



Modelování změn podmínek pro lesnické hospodaření

Ing. Tomáš Mikita, Ph.D.
Ing. Zdeněk Patočka

Modelování změn podmínek pro lesnické hospodaření



- Cílem bylo stanovit základní změny v prostorovém rozložení oblastí vhodných pro základní hospodářské dřeviny s hlavním zaměřením na pěstování smrku.
- Na základě analýzy lesních stanovišť a klimatických dat pomocí klasifikátoru Random Forest byly modelovány a predikovány prostorové změny optimálních podmínek pro pěstování smrku, buku a dubu ve střednědobém a dlouhodobém horizontu.

Výpočet klimatických charakteristik



- Ve spolupráci s Czechglobe - Centrem výzkumu globální změny AV ČR provedena analýza klimatických dat s následným výpočtem průměrných klimatických charakteristik pro LVS pro období 1961 – 1990 a 1991 – 2014.
- Dále byly použity tzv. globální cirkulační modely (GCM) pro výpočet předpokládaného vývoje klimatu.
- GCM - počítačové modely klimatického systému, které slouží pro výpočet pravděpodobných budoucích klimatických podmínek, založeny na řešení pohybových a termodynamických rovnic.

Výpočet klimatických proměnných



- Připravena řada nezávislých proměnných pro pravidelný grid o velikosti 500×500 m plošně pokrývající území ČR.
- Celkem bylo hodnoceno 21 proměnných zahrnujících:
 - průměrné roční teploty, srážky a globální radiaci,
 - dále průměrné hodnoty teplot, srážek a radiace v měsících březen až květen, duben až červen a červen až srpen,
 - půdní vlhkost v hloubce do 40 a do 100 cm,
 - počet dní se stresem suchem v daných hloubkách,
 - počet dní se srážkami menšími než 1 mm,
 - počet dní s průměrnou teplotou nad 10°C v souvislém období za sebou,
 - počet dní s maximální teplotou nad 30°C ,
 - počet dní s teplotou nad 5°C , dostatkem vláhy a globální radiace.

Použité GCM



- Z celkem 40 GCM, které jsou v současné době k dispozici, bylo pro potřeby projektu vybráno 5 modelů, které reprezentují celou šíři klimatického spektra:
 - **IPSL** (verze IPSL-CM5A-MR) – země původu: Francie; model reprezentující medián všech testovaných GCM nejlépe;
 - **HadGEM** (verze HadGEM2-ES) – země původu: Velká Británie; model reprezentující výraznější změnu rozložení srážek v našem regionu (úbytek letních a podzimních srážek a nárůst jarních srážek).
 - **CNRM** (verze CNRM-CM5) – země původu: Francie; model s podobnou změnou teplot jako HadGEM, ale nárůstem srážek ve všech měsících zejména na jaře a na podzim; předchozí verze tohoto modelu byla použita jako hlavní řídicí model tzv. Pretelovy zprávy z roku 2011;
 - **BNU** (verze BNU-ESM) – země původu: Čína; reprezentuje GCM modely předpovídající pro naše území relativně nižší nárůst teplot a redukci srážek ve všech měsících kromě léta;
 - **MRI** (verze MRI-CGCM3) – země původu: Japonsko; reprezentuje GCM modely předpovídající pro naše území relativně nižší nárůst teplot a nárůst srážek s výjimkou konce léta a podzimu.

