



# Lesy a lesnictví České republiky v období globální klimatické změny

*Petr Čermák*

# ÚSTAV OCHRANY LESŮ A MYSLIVOSTI LESNICKÉ A DŘEVAŘSKÉ FAKULTY MENDELU V BRNĚ



Ústav vyvíjí pedagogickou i vědeckou aktivitu především v oblastech ochrany lesa a stresové ekologie, fytopatologie, mykologie, lesnické entomologie, myslivosti, aplikované zoologie, ekologie a genetiky živočichů.

## NEJVÝZNAMNĚJŠÍ PROJEKTY



[www.phytophthora.org](http://www.phytophthora.org)

**Rámce a možnosti lesnických adaptačních opatření  
a strategií souvisejících se změnami klimatu**

[www.frameadapt.cz](http://www.frameadapt.cz)



**Holistic management of emerging  
forest pests and diseases**  
[homed-project.eu](http://homed-project.eu)



[emphasisproject.eu](http://emphasisproject.eu)

**Effective Management of Pests and  
Harmful Alien Species – Integrated  
Solutions**



# ÚSTAV OCHRANY LESŮ A MYSLIVOSTI LESNICKÉ A DŘEVAŘSKÉ FAKULTY MENDELU V BRNĚ



[atlasposkozeni.mendelu.cz](http://atlasposkozeni.mendelu.cz)



platforma  
pro systémovou biologii  
a ekologii dřevin

[www.s-trom.eu](http://www.s-trom.eu)



INDIKÁTORY  
VITALITY DŘEVIN

[www.invid.cz](http://www.invid.cz)



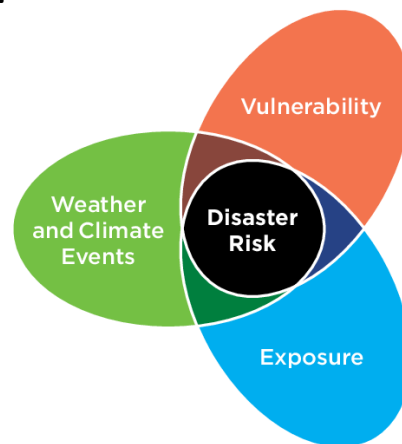
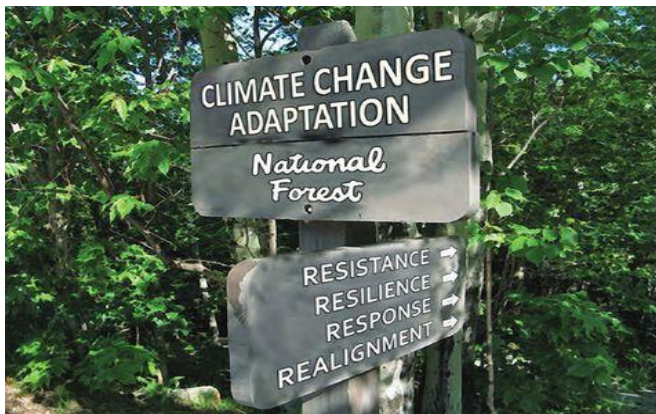
**Petr Čermák** – dopady klimatické změny, adaptační opatření v lesích, abiotické a antropogenní stresory, hodnocení zdravotního stavu dřevin

**RESEARCHGATE:** [www.researchgate.net/profile/Petr\\_Cermak4](http://www.researchgate.net/profile/Petr_Cermak4)

**PUBLONS:** [publons.com/researcher/2566008/petr-cermak/](http://publons.com/researcher/2566008/petr-cermak/)

# LESNICTVÍ V 21. STOLETÍ

- musí reagovat na **globální hrozby** – klimatická změna, globální transport biologického materiálu, globální zátěže životního prostředí;
- řada epizod chřadnutí či odumírání lesa **vyvolaná komplexem příčin**, přičemž vůči některým je nemožné přijímat tradiční preventivní, obranná či ochranná opatření;
- opatření směřující k **zvýšení adaptability, všech složek odolnosti, omezující dopady disturbancí**; cílem je zvýšení bezpečnosti, a to jak **bezpečnosti produkce**, tak ve smyslu **environmentální bezpečnosti**, cílem je také rozložení rizik – např. diverzifikací hospodaření;
- neshadnost identifikace příčin a jejich rolí (násobné účinnosti, zpožděné účinnosti...), nutnost použití progresivních diagnostických metod.



› FROM IPCC 2012.452

velké prostorové měřítko  
**biosecurity**  
zajištění ekosystémových služeb  
interdisciplinarita  
**adaptabilita**  
mitigace  
**udržitelnost**

opatření na úrovni ekosystému a krajiny  
**environmentální bezpečnost**  
disturbační management

rozložení rizika  
**bezpečnost produkce**

# EMISE UHLÍKU DO OVZDUŠÍ VLIVEM LIDSKÉ ČINNOSTI

88% 7.7 billion metric tonnes per year



photo credit: Kodda

Fossil Fuels & Cement

2000  
to  
2009

12% 1.1 billion metric tonnes per year



Land Use Change

2000  
to  
2009

## KAM JE ČLOVĚKEM PRODUKOVANÝ UHLÍK UKLÁDÁN

47% 4.1 billion metric tonnes per year



photo credit: Gregory Heath

Atmosphere

2000  
to  
2009

27% 2.4 billion metric tonnes per year



photo credit: H-D Viktor Bochim

Land

2000  
to  
2009

26% 2.3 billion metric tonnes per year



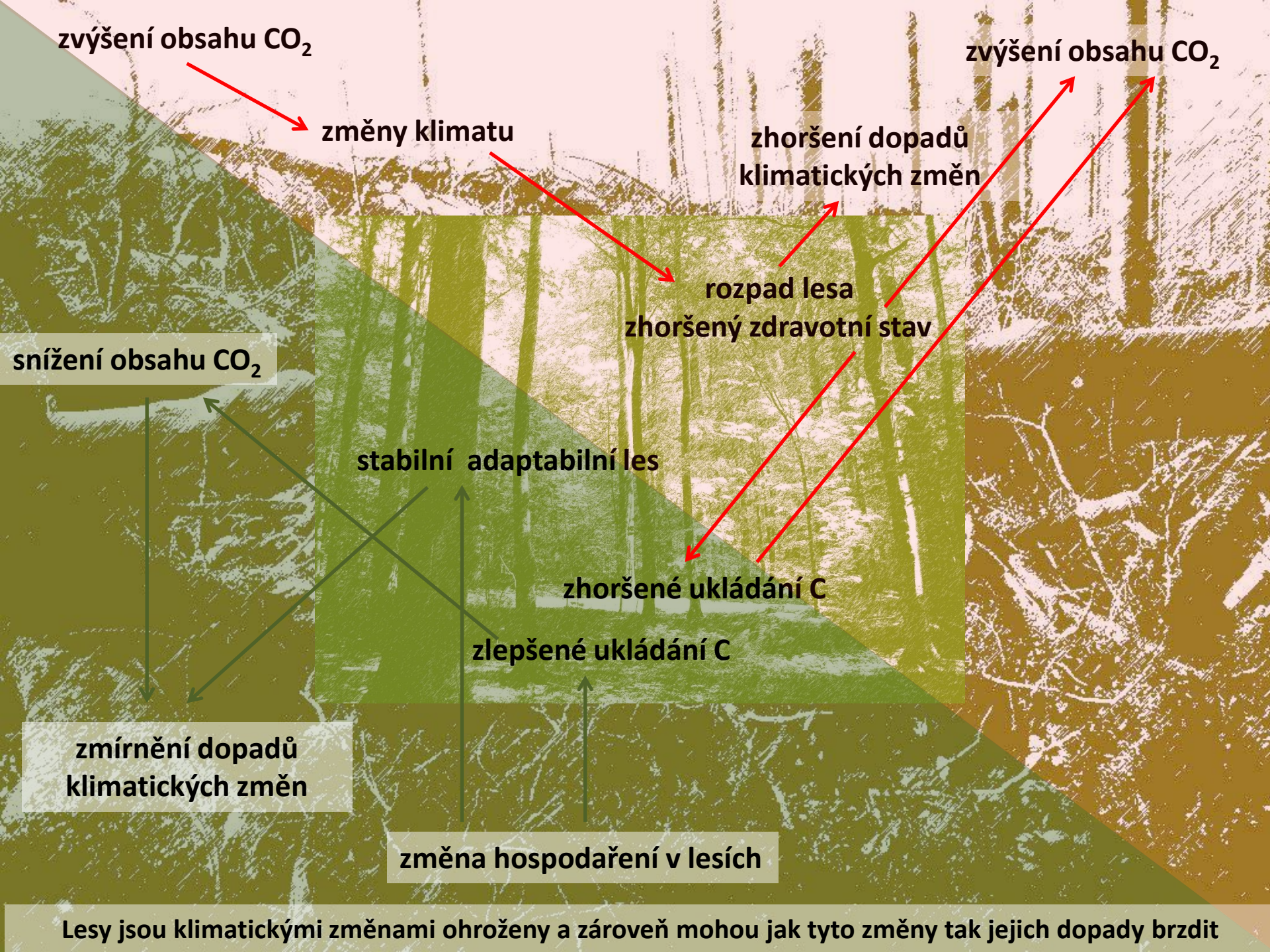
photo credit: BAS

Oceans

2000  
to  
2009

Data published Nov. 21 2010 at Nature Geoscience + GlobalCarbonProject.org

Graphic Production: **CO2Now.org**



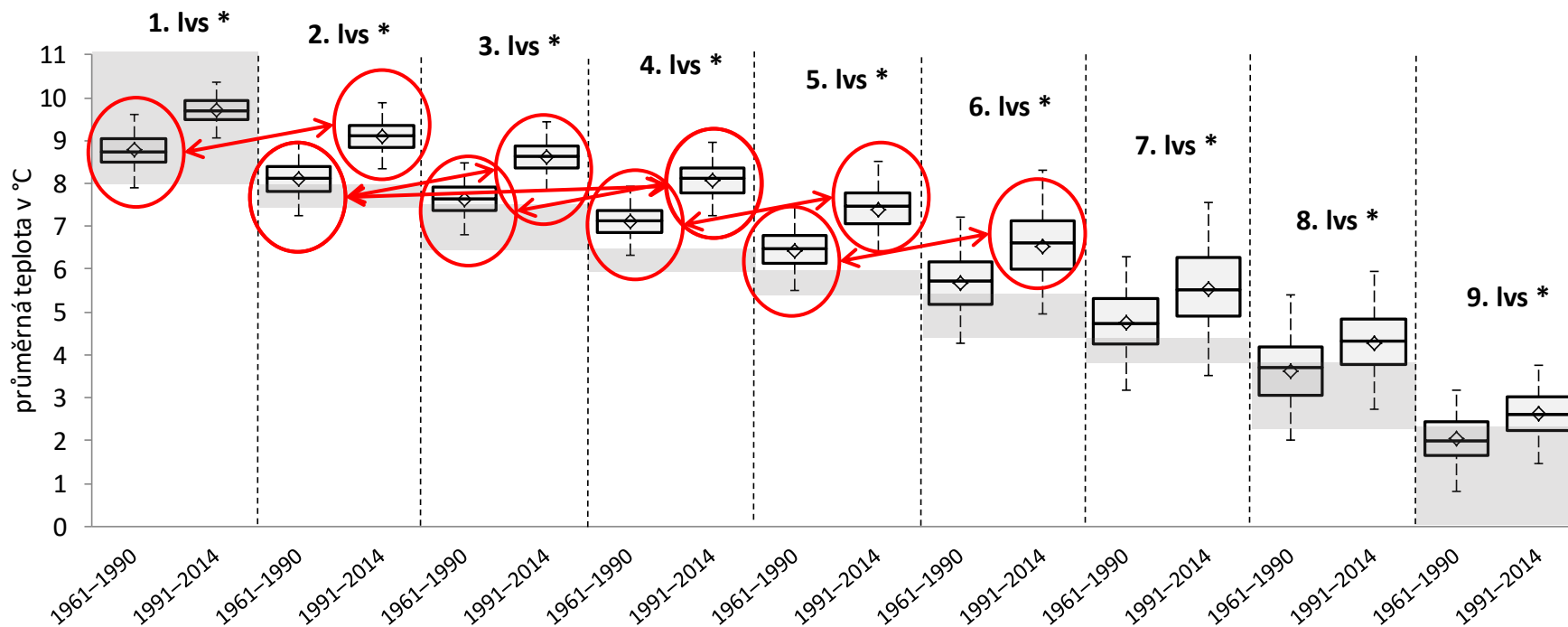
Lesy jsou klimatickými změnami ohroženy a zároveň mohou jak tyto změny tak jejich dopady brzdit

# DOSAVADNÍ ZMĚNY KLIMATU

## Změny klimatu lesních vegetačních stupňů – srovnání 1961–1990 a 1991–2014

- v absolutních hodnotách narostla po roce 1990 teplota nejvíce v nejnižších lvs, v relativním vyjádření (v porovnání s průměrnou teplotou) se však nárůst teploty zvyšoval s nadmořskou výškou
- rozdíly přesahující rozdíly mezi lvs

průměrná teplota (úsečky  $\pm 1.5$  IQR)



šedě jsou vyznačeny hodnoty uváděné Plívou (1991)

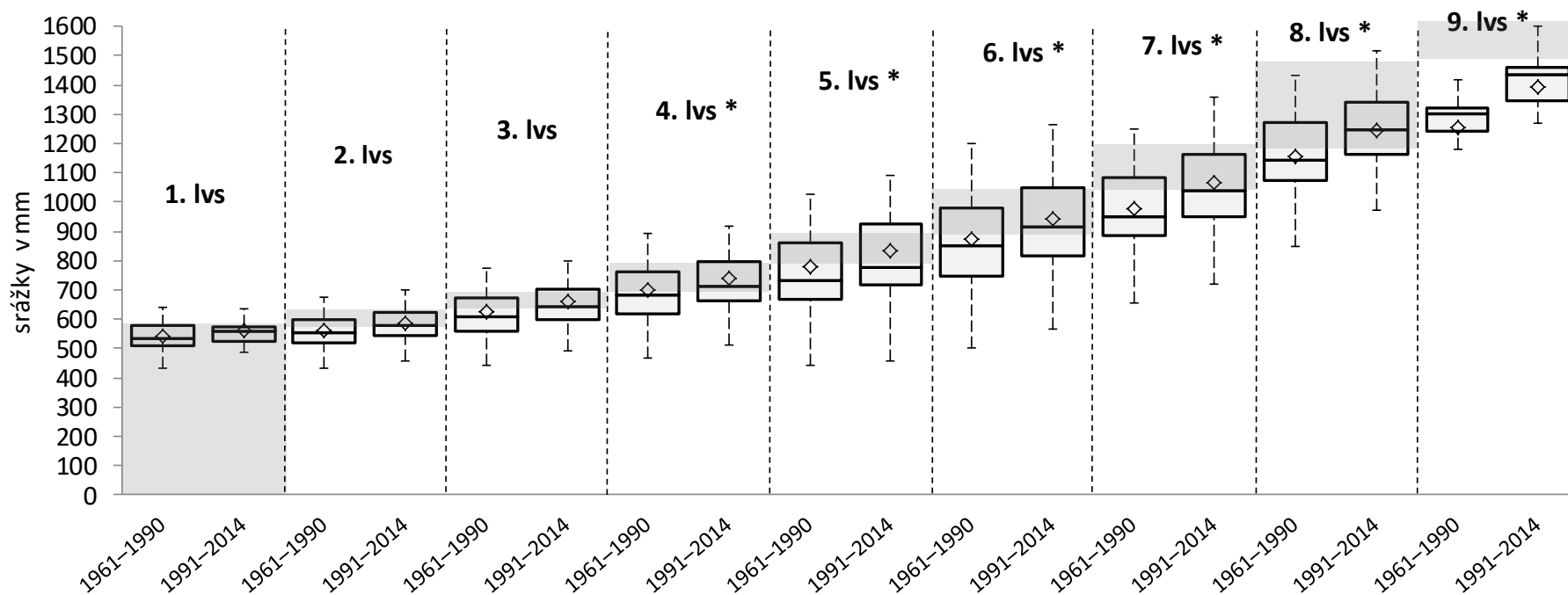
Podklady pro analýzu: mapa LVS (ÚHUL), interpolovaná klimatická data s prostorovým rozlišením 500 m pomocí vlastní interpolační metody vyvinuté pro potřeby tohoto projektu a uzpůsobené meteorologickým prvkům v ČR (ŠTĚPÁNEK et al., 2009, 2011)

# DOSAVADNÍ ZMĚNY KLIMATU

## Změny klimatu lesních vegetačních stupňů – srovnání 1961–1990 a 1991–2014

- úhrn ročních srážek mírně narostl
- dostupnost vody pro dřeviny se však nezvýšila, viz další strana

srážky (úsečky  $\pm 1.5$  IQR)



šedě jsou vyznačeny hodnoty uváděné Plívou (1991)

Podklady pro analýzu: mapa LVS (ÚHUL), interpolovaná klimatická data s prostorovým rozlišením 500 m pomocí vlastní interpolační metody vyvinuté pro potřeby tohoto projektu a uzpůsobené meteorologickým prvkům v ČR (ŠTĚPÁNEK et al., 2009, 2011)

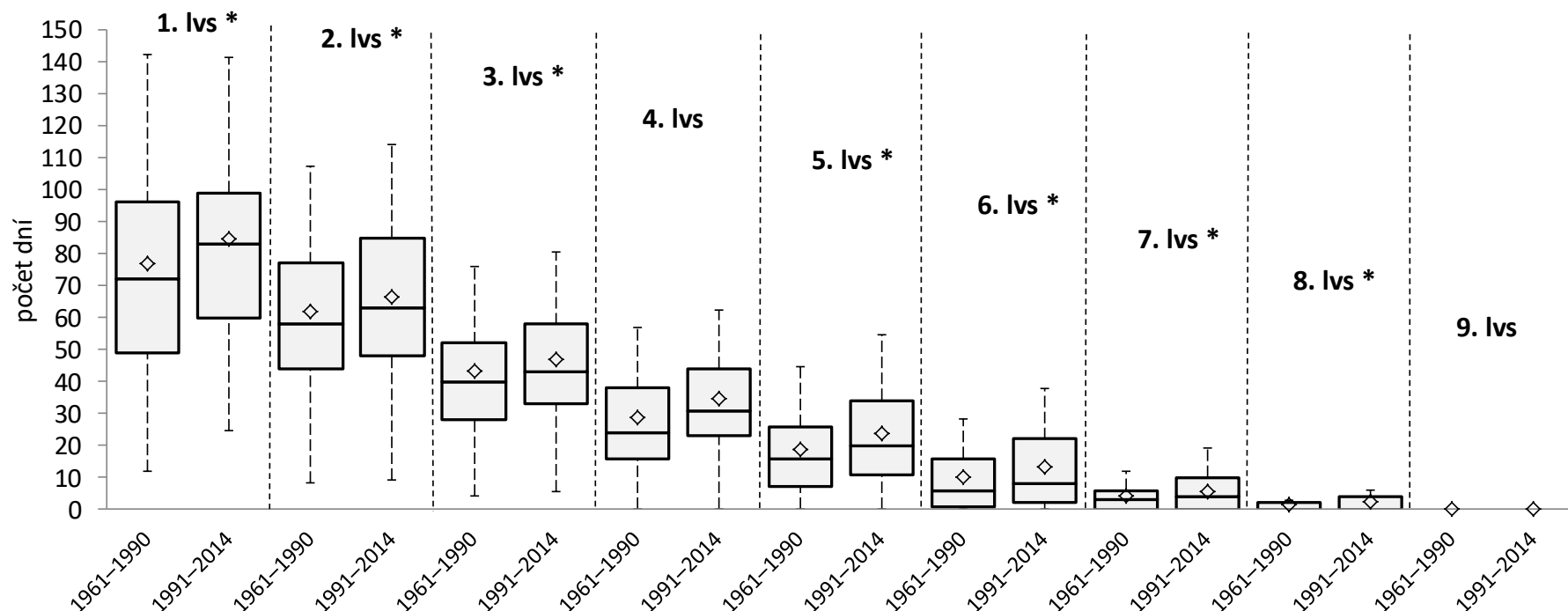


# DOSAVADNÍ ZMĚNY KLIMATU

## Změny klimatu lesních vegetačních stupňů – srovnání 1961–1990 a 1991–2014

- narostl počet dní se sníženou dostupností vody
- jde o důsledek vyššího výparu (vyšší teplota) a nerovnoměrnosti distribuce srážek (častější „very wet days – méně příznivý poměr vsak:odtok)

počet dní se sníženou dostupností vody v hloubce 0–40 cm (AWR1 menší než 50, daysAWR1\_50) chybové úsečky jsou +1.5 IQR

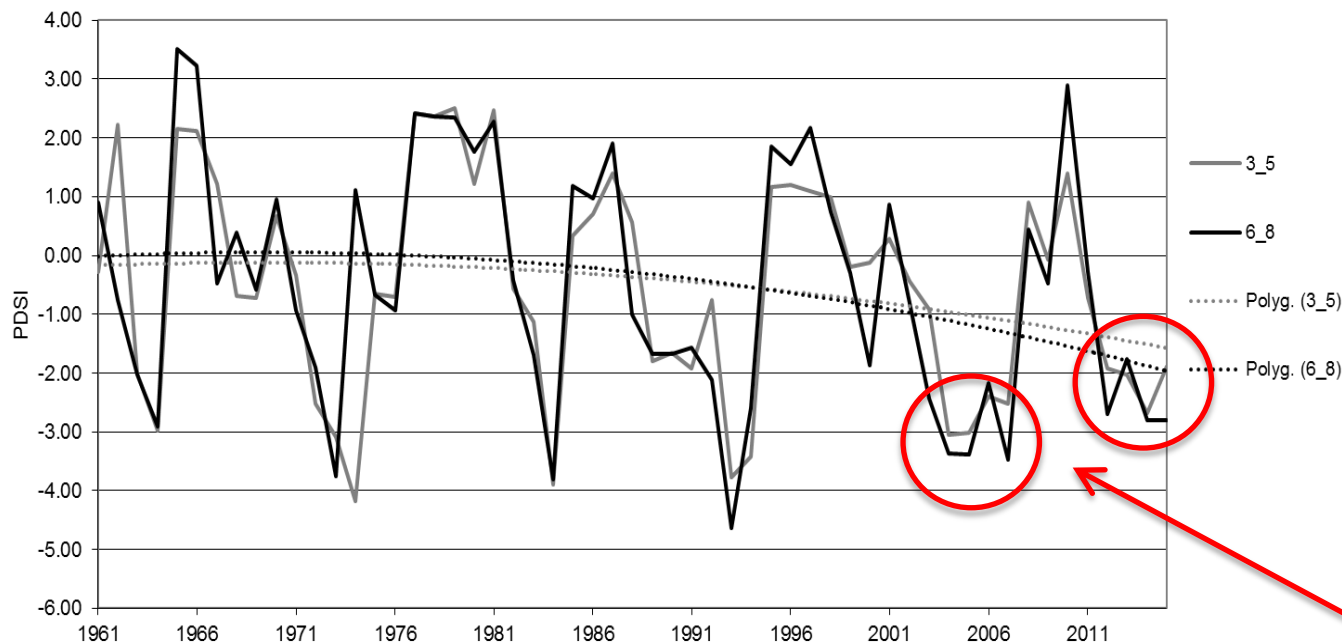


Podklady pro analýzu: mapa LVS (ÚHUL), interpolovaná klimatická data s prostorovým rozlišením 500 m pomocí vlastní interpolační metody vyvinuté pro potřeby tohoto projektu a uzpůsobené meteorologickým prvkům v ČR (ŠTĚPÁNEK et al., 2009, 2011)

# DOSAVADNÍ ZMĚNY KLIMATU

## Dopady v ČR – zejména důsledky změny distribuce srážek, dostupnosti vody v půdě

- většinou nejsou dosud zjištěny žádné signifikantní poklesy jarních měsíčních srážek (byť i ty byly v některých lokalitách pozorovány, viz dále);
- **kombinace vyššího celkového záření, vyšší teploty a deficit tlaku vodních par zvyšujících evapotranspiraci, společně s dřívějším začátkem vegetační doby vedou k rychlejšímu vyčerpání zásob vody v půdě.**

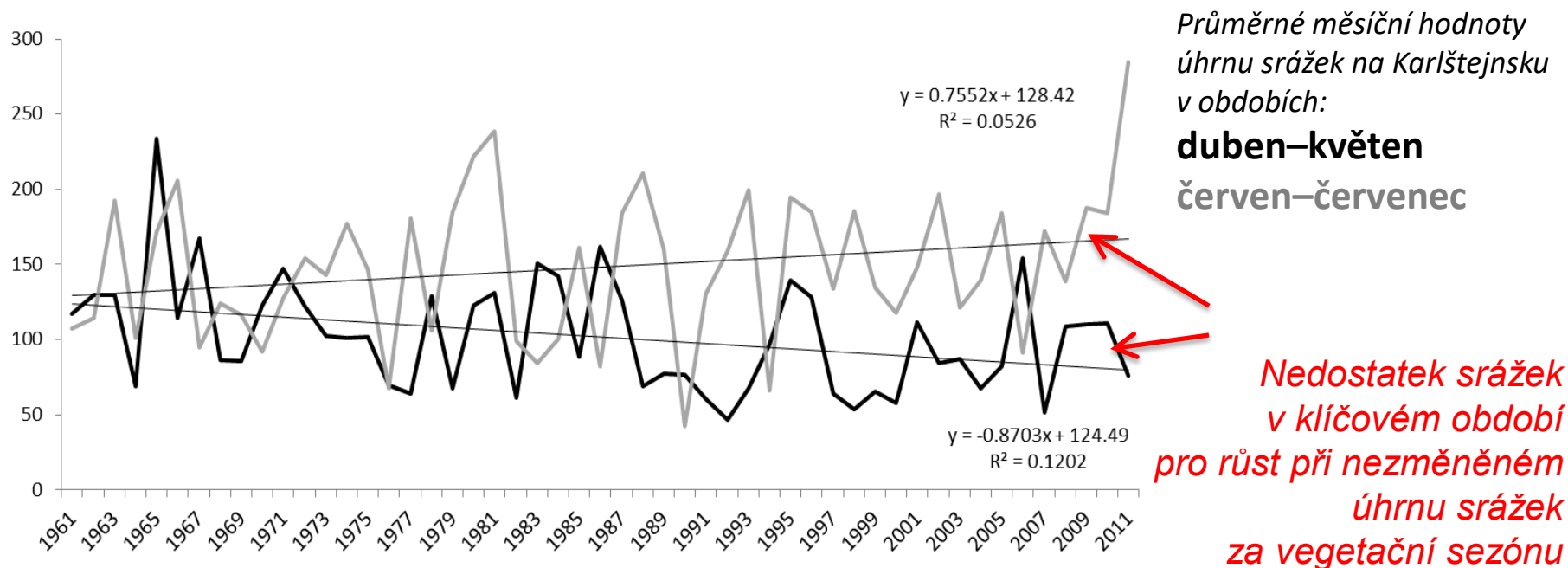


*Průměrné měsíční hodnoty Palmerova indexu závažnosti sucha (PDSI) v oblasti Libavé pro období březen–květen (3\_5) a červen–srpen (6\_8), hodnoty v rozmezí cca -0,5 až +0,5 znamenají normální stav, záporné hodnoty pod -0,5 znamenají sucho, extrémní sucho pak je při hodnotách pod -4)*

