trnka, Martin Dubrovský, Petr Hlavinka, Daniela Semerádová, Eva Kocmánková,
Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Úvod

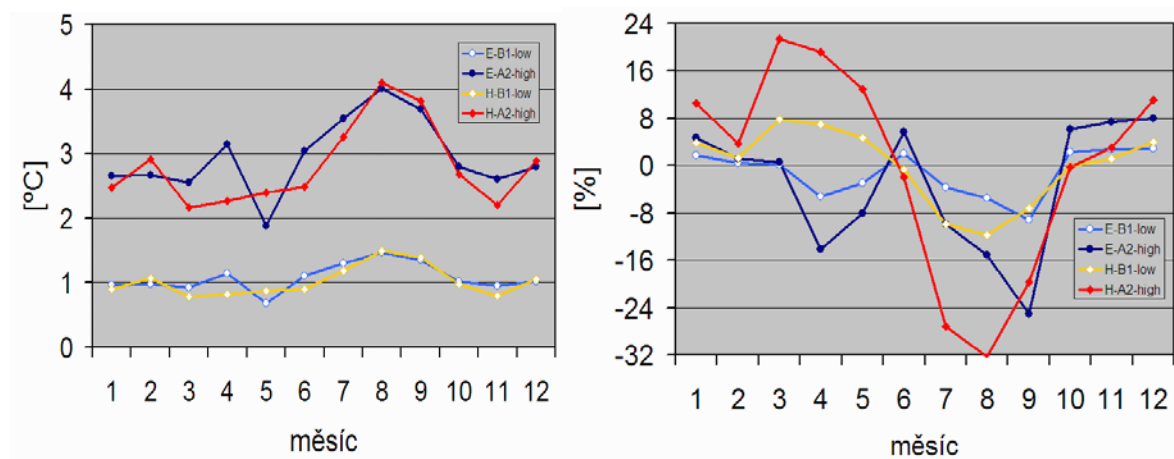
Klimatický rámec, ve kterém probíhá život a činnost člověka, je považován v rámci určitého regionu za stabilní a neměnný. Jednou z aktivit, která je snad nejvíce ovlivněná klimatickými podmínkami, je pěstování polních plodin ať již za účelem zabezpečení potravy či energie. Je skutečností, že každý rok je z pohledu chodu meteorologických prvků a průběhu s nimi souvisejících procesů jedinečný a neopakovatelný. Meziroční rozdíly např. mezi obdobími vegetačního klidu, délkou výskytu sněhové pokrývky, úhrny a rozložením srážek či samotného teplotního chodu tvoří variabilitu, která je zcela přirozená a snadno pochopitelná. Mírné odchylky pěstitelé dokáží flexibilně korigovat včasnými agrotechnickými opatřeními. V okamžiku, kdy však tato variabilita začíná vykazovat určitý prokazatelný trend, nastává čas na zamyšlení se nad daným vývojem a nad výzkumem jeho příčin a především dopadů.



Obr. 1: Změna průměrné roční teploty (osa x - °C) ve srovnání s normálovým obdobím 1961-1990 (Brázdil, Kirchner et al., 2007) na území ČR.

O fyzikální příčině změny klimatu panuje mezi odborníky z oborů klimatologie a meteorologie široká shoda. Nedávno v Paříži zveřejněná zpráva vědců sdružujících se v organizaci IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) považuje za její příčiny antropogenní činnost související především s vypouštěním tzv. skleníkových plynů, které mají schopnost zachycovat dlouhovlnnou radiaci vycházející ze zemského povrchu. Dochází tak k porušení doposud vyrovnaného bilančního vztahu mezi přicházející sluneční radiací a

zmíněnou radiací dlouhovělnou. Zvyšující se koncentrace skleníkových plynů, mezi nimiž dominantní roli má oxid uhličitý, vede k zesílení skleníkového efektu. Dochází k akumulaci energie v nižších vrstvách atmosféry, která je hnací silou mnoha dějů, při kterých se spotřebovává a distribuuje teplo (výpar, turbulence, konvekce), a tedy k řadě klimatických důsledků. Primárním dopadem je zvýšení teploty, která má však přímou vazbu k dalším meteorologickým prvkům např. ovlivňuje změny vlhkosti či tlaku vzduchu, tvorbu oblačnosti, pohyb vzduchových hmot a v konečném důsledku celý klimatický systém. Existují i jiné teorie oteplování naší planety založené nejčastěji na astronomických studiích souvisejících s proměnlivou aktivitou slunce. Z praktického pohledu hodnotícího dopady oteplování naší planety však není podstatné co je primární příčinou, ale samotná skutečnost, že současné oteplování je prokazatelné, měřitelné a jeho projevy vyvolávají konkrétní efekty nejen v zemědělství.



