

# Reakce lesních ekosystémů na globální environmentální změnu

**Pavel Cudlín<sup>1</sup>, Petr Štěpánek<sup>1</sup>, Jaromír Macků<sup>2</sup>,  
Ivo Sirota<sup>2</sup>, Vilém Pechanec<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i., České  
Budějovice;*

*<sup>2</sup>Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brno*

*<sup>3</sup>Katedra geoinformatiky, UPOL, Olomouc*

Práce provedené v rámci projektu VaV MŽP  
SP/1a6/108/07 **Zpřesnění dosavadních odhadů  
dopadů klimatické změny v sektorech vodního  
hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy  
adaptačních opatření (2007 - 2011)**

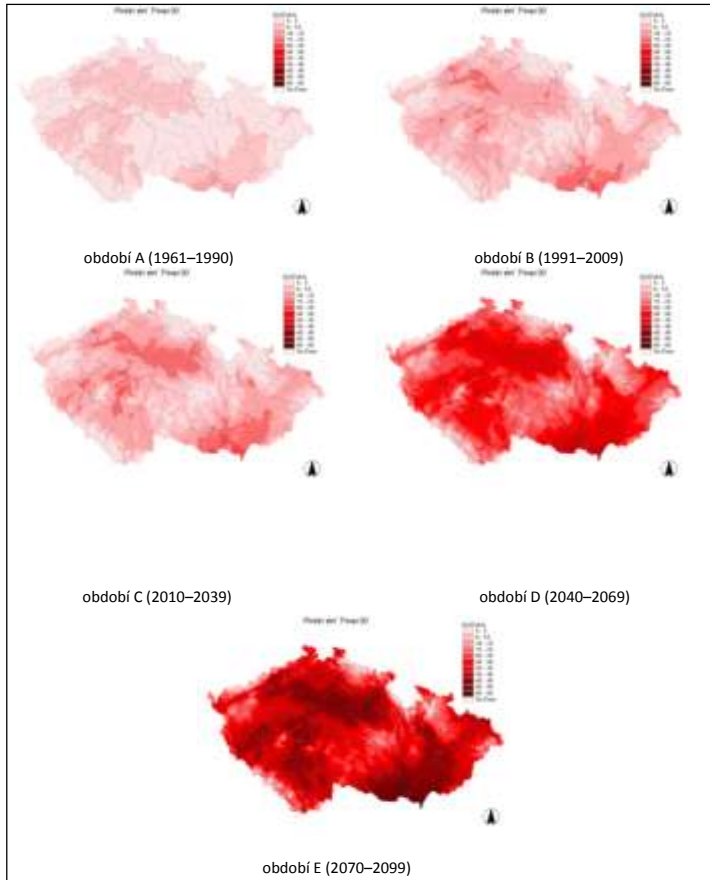
## Odhad environmentálních rizik narušení vývoje stávajících lesních ekosystémů

- Nejprve byly spočítány **prostorové průměry základních klimatických charakteristik** (průměrná denní teplota, denní úhrn srážek, průměrná denní rychlost větru, vlhkost vzduchu a sluneční záření) pro všechny **lesní vegetační stupně** (LVS), vyskytující se v jednotlivých **přírodních lesních oblastech** (PLO) a pro menší modelové oblasti (pro území LS Jablunkov a horní část povodí Stropnice).
- Kromě těchto základních charakteristik byl zjišťován i výskyt tří klimatických extrémů – **počet dní s denním úhrnem srážek menším než 1 mm**, které se ve vegetačním období vyskytly v obdobích delších než 10 dnů za sebou (D10), počet dnů ve vegetačním období, kdy byla **průměrná denní teplota vyšší než 30°C** (T30) a počet **teplotních zvrátů v předjaří** (T zlom) – období, kdy se v zimních měsících vyskytla alespoň 5 dnů po sobě průměrná denní teplota vyšší než 5oC a pak opět klesla pod bod mrazu.

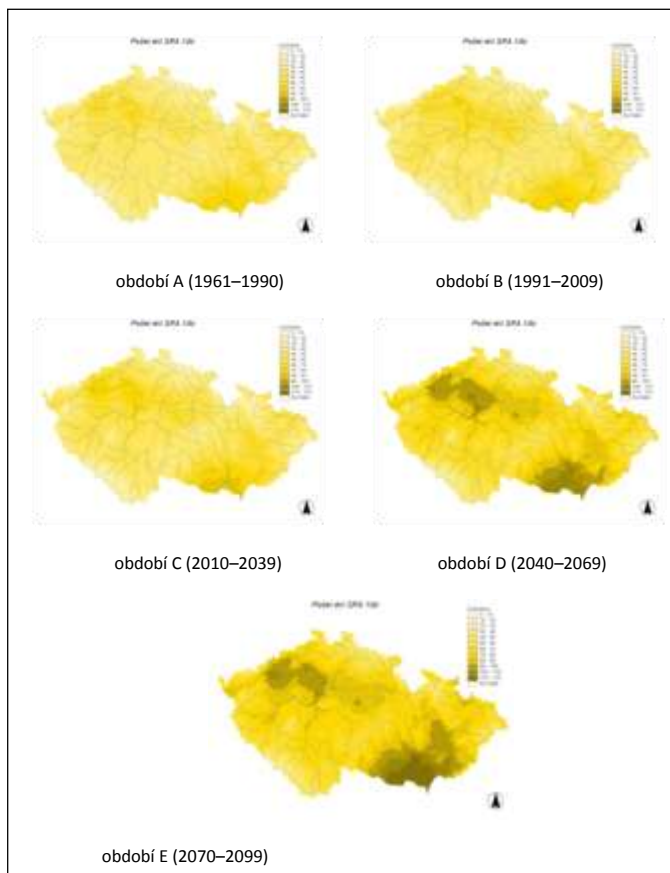
- Výpočet daného (teplotního, srážkového, atp.) pole probíhal na podkladě bodových údajů z technické řady stanic; Tyto údaje byly interpolovány v ploše metodou univerzálního lineárního krigingu.
- Obdobné výpočty byly provedeny pro scénářová data 131 gridových bodů poskytnutých z DP 01 a pocházejících z modelu ALADIN-CLIMATE/CZ. Z výše popsaných technických řad pro stanice (homogenní řady bez chyb a s doplněnými mezerami) byly vypočteny nové technické řady v gridových bodech modelu.
- Protože prostorová informace na většině území (především v územích s členitým terénem) byla nedostatečná, byly údaje z gridových bodů modelu korigovány do polohy stanic (*variable correction method*). Pro danou polohu stanice bylo realizováno několik korekcí z okolních gridových bodů, které byly navíc použity k určení nejistoty výpočtu.