**opakovaně několik let po sobě**

# PŘEDPOKLÁDANÉ ZMĚNY KLIMATU

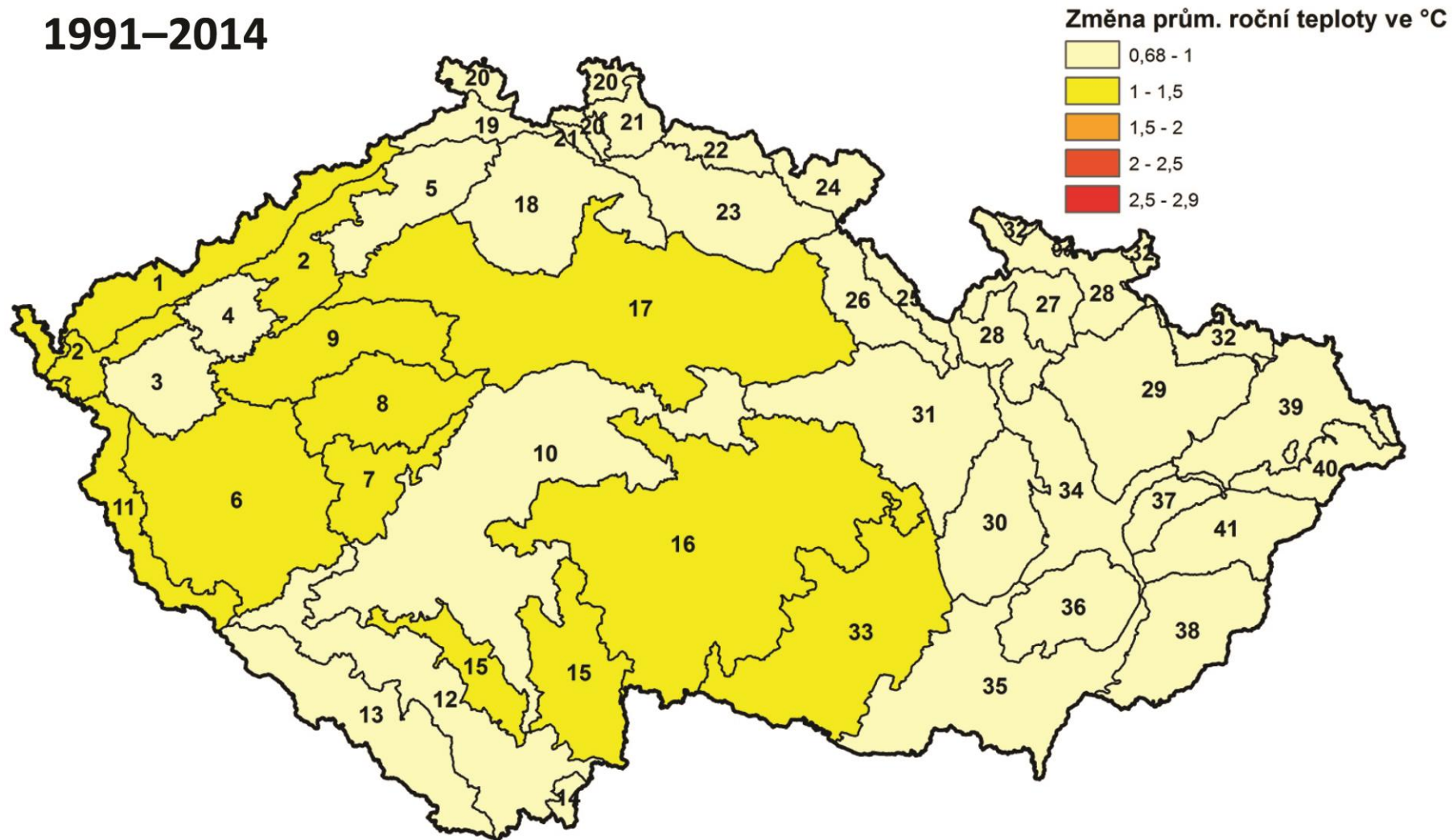
- další nárůst teplot
- po roce 2040 pokles ročních úhrnů srážek
- očekávané jsou změny v distribuci a extremitě srážek, a to znatelné
- obecně ohroženější je východní část ČR s vyšší kontinentalitou
- **kombinace vyššího celkového záření, vyšší teploty a deficitu tlaku vodních par zvyšujících evapotranspiraci, společně s dřívějším začátkem vegetační doby vedou a povedou k rychlejšímu vyčerpání zásob vody v půdě**



# DOSAVADNÍ ZMĚNY KLIMATU

Změny teplot dle PLO – srovnání 1991–2014 s 1961–1990

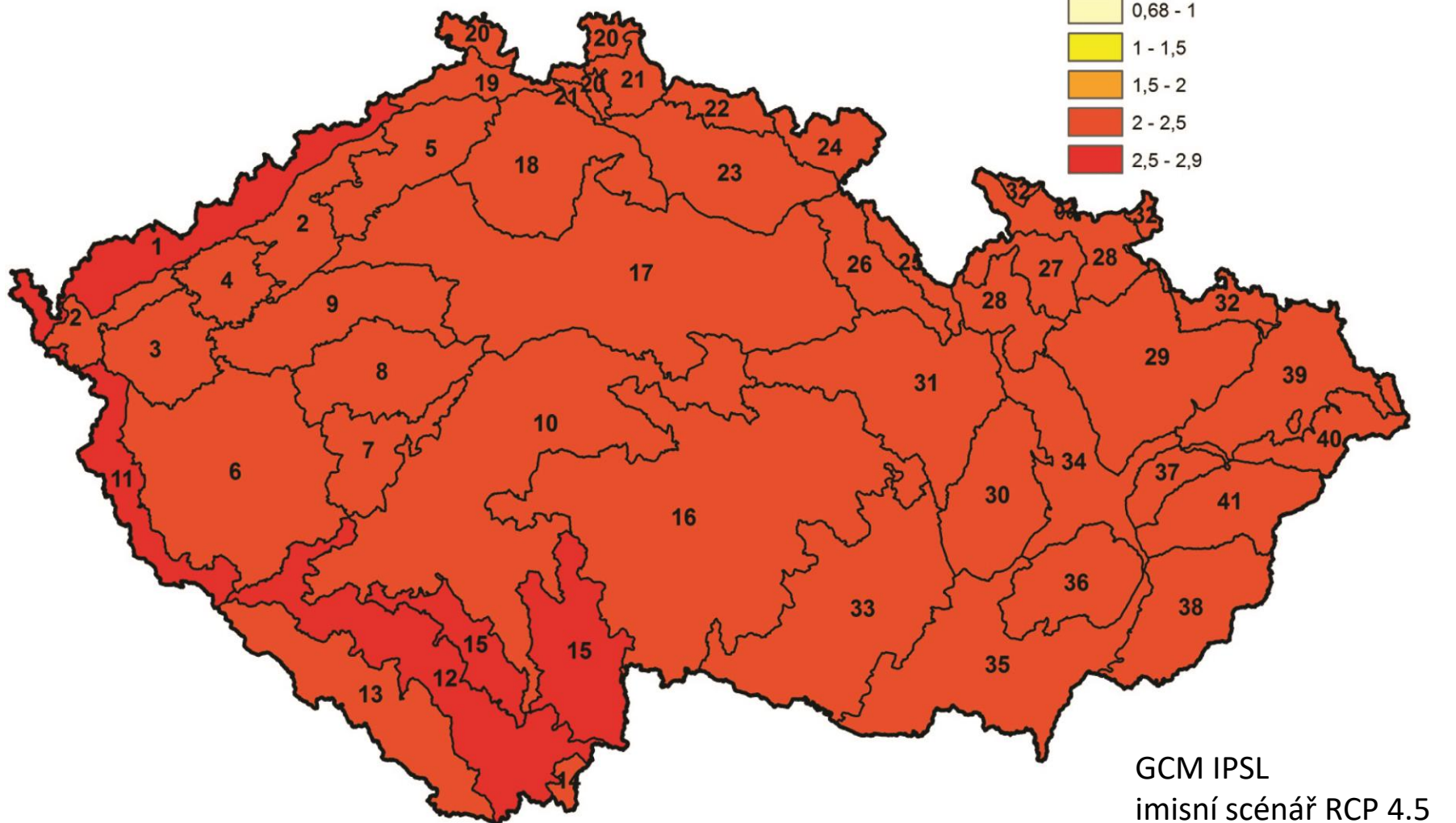
1991–2014



# PŘEDPOKLÁDANÉ ZMĚNY KLIMATU

Změny teplot dle PLO – srovnání 2041–2060 s 1961–1990

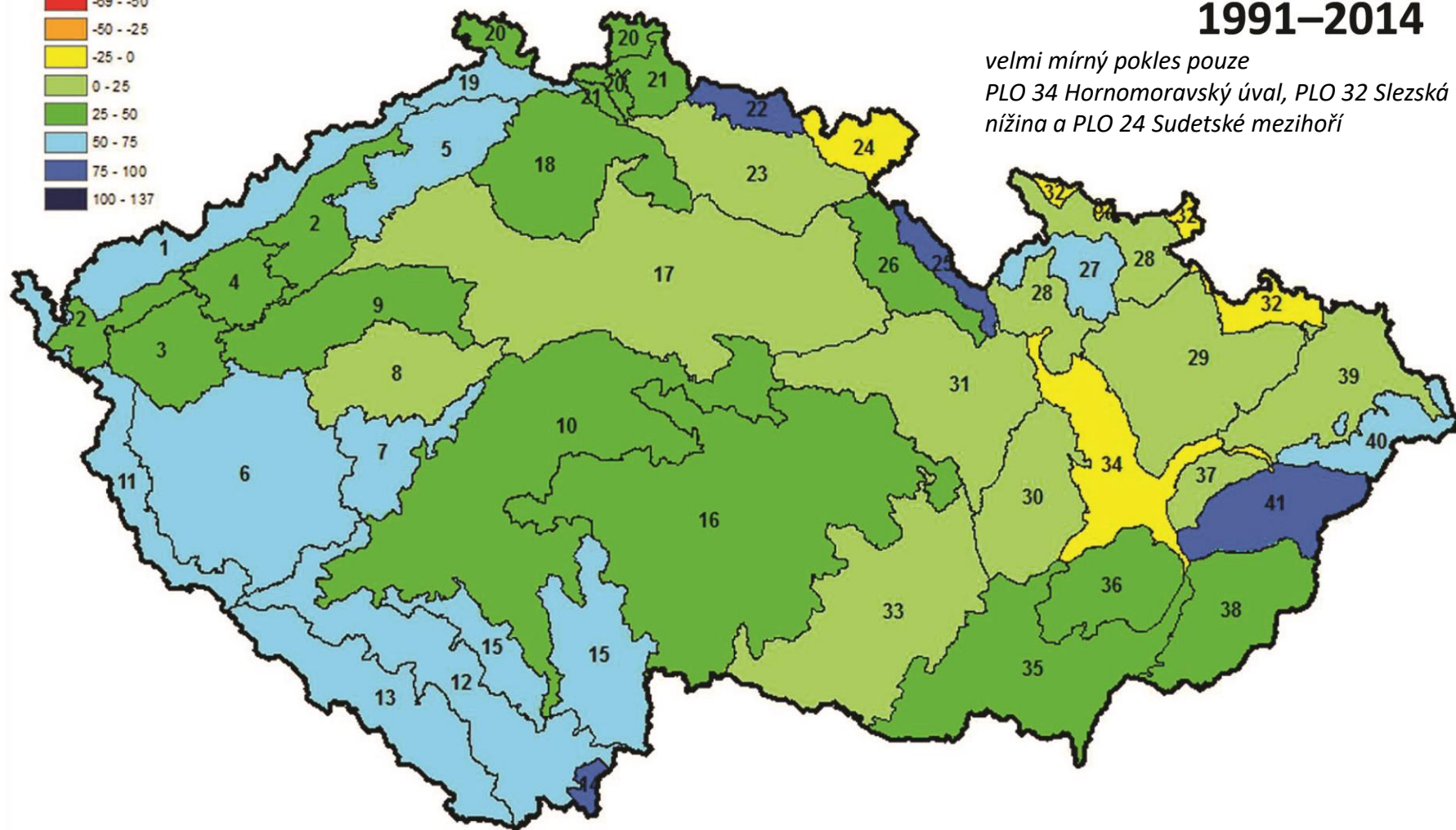
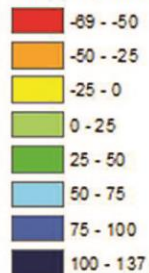
2041–2060



# DOSAVADNÍ ZMĚNY KLIMATU

Změny srážek dle PLO – srovnání 1991–2014 s 1961–1990

Změna prům. ročních srážek v mm



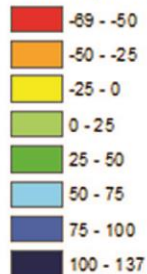
**1991–2014**

*velmi mírný pokles pouze  
PLO 34 Hornomoravský úval, PLO 32 Slezská  
nížina a PLO 24 Sudetské mezihoří*

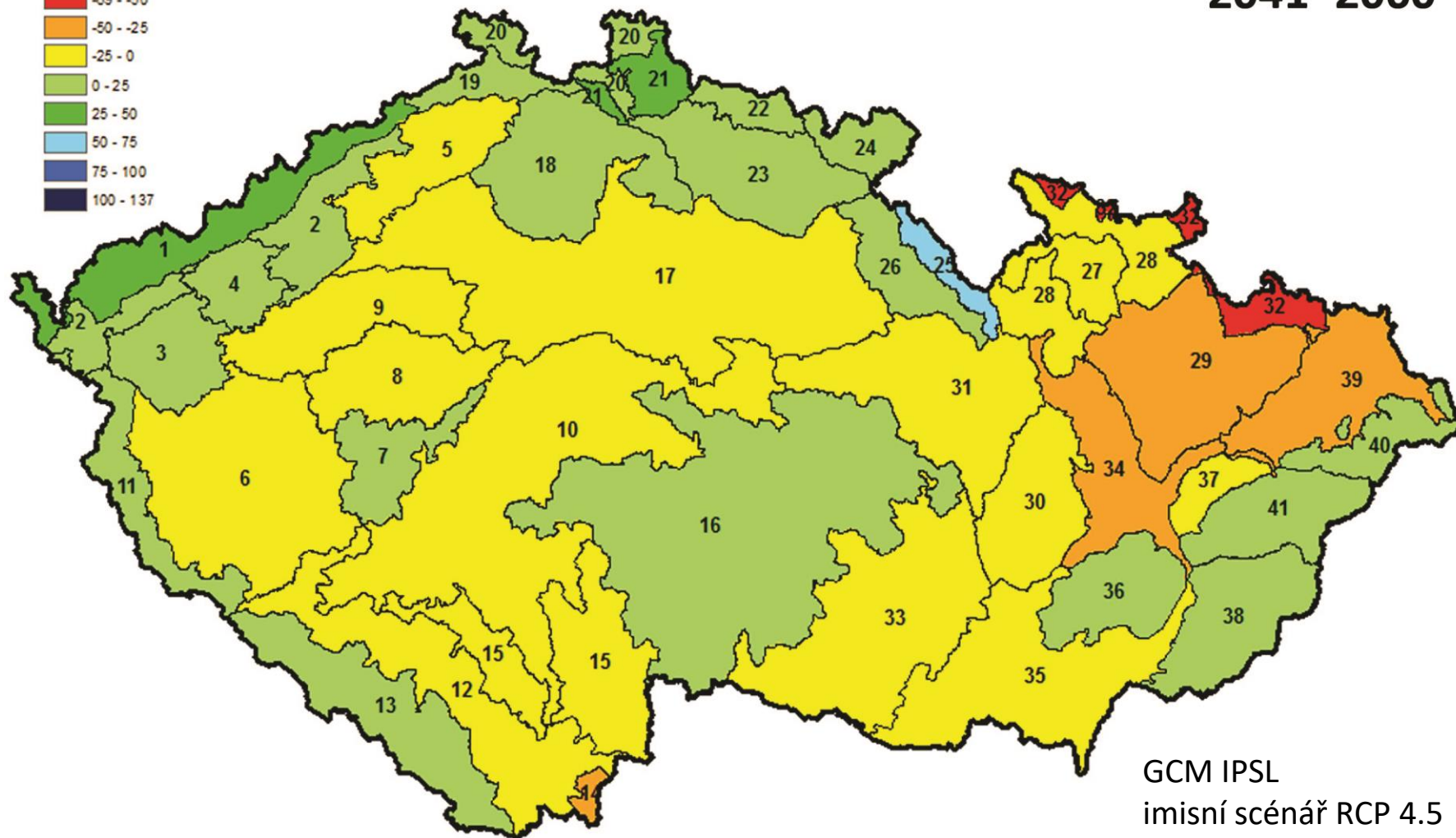
# PŘEDPOKLÁDANÉ ZMĚNY KLIMATU

Změny srážek dle PLO – srovnání 2041–2060 s 1961–1990

Změna prům. ročních srážek v mm



2041–2060



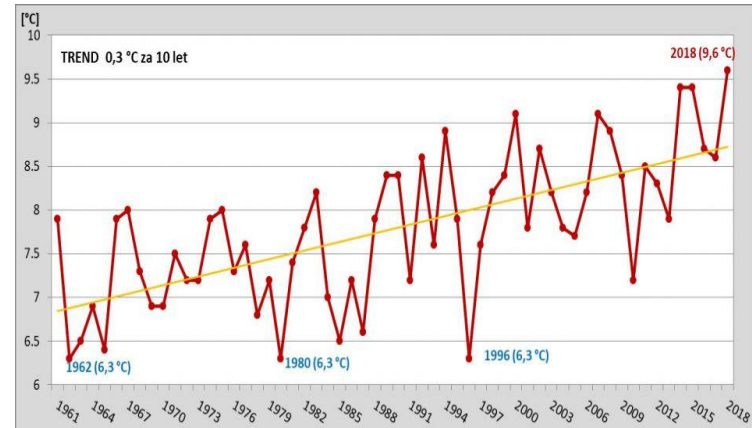
GCM IPSL  
imisi scénář RCP 4.5

# KLIMATICKÉ PODMÍNKY POSLEDNÍCH LET

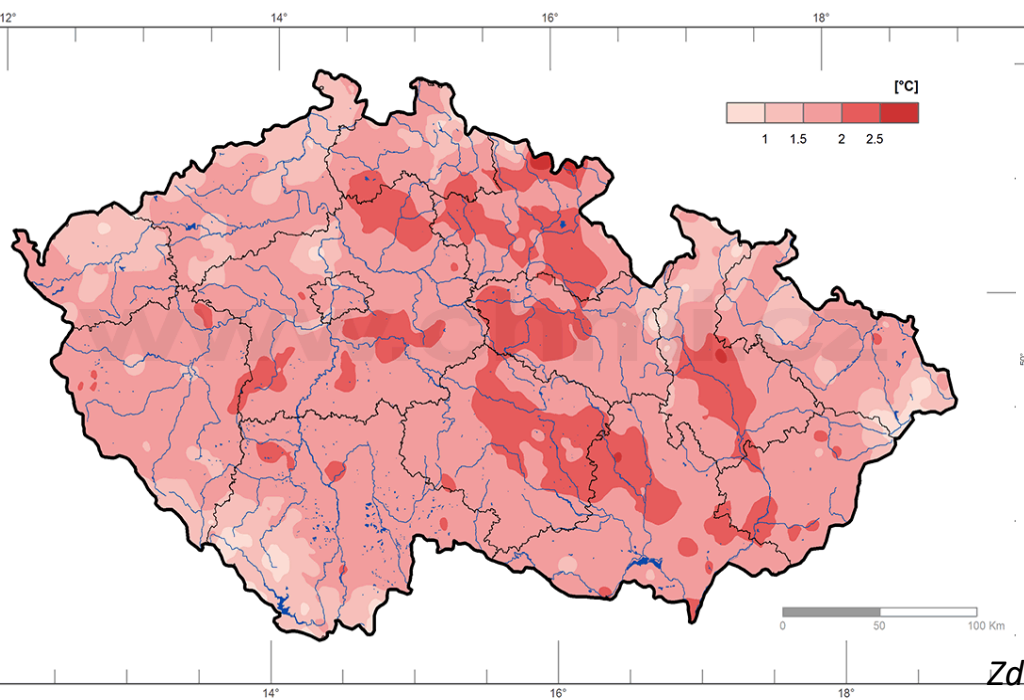
Průměrná roční teplota vzduchu na území ČR byla **v roce 2018 9,6 °C** a **v roce 2019 9,5 °C**, tj. o **1,7 °C** a **1,6 °C** vyšší než normál 1981–2010 a o **2,1 °C** a **2 °C** než normál 1961–1990.

Predikce (GCM ISPL, im.sc. RCP4.5) pro období 2041–2060 je nárůst o cca 2,5 °C oproti 1961–1990 (frameadapt.cz).

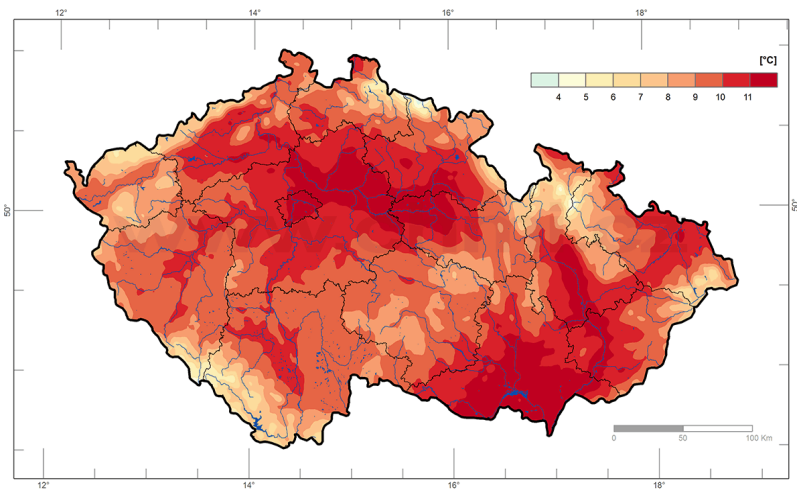
Průměrné roční teploty na území ČR v letech 1961–2018



Odchylna průměrné roční teploty vzduchu v roce 2018 od normálu 1981 - 2010



Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2018



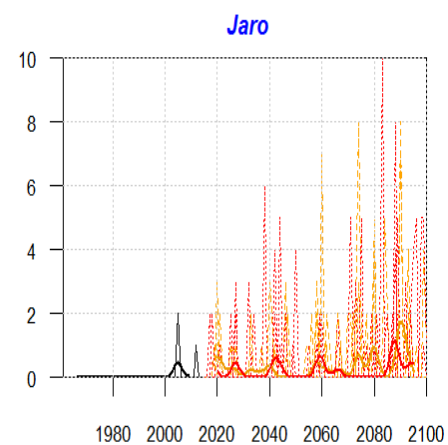
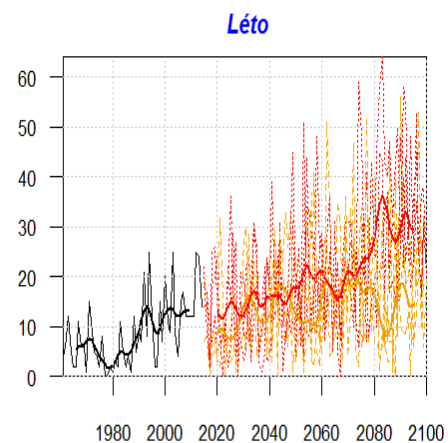
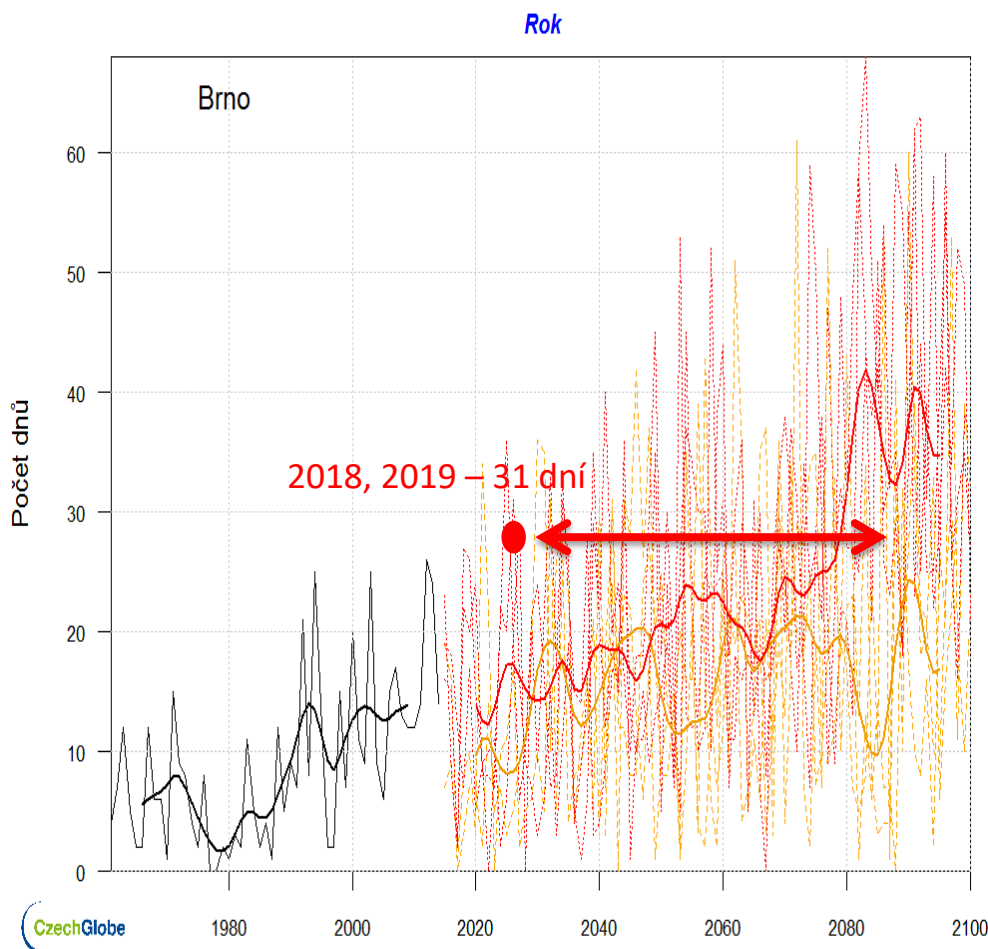
Zdroje: infomet.cz, portal.chmi.cz



# KLIMATICKÉ PODMÍNKY POSLEDNÍCH LET

Počet tropických dní byl v roce 2018 i 2019 31 dní (Brno-Tuřany).