Emisní scénáře

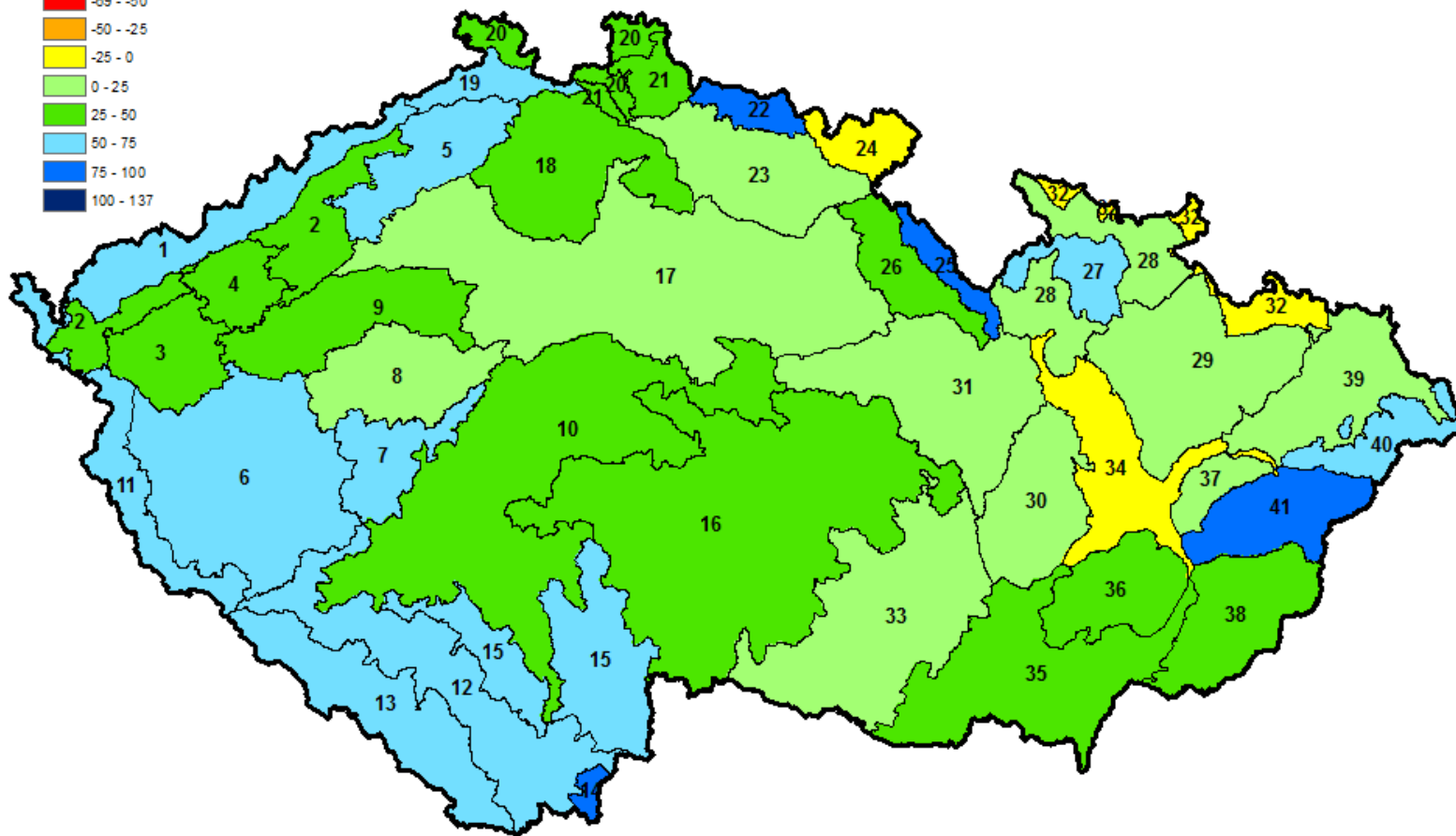
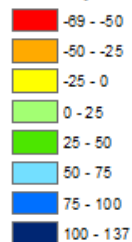


- V rámci projektu bylo pracováno s třemi scénáři vývoje emisí oxidu uhličitého:
 - **RCP 2.6 (nízké emise)**, předpokládá razantní omezení vývoje koncentrace skleníkového plynu oxidu uhličitého v nadcházejících letech a je považován za poměrně nepravděpodobný.
 - **RCP 4.5 (střední emise)**, přechodný scénář budoucího vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst a je považován za poměrně pravděpodobný, proto byl využit v následných analýzách.
 - **8.5 (vysoké emise)**, scénář s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nebudou nijak omezeny v budoucích letech.