LVS	Období	Teplota	Srážky	10D	T30	T zlom
1	A	13,08	419,65	56,88	6,46	0,27
	B	13,31	437,39	61,13	12,82	0,55
	C	13,67	448,98	63,30	13,44	0,91
	D	14,38	452,77	83,22	27,76	0,59
	E	14,98	453,35	88,42	39,67	0,49
2	A	12,89	438,35	53,69	5,72	0,29
	B	13,24	458,49	57,41	11,46	0,55
	C	13,50	466,98	59,12	12,15	0,89
	D	14,22	473,74	78,25	25,93	0,58
	E	14,83	472,99	83,73	37,54	0,49
3	A	12,62	465,46	48,76	4,47	0,31
	B	13,05	486,79	51,77	9,39	0,55
	C	13,29	492,28	52,98	10,18	0,84
	D	14,02	503,70	71,32	23,15	0,57
	E	14,59	504,51	77,06	33,97	0,52
4	A	12,27	485,04	43,44	3,29	0,38
	B	12,81	508,39	45,82	7,37	0,53
	C	13,02	513,21	46,71	7,77	0,76
	D	13,74	529,64	64,27	19,61	0,53
	E	14,28	531,44	70,59	29,33	0,56

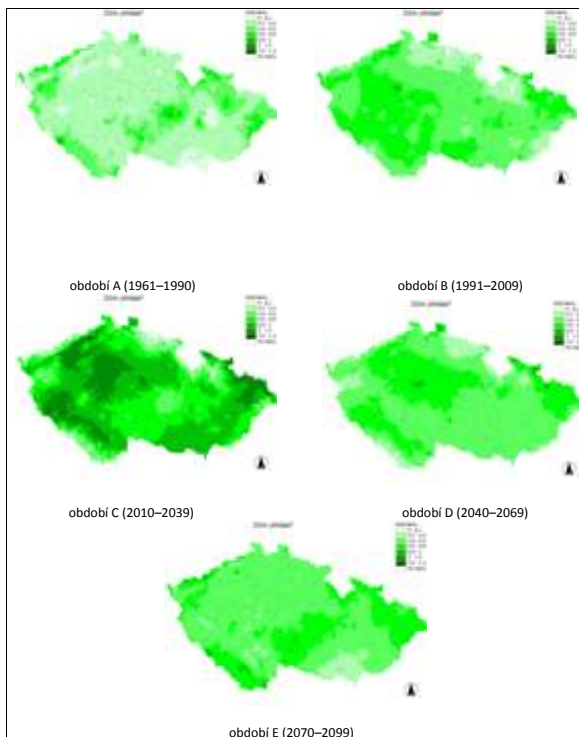
**Průběh hodnot denních teplot a srážkových úhrnů za vegetační sezónu a klimatických stresových faktorů D10 (počet dnů suchých období ve vegetační sezóně), T30 (počet tropických dnů) a T zlom (počet teplotních zvrátů v předjaří) v pěti sledovaných obdobích (viz obr. 5.1) od roku 1961 do 2099 v jednotlivých lesních vegetačních stupních (LVS)**



***Vývoj hodnot klimatického stresového faktoru T30 (počet tropických dnů ve vegetační sezóně) v pěti sledovaných obdobích od roku 1961 do 2099***



***Vývoj hodnot klimatického stresového faktoru D10 (počet dnů suchých období ve vegetační sezóně) v pěti sledovaných obdobích od roku 1961 do 2099***