Obr. 2: Scénáře změny průměrné měsíční teploty vzduchu ve °C (vlevo) a změny měsíčních úhrnů atmosférických srážek v % (vpravo) pro Českou republiku a rok 2050 podle GCM modelů: E = ECHAM4 (Německo) a H = HadCM3 (Anglie). Emisní scénář optimistický B1 = koncentrace CO_2 je 467 ppm resp. pesimistický A2 = koncentrace CO_2 je 535 ppm. Změny teploty a srážek jsou uvedeny ve srovnání s referenčním obdobím 1961-1990.

Většina vědeckých studií odhadu budoucího stavu klimatu je založena na prognóze vývoje emisí skleníkových plynů. Lze tak konstruovat scénáře koncentrací skleníkových plynů, které slouží jako vstupy do tzv. Globálních cirkulačních modelů (GCM). Ty si můžeme představit jako řadu matematických rovnic popisujících komplexní procesy v atmosféře. Výstupem jsou hodnoty meteorologických prvků pro různá časová období. Standardně se pracuje s rokem 2025, 2050, 2075 a 2100. Není překvapením, že nejpoužívanější GCM se shodují především v nárůstu teploty, jejíž roční průměr by se měl zvýšit podle konkrétních území do roku 2100 na naší planetě přibližně o +1,0 až +6,4 °C (v ČR 1,5 – 4,5 °C). Prostorově jsou výstupy z GCM zveřejňovány v podobě čtverců (gridů), které odborníci

zabývající se dopady změny klimatu mohou využít pro práci v jejich zájmovém území (stát, region, lokalita). Místní odchylky založené na reliéfu krajiny zohledňují prostorově přesnější regionální klimatické modely či různé statistické přístupy. Relativně vysoké rozdíly mezi odhady změněné teploty jsou způsobeny využitím různých emisních scénářů vývoje CO₂. Např. tzv. pesimistický scénář indikuje výrazně zvýšenou koncentraci oxidu uhličitého, zatímco tzv. optimistický scénář počítá jen s nárůstem mírným a tedy podstatně nižším zvýšením teploty vzduchu.

Změna klimatu a rostliny

a) Vliv oxidu uhličitého

Zatímco problém scénářů změny klimatu z pohledu atmosféry je především ve schopnosti výpočetní techniky zpracovat obrovské množství dat, je pochopení dopadů změny teploty a dalších meteorologických prvků na růst a vývoj plodin podstatně složitější. Zásadní odlišnost je v tom, že na rozdíl od atmosféry je rostlina živý organismus a její reakce na pozměněné podmínky jsou spojeny s řadou fyziologických procesů. Současně je ovlivněno i půdní prostředí a v konečném důsledku změny teploty a dalších meteorologických prvků působí i na agrotechnická opatření. Již jen samotná skutečnost, že podstatou změny klimatu je zvýšená koncentrace CO₂ zásadně působí na život rostlin. Jedná se o plyn, který vstupuje do fotosyntézy a jeho koncentrace v současné atmosféře (0,038 obj. % - 380 ppm) není pro rostliny optimální. Zvýšení jeho obsahu v přízemní vrstvě atmosféry výrazněji ovlivní tvorbu biomasy u rostlin C₃ (např. pšenice, ječmen), zatímco kladná reakce rostlin s cyklem C₄ (např. kukuřice) je podstatně mírnější. Pokusy hodnotící růst a množství biomasy, které byly provedeny ve sklenicích či v otevřeném prostředí s přímým obohacováním oxidem uhličitým, jednoznačně prokazují stimulační efekt na biomasu a tedy i na výnos. Nehledě na skutečnost, že vyšší koncentrace CO₂ působí na aktivitu stomat, která jsou díky snazší dostupnosti CO₂ více uzavřena a tím se omezuje transpirace. Tento proces umožňuje vyšší využití vody rostlinou, neboť stomata nejen přijímají CO₂, ale současně jsou výstupní „branou“ rostliny právě pro vodu. Právě dostupnost vody se v podmínkách oteplení stane klíčovým faktorem efektivního pěstování plodin. Celý takto popsaný proces vyššího příjmu CO₂ a méně intenzivního výdeje vody však není jednoznačný. Zcela na místě jsou výzkumné výzvy zaměřené např. na otázky (i) je tento efekt trvalý? (ii) nezvýší objem vytranspirované vody větší množství vytvořené biomasy s vyšším počtem stomat?, (iii) o kolik vyšší teplota povrchu listů vyvolá zvýšenou potřebu transpirace na ochlazování rostlin?