Změny v průměrných ročních srážkách mezi obdobími 1991-2014 a 1961-1990 za PLO



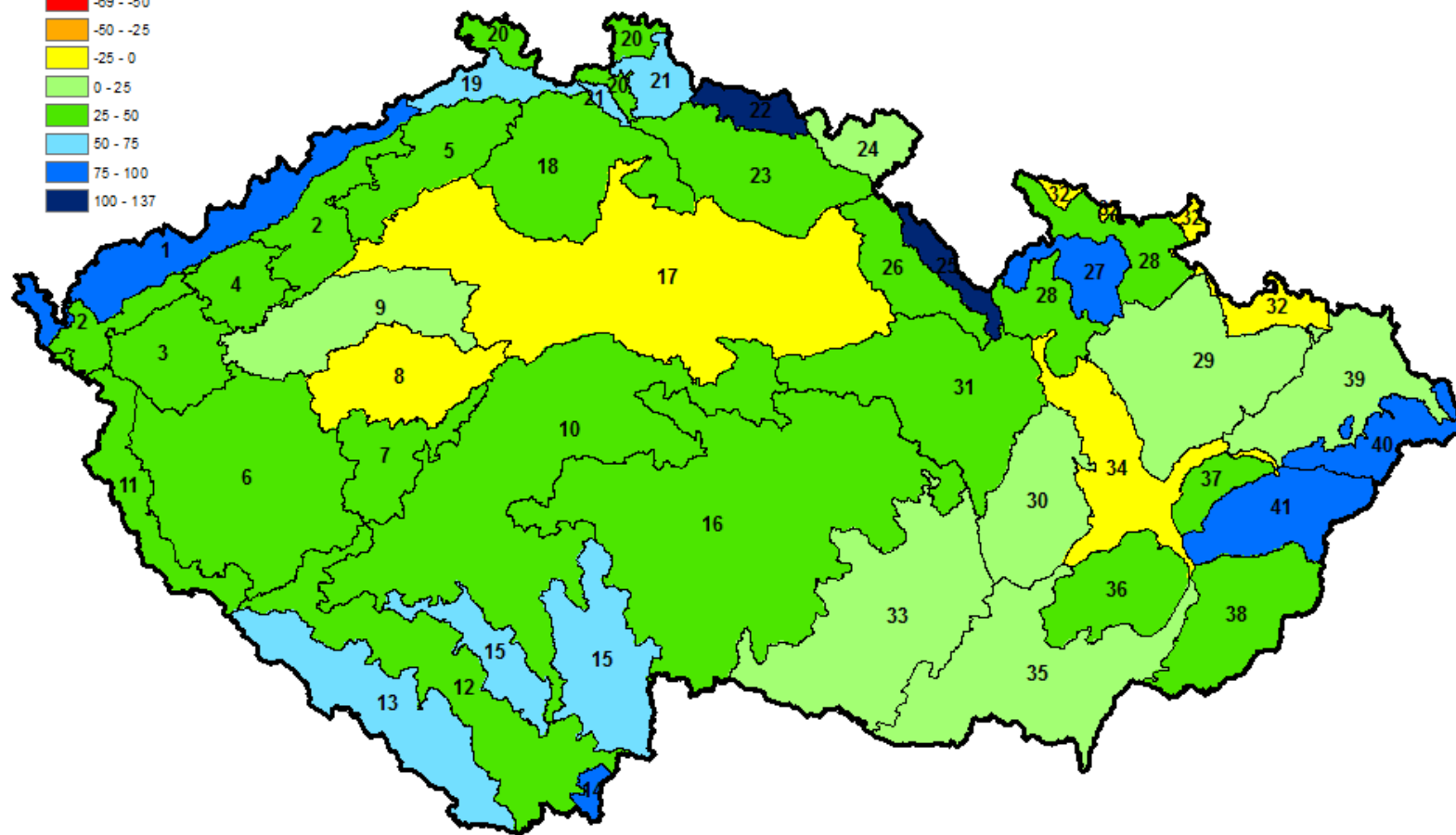
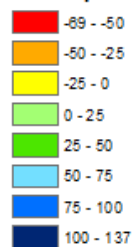
Změna prům. ročních srážek v mm