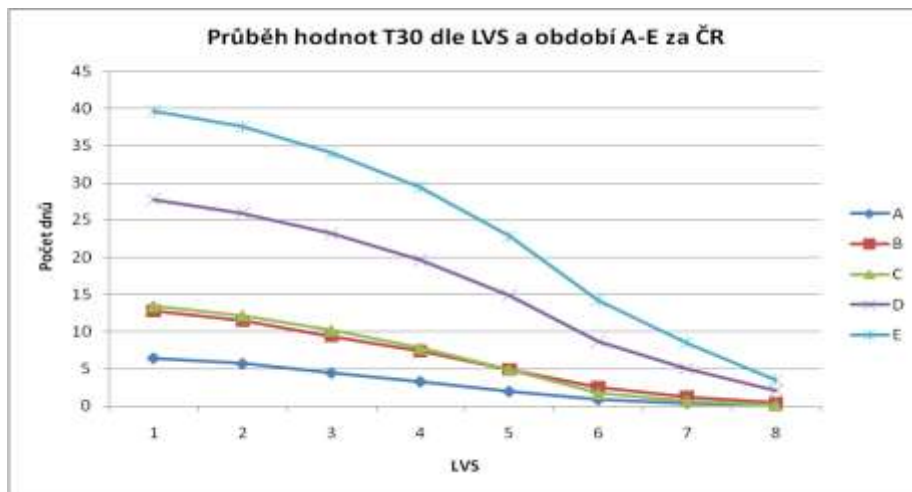


***Vývoj hodnot klimatického stresového faktoru Tz (počet teplotních zvrátů v předjaří) v pěti sledovaných obdobích od roku 1961 do 2099.***





*Průběh hodnot stresového faktoru 10D dle LVS v obdobích A-E na území ČR*



***Průběh hodnot stresového faktoru T30 dle LVS v obdobích A-E na území ČR***

## Zhodnocení současného stavu lesních porostů a odhad jejich dalšího pravděpodobného vývoje

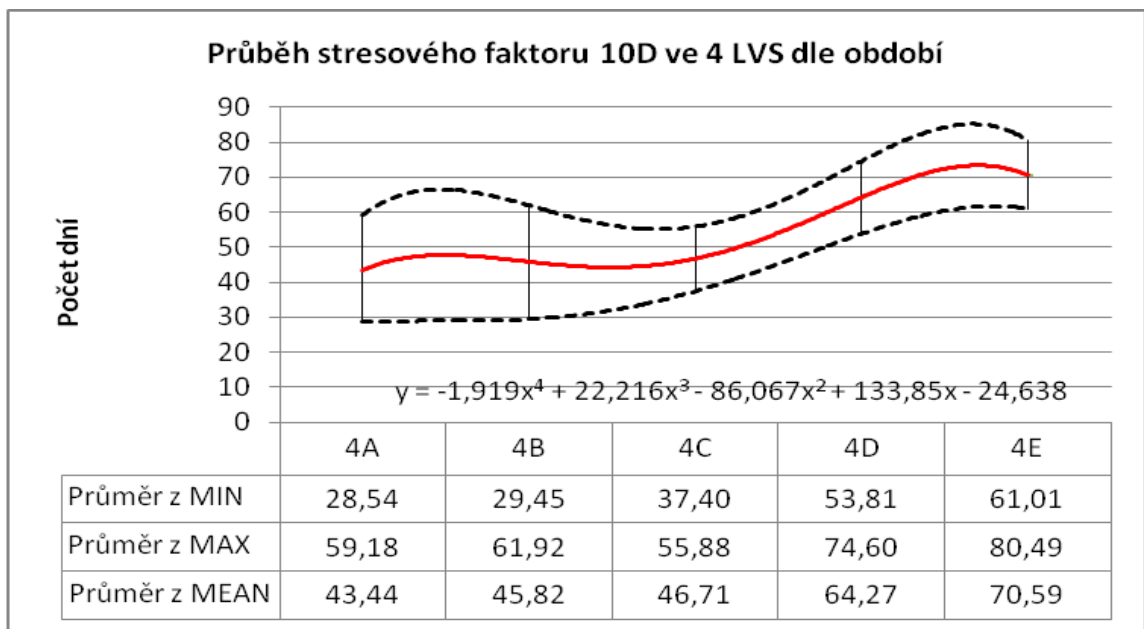
### *Metody*

- Pracovalo se s agregovanými typologickými jednotkami, jako jsou **skupiny lesních typů (SLT)** nebo **cílové hospodářské soubory (HS)** – v našem pojetí jde o **typy vývoje lesa (TVL)**, v kombinaci s **porostními typy (PT)**. Zatímco SLT a TVL informují o stanovištních podmínkách, PT charakterizuje současnou dřevinnou skladbu.
- Použity byly především hodnoty průměrných denních teplot a denních úhrnů srážek, včetně jejich minimálních a maximálních hodnot pro jednotlivé měsíce a vegetační sezónu a stresových parametrů, vyjadřujících celkovou délku suchých období (10D) a počet tropických dnů (T30) ve vegetační sezóně. Všechny klimatické parametry byly extrapolovány pro jednotlivé **lesní vegetační stupně (LVS)** v rámci dané **přírodní lesní oblasti (PLO)**.