b) Vliv zvýšené teploty a změny distribuce srážek

Teplota je rozhodujícím faktorem, který řídí fenologický vývoj rostlin. Dosažení jednotlivých fází vývoje je funkcí teploty vyjadřované pomocí tzv. teplotní sumy resp. sumy efektivních teplot, což je kumulativní součet průměrné denní teploty nad stanoveným prahem. Dosažení zralosti resp. počátek sklizně je v letech teplejších vždy v dřívějším období. Při předpokládaném oteplení dojde k rychlejšímu dosažení teplotních sum a akceleraci vývoje. Tato skutečnost je pro naše plodiny od jistého stupně negativní, protože zrychlený vývoj způsobuje snížení výnosu. Kromě toho vyvolá nárůst teploty vyšší evapotranspiraci (výpar), přičemž teplejší vzduch pojme více vodní páry a obojí se projeví rychlejším úbytkem půdní vláh. Podle scénářů změny klimatu pro území ČR lze očekávat celoroční zvýšení teploty a to především v letních měsících (Obr. 2 vlevo). K tomu je nutné podotknout, že ve srovnání se současným klimatem většina GCM prognózuje pro území ČR z pohledu ročních úhrnů srážek téměř nezměněné množství (Obr. 2 vpravo). Rozložení srážek během roku již podle scénářů pro ČR změněno bude a to ve prospěch zimních srážek a snížení úhrnů v letních měsících. Navíc lze ve vegetačním létě (průměrná denní teplota vyšší než 15 °C) díky zvýšené teplotě, a tím zesílení vzestupných konvektivních proudů, očekávat úbytek mírných „zahradnických“ dešťů a nárůst vertikálních srážek přívalového charakteru s ničivými dopady na úrodu a současně s výrazným erozním charakterem.

Dopady na plodiny: pozitivní či negativní?

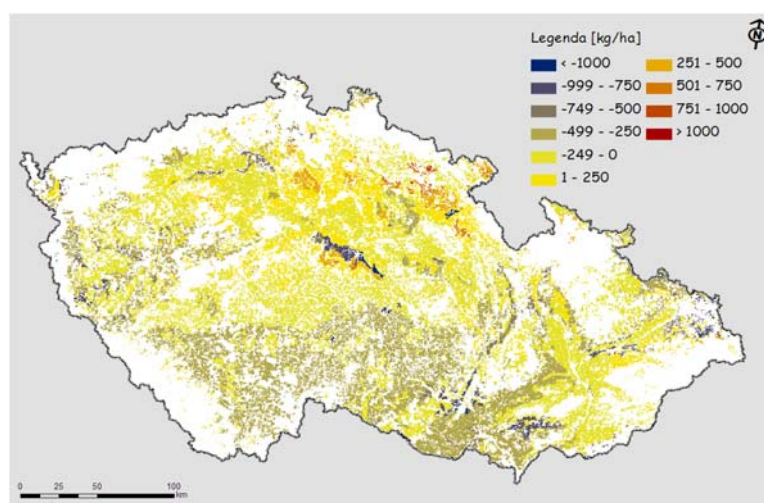
Posoudit, zda z pohledu výnosu polní plodiny převládne pozitivní fertilizační efekt způsobený oxidem uhličitým či negativní dopad zvýšené teploty a změny dalších meteorologických prvků, je prakticky možné jen dvojnásobem.