Změny v průměrných ročních srážkách mezi obdobími 2021-2040 a 1961-1990 za PLO



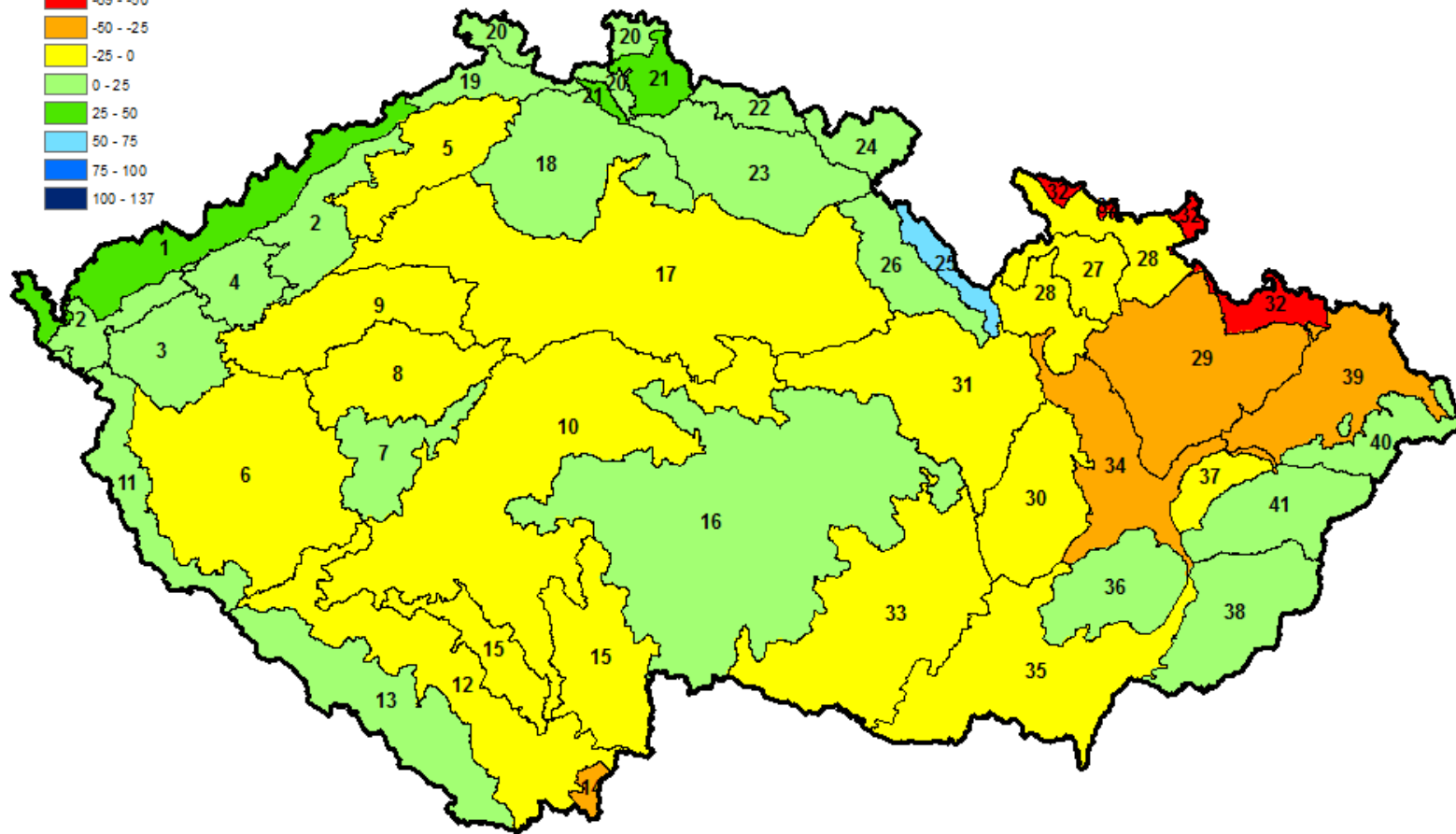
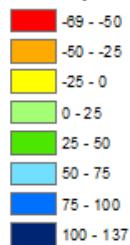
Změna prům. ročních srážek v mm