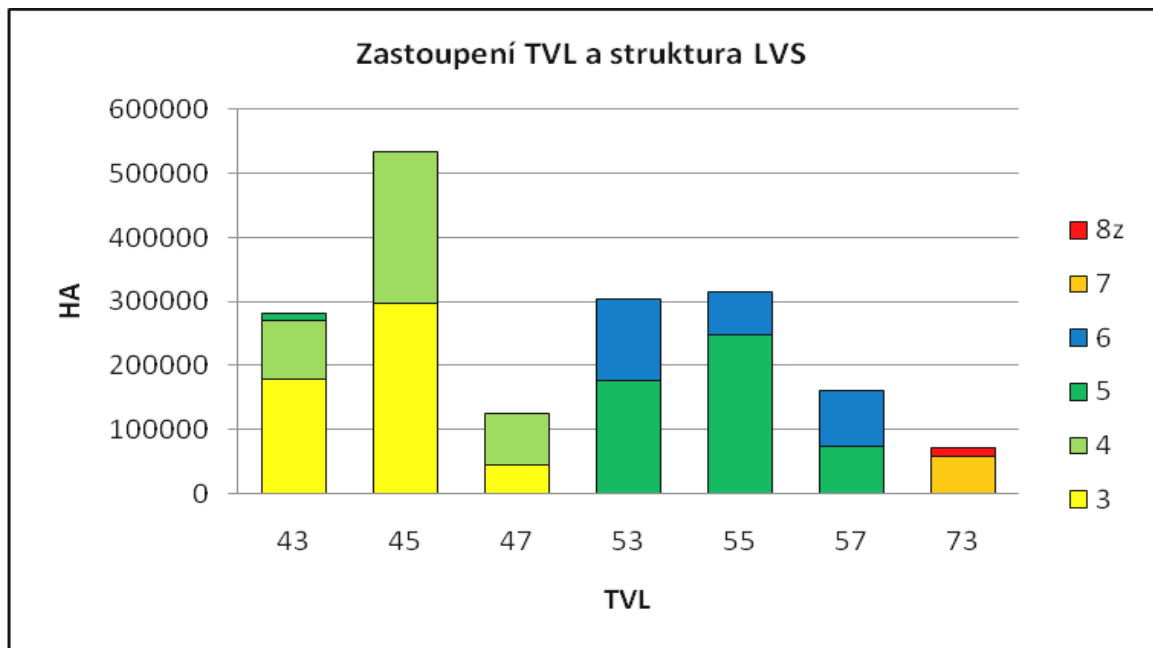
- Analýzy stresových faktorů 10D a T30 byly zpracovány v prvním kroku pro jednotlivé lesní vegetační stupně (LVS) na celém území ČR pro období A-E. Jako referenční lesní vegetační stupeň, popisující nejlépe klimatické podmínky pro smrk ztepilý byl zvolen **4. LVS**. Pak byl porovnáván jejich průběh za období C, D a E k současnému stavu – období B (1991–2009), resp. trendu jejich vývoje od období A. Na tomto základě byl pak odhadnut možný „posun“ LVS.

- Ve druhém kroku byl porovnáván průběh veličin stresových faktorů 10D a T30 v obdobích A až E po jednotlivých přírodních lesních oblastech (PLO).

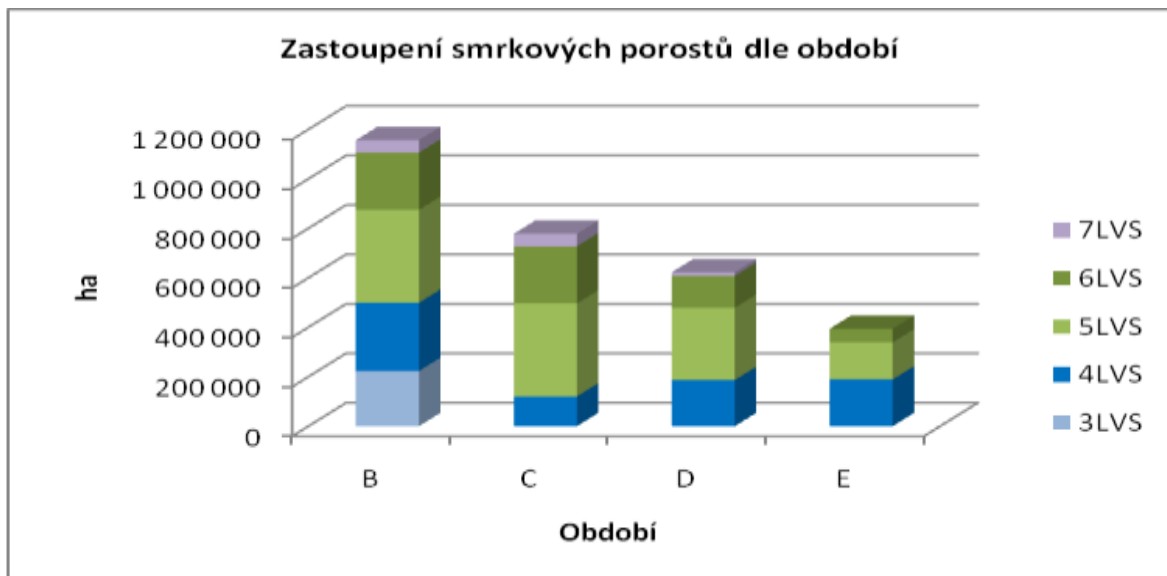
Tento přístup umožnil rozdělit PLO na PLO s „normálním“ tedy „standardním“ průběhem stresových faktorů, dále pak na PLO s charakterem „studeného“ klimatu, tj. min. pohybem LVS v analyzovaných obdobích a na PLO s charakterem „teplého“ klimatu, resp. „super teplého“ klimatu s posunem LVS až o dva vegetační stupně.