Počet tropických dní, tj. s maximální denní teplotou vzduchu nad 30°C, Brno. Zdroj: [www.klimatickazmena.cz](http://www.klimatickazmena.cz)

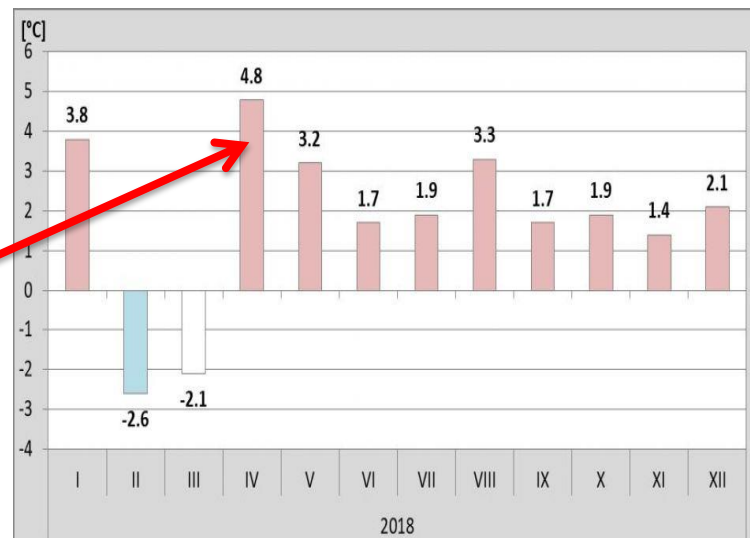


Období 1961–2014 je reprezentováno přístrojovými měřeními, v grafu je znázorněno černou čarou. Data pro budoucí klima (výhled 2015-2100) vychází z regionálních klimatických modelů (RCM). Oranžová čárkovaná čára znázorňuje pravděpodobný budoucí počet tropických dní při nízkých emisích oxidu uhličitého (tzv. RCP 4,5). Červená tečkovaná čára znázorňuje pravděpodobný budoucí počet tropických dní při vysokých emisích oxidu uhličitého (tzv. RCP 8,5). Barevnou čarou jsou znázorněny hodnoty 3 RCM (RACMO22, RCA4 a CCLM4.8.17), tučně je pak znázorněn jejich průměr, který je navíc shlazen 10letým nízkofrekvenčním Gaussovým filtrem.

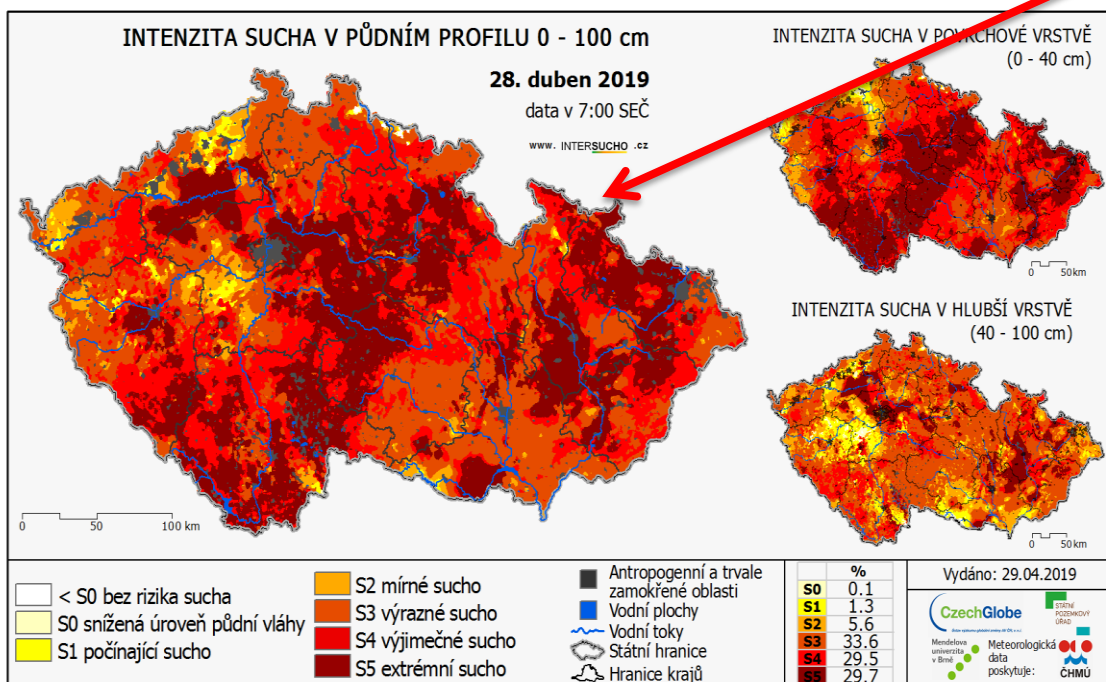
# KLIMATICKÉ PODMÍNKY POSLEDNÍCH LET

Nadprůměrné teploty byly v roce 2018 ve většině měsíců roku, teplé bylo zejména pozdní jaro. Jde o situaci, která se (zejména v některých regionech) opakuje, spolu s nízkými srážkami v těchto měsících.

Odchyłka průměrné měsíční teploty vzduchu od normálu 1981–2010 pro měsíce roku 2018. Zdroj: infomet.cz



Kombinace vyššího celkového záření, vyšší teploty a deficit tlaku vodních par zvyšujících evapotranspiraci, společně s dřívějším začátkem vegetační doby vedou k rychlejšímu vyčerpání zásob vody v půdě.



- < S0 bez rizika sucha
- S0 snížená úroveň půdní vláhly
- S1 počínající sucho
- S2 mírné sucho
- S3 výrazné sucho
- S4 výjimečné sucho
- S5 extrémní sucho

- Antropogenní a trvale zamokřené oblasti
- Vodní plochy
- Vodní toky
- Státní hranice
- Hranice krajů

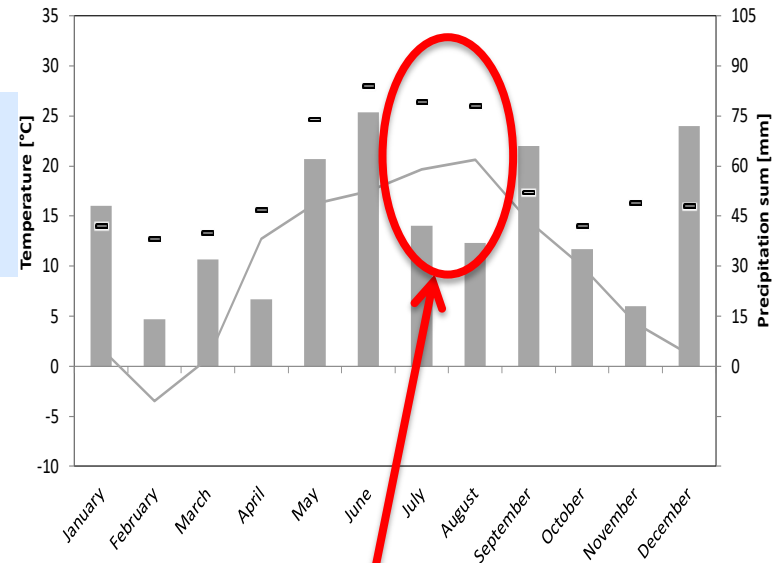
# KLIMATICKÉ PODMÍNKY POSLEDNÍCH LET

Úhrn srážek v roce **2018** byl **522 mm**, v roce **2019** pak **634 mm** **průměr** 1961–1990 byl **674 mm**, pro 1981–2010 byl **686 mm**.

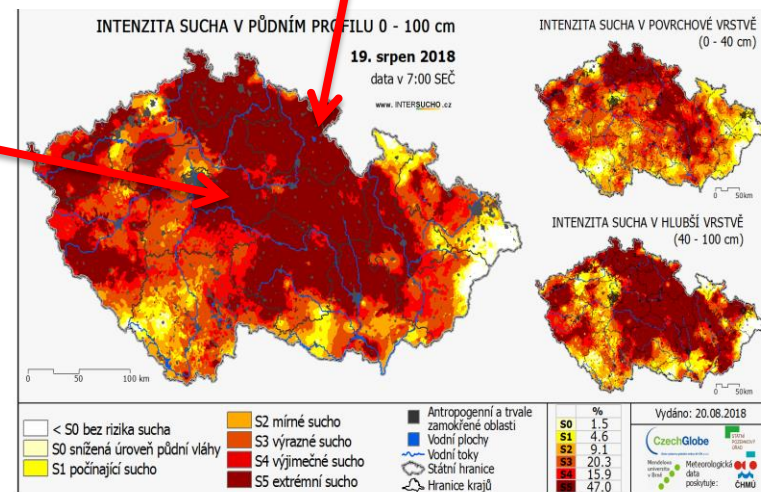
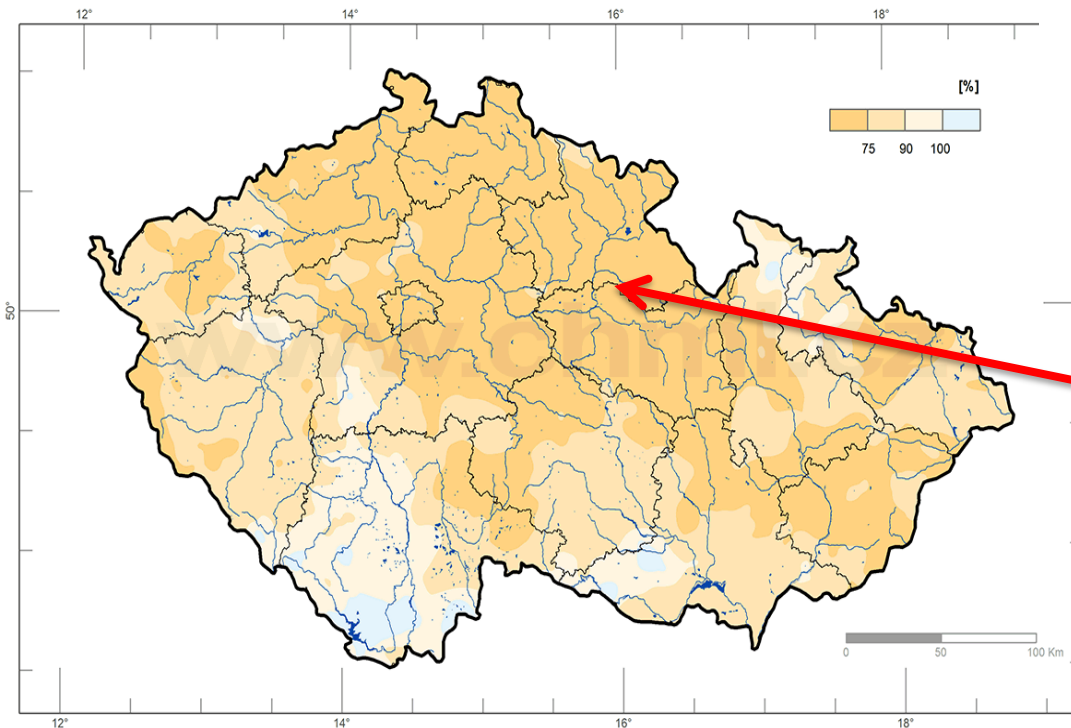
Deficit zásob vody v půdě se v roce 2019 prohloubil.

Teploty (linka) a srážky (sloupce) 2018, srovnání srážek s normálem 1961–1990 (vodorovné čárky). Zdroj: portal.chmi.cz

Predikce (GCM ISPL, im.sc. RCP4.5) pro období 2041–2060 byla pokles srážek o cca 25 až 70 mm ročního úhrnu oproti 1961–1990 (frameadapt.cz).



Úhrn srážek v roce 2018 v procentech normálu 1981 - 2010



Vydáno: 20.08.2018



## Key observed and projected climate change and impacts for the main biogeographical regions in Europe:

### Arctic region

- Temperature rise much larger than global average
- Decrease in Arctic sea ice coverage
- Decrease in Greenland ice sheet
- Decrease in permafrost areas
- Increasing risk of biodiversity loss
- Some new opportunities for the exploitation of natural resources and for sea transportation
- Risks to the livelihoods of indigenous peoples

### Atlantic region

- Increase in heavy precipitation events
- Increase in river flow
- Increasing risk of river and coastal flooding
- Increasing damage risk from winter storms
- Decrease in energy demand for heating
- Increase in multiple climatic hazards

### Mountain regions

- Temperature rise larger than European average
- Decrease in glacier extent and volume
- Upward shift of plant and animal species
- High risk of species extinctions
- Increasing risk of forest pests
- Increasing risk from rock falls and landslides
- Changes in hydropower potential
- Decrease in ski tourism

### Coastal zones and regional seas

- Sea level rise
- Increase in sea surface temperatures
- Increase in ocean acidity
- Northward migration of marine species
- Risks and some opportunities for fisheries
- Changes in phytoplankton communities
- Increasing number of marine dead zones
- Increasing risk of water-borne diseases

### Boreal region

- Increase in heavy precipitation events
- Decrease in snow, lake and river ice cover
- Increase in precipitation and river flows
- Increasing potential for forest growth and increasing risk of forest pests
- Increasing damage risk from winter storms
- Increase in crop yields
- Decrease in energy demand for heating
- Increase in hydropower potential
- Increase in summer tourism

### Continental region

- Increase in heat extremes
- Decrease in summer precipitation
- Increasing risk of river floods
- Increasing risk of forest fires
- Decrease in economic value of forests
- Increase in energy demand for cooling

### Mediterranean region

- Large increase in heat extremes
- Decrease in precipitation and river flow
- Increasing risk of droughts
- Increasing risk of biodiversity loss
- Increasing risk of forest fires
- Increased competition between different water users
- Increasing water demand for agriculture
- Decrease in crop yields
- Increasing risks for livestock production
- Increase in mortality from heat waves
- Expansion of habitats for southern disease vectors
- Decreasing potential for energy production
- Increase in energy demand for cooling
- Decrease in summer tourism and potential increase in other seasons
- Increase in multiple climatic hazards
- Most economic sectors negatively affected
- High vulnerability to spillover effects of climate change from outside Europe



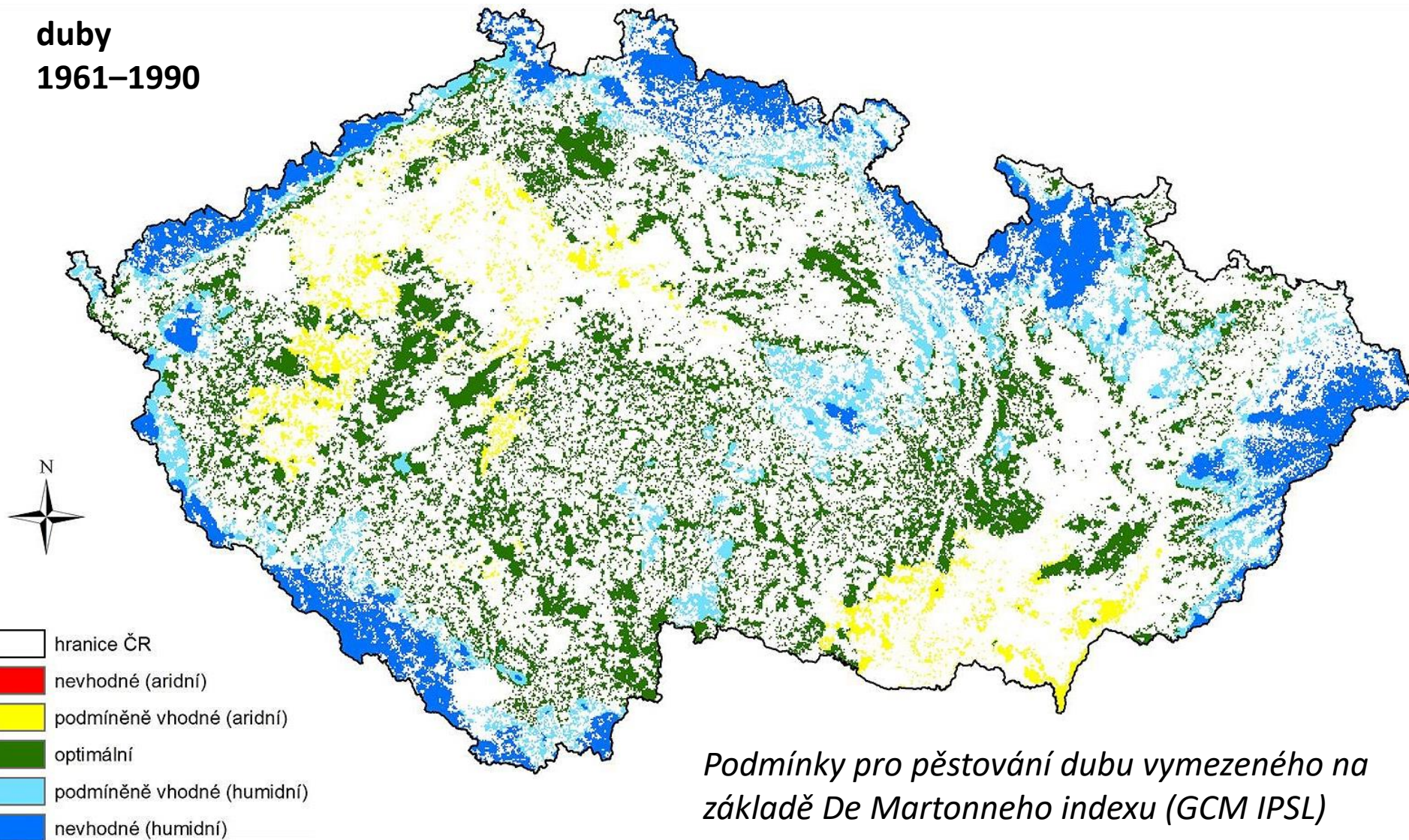
# ZMĚNY PODMÍNEK PRO RŮST DŘEVIN

- použít **GCM IPSL** (verze IPSL-CM5A-MR), který nejlépe reprezentuje medián všech testovaných GCM
- **imisi scénář RCP 4.5**, tedy pro tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, v kterém se předpokládá, že emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst
- modely dle indexů sucha a vícerozměrná statistická analýza metodou **Random Forest** (Náhodný les), kdy vstupem byly veškeré nezávislé klimatické proměnné za období 1961–1990 vztažené k jednotlivým druhům dřevin
- modelovány dřeviny **smrk, buk, duby**
- nebylo realizováno pro jedli a borovici; u borovice je nemožnost realizace takto koncipovaného modelu dána širokou ekologickou amplitudou – délka vegetační doby 90–200 dnů a roční úhrn srážek mezi 200 a 1800 mm, uplatnění borovice je dáno její konkurenceschopností, nikoliv klimaticky; u jedle je překážkou také její poměrně široká ekologická valence (2. až 7. lvs) a spolu s ní malý výskyt na území ČR a to zejména ve formě příměsi s malým zastoupením (nemožnost realizace prvního kroku modelování, tj. vymezení oblastí s existujícími porosty dané dřeviny)



# Predikce změny podmínek pro pěstování dřevin

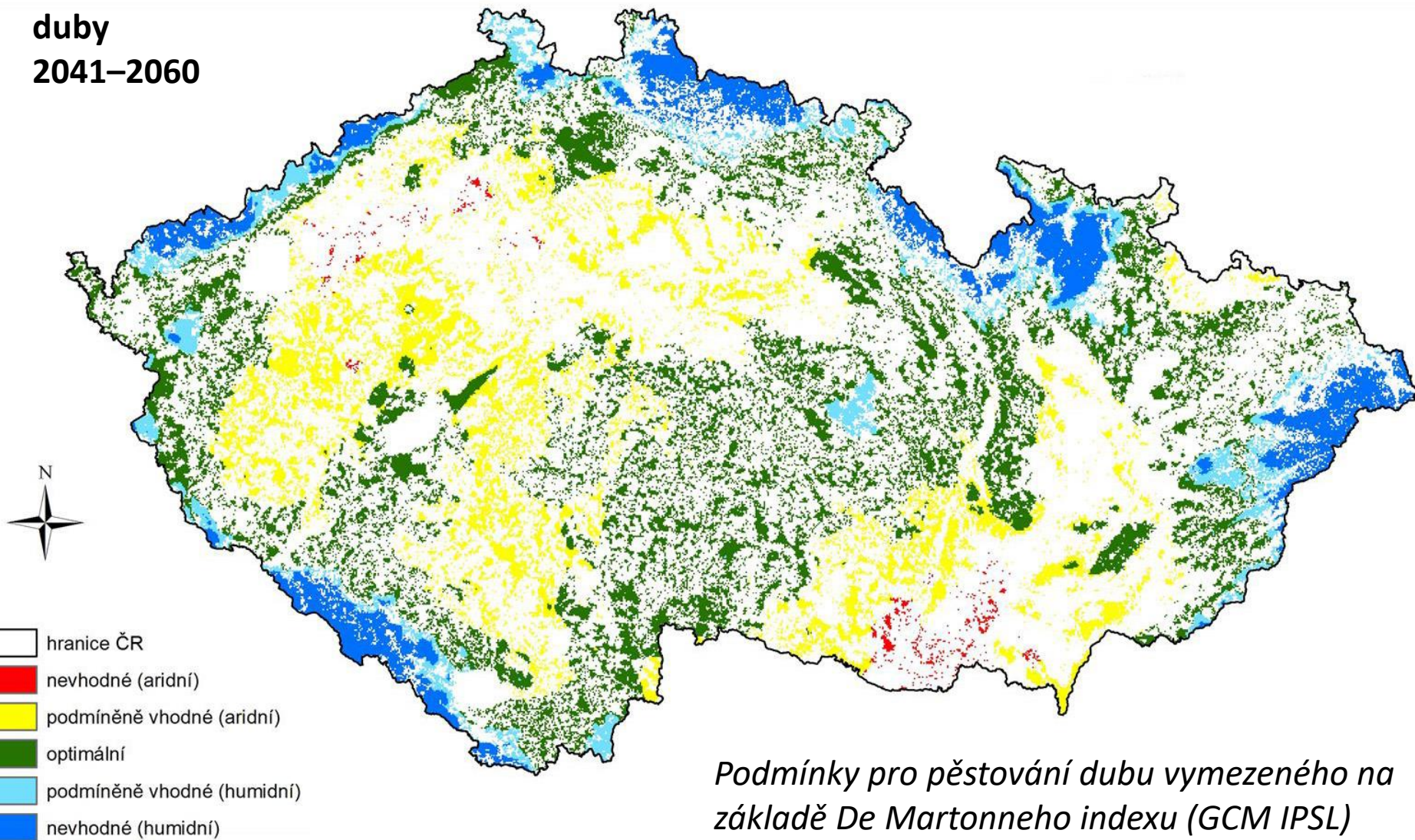
duby  
1961–1990



*Podmínky pro pěstování dubu vymezeného na  
základě De Martonneho indexu (GCM IPSL)*

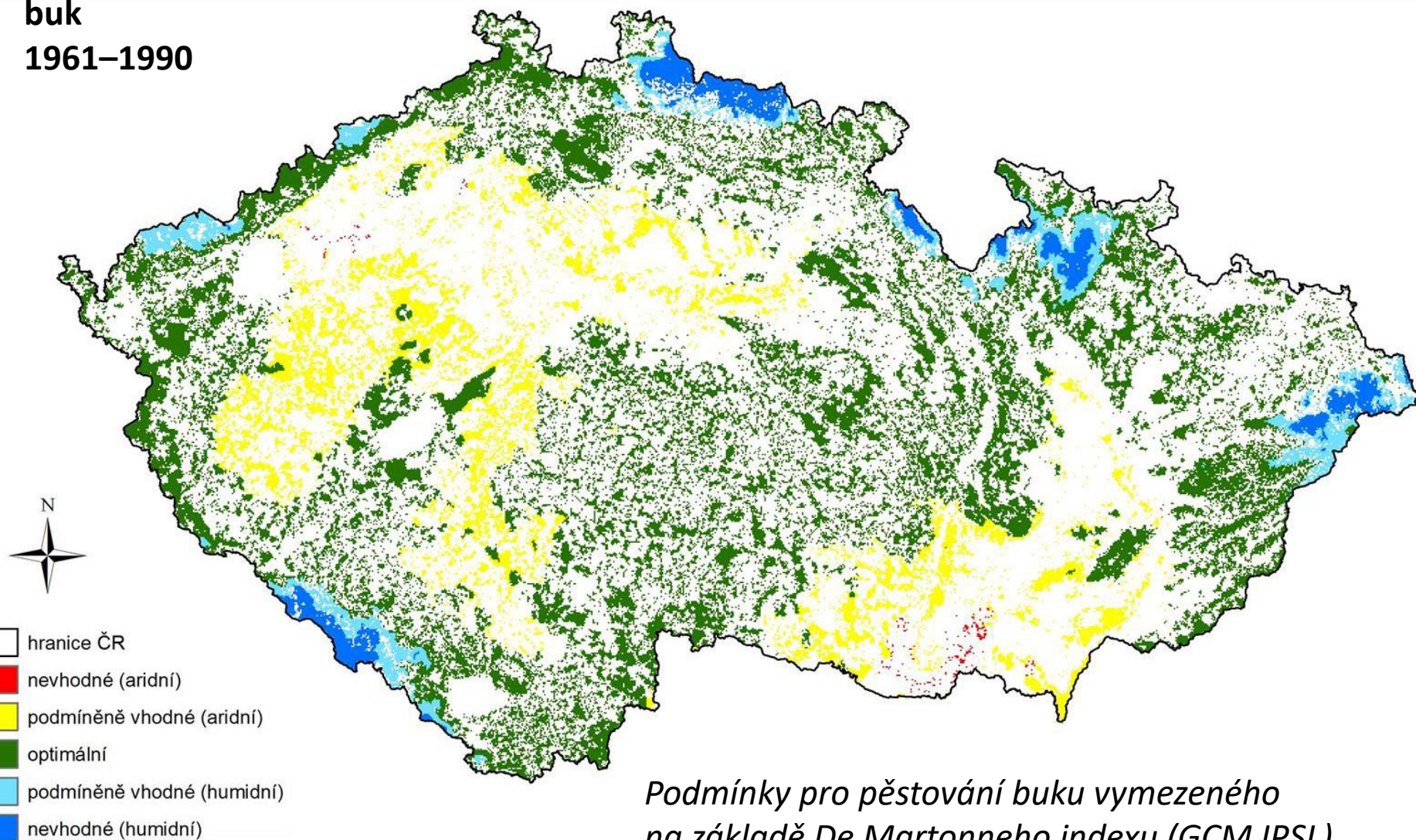
# Predikce změny podmínek pro pěstování dřevin

duby  
2041–2060



# Predikce změny podmínek pro pěstování dřevin

**buk**  
1961–1990

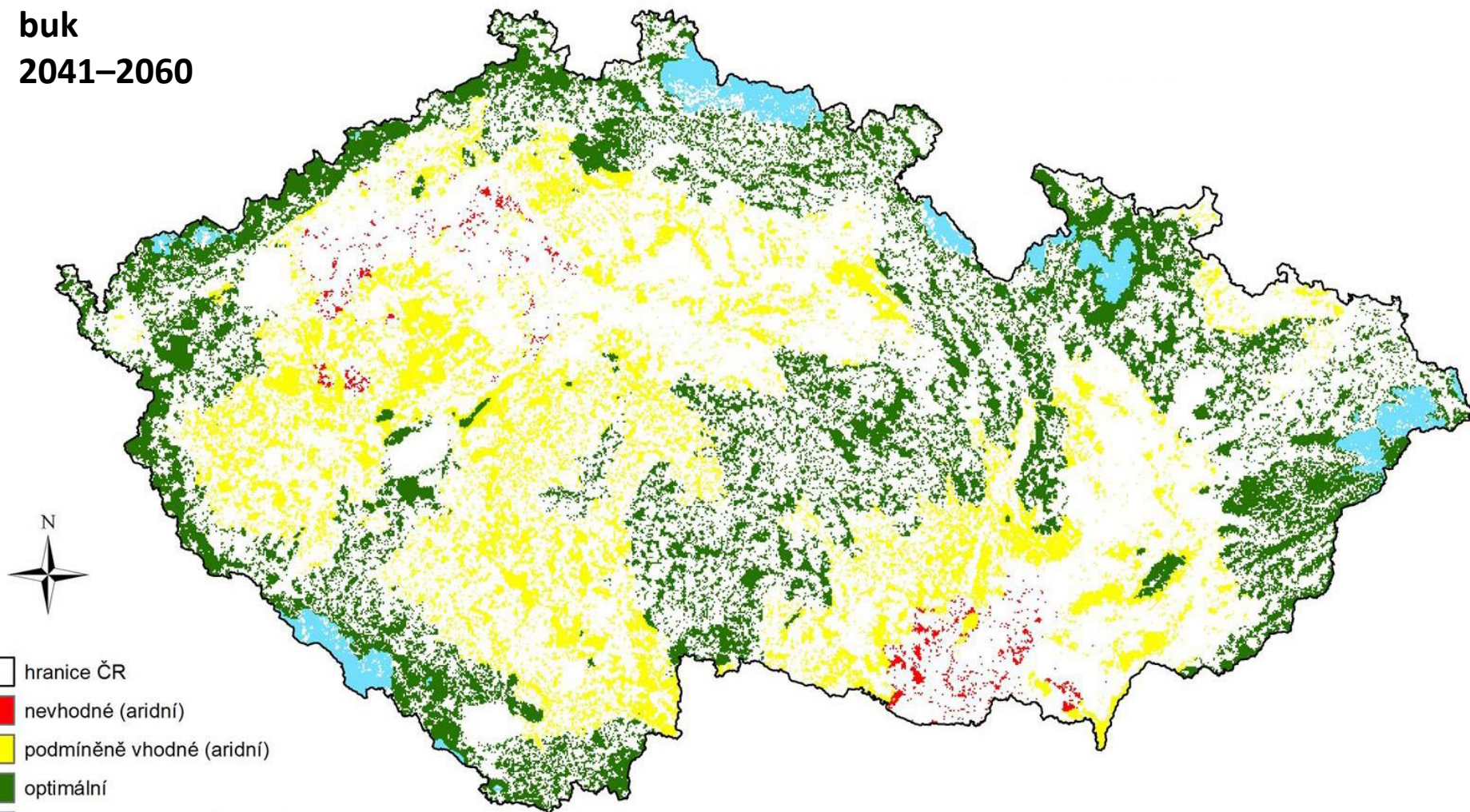


*Podmínky pro pěstování buku vymezeného  
na základě De Martonneho indexu (GCM IPSL)*