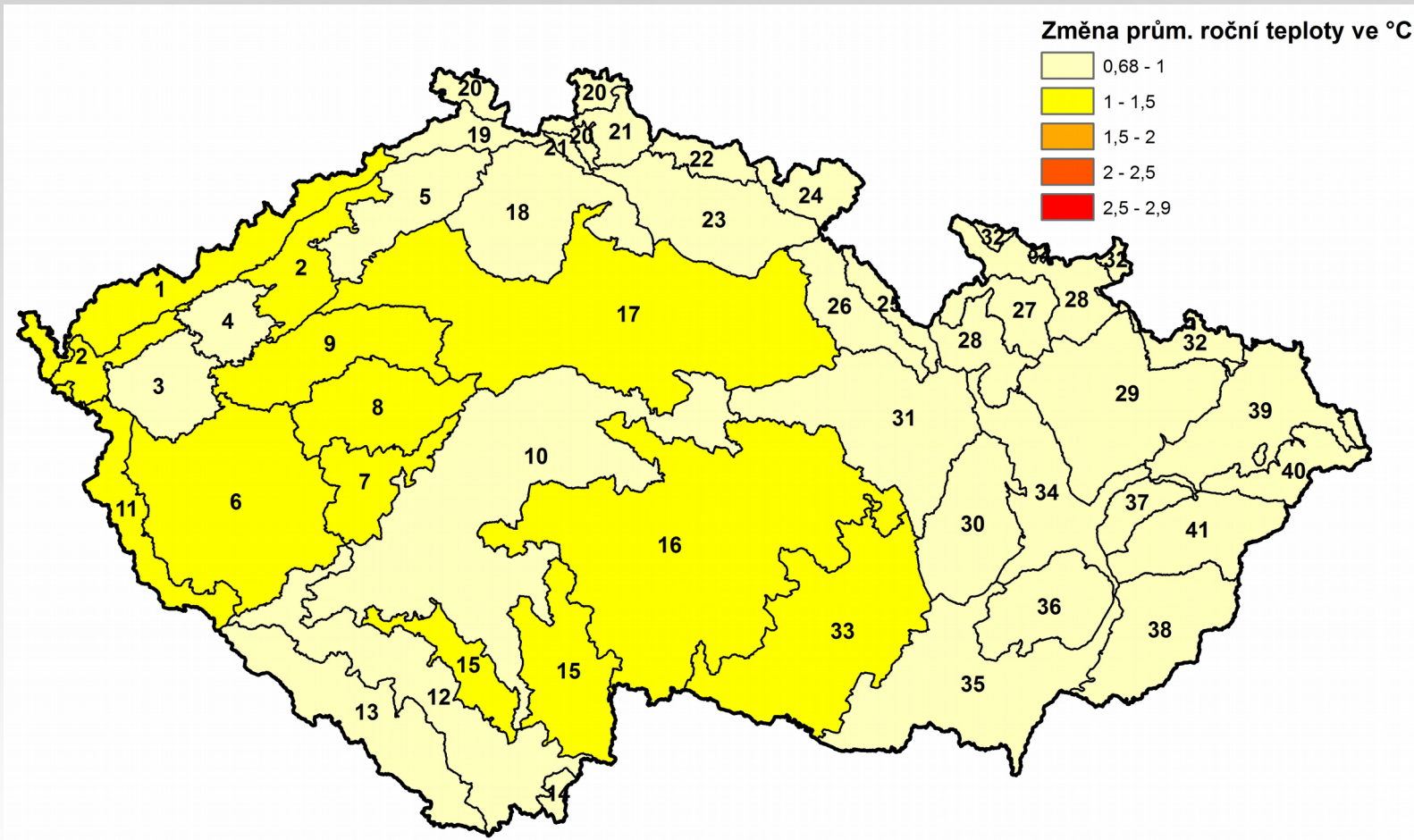
Změny v průměrných ročních srážkách mezi obdobími 2041-2060 a 1961-1990 za PLO