**Průměrné, minimální a maximální hodnoty stresového faktoru 10D v LVS 4 v obdobích A-E (1961-2099)**



***Zastoupení LVS ve vybraných TVL a jejich plošná výměra v ČR***



***Posun smrkových porostů do nižších vegetačních stupňů v období 1991 – 2099. Období B (1991–2009), C (2010–2039), D (2040–2069) a E (2070–2099)***

## ***Výsledky***

***Období C:*** nevykazuje změny proti hodnotám v období B. Hodnoty klimatických parametrů, stejně jako hodnoty stresového faktoru D10, ukazují, že v tomto období by podmínky pro ekologickou valenci smrku neměly být narušeny;

***Období D:*** výrazný posun klimatických podmínek LVS 4 -5 mimo ekologickou valenci smrku;

***Období E:*** klimatické podmínky splňuje pouze LVS 8, LVS 7 se již pohybuje na kritické hranici posunu do dnešních klimatických podmínek pro LVS 4.



## **Ekologickou valenci pro pěstování smrku nesplňují následující LVS jednotlivých PLO v obdobích:**

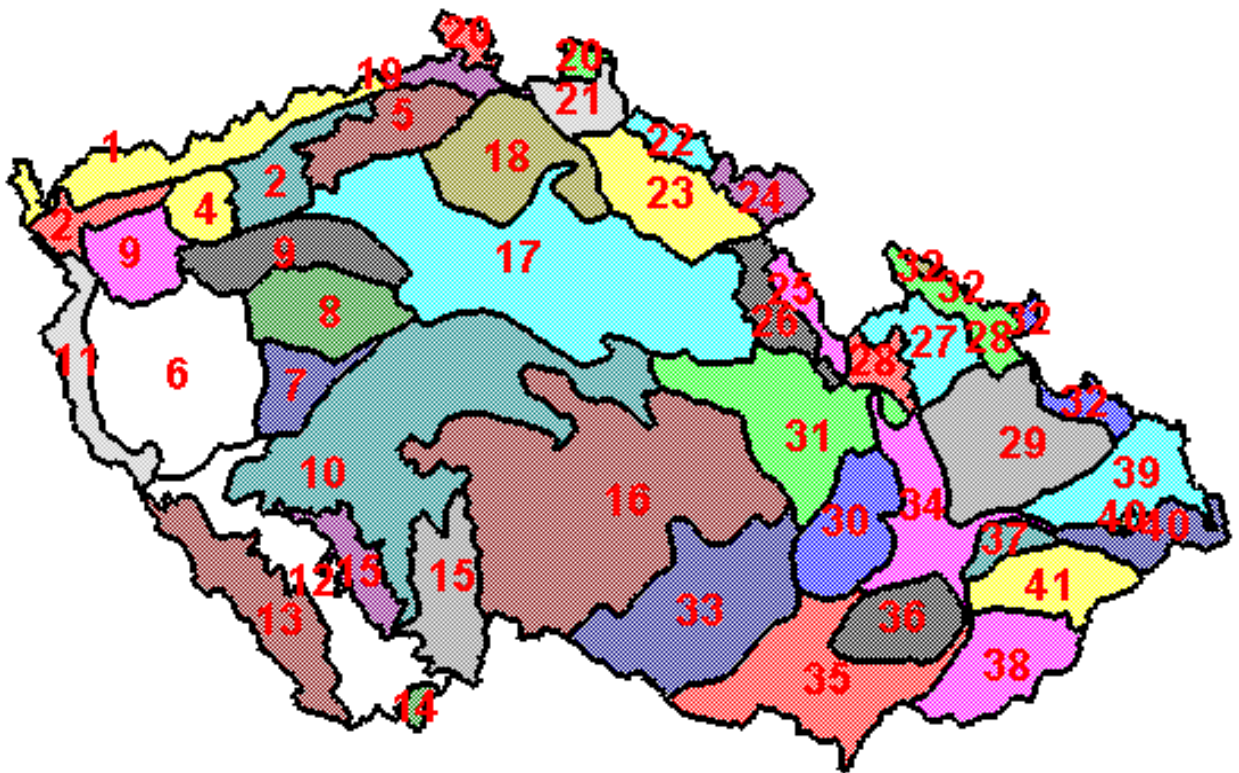
**Období B:** PLO 4, 8, 9, 10, 17, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37;

**Období C:** PLO 1 (pro LVS 4), 31;

**Období D:** PLO 1 (mimo LVS 8), 2, 3, 4, 5, 6, 7 (mimo LVS 5 – 6), 11 (mimo LVS 7), 12 (pro LVS 4), 14 (pro LVS 5), 15, 16, 18, 19, 20, 21 (pro LVS 4), 23 (pro LVS 4 – 5), 24, 25 (pro LVS 5-6), 26, 27 (pro LVS 4), 28 (pro LVS 4 - 5), 29, 38 (pro LVS 4 - 5), 31, 39 (pro LVS 4), 40 (pro LVS 4), 41 (pro LVS 4 - 5);

**Období E:** PLO 1 (mimo LVS 8), 2, 3, 4, 5, 6, 7 (mimo LVS 5 – 6), PLO 11 (pro LVS 7), 12 (pro LVS 5), 13 (pro LVS 5), 14 (pro LVS 6), 15, 16, 18, 19, 20, 21 (pro LVS 5), 22 (pro LVS 5), 23 (pro LVS 6), 24, 25 (pro LVS 5 - 6), 26, 27 (LVS 5 - 6), 28 (LVS 4 - 6), 29, 31, 40 (pro LVS 5).