# Predikce změny podmínek pro pěstování dřevin pro pěstování dřevin

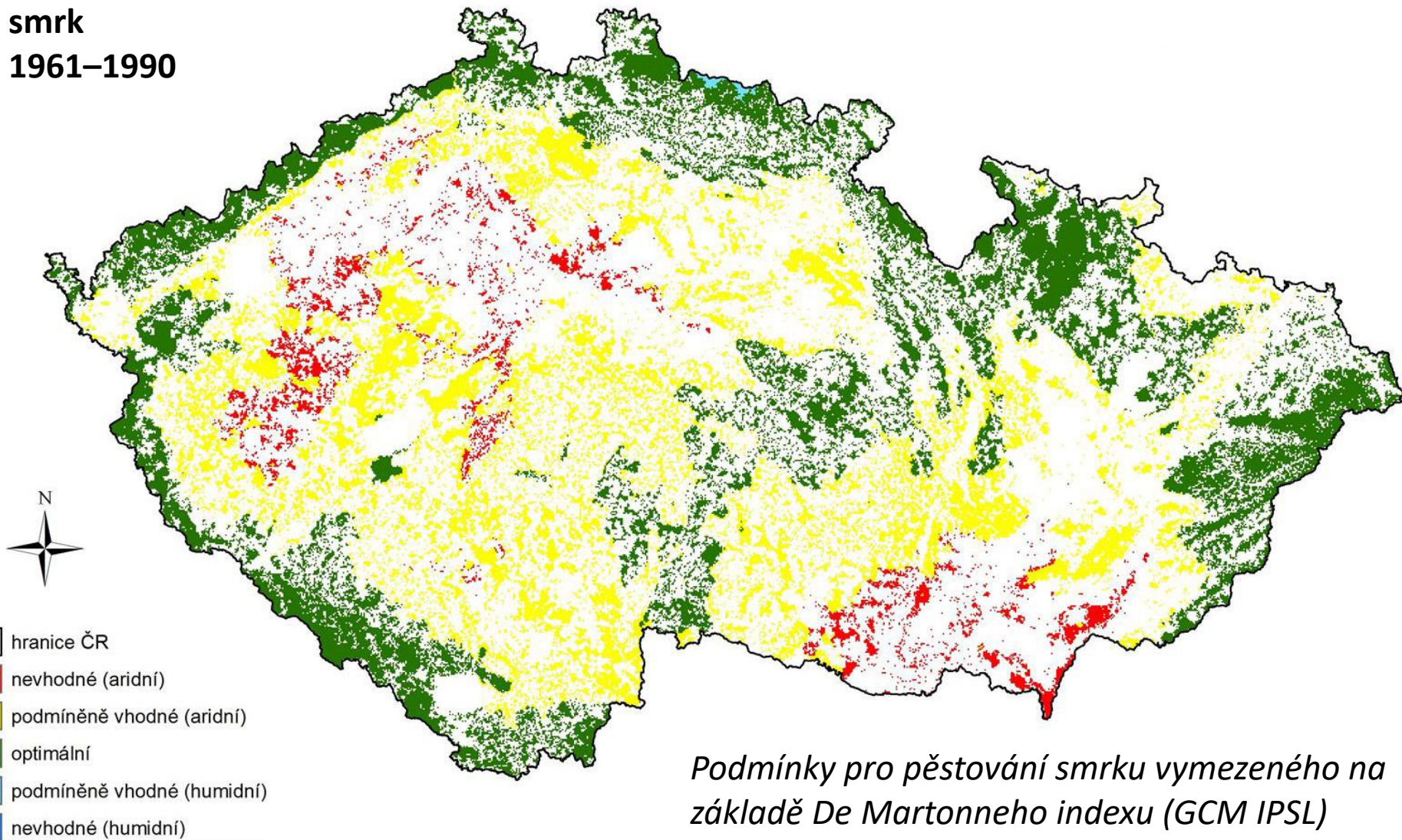
buk  
2041–2060



*Podmínky pro pěstování buku vymezeného  
na základě De Martonneho indexu (GCM IPSL)*

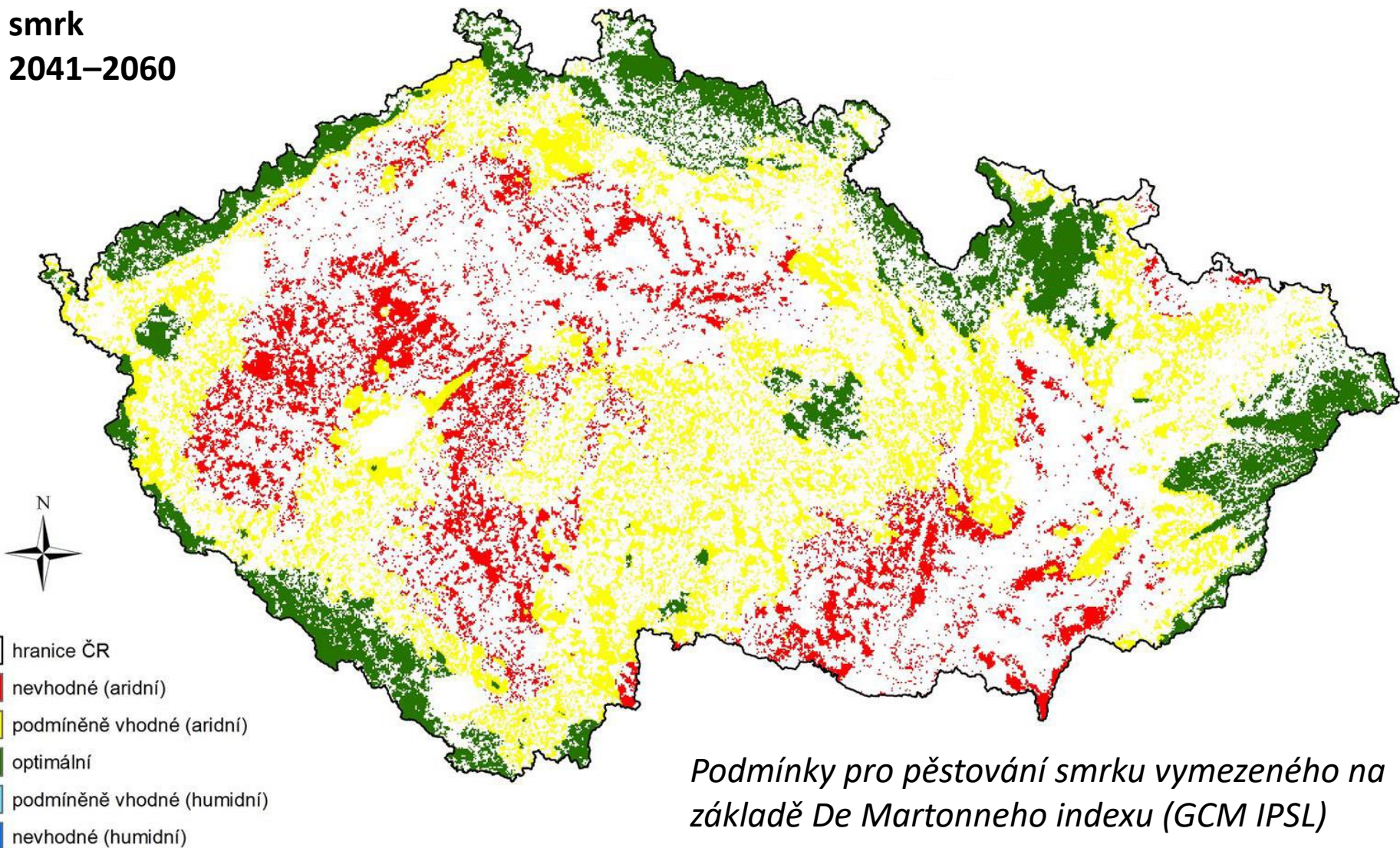
# Predikce změny podmínek pro pěstování dřevin

smrk  
1961–1990

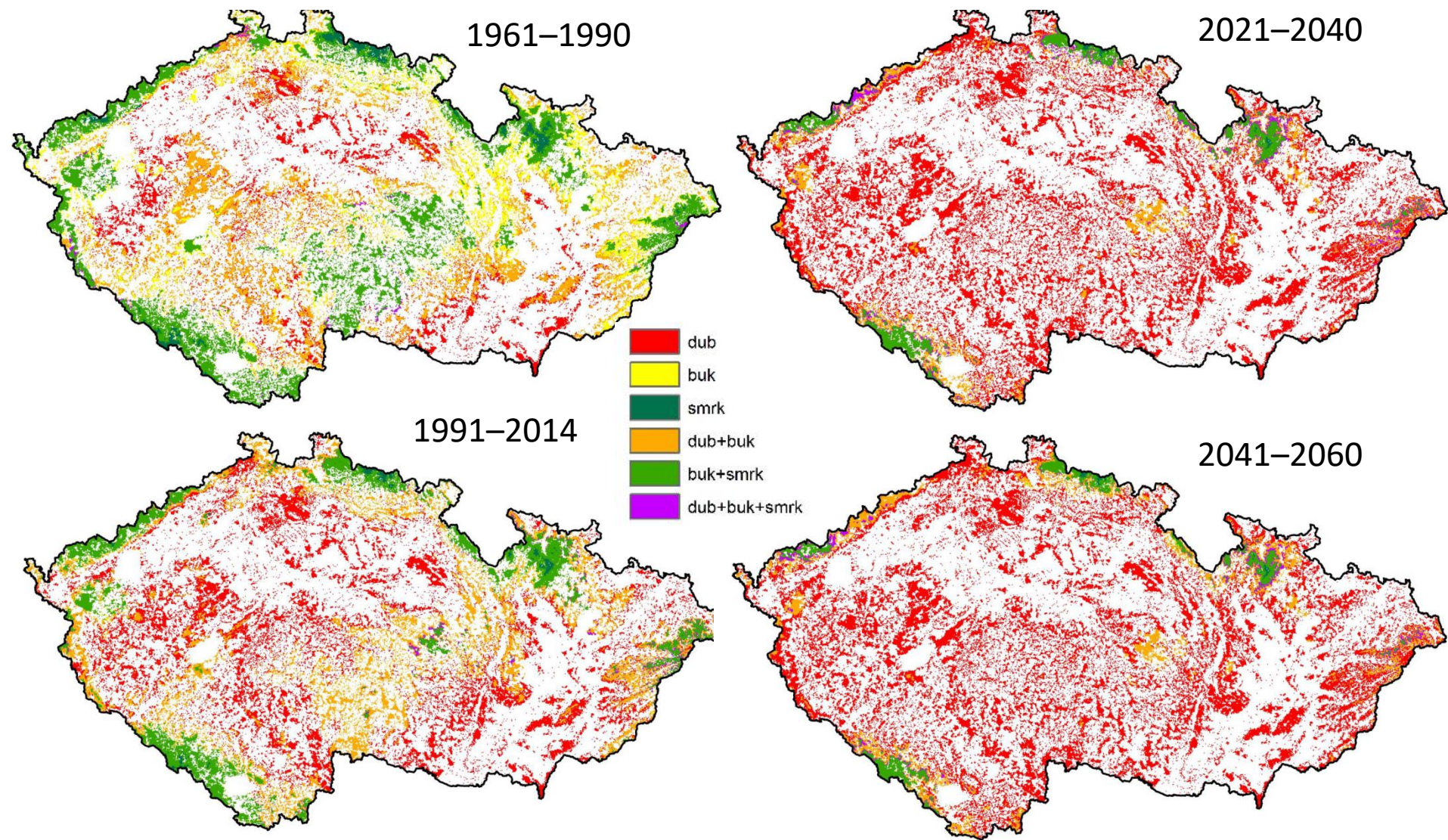


# Predikce změny podmínek pro pěstování dřevin

smrk  
2041–2060



*Podmínky pro pěstování dřevin vymezené vícerozměrnou statistickou metodou Random Forest (GCM IPSL)*

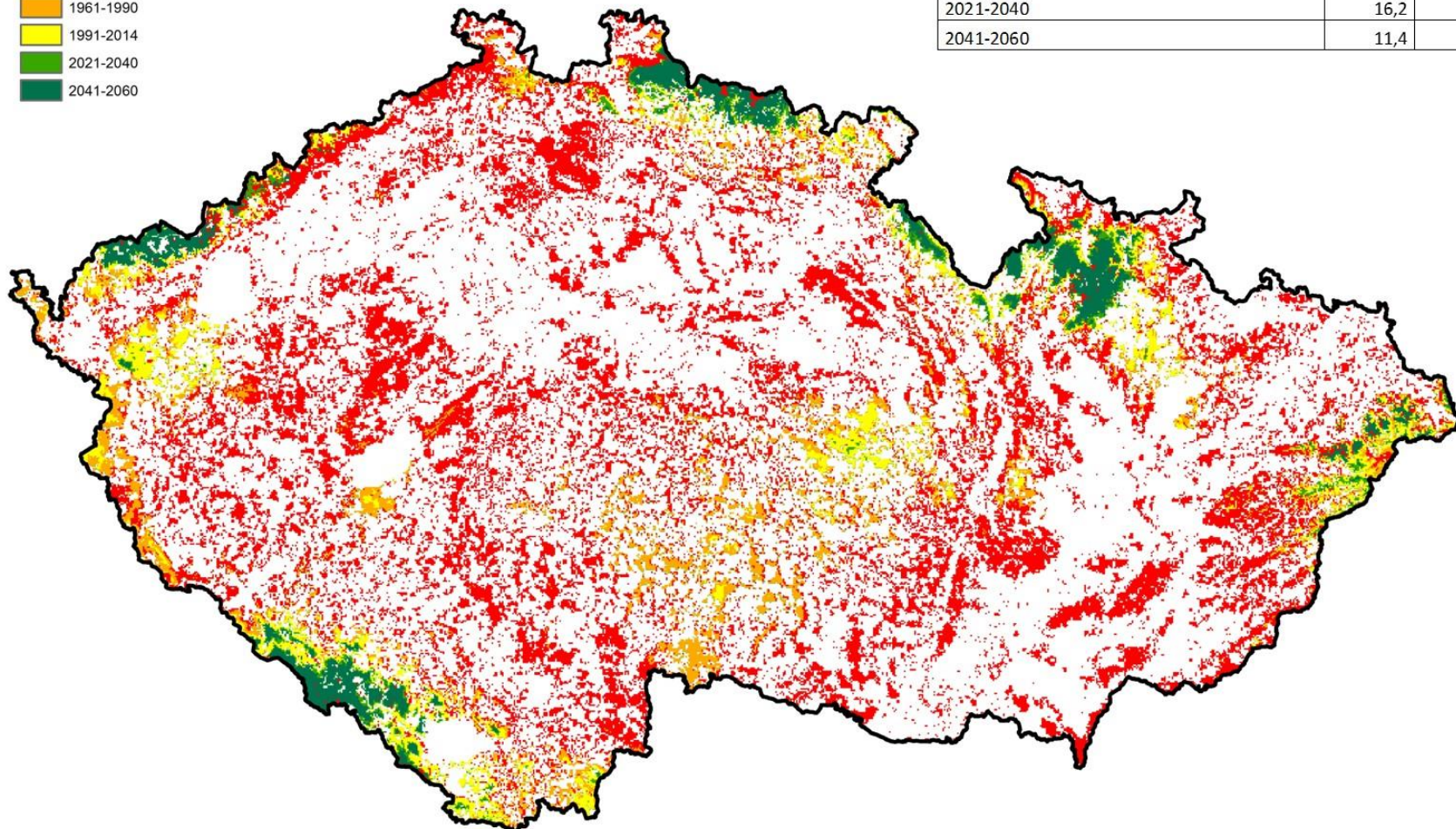


# ZMĚNY PODMÍNEK PRO PĚSTOVÁNÍ SMRKU

☐ hranice ČR

Výskyt smrkových porostů v rámci vhodných klimatických podmínek

- Žádné nebo velmi malé zastoupení smrku
- 1961-1990
- 1991-2014
- 2021-2040
- 2041-2060

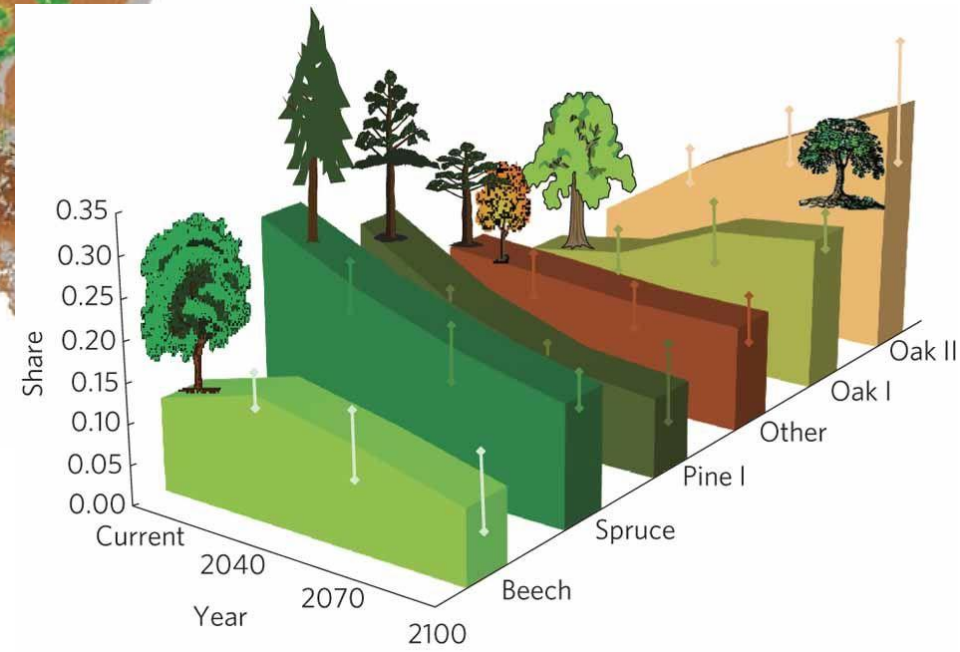
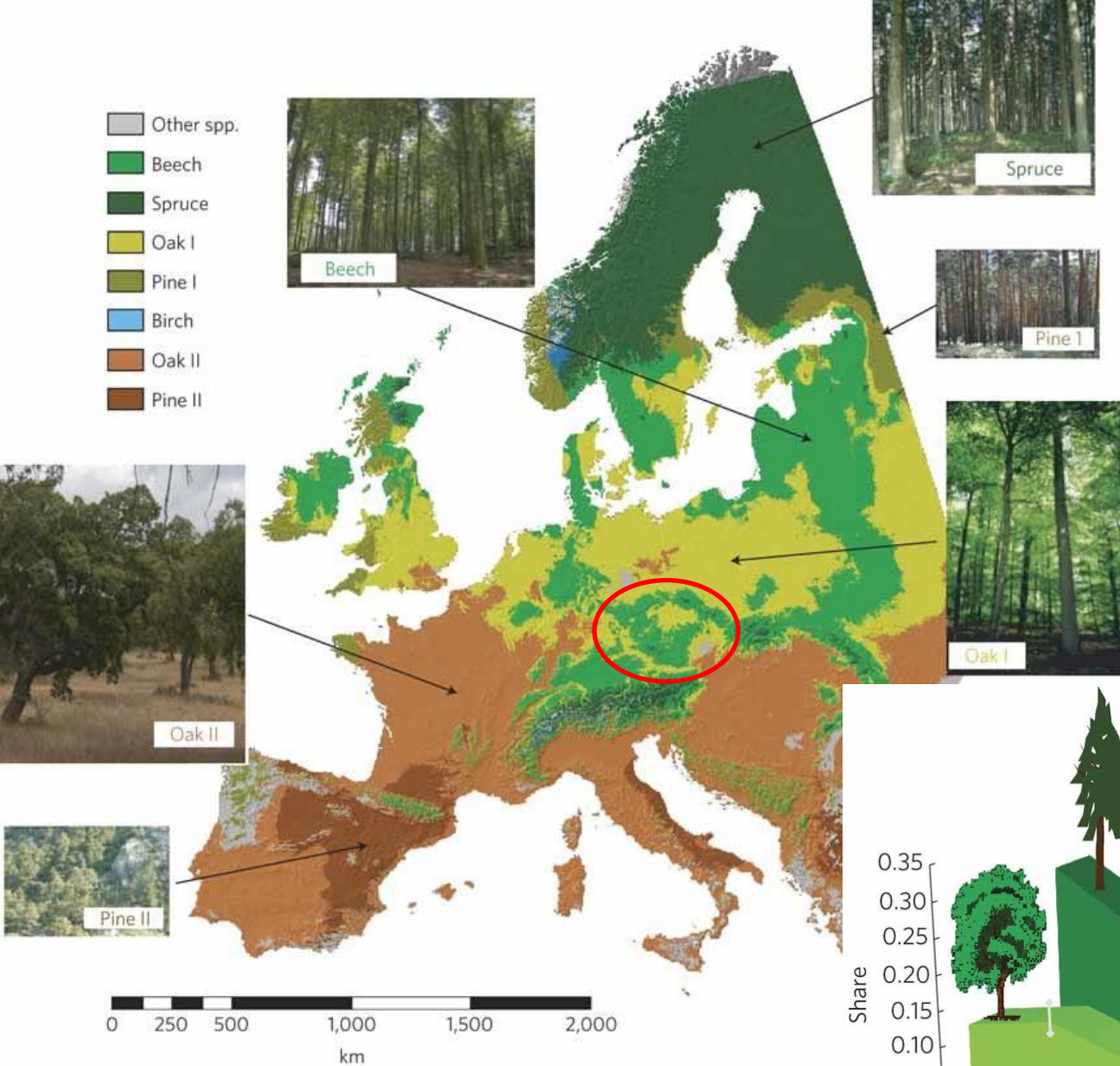


Vhodné klimatické podmínky (% rozlohy lesů v ČR)

Výskyt porostů se zastoupením smrku	nad 40%	nad 75%
1961-1990	53,9	75,5
1991-2014	31,8	48,71
2021-2040	16,2	27,2
2041-2060	11,4	20,4

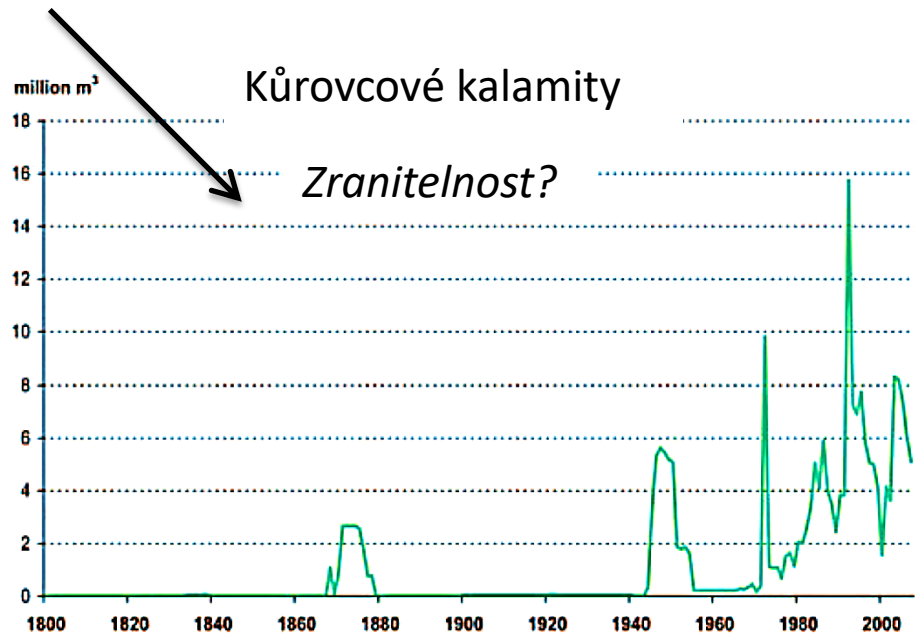
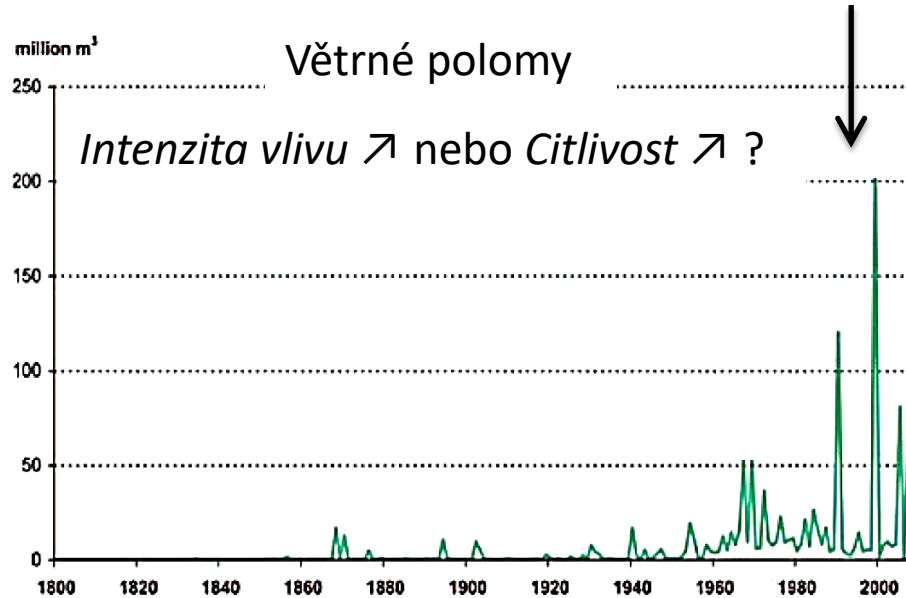
# Potenciální rozšíření hlavních dřevin v Evropě 2070–2100

podle scénáře A1B,  
CLM/ECHAM5 –  
mírné oteplení  
(HANEWINKEL et al., 2013).