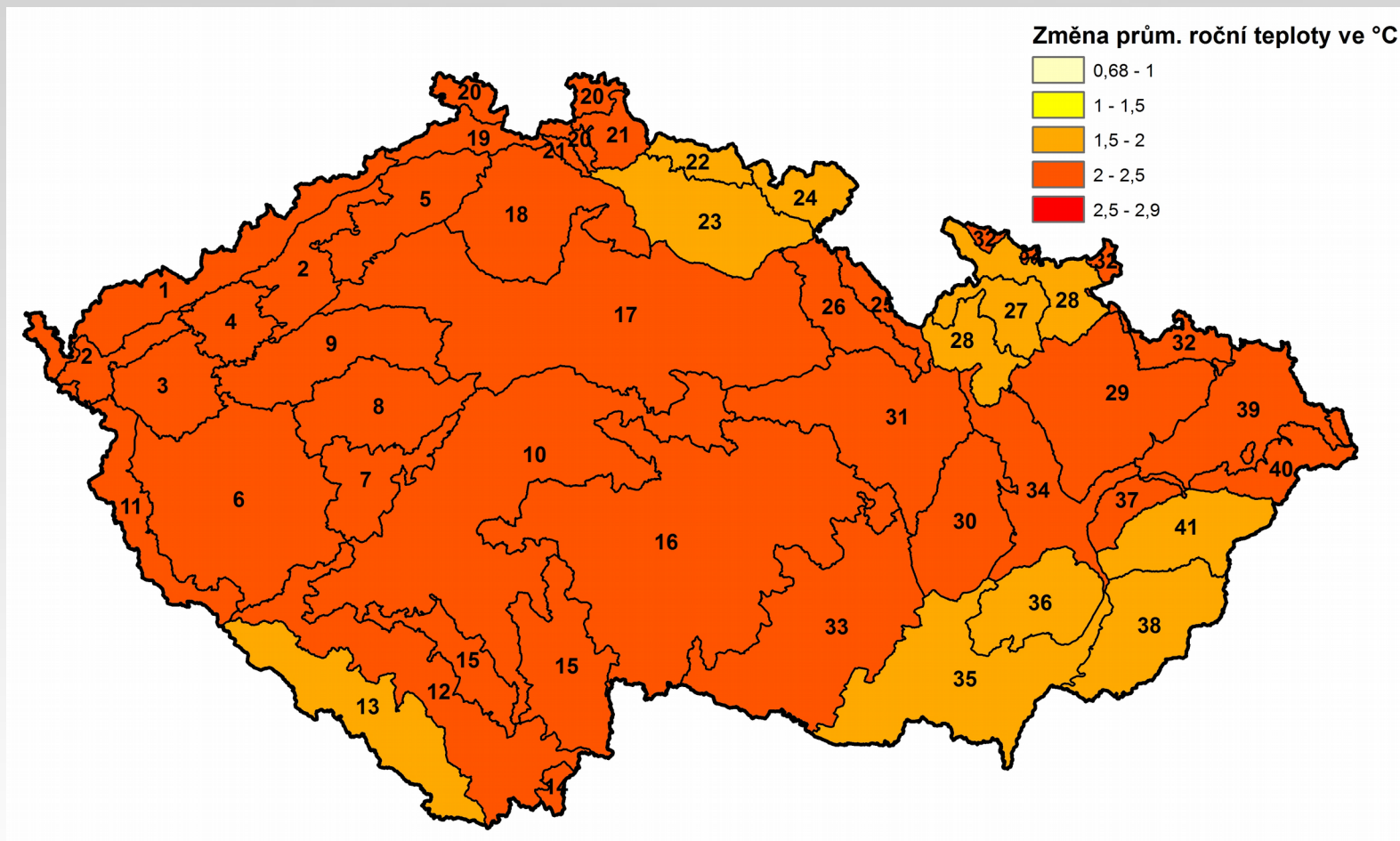
Změna prům. ročních