Přírodní lesní oblasti: **41** obl.



název PLO	garant za PLO (pobočka ÚHÚL)		název PLO	garant za PLO (pobočka ÚHÚL)	
1	<a href="#">Krušné hory</a>	pob. Plzeň	22	<a href="#">Krkonoše</a>	pob. Hradec Králové
2	<a href="#">Podkrušňohorské pánve</a>	pob. Plzeň	23	<a href="#">Podkrkonoší</a>	pob. Hradec Králové
3	<a href="#">Karlovarská vrchovina</a>	pob. Plzeň	24	<a href="#">Sudetské mezihorí</a>	pob. Hradec Králové
4	<a href="#">Doupovské hory</a>	pob. Plzeň	25	<a href="#">Orlické hory</a>	pob. Hradec Králové
5	<a href="#">České středohoří</a>	pob. Jablonec	26	<a href="#">Předhoří Orlických hor</a>	pob. Hradec Králové
3	<a href="#">Západočeská pahorkatina</a>	pob. Plzeň	27	<a href="#">Hrubý Jeseník</a>	pob. Olomouc
7	<a href="#">Brdská vrchovina</a>	pob. Stará Boleslav	28	<a href="#">Předhoří Hrubého Jeseníku</a>	pob. Olomouc
3	<a href="#">Křivoklátsko a Český kras</a>	pob. Stará Boleslav	29	<a href="#">Nízký Jeseník</a>	pob. Frýdek — Místek
3	<a href="#">Rakovnicko-kladenská pahorkatina</a>	pob. Stará Boleslav	30	<a href="#">Drahanská vrchovina</a>	pob. Brno
10	<a href="#">Středočeská pahorkatina</a>	pob. Stará Boleslav	31	<a href="#">Českomoravské mezihorí</a>	pob. Olomouc
11	<a href="#">Český les</a>	pob. Plzeň	32	<a href="#">Slezská nížina</a>	pob. Frýdek - Místek
12	Předhoří Šumavy a Novohradských hor	pob. České Budějovice	33	<a href="#">Předhoří Českomoravské vrchoviny</a>	pob. Brno
13	<a href="#">Šumava</a>	pob. Plzeň	34	<a href="#">Hornomoravský úval</a>	pob. Olomouc
14	<a href="#">Novohradské hory</a>	pob. České Budějovice	35	<a href="#">Jihomoravské úvaly</a>	pob. Brno
15	Jihočeské pánve	pob. České Budějovice	36	<a href="#">Středomoravské Karpaty</a>	pob. Kroměříž
16	<a href="#">Českomoravská vrchovina</a>	pob. Brno	37	<a href="#">Kelečská pahorkatina</a>	pob. Kroměříž
17	<a href="#">Polabí</a>	pob. Hradec Králové	38	<a href="#">Bílé Karpaty</a> a <a href="#">Vizovické vrchy</a>	pob. Kroměříž
18	<a href="#">Severočeská pískovcová plošina</a> a <a href="#">Český ráj</a>	pob. Jablonec n. Nisou	39	<a href="#">Podbeskydská pahorkatina</a>	pob. Frýdek-Místek
19	<a href="#">Lužická pískovcová vrchovina</a>	pob. Jablonec n. Nisou	40	<a href="#">Moravskoslezské Beskydy</a>	pob. Frýdek-Místek
20	<a href="#">Lužická pahorkatina</a>	pob. Jablonec n. Nisou	41	Hostýnskovsetínské vrchy a Javorníky	pob. Frýdek-Místek
21	<a href="#">Jizerské hory</a> a <a href="#">Ještěd</a>	pob. Jablonec n. Nisou			

**Ekologickou valenci pro smrk splňují v obdobích A – E  
následující LVS v PLO:**

**PLO:** 1 (pro LVS 8),  
3 (pro LVS 7),  
7 (pro LVS 5 - 6),  
12 (pro LVS 6),  
13 (pro LVS 6 - 8),  
14 (pro LVS 7),  
21 (pro PLO 6 - 8),  
22 (pro LVS 6 - 8),  
25 (pro LVS 7),  
27 (pro LVS 7 - 8),  
40 (pro LVS 6 – 7),  
41 (pro LVS 6).

Práce provedené v rámci projektu v rámci projektu  
**CzechAdapt – Systém pro výměnu informací o  
dopadech změny klimatu, zranitelnosti a adaptačních  
opatřeních na území ČR** (EHP-CZ02-OV-1-014-2014),  
podpořeného grantem z Islandu, Liechtensteinska a  
Norska and TAČR No. TD03000093 (2015-2016)

## **Globální a regionální modely CORDEX**

- CORDEX modely jsou sponzorovány v rámci programu WCRP (World Climate Research Program) pro tvorbu regionálních scénářů změny klimatu, přispívající k realizaci cílů IPCC AR5.
- EC-EARTH - RACMO22E (regionální model Dutch Meteorological Service, řízený globálním modelem European Union Consortium)
- MOHC-HADGEM2-ES - RCA4 (regionální model Swedish Rossby Centre, řízený globálním modelem British Hadley Centre)
- MPI-ESM-LR - CLM4.8.17 (regionální model German-Swiss Consortium COSMO, řízeného německým globálním modelem Max Planck Institute, známého jako "ECHAM")