- 1) Provedením experimentů v podmínkách řízené atmosféry odpovídající očekávaným klimatickým podmínkám. Výhodou této cesty je skutečnost, že vychází z polních pokusů jako základu výzkumné práce v rostlinné výrobě. Limitující nevýhodou je však časová omezenost těchto experimentů, nemožnost aplikace výsledků na větší území (provedení prostorové analýzy) a především vysoká finanční náročnost.
- 2) Využitím možností, které nám poskytuje výpočetní technika, a posouzením dopadů klimatické změny pomocí počítačových simulací. Za tímto účelem jsou využívány tzv. růstové modely, jejichž nevýhodou je jisté zjednodušení simulovaného systému. Tyto nepřesnosti ovšem mohou být za předpokladu dostatku kvalitních dat z významné části eliminovány.

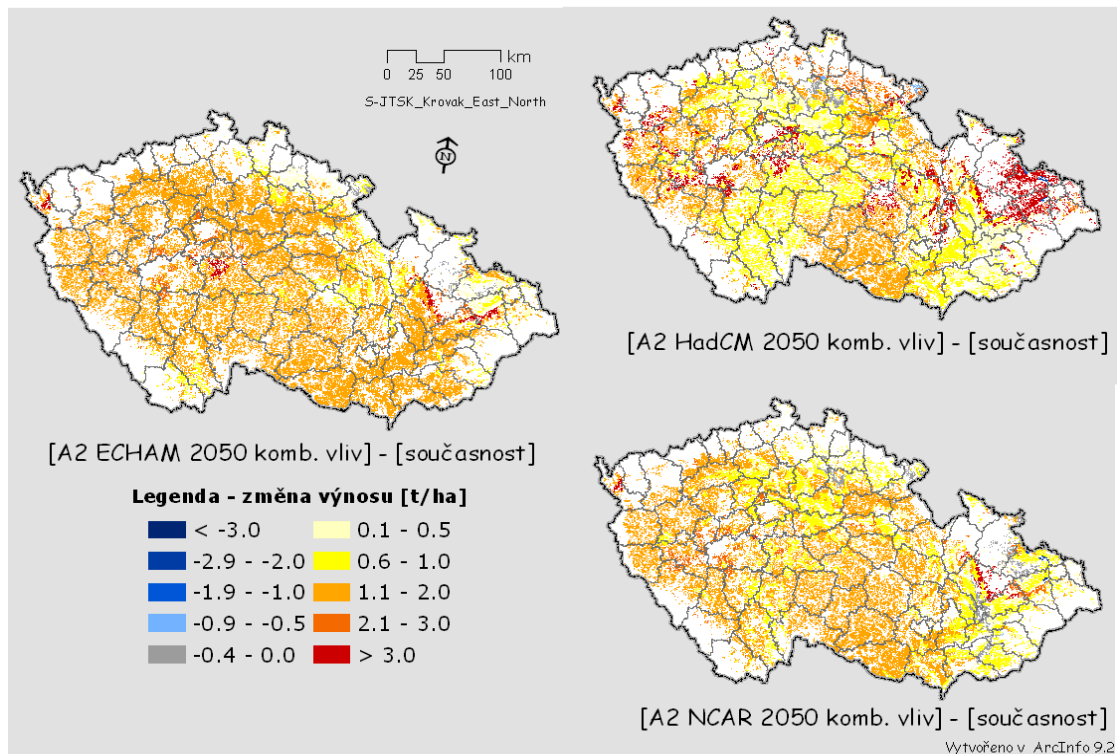
Pravděpodobně jedinou reálnou cestou je kombinace zmíněných postupů, ve kterých se spojí výhody obou metod. Na základě existence kvalitních maloparcelních odrůdových pokusů vedených např. prostřednictvím ÚKZÚZ je možné uskutečnit detailní evaluace a kalibrace využitých růstových modelů, které umožní vybrat nejvhodnější model a odladit jeho nastavení, tak aby chování modelu co nejvěrohodněji odpovídalo chování zkoumaného systému pro současné klima. Nahrazením meteorologických dat výstupy z GCM reprezentujících klima očekávané můžeme odhadnout variantu budoucího vývoje. Můžeme též získat trendové směry vývoje sledovaných faktorů (např. výnosu) pro podmínky změny klimatu.