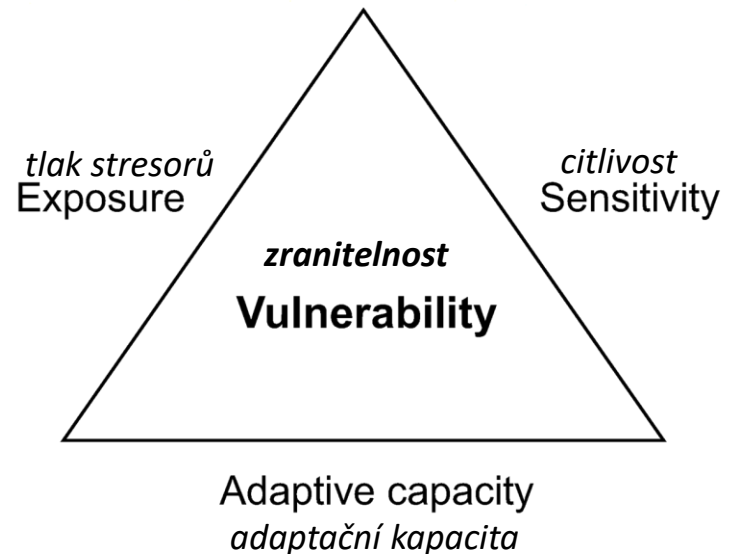
# DOPADY KLIMATICKÉ ZMĚNY

## V Evropě zřejmý nárůst poškození lesa



**Zranitelnost ekosystémů, respektive dopady klimatických změn na ně jsou dány vzájemně provázanými změnami tlaku na ekosystémy vyvíjeného, jejich citlivosti a jejich adaptační kapacity.**

*Dle Dobbertin, DeVries, 2008; Bolte et al. 2009, Lindner et al., 2010, Bolte et al. 2014.*



# DOPADY KLIMATICKÉ ZMĚNY

Mění se podmínky povedou:

- (i) ke změnám v četnosti, délce a případně i v průběhu gradací škůdců (a tím i v abundanci populací);**
- (ii) zkrácení délky trvání generací, zvýšení jejich počtu a v důsledku toho celkové změny populační dynamiky (opět včetně změn abundance);**
- (iii) změnám v areálech rozšíření – posuny v rámci kontinentů, ale i transkontinentální přesuny a introdukce populací hmyzích škůdců a houbových chorob, migraci lze u nás očekávat především severním směrem a do výše položených oblastí, se změnou kontinentality ovšem může docházet také k posunu ve směru východ–západ, spolu s tím bude narůstat i riziko zavlečení nových a karanténních druhů;**
- (iv) změnám v chování stávajících patogenů v důsledku změny fyziologických procesů hostitelů i patogenů (například urychlení metabolismu houbových patogenů a dřevních hub při vyšších teplotách) a vlivem zvýšené predispozice hostitelů (např. JANKOVSKÝ, 2000; JANOUŠ, 2002);**
- (v) k častějším a vážnějším dopadům sucha na dřeviny a jejich porosty;**
- (vi) k vyššímu riziku lesních požárů.**

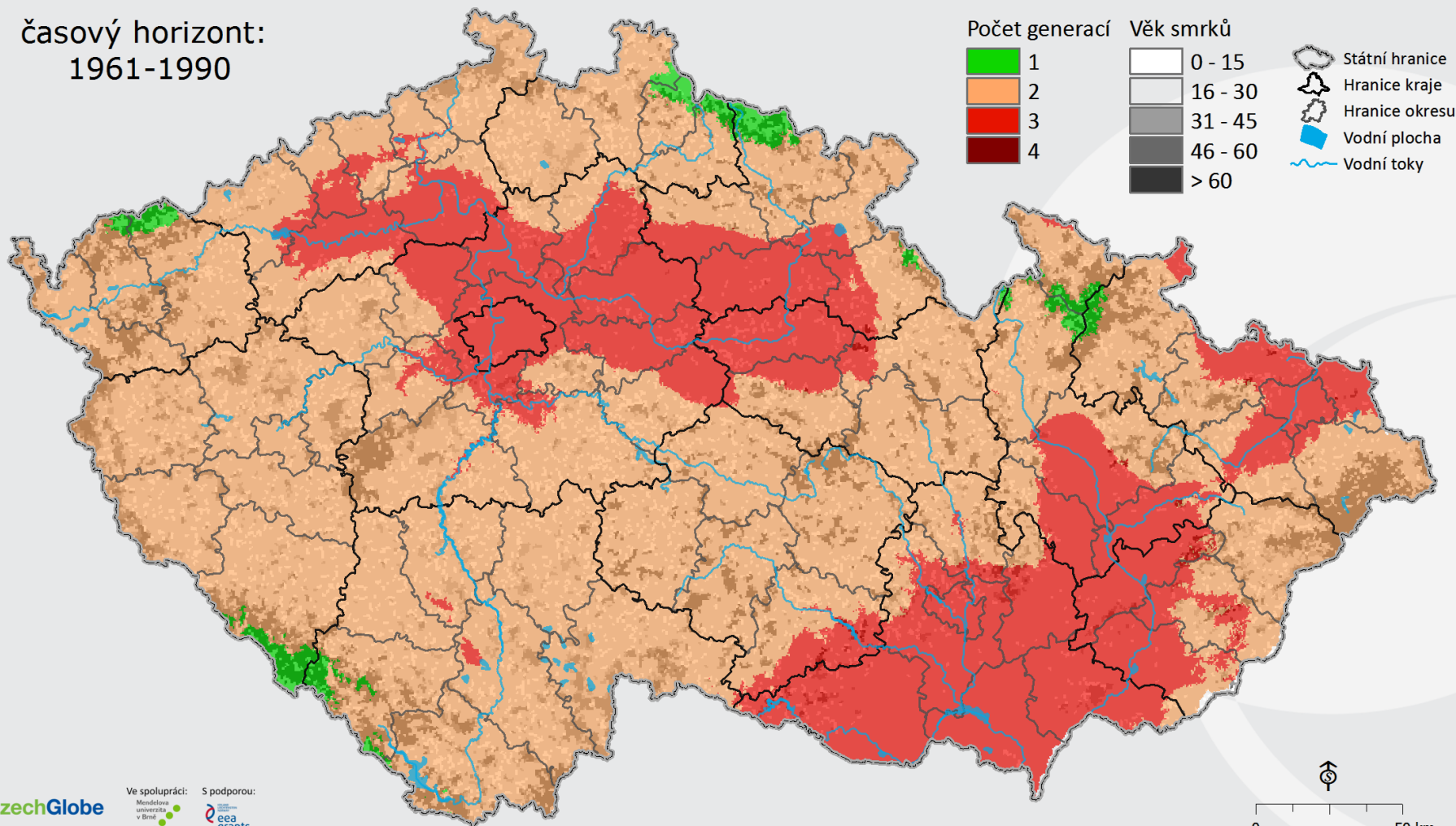




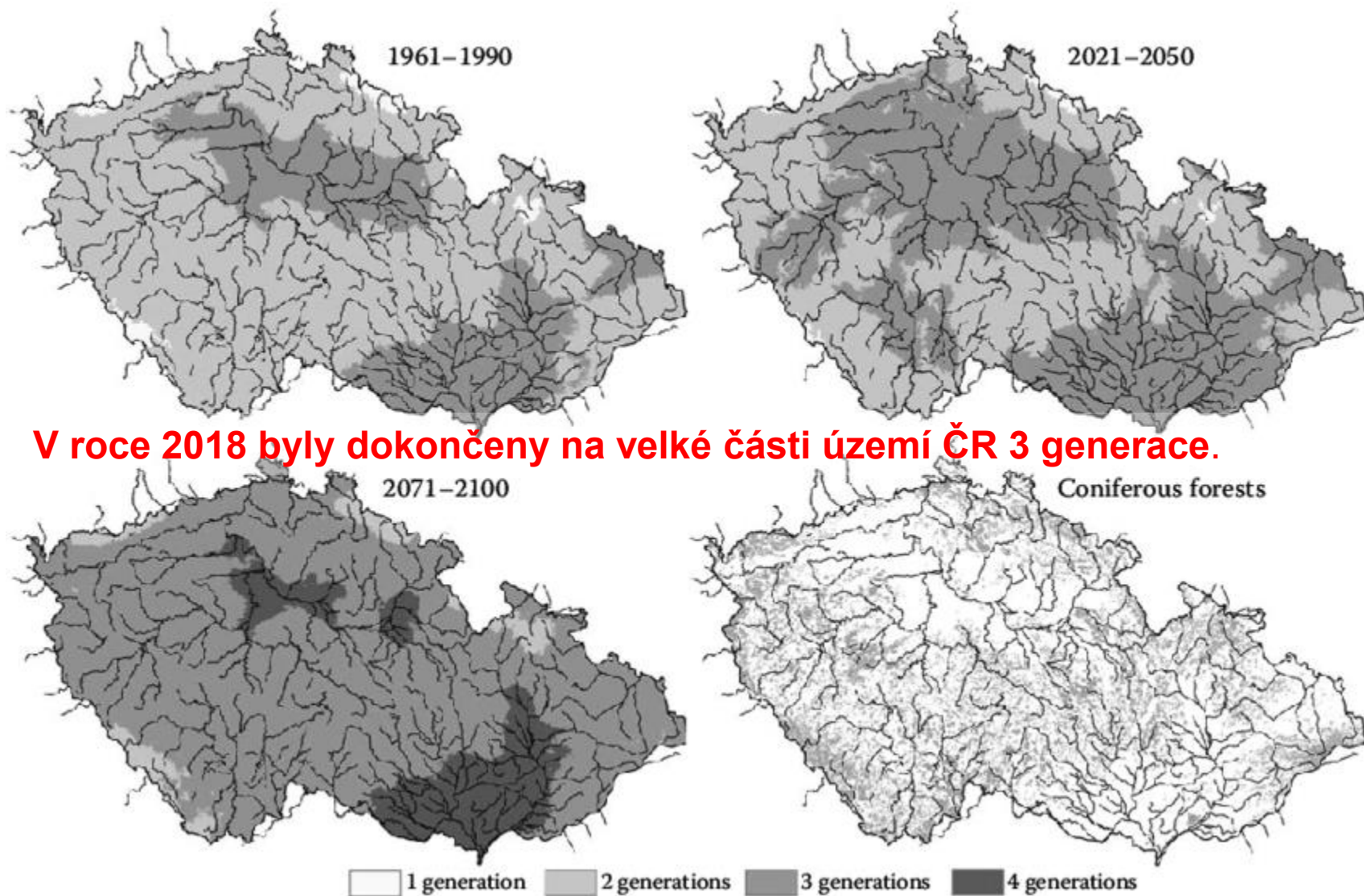
# POČET GENERACÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO

## na podkladě současného rozšíření smrku

časový horizont:  
1961-1990



## Predikce počtu generací *Ips typographus* (Hlásny et al. 2011)



**V roce 2018 byly dokončeny na velké části území ČR 3 generace.**

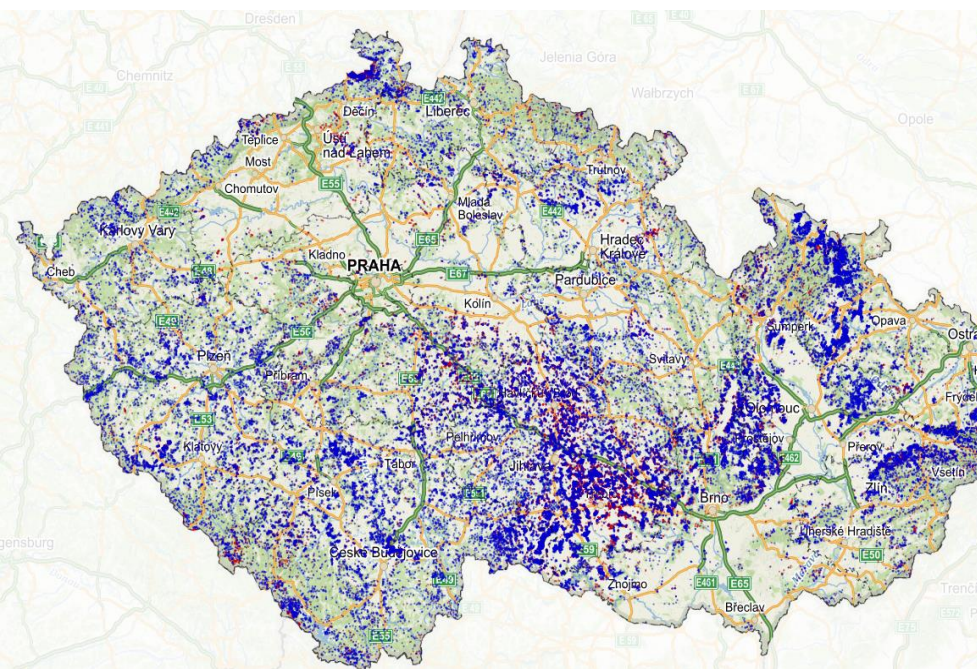
Regions allowing for the development of n-generations of *Ips typographus* in the Czech Republic under the ALADIN - Climate/CZ climate change scenario. Distribution of coniferous forests is based on CORINE Land Cover 2000 classification (Source: European Environmental Agency)

# KŮROVCOVÁ KALAMITA

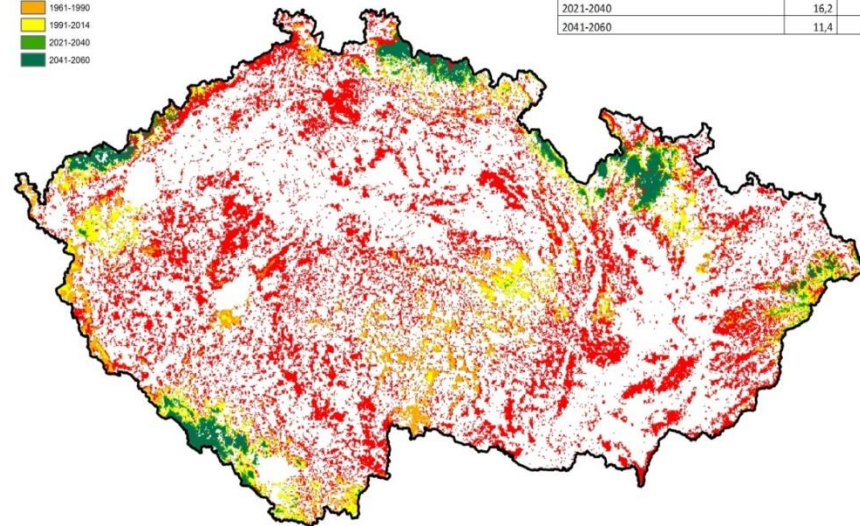
V roce 2019 bylo k září v porostech se zastoupením smrku cca **27 000 ha těžby** (mezi rozdílovým obdobím 10/2018-9/2019) a cca **9 700 ha mrtvých** (suchých) stromů.

Predikce pro období 2021–2040 je, že více než 70 % současných porostů s podílem smrku nad 75 % bude v nevhodných klimatických podmínkách s rizikem rozpadu.

Kůrovcová mapa, stav k září 2019 – [www.kurovcoveinfo.cz](http://www.kurovcoveinfo.cz)



Vhodné klimatické podmínky (% rozlohy lesů v ČR)		
Výskyt porostů se zastoupením smrku	nad 40%	nad 75%
1961-1990	53,9	75,5
1991-2014	31,8	48,71
2021-2040	16,2	27,2
2041-2060	11,4	20,4



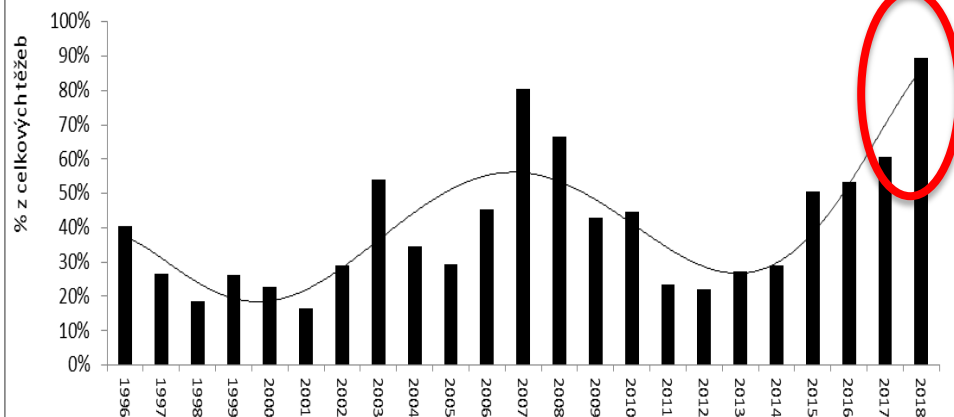
Změny vhodnosti klimatických podmínek pro smrky vymezené vícerozměrnou statistickou metodou Random Forest (GCM IPSL) – [frameadapt.cz](http://frameadapt.cz)

Legenda: **ČERVENĚ** – souše SM detekovaná k září 2019; **MODŘE** = těžba SM detekovaná září 2018 až září 2019

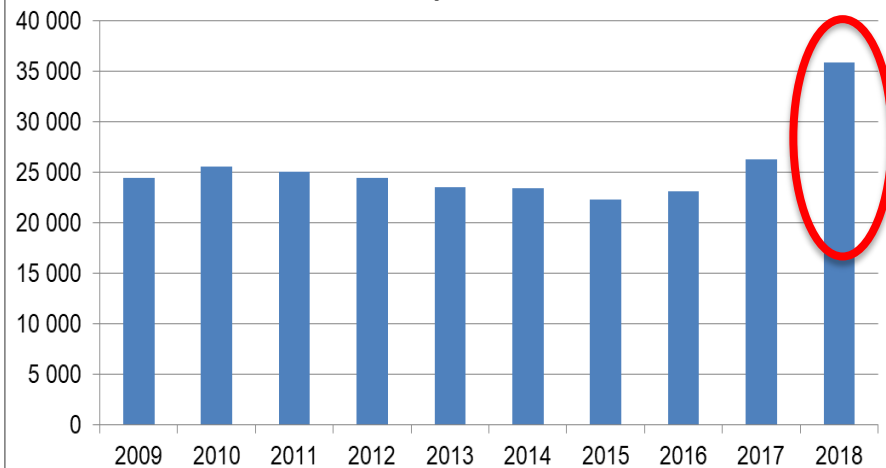
# NÁRŮST VZNIKU KALAMITNÍCH HOLIN

Podíl nahodilé těžby 2018 na celkové těžbě byl 90 %, přibylo celkově 35 867 ha holin (těžbou 27 824 ha, z neúspěšného zalesnění 3 941 ha a 4 102 ha ze živelných pohrom).

Procentuální podíl nahodilých těžeb z celkových



Přírůstek holin během roku. Zdroj: www.czso.cz.



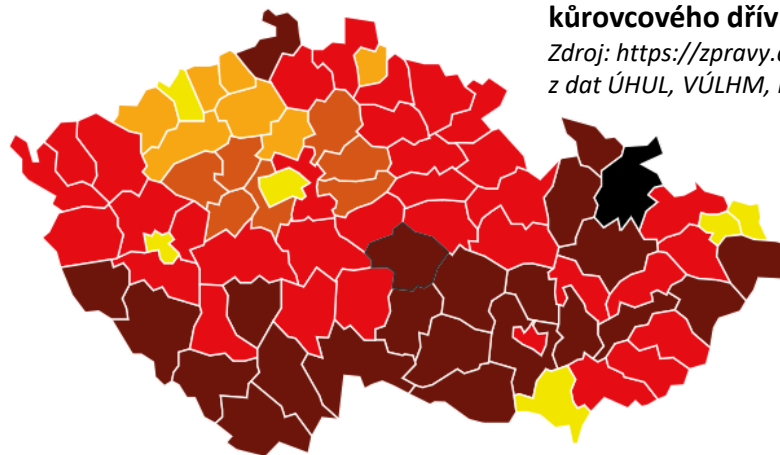
Holiny v Jeseníkách.

Foto: Jakub Plíhal, zpravy.aktualne.cz.



Evidovaný objem smrkového kůrovcového dříví (2018)

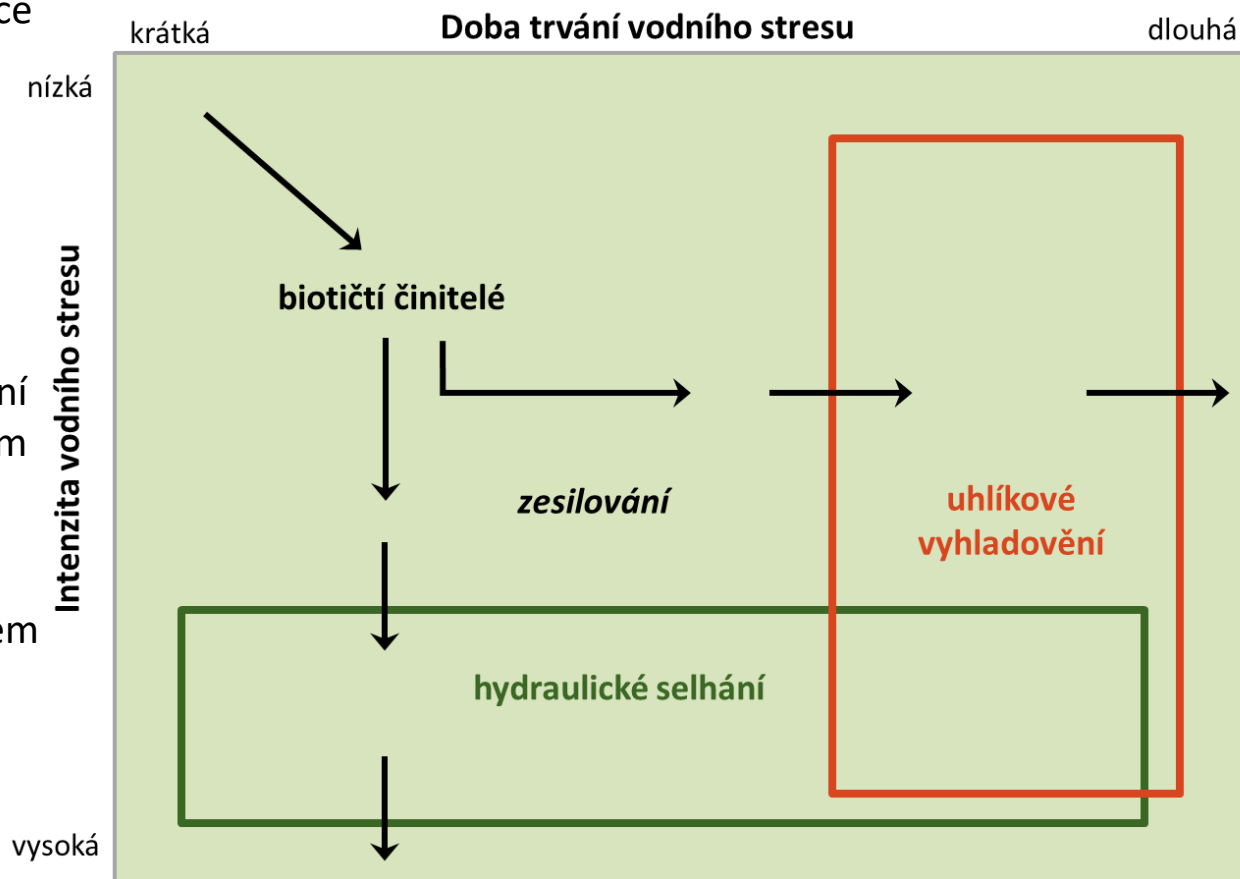
Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz>  
z dat ÚHUL, VÚLHM, MZE



# SUCHO

**Mechanismy, které mohou při suchu vést k plošnému hynutí stromů** (McDowell et al. 2008)

- 1) hydraulické selhání** kavitace vodních sloupců (vznik vzduchových bublin, které přerušují tok vody v trachejích)
- 2) uhlíkové vyhladovění** deficit C a související metabolické omezení – snížení schopnosti bránit se biotickým činitelům
- 3) zvětšení populací biologických činitelů** vlivem vyšší teploty – kalamitní dopady na oslabené hostitelské dřeviny