### **RCP (Representative Concentration Pathways )**

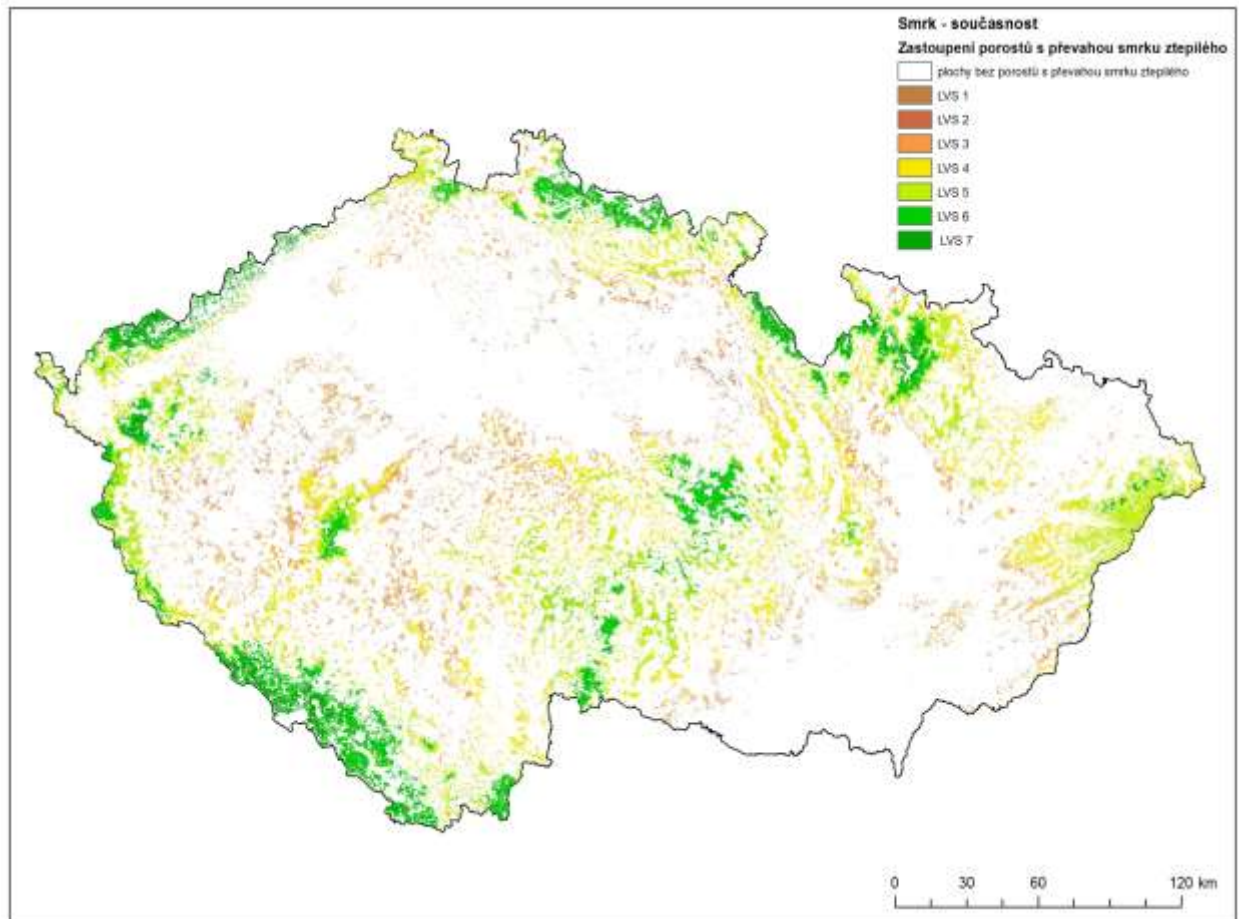
- Pro IPCC Assessment Report (AR5) byly v roce 2014 aplikovány 4 scénáře vývoje koncentrací skleníkových plynů.
- Tyto scénáře RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 a RCP 8.5 jsou pojmenovány podle jejich násobků zvýšení radiačních hodnot v roce 2100 ve srovnání s preindustriálními hodnotami (+2.6, +4.5, +6.0, +8.5 W/m<sup>2</sup>).