Příklad působení změny klimatu na ječmen jarní

Obecně dosavadní výsledky z řady evropských i národních projektů vykazují, že by v podmínkách ČR měly obecně až do nárůstu teploty cca 2 °C převládat mírně pozitivní efekty především na C₃ plodiny. Na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně jsou prováděny modelové studie zaměřené na posouzení dopadů změny klimatu na pšenici ozimou a ječmen jarní. Obr. 3 nabízí pohled na změnu výnosů ječmene jarního pro veškerou ornou půdu v ČR. V daném konkrétním případě se jedná spíše o popis stavu razantního nárůstu teploty, který by především v nižších a sušších lokalitách negativně ovlivnil výnos ječmene jarního. Tento ukázkový příklad je však jen pro specifikované podmínky (rok 2050, scénář teploty vykazující zvýšení o cca 3,5 °C a vysoký nárůst emisí) a nemůže být tedy brán na úrovni předpovědi, ale jen jako jeden z možných scénářů vývoje. Opačně reaguje pšenice ozimá, jejíž výsledky jsou na Obr. 4.



Obr. 3: Rozdíl mezi výnosem jarního ječmene v kg/ha pro současné a očekávané (scénář HadCM3 a koncentrace CO₂ 535 ppm = pesimistický scénář A2) klimatické podmínky se zahrnutím vlivu CO₂ pro rok 2050. Studie je zpracována jen pro ornou půdu.



Obr. 4: Rozdíl mezi výnosem ozimé pšenice v t/ha pro současné a očekávané (tři scénáře změny klimatu a koncentrace CO_2 535 ppm = pesimistický scénář A2) klimatické podmínky se zahrnutím vlivu CO_2 pro rok 2050. Studie je zpracována jen pro ornou půdu.