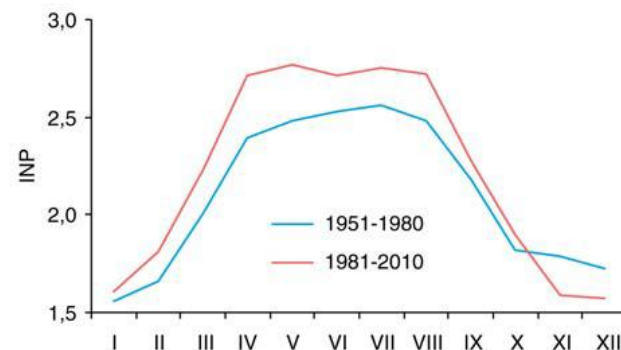
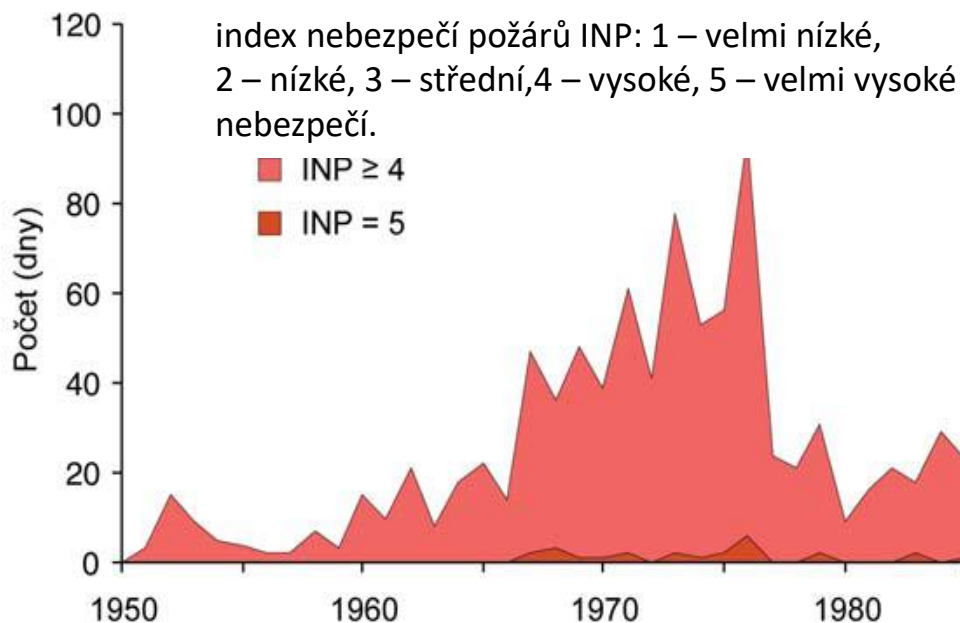
# ZVÝŠENÍ RIZIKA VZNIKU LESNÍCH POŽÁRŮ

## Dosavadní změny a predikce

Řady průměrných počtů dnů s vysokým a velmi vysokým nebezpečím požárů (INP  $\geq 4$ ) a velmi vysokým nebezpečím požárů (INP = 5) vykazují pro Českou republiku **statisticky významný vzestupný trend v období 1951–2013:**

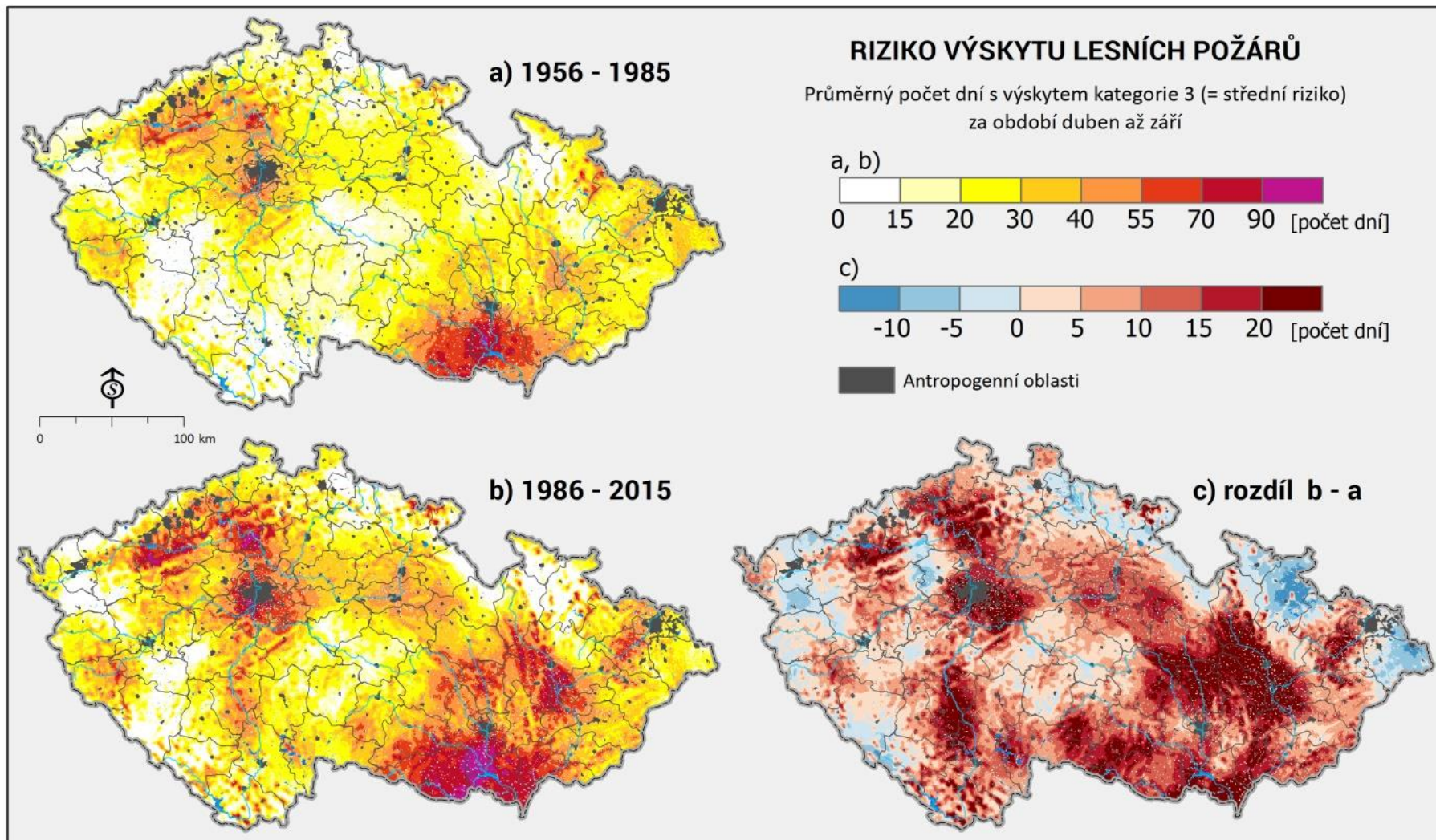
**0,76 dne.rok<sup>-1</sup> pro INP  $\geq 4$**

**0,07 dne.rok<sup>-1</sup> pro INP = 5**



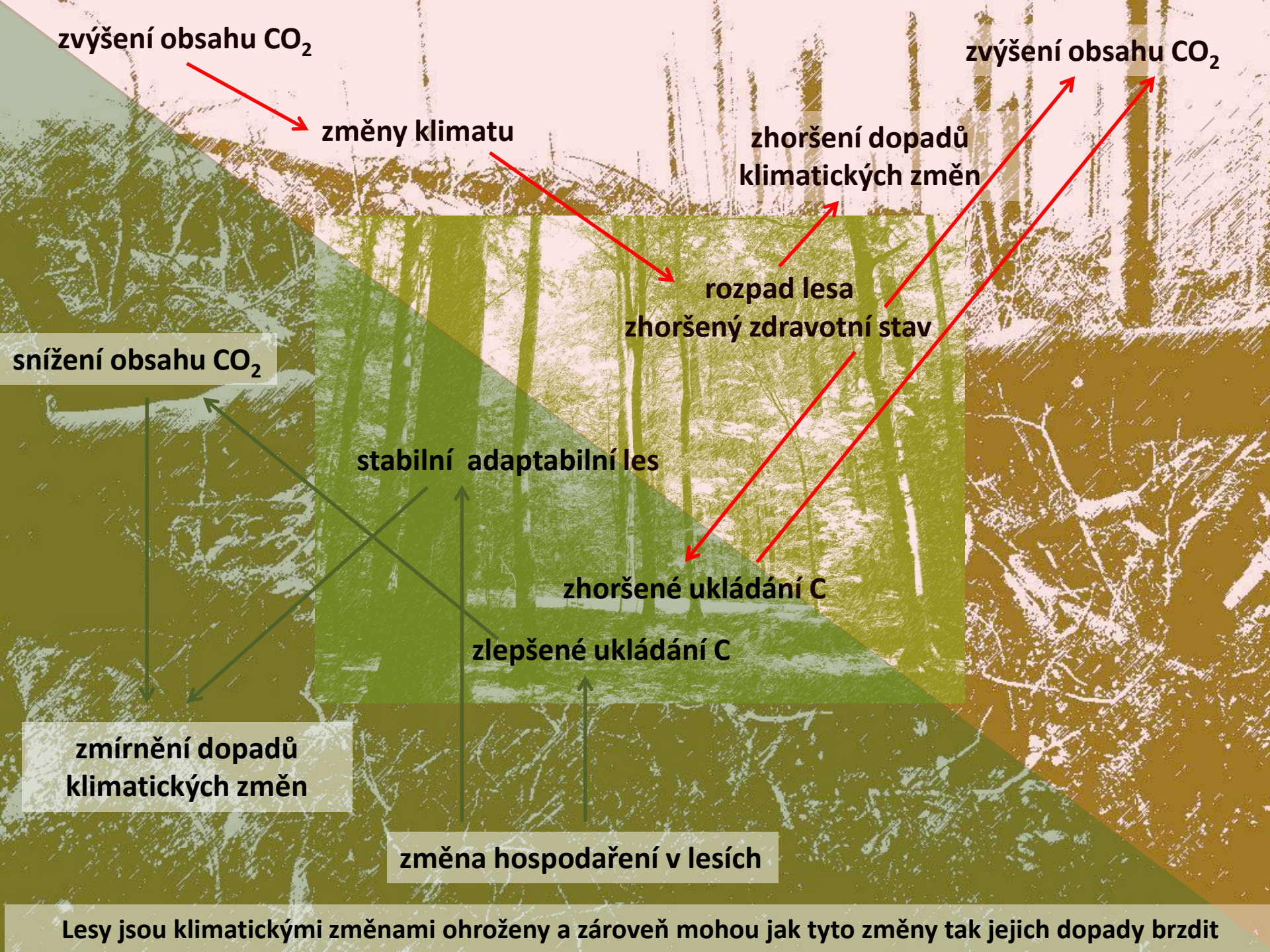
*Průměrný počet dnů s vysokým a velmi vysokým nebezpečím požárů (INP  $\geq 4$ ) a velmi vysokým nebezpečím požárů (INP = 5) v letech 1951–2013 v České republice (Brázdil, Trnka et al. 2015)*

# ZVÝŠENÍ RIZIKA VZNIKU LESNÍCH POŽÁRŮ



Zdroj: CzechGlobe





zvýšení obsahu CO<sub>2</sub>

zvýšení obsahu CO<sub>2</sub>

změny klimatu

zhoršení dopadů klimatických změn

rozpad lesa zhoršený zdravotní stav

snížení obsahu CO<sub>2</sub>

stabilní adaptabilní les

zhoršené ukládání C

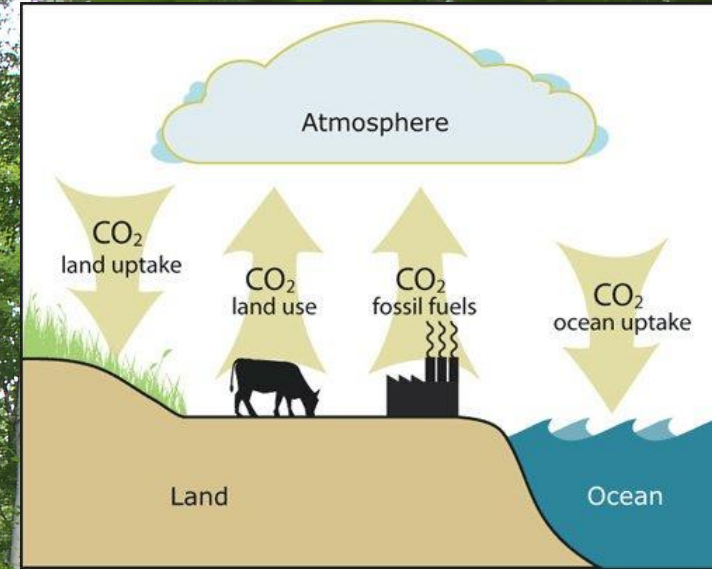
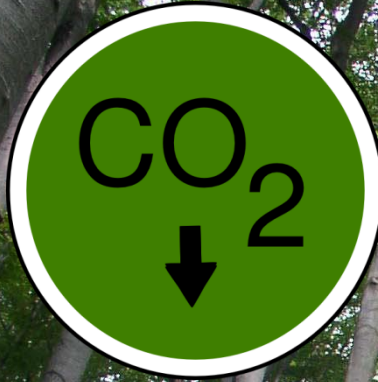
zlepšené ukládání C

zmírnění dopadů klimatických změn

změna hospodaření v lesích

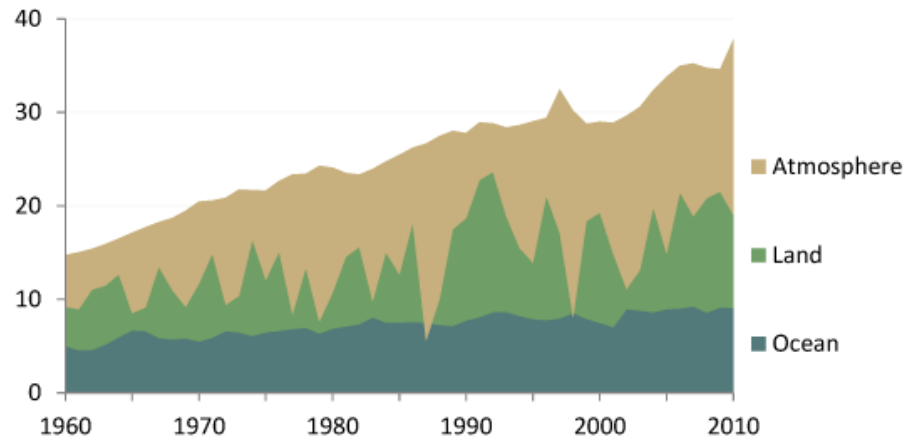
Lesy jsou klimatickými změnami ohroženy a zároveň mohou jak tyto změny tak jejich dopady brzdit

# LES JE VÝZNAMNÝM ÚLOŽIŠTĚM UHLÍKU



## Sinks for Global Carbon Emissions

Annual sink absorption of human carbon emissions (Gt CO<sub>2</sub>)



Data: Global Carbon Project and CDIAC [shrinkthatfootprint.com](http://shrinkthatfootprint.com)

# LESY V EU

**182 milionů hektarů**

lesů a zalesněných ploch v EU  
(2015)

**43%**

rozlohy EU

*\*nepočítaje vodní plochy a velké řeky*

Mezi lety 1990 a 2015 se rozloha lesů v EU zvýšila o

**11 milionů hektarů**



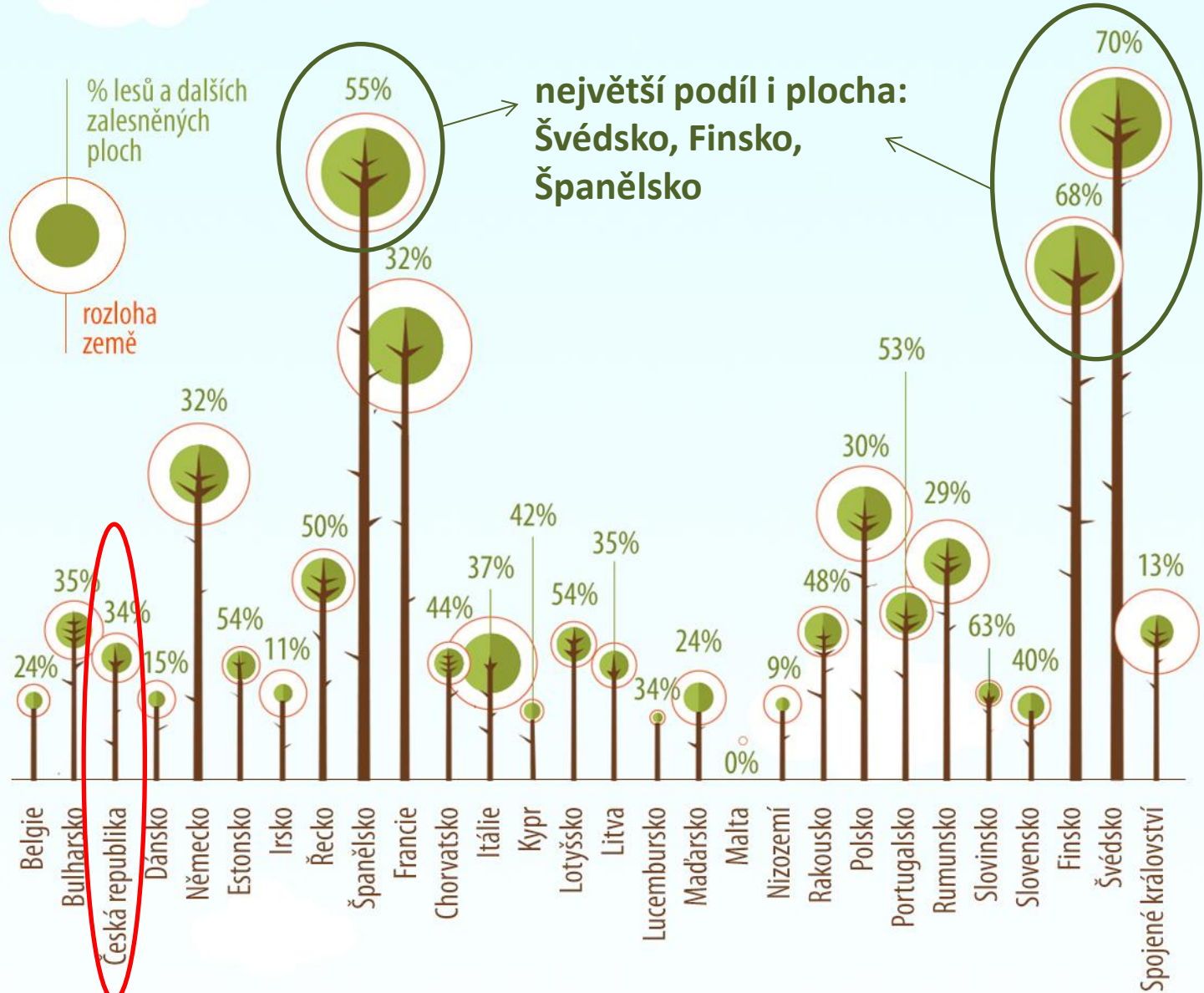
Největší podíl mají lesy finské, francouzské, německé, italské, polské, španělské a švédské. Zalesněné plochy těchto sedmi zemí tvoří dohromady víc než 70 % lesních ploch unijní osmadvacítky. V jiných státech tak rozsáhlé lesní plochy nenajdeme, intenzita zalesnění je v EU různá.

[2015]

# LESY

## A DALŠÍ ZALESNĚNÉ PLOCHY

[www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20170711STO79506/zmena-klimatu-vyuziti-eropskych-lesu-k-vyrovnanu-uhlikovych-emisi](http://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20170711STO79506/zmena-klimatu-vyuziti-eropskych-lesu-k-vyrovnanu-uhlikovych-emisi)

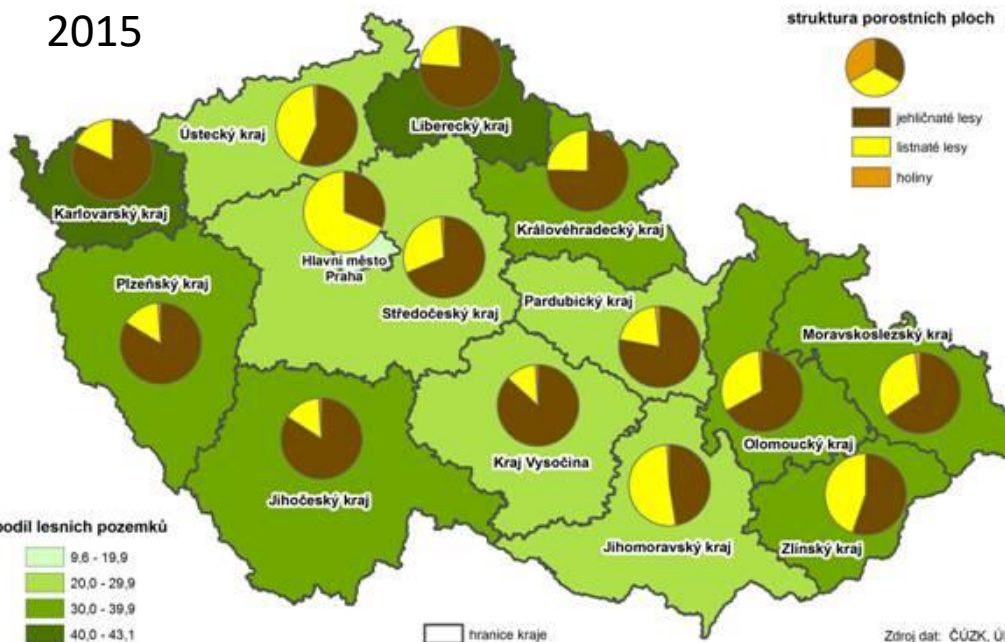


# LESY V ČR

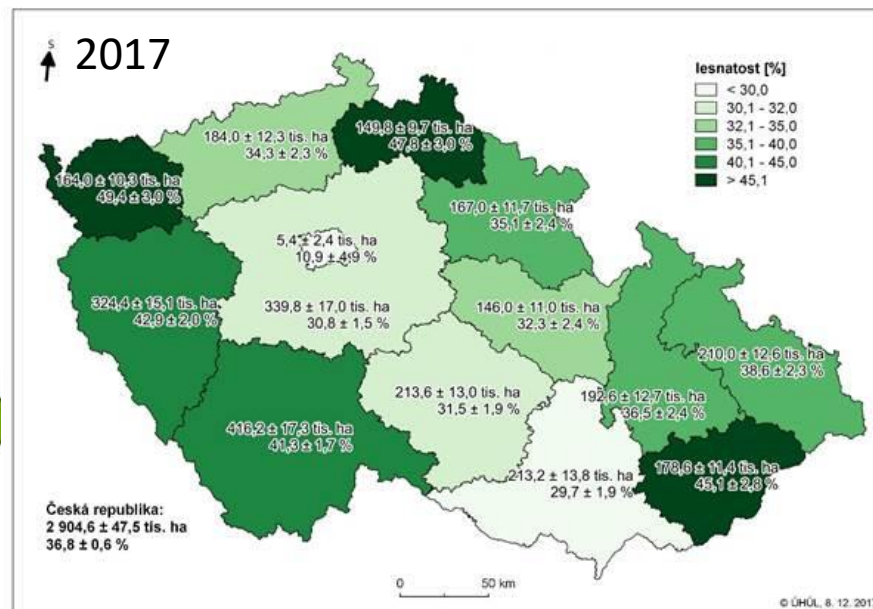
- ✓ Lesnatost ČR podle NIL2 dosahuje **36,8 %**, celková plocha lesa je **2,9 mil. ha** – to je 4,2 mil. fotbalových hřišť, nebo téměř rozloha státu Belgie...
- ✓ Nejvyšší lesnatost má kraj Karlovarský a Liberecký, nejméně Praha a kraj Jihomoravský.
- ✓ Za **posledních deset let přibylo 25 800 ha lesa** – to je 36 857 fotbalových hřišť, představuje to přírůst o rychlosti 10 těchto hřišť za den. Nárůst plochy lesa oproti NIL 1 byl 0,9 %, lesnatost se zvedla o 0,3 %.

Zdroj dat: Národní inventarizace lesů, [www.czechforest.cz](http://www.czechforest.cz)

2015

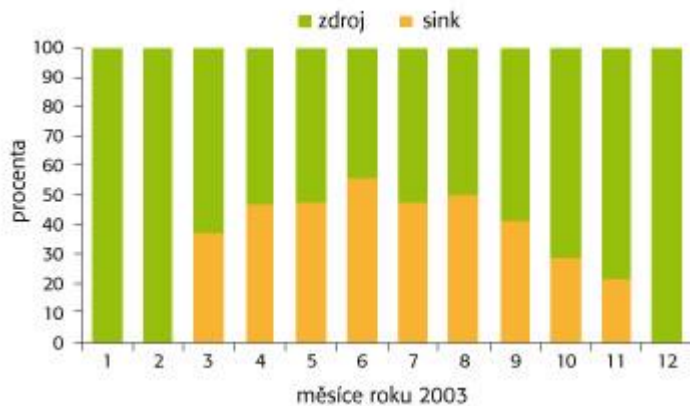


2017



# Kolik emisí skleníkových plynů je v ČR či v Evropě v lese ukládáno?

Podle různých odhadů cca 10 až 30 % emisí.