# Metody

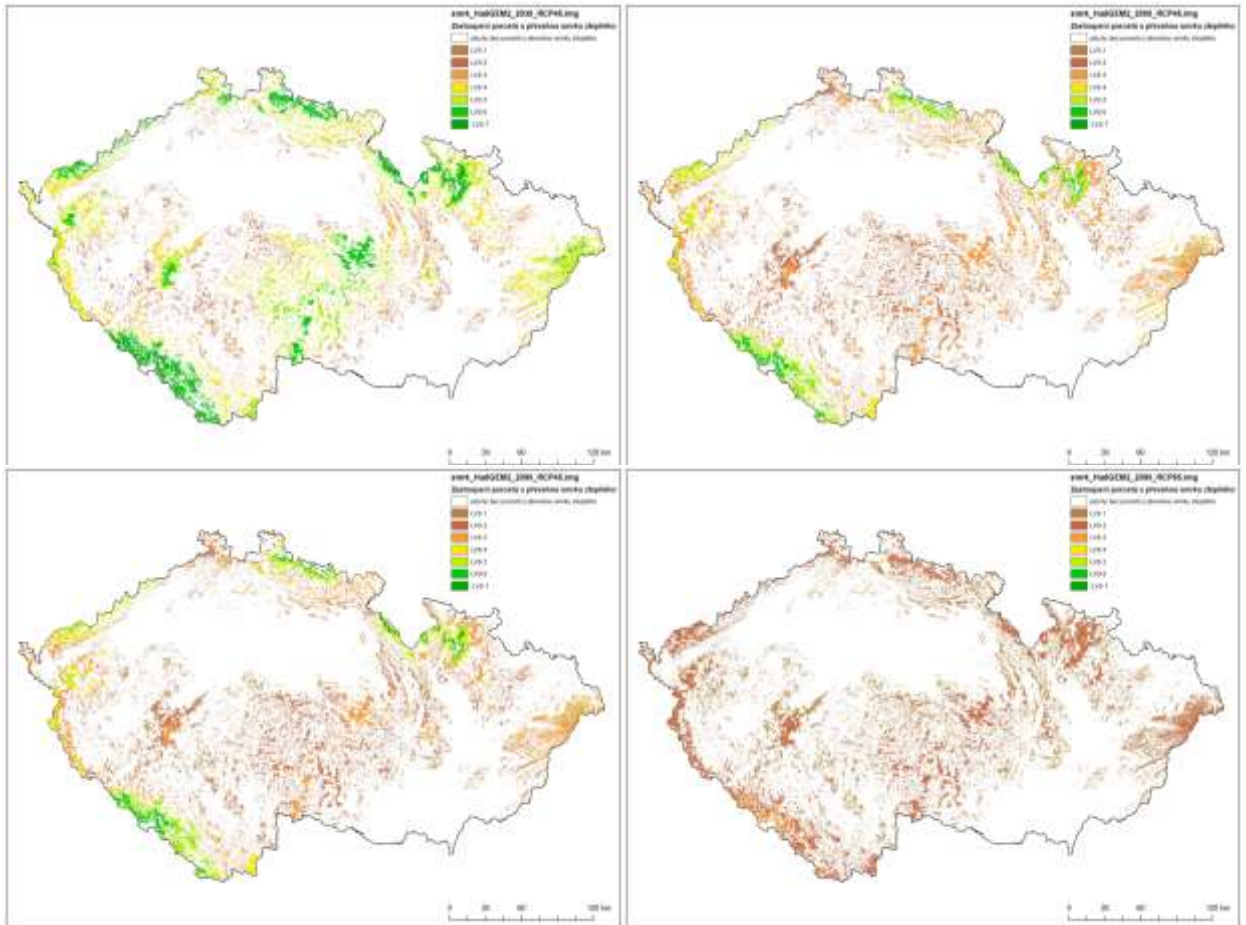
- Na základě klimatických scénářů bude odhadnut pravděpodobný vývoj klimatických podmínek, umožňujících růst lesních porostů s převahou smrku ztepilého od úrovně přírodních lesních oblastí (PLO) či větších agregovaných jednotek až po celou ČR (Cudlín et al., 2012).

## ***Vstupní data***

- a) údaje ÚHÚL o výskytu a rozloze 8 nejvýznamnějších hospodářských souborů v ČR
- b) klimatické údaje o průměrných denních teplotách a denních úhrnech srážek za období 1980-2010 a z modelu klimatické změny za období 2020-2040, 2040-2060 a 2060-2080 z projektu CzechAdapt








## Závěry

- Výsledky analýzy LVS pro celé území ČR dokladují, že v období C by nemělo dojít k posunu LVS, naopak hodnoty některých stresových faktorů jsou někdy překvapivě nižší než v období B. V obdobích D – E lze na základě provedené analýzy naopak přepokládat posun LVS zpravidla o dva LVS k nižším LVS.
- Stresové klimatické faktory diferencují jednak tzv. “teplé” PLO, resp. jejich LVS, nesplňující kritéria ekologické valence smrku v současném období B, a jednak „studené“ PLO, které podle scénářů vyhovují ekologické valenci smrku.
- „Studené“ PLO jsou především horské PLO od LVS 6 výše (PLO 13, 21, 22, 27 a 40). Ve všech ostatních PLO se již vyskytují LVS, které alespoň v jednom z období překročí v předpokládaných hodnotách klimatických parametrů ekologickou valenci smrku.
- Obecně se dá konstatovat, že období D a E v PLO pahorkatinného až vrchovinného typu nebudou vyhovovat kritériím odpovídajícím ekologické valenci smrku ztepilého.

# Adaptační opatření

- Pro 8 plošně rozsáhlých a významných cílových hospodářských souborů byla navržena adaptační opatření na klimatickou změnu, a to vždy pro tři porostní typy, lišící se přirozeností druhové skladby (segment porostního typu modelový, modifikovatelný nebo vzdálený).
- Rozhodnutí o uskutečnění či neuskutečnění opatření musí být učiněno u konkrétního porostu určité kvality a podle lokální predikce možného ohrožení. Obecně nejdůležitějším opatřením je zvyšování adaptačního potenciálu lesů druhovou, genovou a věkovou diverzifikací porostů pomocí převodu holosečného způsobu hospodaření na podrostní za účelem pěstování bohatě strukturovaných lesů.



**Děkuji za pozornost**

**Doc.RNDr. Pavel Cudlín, CSc.**

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.  
Lipová 9, České Budějovice

[cudlin.p@czechglobe.cz](mailto:cudlin.p@czechglobe.cz)

Tato prezentace byla vytvořena v rámci projektu CzechAdapt – Systém pro výměnu informací o dopadech změny klimatu, zranitelnosti a adaptačních opatřeních na území ČR (EHP-CZ02-OV-1-014-2014), podpořeného grantem z Islandu, Liechtensteinska a Norska and TAČR No. TD03000093. Práce byly též podpořeny projektem MŠMT v rámci projektu NPU I, LO1415. Vrstva mapování přírodních biotopů byla poskytnuta AOPK ČR.