Významná rizika

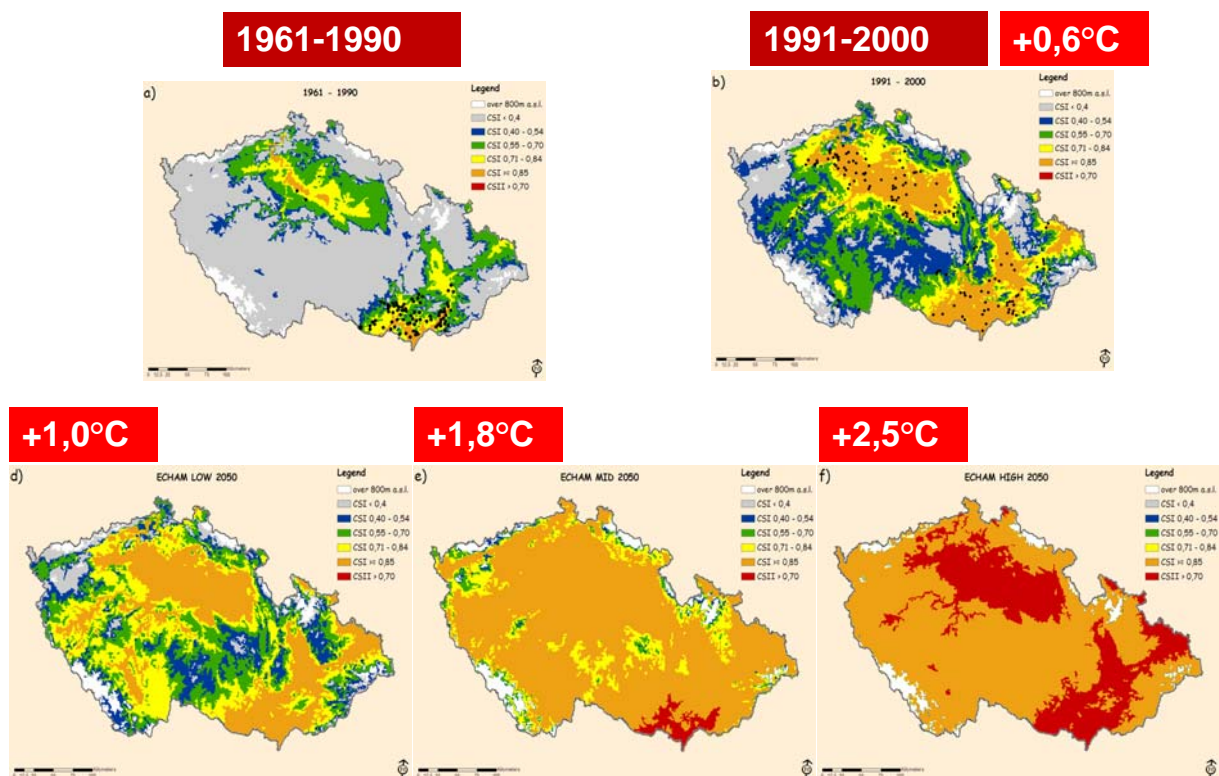
a) hydrometeorologické extrémny

Především se jedná o největší všeobecně deklarovanou hrozbu spojenou se změnou klimatu, což je zvýšený výskyt meteorologických extrémů. Až na výjimky jde o faktory časově i prostorově jen obtížně lokalizovatelné, obecně složitě předvídatelné a přitom často doprovázené razantními dopady. Každý pěstitel ví, jak se dokáže projevit desetiminutová bouřka doprovázená extrémní srážkou na závěr výborně výnosově se vyvíjející vegetační sezóny. Stejně, i když ne tak okamžité dopady, mají i další extrémní situace, jako jsou náhlá a déletrvající zimní oteplení, holomrazy (nízké teploty bez sněhové pokrývky), jarní mrazíky, vichřice, povodně, horké vlny a především výskyt sucha. Právě nárůst extrémních meteorologických událostí je podle IPCC a také již podle zkušeností z posledních deseti let významným atributem změny klimatu.

b) výskyt škodlivých činitelů

Druhou neznámou je změna infekčního tlaku chorob, klimatické niky škůdců a do jisté míry i konkurenčního tlaku plevelů. To, že původci chorob, škůdci a plevelé žijí ve srovnání s vyššími organismy mnohem kratší dobu, jim dává možnost se rovněž ve značně kratším

časovém úseku adaptovat na změnu prostředí. Je zřejmé, že v posledních patnácti letech se objevují noví škodliví činitelé a přitom jiní významně ustupují. Tato fakta mohou, ale nemusí být v korelaci se změnou klimatu, přičemž je zřejmé, že životní cykly škodlivých činitelů s vyšší teplotní závislostí budou ovlivněny významněji. Jedna ze studií, která byla provedena jednoúčelovým modelem ECAMON (Trnka, *et al.*, 2007) na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie MZLU v Brně v oblasti rozšíření zavíječe kukuřičného v podmínkách měnícího se klimatu (Obr. 5). Studie zaměřené na dopady změny klimatu ve vztahu k chorobám a škůdcům vedou k závěrům, že lze očekávat posun areálu rozšíření škodlivých činitelů do vyšších nadmořských výšek a u škůdců možnosti výskytu dalších generací.



Obr. 5. Rozšíření ekologické niky zavíječe kukuřičného v současných (nahore) a očekávaných klimatických podmínkách. Černé body jsou potvrzené výskyty zavíječe kukuřičného. Sytě červená barva značí lokality s možným výskytem druhé generace.

c) změna podmínek hospodaření

Podmínky hospodaření jsou v nejširším měřítku České republiky vymezeny výrobními oblastmi (VO). Ty jsou v první řadě definovány klimatickými podmínkami, avšak nikoliv pouze jimi, jak je ostatně zřejmé z charakteristik jednotlivých VO (Němec, 2001). Předkládané výsledky vychází z původního členění VO přestaveného Němcem (1996), nicméně pokouší se je vymežit pouze na základě klimatických podmínek, neboť autorský kolektiv nedisponuje datovými zdroji, které byly použity k definici VO. Zároveň by bylo

velmi obtížné metodiku použitou k vymezení VO bezzbytku aplikovat ve změněných klimatických podmínkách. Důraz na klimatické ukazatele si vyžádal změny v metodice vymezení VO. V případě klimatologických charakteristik území jsme se opírali o sumu teplot TS10 °C tak, jak byla definována v původní práci Klečky a Korbíniho (1973) s tím rozdílem, že při jejím výpočtu byla brána v úvahu přítomnost sněhové pokrývky a namísto hodnot průměru byl použit medián jednotlivých ročníků během daného období. Parametr ukazatele zavlažení v měsících červen až srpen, který je dán rozdílem mezi potenciální evapotranspirací a srážkami (Kvi-viii), byl na rozdíl od původních podkladů Klečky a Korbíniho (1973), které vycházely z měsíčních dat (Kurpelová *et al.*, 1975), založen na modelu vodní bilance v denním kroku. Hlavním problémem vymezení VO je fakt, že vychází z klimatologických dat Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) za léta 1931-1961, která plně nereprezentují současné klimatické podmínky (např. Květoň *et al.*, 2001).