**Roční bilance položek, kdy lesní porost skutečně „pumpuje“ CO<sub>2</sub> z atmosféry, je tedy uhlíkovým „sinkem“, či CO<sub>2</sub> vydává v důsledku dýchání, tlení apod. (MAREK 2009).**

[www.casopis.ochranaprirody.cz/zvlastni-cislo/vyzkum-ucinku-globalni-zmeny-klimatu-na-urovni-ekosystemu/](http://www.casopis.ochranaprirody.cz/zvlastni-cislo/vyzkum-ucinku-globalni-zmeny-klimatu-na-urovni-ekosystemu/)

## LESY POHLCUJÍ SKLENÍKOVÉ PLYNY



**4 419**

milionů tun skleníkových plynů

*Celkové emise skleníkových plynů v EU v r. 2014*

\* včetně emisí z mezinárodní letecké dopravy a nepřímých emisí, vyjímaje emise z využívání půdy, změny využívání půdy a lesnictví

**10,90%**

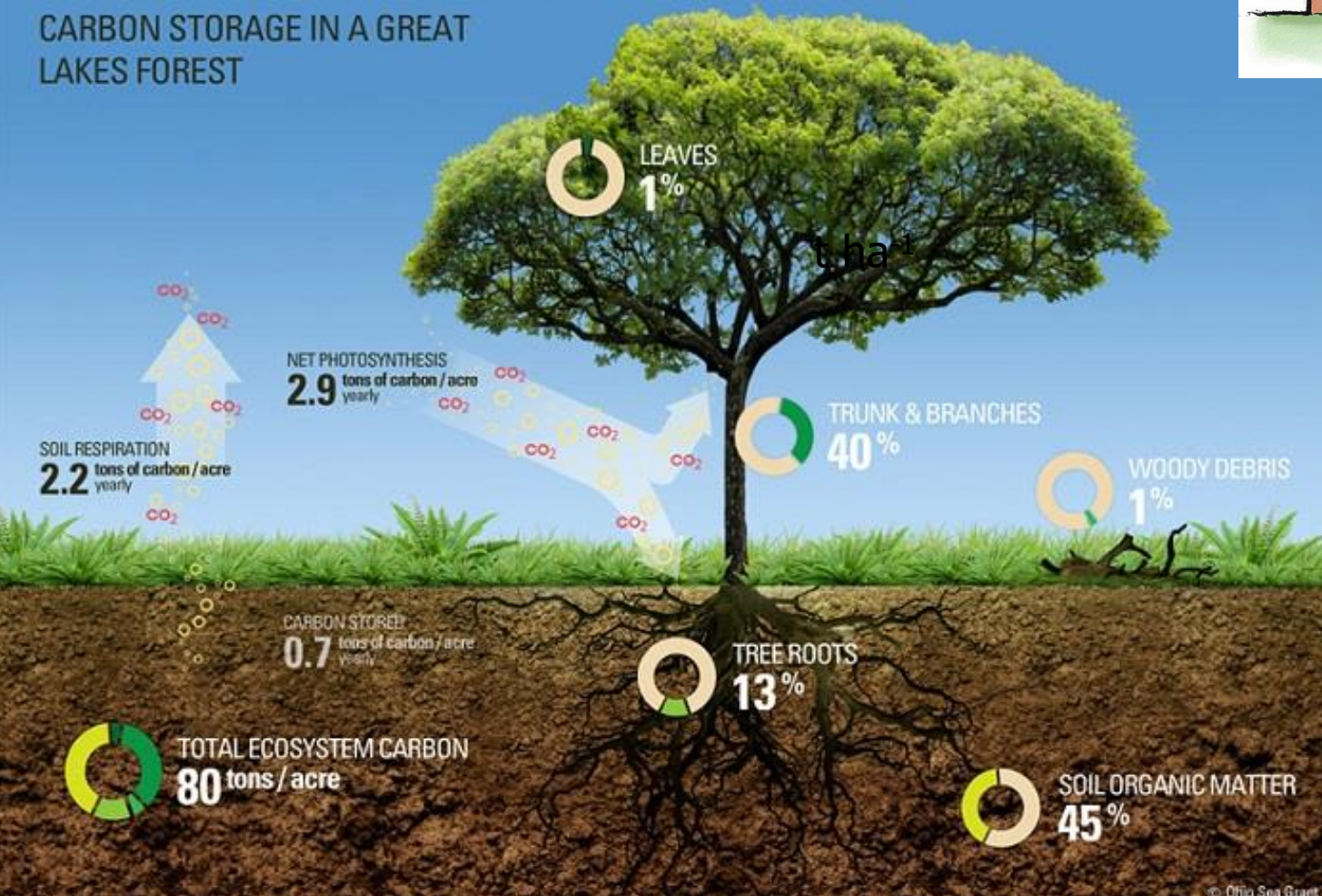
z celkových emisí skleníkových plynů EU je ročně pohlceno evropskými lesy (2014)

# Kde je uhlík v lese ukládán?



## WHERE DOES CARBON GO?

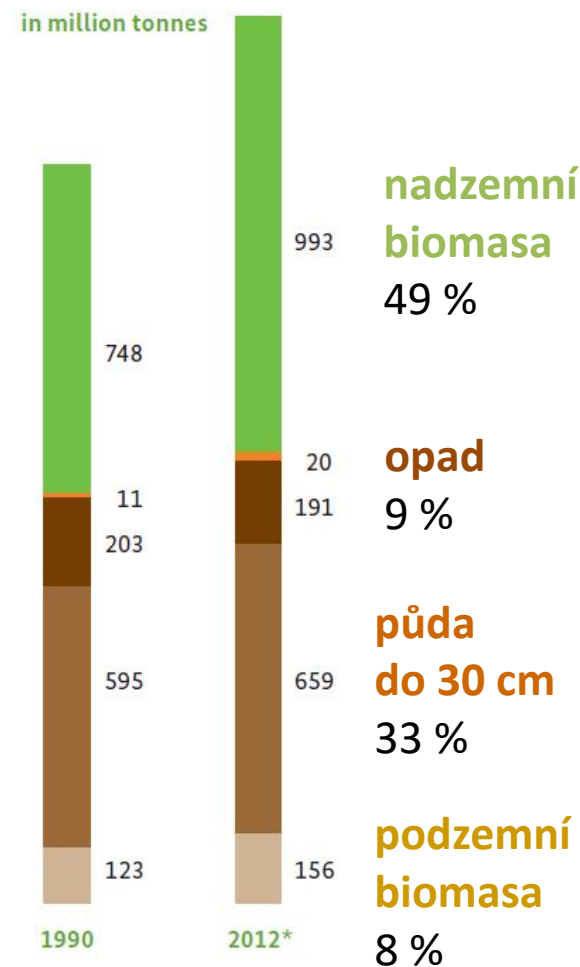
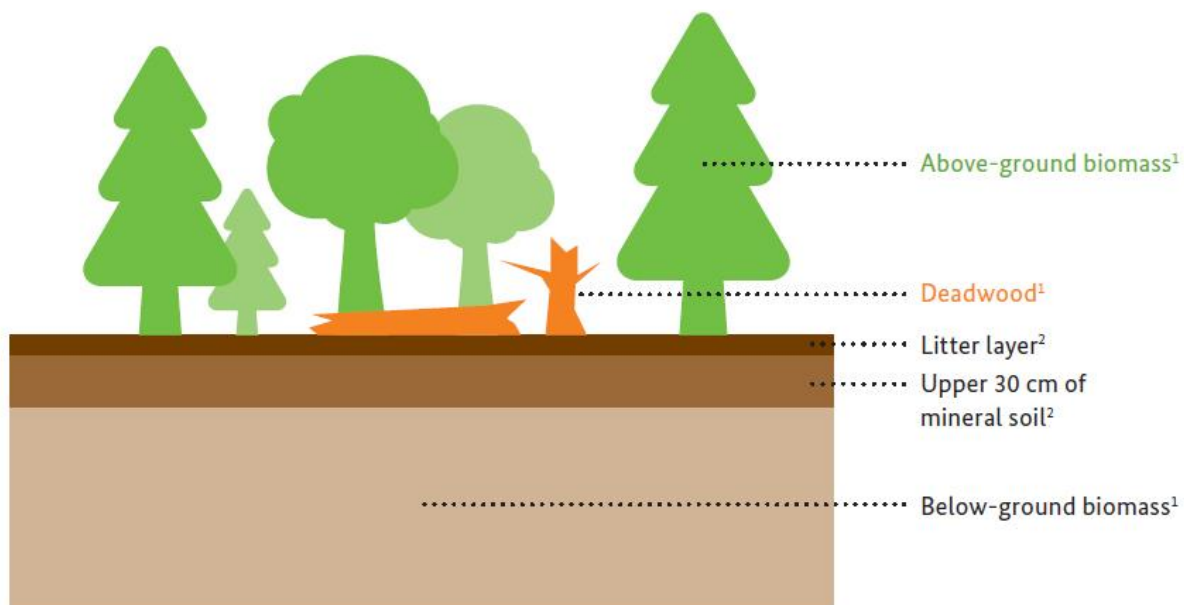
CARBON STORAGE IN A GREAT  
LAKES FOREST



## GREAT LAKES FORESTS SEVERNÍ AMERIKA

v ekosystému: 80 t/ha

- 45 % půda
- 40 % kmen a větve
- 13 % kořeny
- 1 % listí stromů
- 1 % opad



\* Projected onto the year 2012 for the soil, measured for the stand

<sup>1</sup>Data from the National Forest Inventories 1987 (supplemented by the Forest Resource Database of the GDR for the new *Länder*), 2002 and 2012

<sup>2</sup>Soil survey in the forest



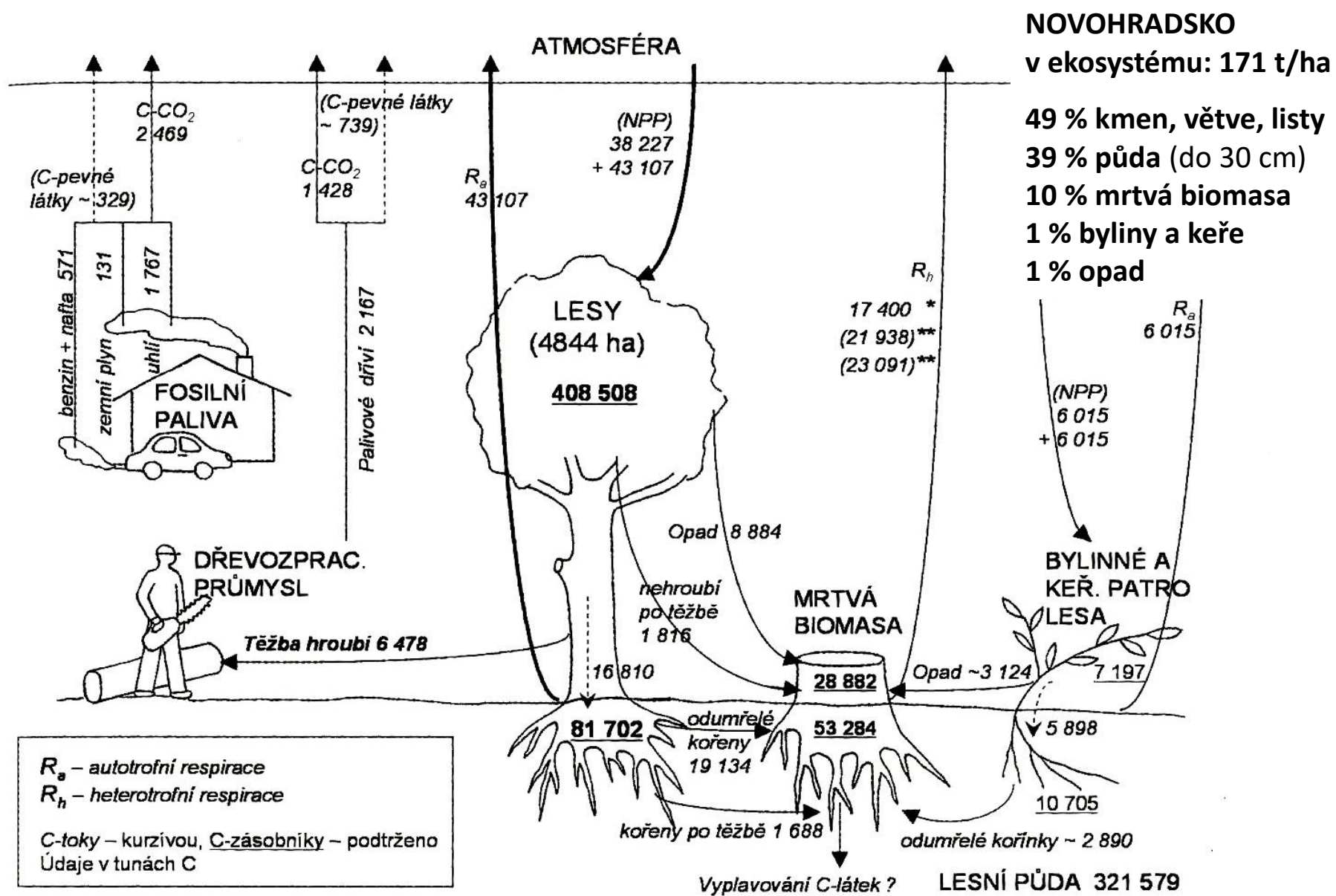


Schéma koloběhu uhlíku na zájmovém lesnatém území Novohradska v roce 2005 (MAREK et al., 2011). Toky jsou vyjádřeny v t C za rok, zásoby uhlíku v t, vše v absolutních číslech. NPP= čistá primární produkce.

# Koloběh uhlíku v lesích

Oulehle, Tahovská, Bárta, Růžek

www.geology.cz › publicity › 06-uhlik\_v\_pude\_a\_kyselá\_depozice

Emise ČR: 5.3 t C ha<sup>-1</sup>

Hrubá primární produkce  
20 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Hrubá primární produkce  
17 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Fotosyntéza

Autotrofní respirace  
9 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Autotrofní respirace  
11 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Opad:  
2.9 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Opad:  
1.7 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Heterotrofní respirace:  
3 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Heterotrofní respirace:  
4 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Půdní respirace:  
9.1 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Půdní respirace:  
9.8 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

146 t C ha<sup>-1</sup>

225 t C ha<sup>-1</sup>

37 t C ha<sup>-1</sup>

45 t C ha<sup>-1</sup>

65 t C ha<sup>-1</sup>

34 t C ha<sup>-1</sup>

76 t C ha<sup>-1</sup>

133 t C ha<sup>-1</sup>

Půda: 113 t C ha<sup>-1</sup>

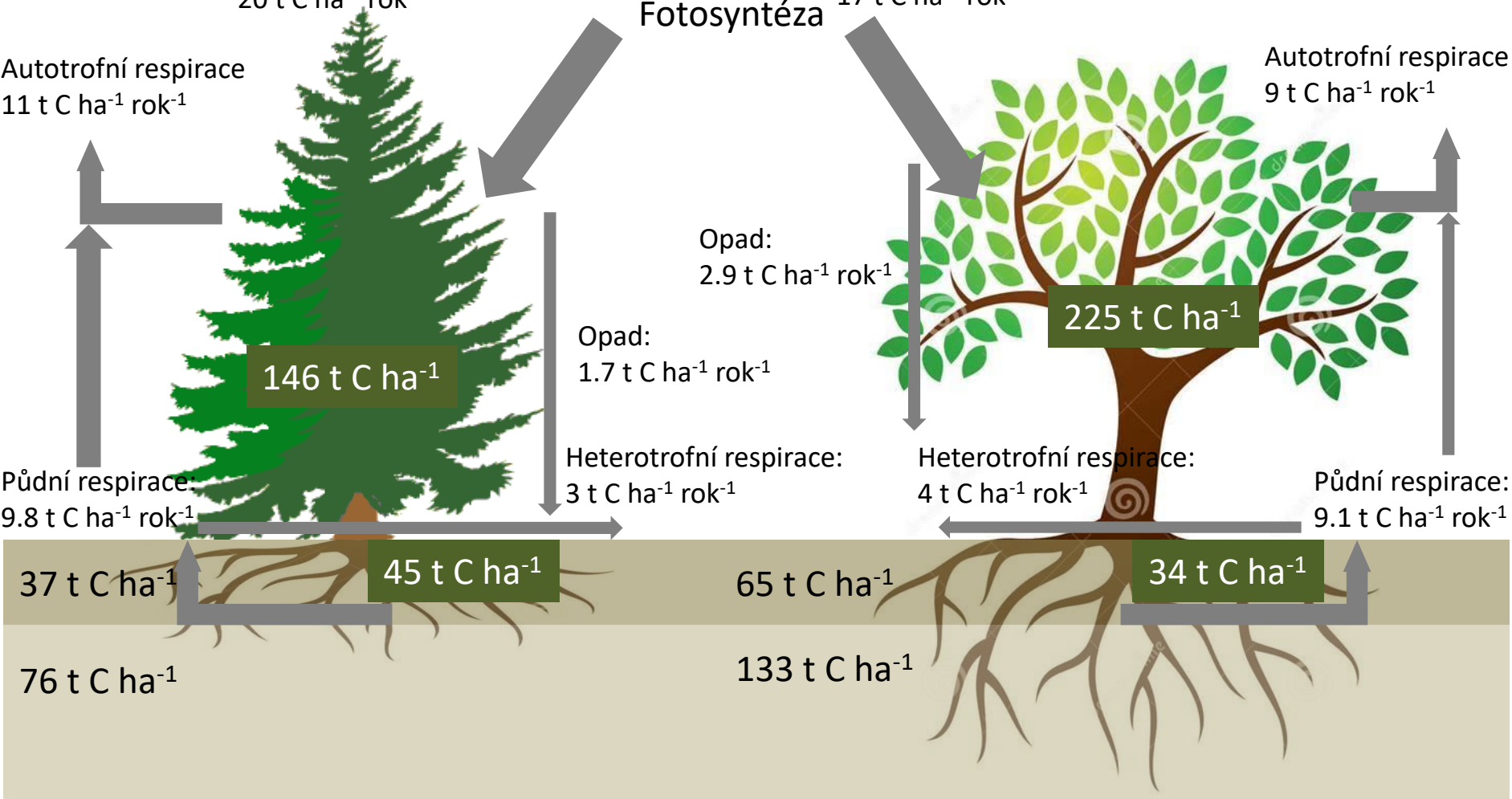
Půda: 199 t C ha<sup>-1</sup>

Biomasa: 191 t C ha<sup>-1</sup>

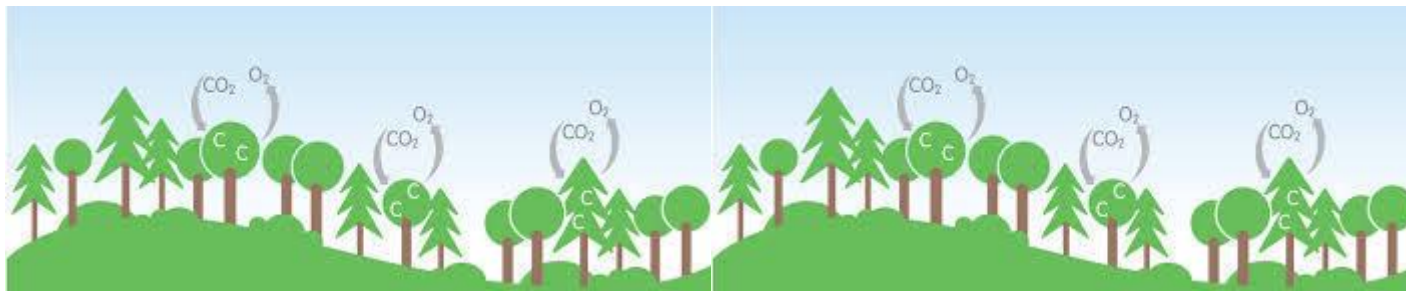
Biomasa: 258 t C ha<sup>-1</sup>

Čistá primární produkce: 9 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Čistá primární produkce: 8 t C ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>



**V lesní půdě** může být celková zásoba uhlíku **dvojnásobkem** množství uhlíku **v nadzemní biomase**, v boreálních lesích může vystoupat až na 5:1 (Hruška, Oulehle 2009; Samec et al. 2017). Organický uhlík v půdě přetrvává přibližně třikrát déle než v nadzemní biomase.



Mezi jednotlivými lesními půdami mohou být výrazné rozdíly v zásobě uhlíku ve svrchní vrstvě do 30 cm. Podle CIENCIALA et al. in MAREK et al. (2011) cca 17 % lesních půd má obsah  $C_{ox}$  (půdní organický uhlík) méně než  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , nejvíce půd má obsah uhlíku  $51\text{--}60 \text{ t ha}^{-1}$  (40 %) a jen necelých 9 % má obsah uhlíku vyšší než  $111 \text{ t ha}^{-1}$  **Největší souhrnné zásoby uhlíku jsou v lesních půdách 3 až 5 LVS.**

**Výsledná uhlíková bilance lesa je v našich podmínkách výrazně kladná. Les je tedy uhlíkovým „sinkem“, tj. územím ukládající uhlík.**

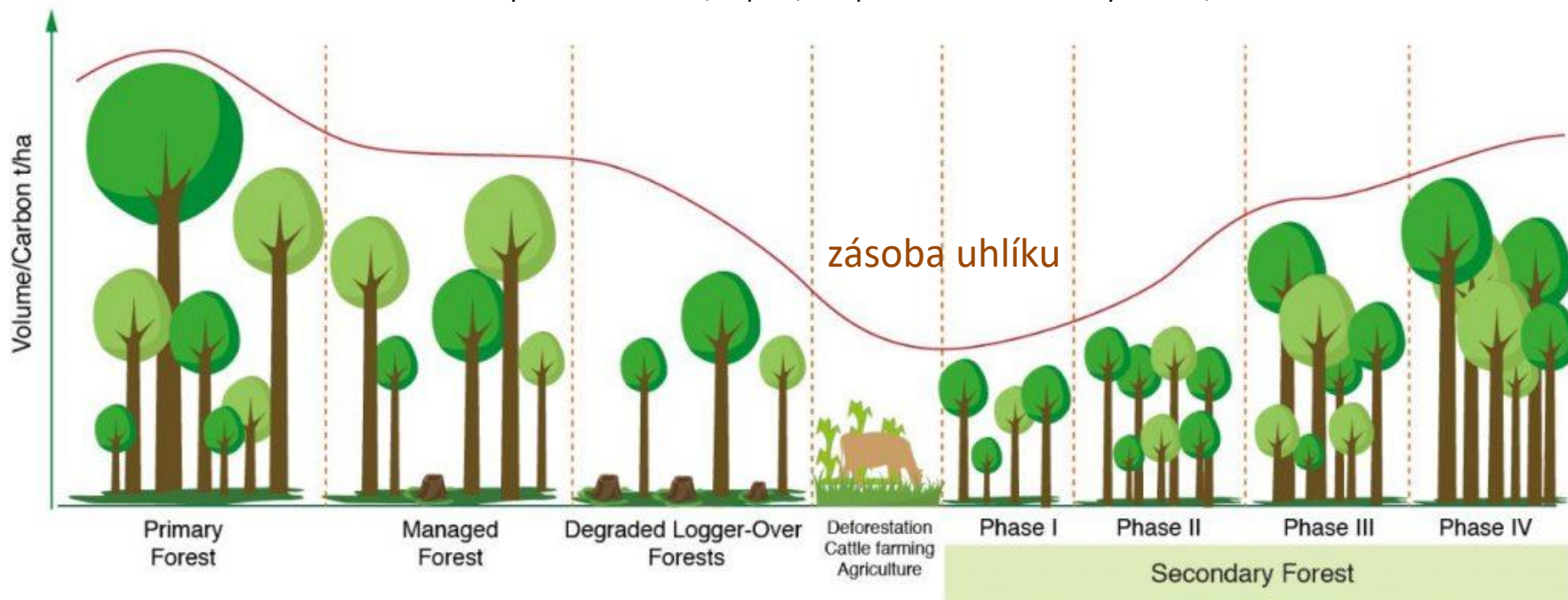
Při dosazení hodnot heterotrofní respirace pro temperátní les podle MALHI et al. (1999) by byla pro modelové území Novohradsko výsledná uhlíková bilance cca **kolem  $4,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$**  (MAREK et al., 2011).

Při dosazení jiných hodnot uváděných v literatuře by mohla klesnout na hodnoty **kolem cca  $3,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$** . Tyto odhady zahrnují jak odhad produkce bylinného patra, tak i roční těžby.

# The Forest Transition Curve

## From Primary Forests to Secondary Forest

[www.forestryandclimate.com/impact/the-potential-of-secondary-forests/](http://www.forestryandclimate.com/impact/the-potential-of-secondary-forests/)



Les se po každém narušení stává čistým zdrojem uhlíku. Dynamika je však rozdílná, například **čerstvě sklizená pařezina bývá zdrojem uhlíku pouze po několik let**, poté ukládání uhlíku v biomase předčí ztráty způsobené dýcháním. Naopak **holosečná těžba dospělého lesa porost posune do role čistého zdroje uhlíku až na několik desetiletí.**

V našich **podmínkách je les po těžbě zdrojem uhlíku pro atmosféru po dobu cca 10–20 let**, poté produkce významně převáží nad respirací a **maximální čisté ekosystémové produkce dosáhne kolem 30 let věku.**

Hruška, Oulehle, 2009: [vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2009/cislo-7/lesy-globalnim-kolobehu-uhliku.html](http://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2009/cislo-7/lesy-globalnim-kolobehu-uhliku.html)

# DŮLEŽITÁ NENÍ JEN PLOCHA LESŮ ALE TAKÉ JEJICH STAV A ZPŮSOB HOSPODAŘENÍ V NICH!

## *negativní dopad na uhlíkovou bilanci*

**vysázení lesa na ploše stávajícího ekosystému s vysokým uhlíkovým sinkem (např. severských mokřadních oblastí – snížení albeda – uvolňování C z půdy)**

**hospodaření ve stávajících lesích vedoucí k degradaci prostředí a rozpadu porostů a vzniku holin či dokonce trvalému odlesnění (emise uhlíku z půdy i porostu)**

## *nejistý či jen časově znatelně limitovaný příznivý dopad na uhlíkovou bilanci*

**vysázení lesa s nevhodnou dřevinou skladbou (rozpad porostů v mladém či středním věku s následným uvolněním C)**

**hospodaření vytvářející paseky, a to zejména tam, kde je komplikovaná obnova (poměrně dlouhé období s celkového životního cyklu s negativní uhlíkovou bilancí)**

## *pozitivní dopad na uhlíkovou bilanci*

**vysázení lesa s vhodnou dřevinou skladbou v místech k tomu vhodných (jak z hlediska využití krajiny, tak z hlediska celkové uhlíkové bilance)**

**hospodaření v lesích vhodné dřevinné skladby vytvářející bohatou strukturu lesa, nepasečně, s trvale vysokou zásobou dřeva (les trvale tvořivý)**

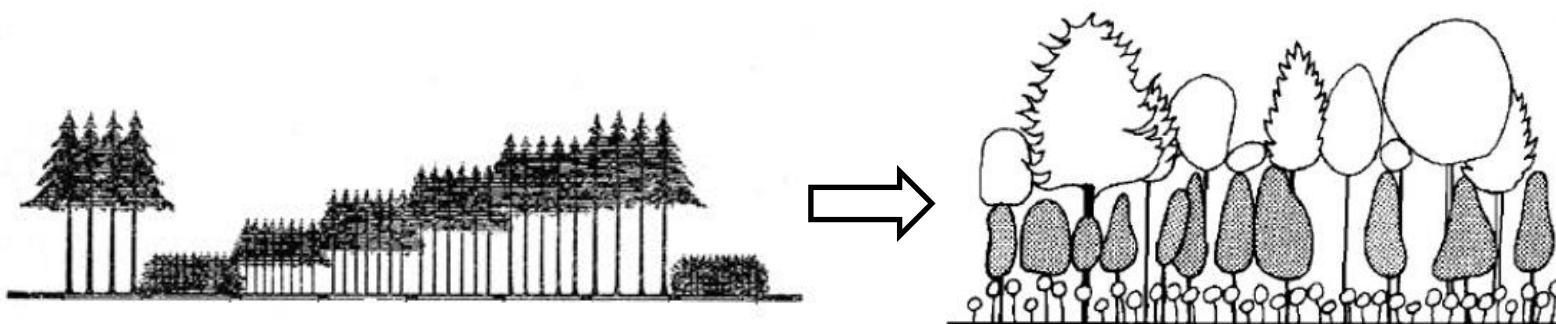
# JAK ZVYŠOVAT ZÁSObU UHLÍKU ULOŽENOU V LESÍCH?