Současně bylo přistoupeno ke spojení oblasti obilnářské a bramborářské, neboť tyto výrobní oblasti se co do klimatických podmínek překrývají a není tedy možné je odlišit právě na základě klimatických údajů. Rozhodující klimatické parametry pak byly interpolovány do digitálního modelu terénu (obdobně jako u výnosových studií a analýzy zavíječe kukuřičného) s gridem 500 x 500 m. Mimo dosavadních VO byly dále definovány dvě další kategorie VO, neboť v podmínkách změny klimatu se část území ocitne mimo klimatické hranice současných VO. Tyto oblasti zohledňují zvýšenou aridizaci krajiny v průběhu letních měsíců a tím i narůstající deficit vodní bilance vyjádřený ukazatelem zavlažení (Kvi-viii) a dále poměrně dramatickým nárůstem teplot. V současných klimatických podmínkách žádná část území nespadá do těchto nově vymezených VO. Jak je zřejmé z Tab. 1 dochází u všech scénářů k dramatickému poklesu plochy pícninářské VO. To je dáno rostoucím deficitem vodní bilance i ve vyšších polohách a značným nárůstem teplotní sumy TS10. Pícninářská VO oblast je tak postupně nahrazována obilnářsko-bramborářskou VO a kolem roku 2050 lze předpokládat její úplné „vymizení“. Obdobně dochází k dramatickému poklesu rozlohy obilnářsko-bramborářské VO, jejíž plocha rovněž klesá ve prospěch řepařské a posléze i kukuřičné VO. Tento trend je opět dán zejména nárůstem teplotních sum TS10. V případě rozlohy řepařské VO se pak pochopitelně setkáváme s opačným trendem, a její plocha se podle všech scénářů do roku 2050 nejméně zdvojnásobuje. Okolo roku 2050 je možné podle SRES-A2 a GCM modelů HadCM a ECHAM očekávat postupný pokles plochy řepařské VO, vzhledem k rostoucí aridizaci klimatu v letních měsících. Výsledky založené na klimatických datech z GCM modelu NCAR-PCM ukazují i po roce 2050 na možnost zvětšování plochy této VO, což je dáno pomalejším tempem aridizace klimatu předpokládané

tímto GCM modelem. Relativně největšího rozšíření doznává bezpochyby plocha kukuřičné VO, která ze současných 5,4 % vzroste na 4-10 násobek v příštích 50 letech. Postupně nahrazuje kukuřičná VO současné plochy řepařské VO a nejteplejší partie obilnářsko-bramborářské VO. Objevení se nově definovaných výrobních oblastí (tj. Mimořádně teplé a suché resp. Mimořádně teplé a mimořádně suché VO), lze podle SRES-A2 očekávat již okolo roku 2025 v nejteplejších a nejsušších oblastech jižní Moravy. Okolo roku 2050 se s mimořádně teplou a suchou VO setkáváme i v okolí Prahy a na Žatecku a Lounsku, zatímco na jižní Moravě se již začíná objevovat i mimořádně teplá a mimořádně suchá VO přibližně v rozsahu dnešní kukuřičné VO. Výhled do roku 2100 podle kombinace scénáře SRES-A2 a GCM modelu HadCM ukazuje, že téměř celé území Jižní Moravy bude spadat do poslední jmenované VO. Postup změn VO při aplikaci SRES-B1 je podstatně pomalejší, i když i v tomto případě jde o změny značného rozsahu, které budou představovat výrazný posun oproti současným podmínkám. Při aplikaci tohoto SRES scénáře se objevuje mimořádně teplá a suchá VO až okolo roku 2050 pouze v oblasti jižní Moravy a omezeně i na Lounsku.

Tab. 1: Podíl jednotlivých VO na zemědělském půdním fondu v rámci ČR. Hodnoty jsou uvedeny pro 3 GCM modely (HadCM, ECHAM a NCAR-PCM) na základě dvou emisních scénářů tj. SRES-A2 a SRES-B1. V případě SRES-A2 byla uvažována vysoká citlivost klimatického systému k růstu koncentrací skleníkových plynů, zatímco v případě SRES-B1 byla uvažována citlivost nízká.