Velikost zásoby uhlíku vázaného lesem lze zvyšovat hospodářskými opatřeními extenzivního i intenzivního charakteru (Pokorný 2013):

- **zvětšování rozlohy lesní půdy zalesňováním** ploch (obvykle zemědělských či neplodných), které mají nižší schopnost deponovat uhlík než les (Marek a kol. 2011);
- **změny způsobu obhospodařování** lesů směřující k takové prostorové, druhové a v lesích pasečného typu i věkové skladbě lesa, která v konečném výsledku povede ke **zvýšení průměrné hektarové zásoby biomasy a v ní vázaného uhlíku** lesním ekosystémem jako celkem.

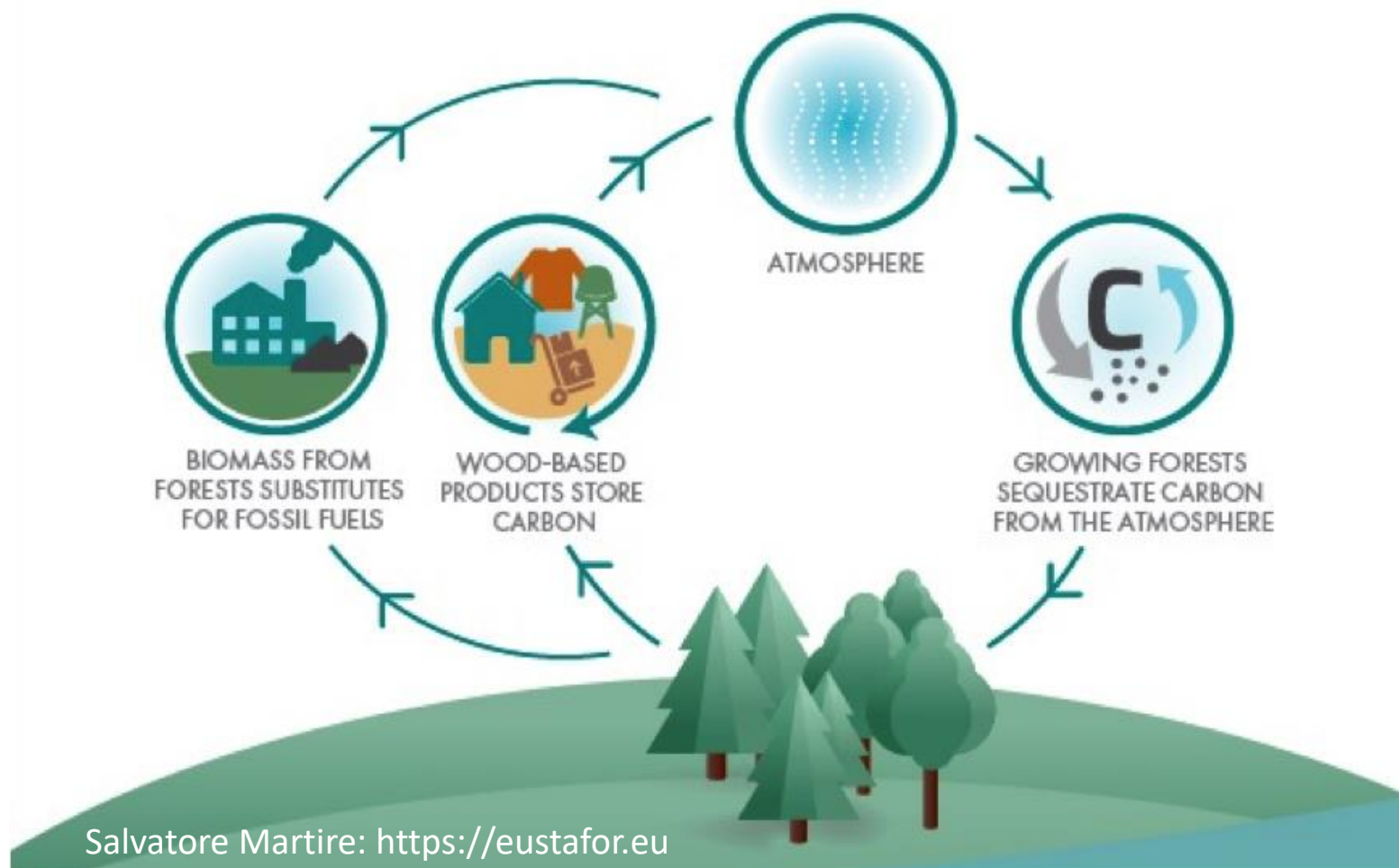
Aktuální výše uhlíkové zásoby není sama o sobě zárukou dlouhodobě příznivé uhlíkové bilance, pokud není dostatečně stabilní. Stabilita uhlíkové zásoby v lesích úzce souvisí s jejich funkční strukturou a ekologickou stabilitou.

**Obecně platí, že ekologická stabilita ekosystémů a tím i stabilita uhlíku v nich vázaného, vzrůstá s diverzitou ekosystému.**



Uhlíkový sink v lesích je třeba chápat také v souvislosti s energetickým a materiálovým využitím dřeva a s potřebou náhrady fosilních paliv.

Cílem je **udržitelný uhlíkový koloběh**, kdy je sink posílen hospodařením, které umožňuje zvýšenou a trvale udržitelnou zásobu uhlíku v lese, přičemž z lesa odebírané dřevo je využíváno v rozumném mixu materiálového a energetického využití spojeného z recyklací (materiálové i energetické využití dřevěného odpadu).



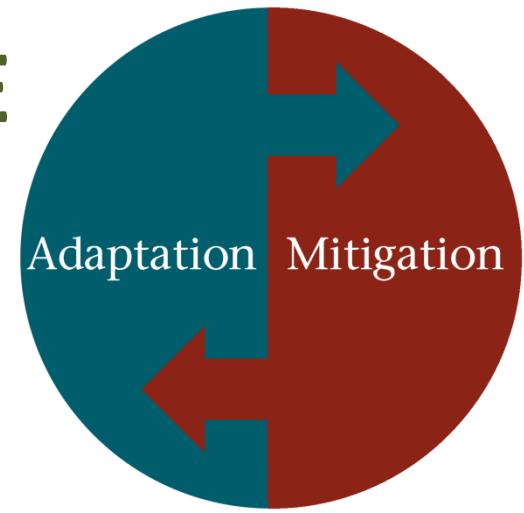


# CLIMATE SMART FORESTRY

**HOSPODAŘENÍ V NAŠICH LESÍCH SE MUSÍ ZMĚNIT,  
POKUD MAJÍ NAŠE LESY ODOLÁVAT STRESOVÉ  
ZÁTĚŽI DANÉ ZEJMÉNA ZMĚNOU KLIMATU**



# ZÁKLADNÍ OBECNÉ CÍLE/TEZE MITIGACE A ADAPTACE V LESÍCH



**POLYFUNKČNOST, VYUŽITÍ SYNERGIÍ** – podporovat zejména taková opatření, které povedou k zlepšení či udržení několika ekosystémových služeb, která pomohou čelit několika rizikům.

**ROZLOŽENÍ RIZIKA** – podporovat opatření, která vedou k diverzifikaci hospodaření (za dodržení základních požadavků) a struktury lesa a tím k rozložení rizika, tj. snížení pravděpodobnosti plošného rozpadu lesa.

**PROPOJENOST S NAVAZUJÍCÍMI SEKTORY** – důležité jsou nejen změny v lese samotném, důležité je propojení s dalšími sektory, opatřeními – například podpora materiálového využití dřeva, včetně materiálového využití dřevěného odpadu (prolongace fixace uhlíku ve dřevě).

# JAK ADAPTOVAT? OBECNÉ PŘÍSTUPY

## OCHRANA STRUKTUR LESA – "reaktivní", „beze změny"

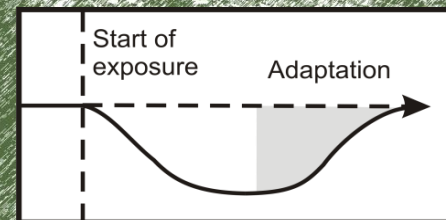
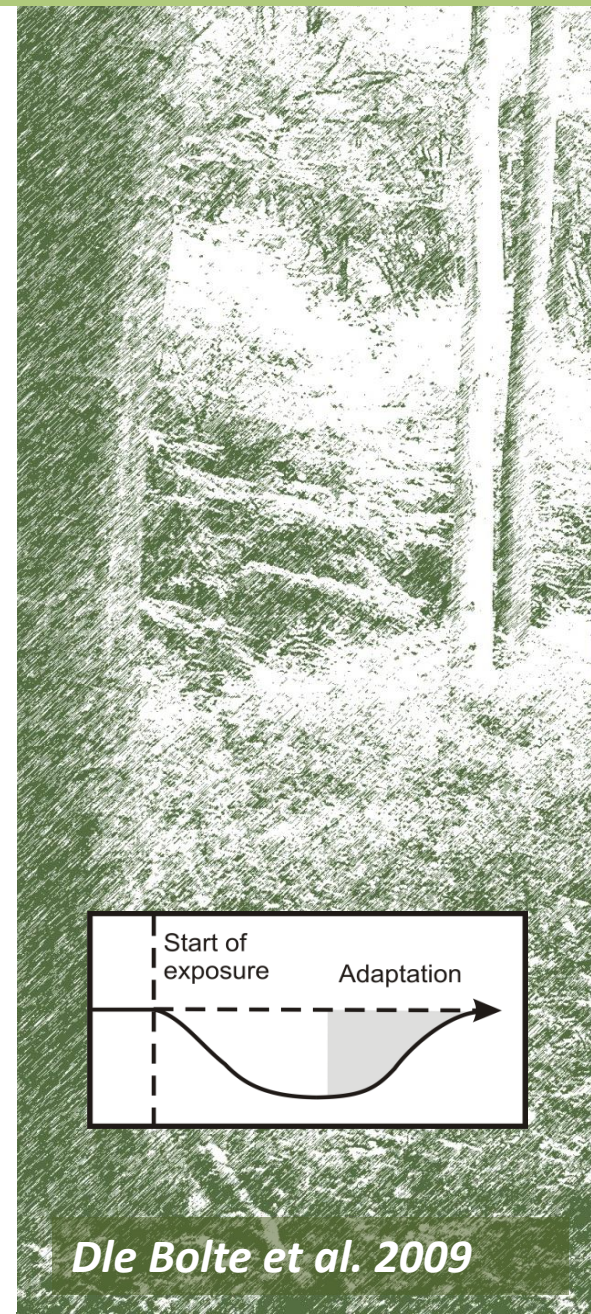
- Zachování stávajících struktur lesa tam, kde jsou pro to podmínky, kde jsou nízké nepříznivé dopady nebo vysoká odolnost ke GKZ
- Vysoká pravděpodobnost pro zlepšení stability pěstebními opatřeními
- *Rostoucí riziko rozpadu, vysoké riziko významných ztrát*

## AKTIVNÍ ADAPTACE – "výhledová", "proaktivní"

- Introdukce nových druhů/proveniencí – „asistovaná migrace“
- Změna obmýtí, struktur porostu (například hustoty), změna způsobů výchovy...
- Disturbanční management (ovlivňování vzniku disturbancí, management na disturbancích vzniklých plochách...)
- *Vysoké náklady, vysoké vynaložené úsilí – odborná, časová, provozní i ekonomická náročnost*

## PASIVNÍ ADAPTACE – „bez opatření"

- Žádné aktivní zasahování
- Použití spontánních adaptačních procesů (sukcese, přírodní výběr)
- Akceptovatelné pro lesy nízkého ekonomického (ekologického) významu
- *Žádná opatření – příznivý poměr cena-prospěch*

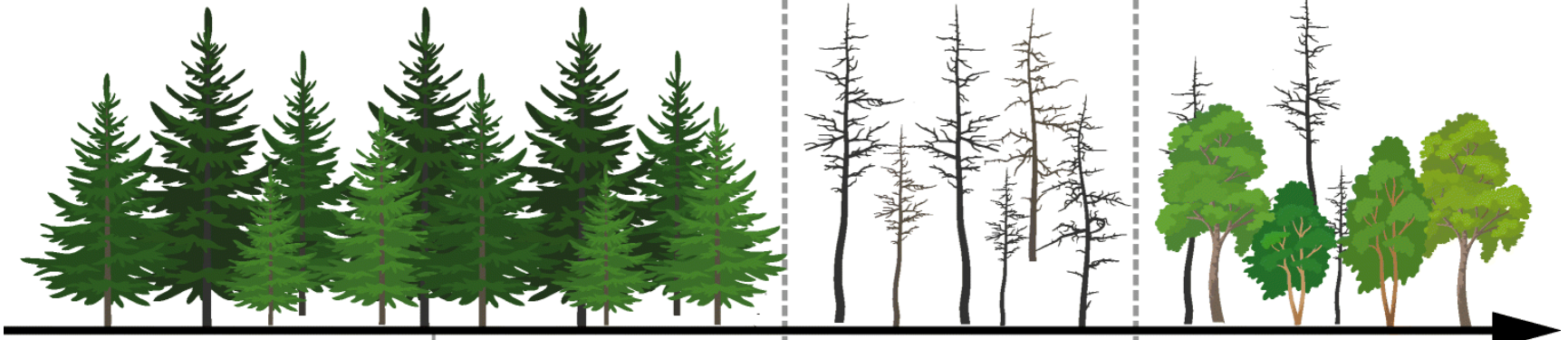


*Dle Bolte et al. 2009*

# ADAPTACE – PASIVNÍ ADAPTACE VERSUS AKTIVNÍ ADAPTACE

## pasivní adaptace

nezměněné hospodaření » rozpad » sukcese » nový porost s novými cílovými druhy



Jandl et al. 2019: Forest adaptation to climate change – is non-management an option? *Annals of Forest Science* 76: 48.

## aktivní adaptace

změna hospodaření » bez rozpadu či částečný rozpad » nový porost s novými cílovými druhy



Time

t1

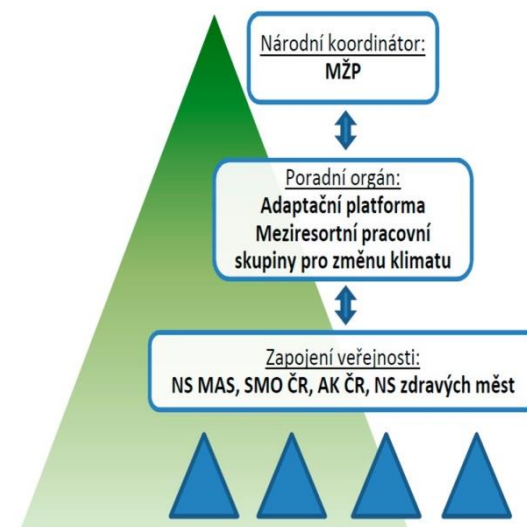
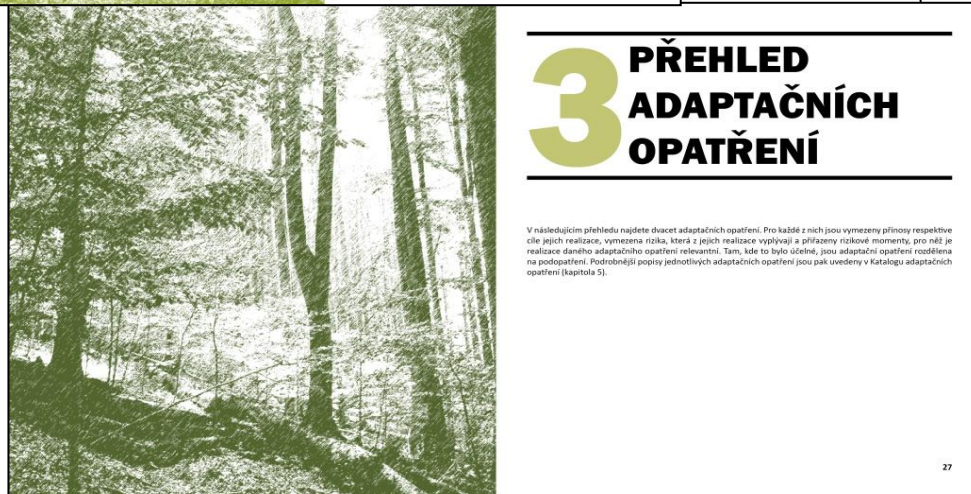
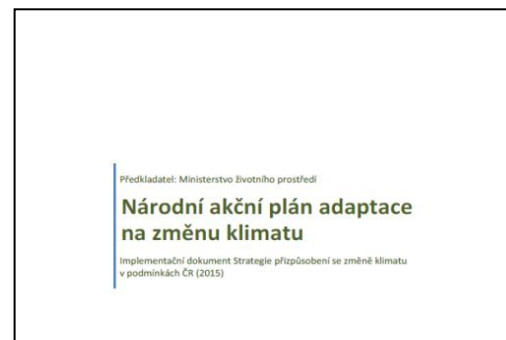
t2

t3

Základní tradiční lesnický cíl opatření je vyhnout se rozpadům lesa – kromě produkčních důvodů jsou další důvody – uhlíkový sink, retence vody, zabránění erozi...

# NAVRHOVANÁ ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ

V minulých letech byla navrhována řada adaptačních opatření, na různých úrovních, například v **Katalogu lesnických adaptačních opatření** ([www.frameadapt.cz](http://www.frameadapt.cz)), ve výzkumných zprávách institucí, ve strategických dokumentech ČR... Na konci roku **2015** byla vládou ČR schválena **Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR**. V roce **2017** byl pak usnesením vlády č. 34 ze dne 16. ledna schválen **Národní akční plán adaptace na změnu klimatu** jako implementační dokumentem této strategie.



# BOHATŠÍ DŘEVINNÁ SKLADBA

ČR 2018 – SMRK 50 %, BOROVICE 16 %, BUK 8 %,  
DUBY 7 %, OSTATNÍ LISTNÁČE 9 %, MODŘÍN 4 %, BŘÍZA 1 %, JEDLE 1 %

## DŮVODY PRO ZMĚNU:

- více dřevin = rozložení rizika, menší riziko plošného rozpadu;
- vzájemná „výmopoc“ dřevin;
- využití pionýrských, suchuodolných dřevin.

# ZMĚNA DŘEVINNÉ SKLADBY

Změna dřevinné skladby probíhá. Přetrvávajícím problémem je prostorové měřítko – plošné výsadby jedné dřeviny. Stále probíhají výsadby smrku na klimaticky nevhodných stanovištích, ve stávajících RSH doporučené cílové dřevinné skladby nereflektují dynamiku klimatické změny.

Zdroj: NIL II,  
nil.uhul.cz

rozdílnost mezi údaji  
ze Zelených zpráv a z NIL II  
vykazované  
versus  
přítomné

## OBNOVA LESA V ČR

Zdroj: www.czso.cz,  
eagri.cz

1990 2000 2010 2018



84,0 %



63,6 %



59,2 %



55,7 %

**pokles  
o 28,3 %**



16,0 %



36,4 %



40,8 %



44,3 %

**nárůst  
o 28,3 %**



59,0 %



43,3 %



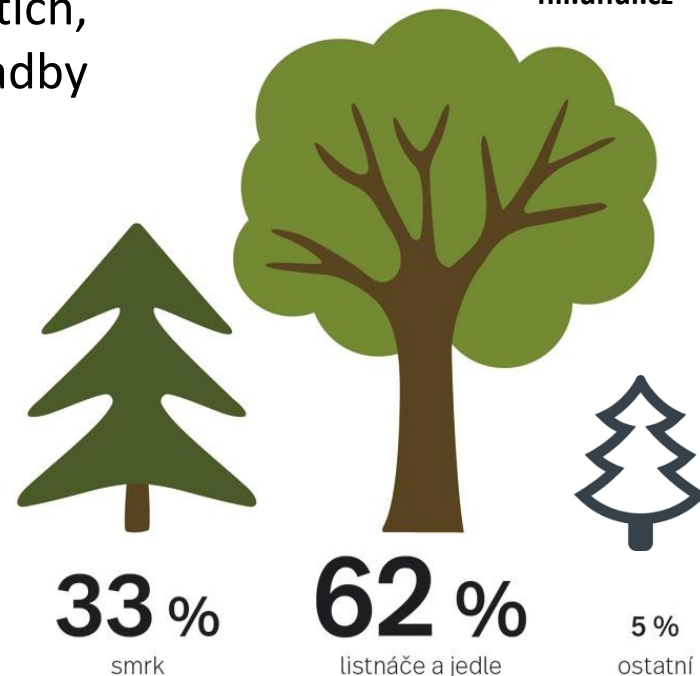
43,6 %



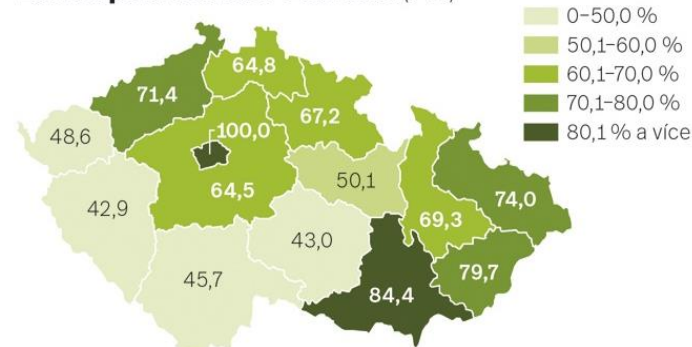
38,8 %

**pokles  
o 20,7 %**

jen malý pokles, zalesňování i tam, kde pro smrk pravděpodobně budou velmi špatné podmínky



Zastoupení listnáčů v obnově (v %)



ZDROJ: ÚHÚL

# ZMĚNA DŘEVINNÉ SKLADBY

11. prosince 2018 byla schválena **vyhláška 298/2018 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů**.

V příloze 2 se nově cílové HS dělí na podsoubory, které diferencují přírodní podmínky a umožňují lépe stanovit vhodnou druhovou skladbu. Podsoubory se v některých případech liší v minimálním % MZD, doporučeném % MZD a v rámcovém vymezení druhové skladby.

## NAVÝŠENÍ PODÍLU MZD

**Minimální podíl MZD se u většiny cílových HS zvýšil, obvykle o 5 až 10 %.**

## ROZŠÍŘENÍ VÝČTU DZC I MZD

Ve výčtu dřevin základních cílových se uvádí pestřejší škála než dosud (mnohde i JD). Ve výčtu MZD je uvedena pestřejší škála domácích dřevin; důsledně rozlišovány jsou jednotlivé domácí druhy javorů (mléč a klen), jasanů, jilmů, ale také dubů (letní a zimní). Ve výčtu MZD se již nikde neuvádějí geograficky nepůvodní druhy jedle obrovská (JDO) a dub červený (DBC)



# PŘIROZENÁ OBNOVA

2017 BYL PODÍL  
PŘIROZENÉ OBNOVY  
NA CELKOVÉ OBNOVĚ  
18 %,  
V KALAMITNÍM ROCE  
2018 PAK JEN 16 %  
(DATA ČSÚ – CZSO.CZ).  
DLE NIL II JE PODÍL  
PŘIROZENÉ OBNOVY  
CCA 23 %.

**DŮVOD PRO ZMĚNU:**  
Zvýšení schopnosti přizpůsobit se,  
uplatnění přírodního výběru.



# BOHATŠÍ STRUKTURA POROSTŮ



## DŮVOD:

Různověkost + malé skupiny =  
rozložení rizika, snížení pravděpodobnosti  
předčasného rozpadu.

# NEPASEČNÝ LES

## DŮVODY:

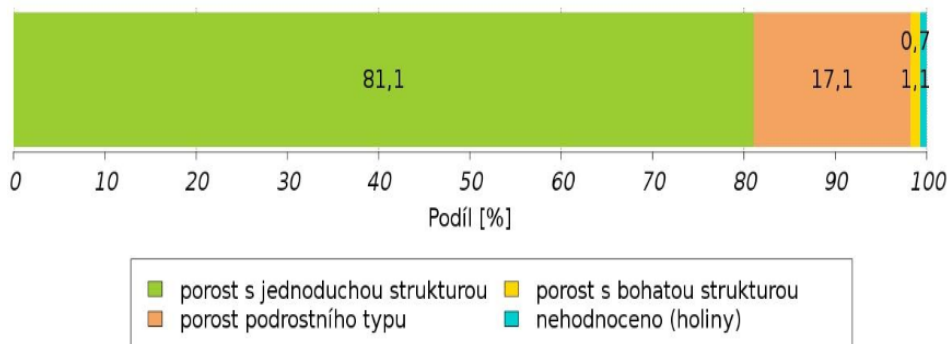
Udržování nepřetržitosti porostního prostředí a tím zpomalení odtoku vody, zlepšení retence, snížení teploty vzduchu, snížení rizika narušení biogeochemických cyklů základních půdních elementů.

# PODPORA HOSPODÁŘSKÝCH ZPŮSOBŮ S TRVALÝM PŮDNÍM KRYTEM S DLOUHOU NEBO NEPŘETRŽITOU OBNOVNÍ DOBOU

Tabulka 1: Plocha a podíl porostní půdy podle bohatosti struktury, období NIL2 (2011–2014)

Bohatost struktury porostu	Plocha [tis. ha]	Spodní mez	Horní mez	Podíl [%]	Spodní mez	Horní mez
Porost s jednoduchou strukturou	2 313,2	2 269,9	2 356,5	81,1	80,4	81,8
Porost podrostního typu	486,8	466,7	506,9	17,1	16,4	17,7
Porost s bohatou strukturou	31,2	26,2	36,2	1,1	0,9	1,3
Nehodnoceno (holina)	20,8	16,8	24,8	0,7	0,6	0,9
Celkem (porostní půda)	2 852,0	2 804,9	2 899,1	100,0		

Graf 1: Podíl porostní půdy podle bohatosti struktury, období NIL2 (2011–2014)



**Podíl porostů s bohatou strukturou je velice nízký.**

Výběrný způsob hospodaření se prakticky neuplatňuje.

**Podíl porostů podrostního typu narostl** oproti odhadům pro stav NIL1, kdy jejich podíl dosahoval pouze  $11,0 \pm 0,5 \%$  (Vašíček a kol., 2007).

Lze usuzovat, že tento nárůst souvisí se snahou o větší využívání přirozené obnovy, která je realizována jinými hospodářskými způsoby než pasečným.

# VYUŽITÍ VEGETATIVNÍ OBNOVY – NÍZKÝ A STŘEDNÍ LES

- omezení ztrát suchem při obnově porostů
- výhoda velkých „mateřských“ kořenů
- nižší náklady na obnovu

# PONECHÁVÁNÍ BIOMASY K ROZKLADU

Tam kde je to možné (jsou přítomny vhodné stromy) ponechat nejméně 7 stromů přirozené druhové skladby na hektar jako biotopové stromy k dožití a rozkladu.

- zlepšení koloběhu živin
- zlepšení mikroklimatu při povrchu půdy
- snížení rizika eroze, zpomalení odtoku, zlepšení retenční schopnosti půd