Výrobní oblast	Současnost		HadCM					ECHAM				NCAR-PCM			
			SRES-B1		SRES-A2			SRES-B1		SRES-A2		SRES-B1		SRES-A2	
	Němec 1996	1961-2000	2025	2050	2025	2050	2100	2025	2050	2025	2050	2025	2050	2025	2050
MTMSVO	-	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	94.3	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
MTSVO	-	0.0	0.0	0.1	4.0	12.1	2.7	0.0	0.0	0.5	5.2	0.0	0.0	0.0	1.2
KVO	6.7	5.4	20.2	28.6	44.9	56.7	2.8	16.2	22.2	31.2	48.6	14.1	17.5	19.2	21.9
ŘVO	24.3	23.2	40.0	45.7	39.2	13.8	0.3	34.9	42.4	47.4	35.9	33.1	41.7	54.1	68.7
O-BVO	59.0	59.7	34.8	22.0	10.4	3.0	0.0	42.7	30.7	18.0	6.2	46.7	35.9	23.6	7.4
PVO	10.0	11.8	4.9	3.5	1.5	0.1	0.0	6.2	4.8	3.0	0.8	6.2	4.8	3.1	0.8

Poznámka: MTMSVO – mimořádně teplá a mimořádně suchá výrobní oblast; MTSVO – mimořádně teplá a suchá výrobní oblast; KVO – kukuřičná výrobní oblast; ŘVO – řepařská výrobní oblast; O-BVO – obilnářsko bramborářská výrobní oblast; PVO – pšicninářská výrobní oblast.

Závěr:

Častá otázka, zda bude ovlivněna skladba plodin, má spíše negativní odpověď. Skutečně nelze v horizontu několika desetiletí předpokládat výraznější zastoupení nových druhů či dokonce subtropických kultur. Na skladbu plodin bude mít z praktického pohledu

podstatně významnější vliv dotační politika Evropské Unie. Jisté změny lze spíše očekávat v posunu našich kultur do vyšších nadmořských výšek, kde se však budou muset vyrovnávat s podstatně horšími půdními podmínkami. Jako perspektivní adaptační opatření se uplatní šlechtění na rezistenci k suchu vzhledem k aridizaci nižších, ale i středních poloh. Dojde ke zkrácení období mezi setím a zralostí. Průměrná doba setí se např. u ječmene jarního posune o 5-20 dní k začátku roku podle sezóny a půdního typu. Kombinovaný efekt změny klimatu (souběžný vliv změny meteorologických prvků a zvýšení koncentrace CO₂) přinese až do úrovně +2 °C mírný nárůst výnosu, a to především na kvalitních půdách, ale současně i jeho výrazně vyšší variabilitu související především se suchem a dalšími klimatickými extrémami. Zvýšené náklady lze očekávat i na prostředky pro ochranu rostlin před teplomilnými chorobami a škůdci.

Poděkování: Příspěvek byl zpracován s podporou projektu „Adaptation of Agriculture in European Regions at Environmental Risk under Climate Change – ADAGIO“ č. 2006-044210 a projektu NAZV č. QG60051 “Dopady změny klimatu na růst a vývoj vybraných polních plodin”.

Literatura:

- Brázdil R., Kirchner K. (eds), 2007. Vybrané přírodní extrémní a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku, Brno-Praha-Ostrava, 431s.
- Klečka M., Korbíni J., 1973. Bonitace zemědělského půdního fondu ČSR, Závěrečná zpráva VÚEZVŽ a VÚEEP, Praha-Bratislava, 51s.
- Kurpelová M., Coufal L., Čulík J., 1975. Agroklimatické podmínky ČSSR, Bratislava, p. 270.
- Květoň, V., 2001. Normály teplot vzduchu na území České republiky v období 1961 – 1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961 – 2000, Praha, p. 217.
- Němec J. (ed), 1996. Aktualizace úřední ceny zemědělské půdy u vybraného souboru BPEJ. Závěrečná zpráva VÚZE Praha, 98s.
- Němec J., 2001. Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky, VÚZE Praha, 260s.
- Trnka M., Muška F., Semerádová D., Dubrovský M., Kocmánková E., Žalud Z., 2007. European Corn Borer Life Stage Model: Regional Estimates of Pest Development and Spatial Distribution under Present and Expected Climate. Ecological modeling, Vol. 207, 61-84.