srážek v mm



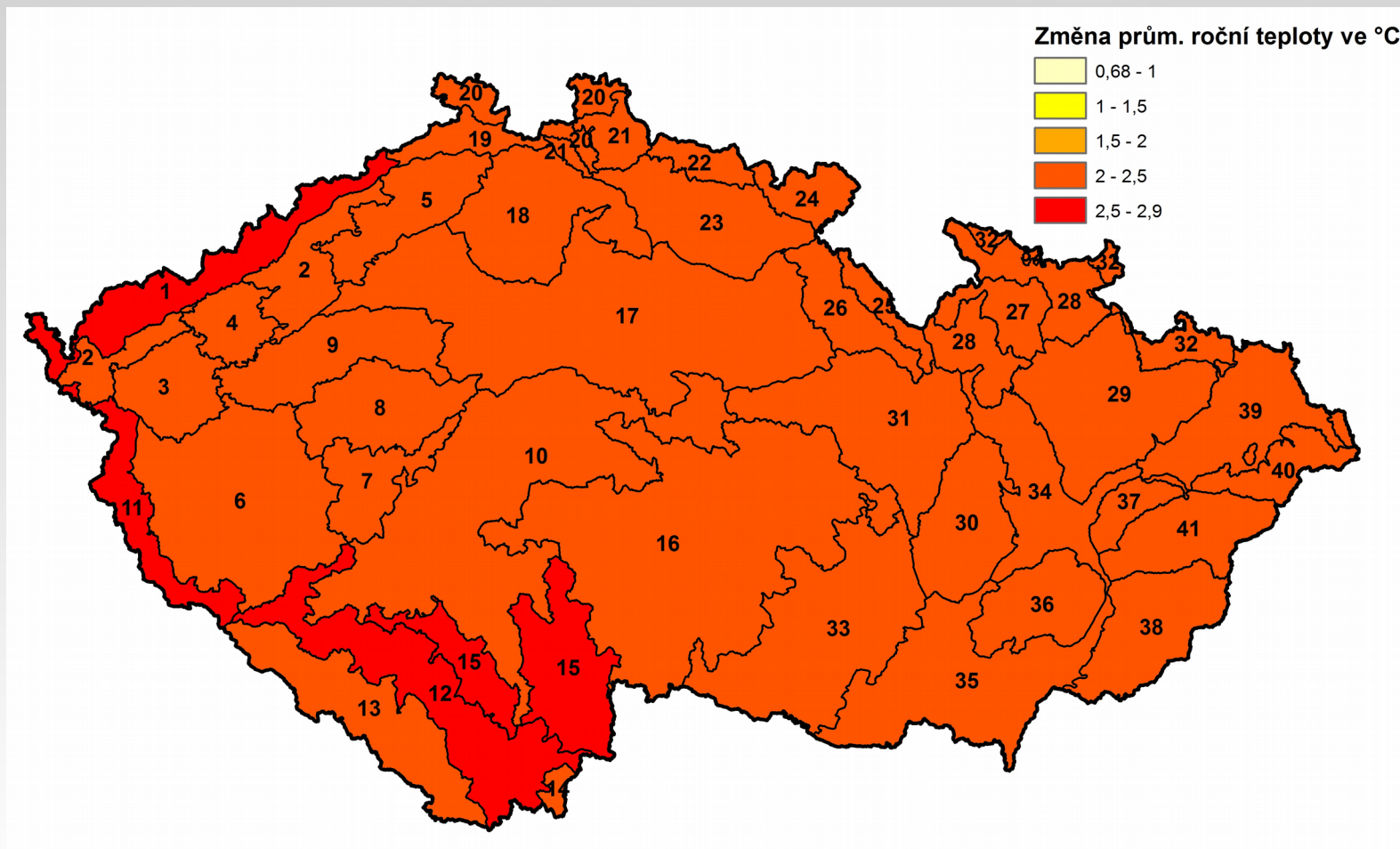
Změna v průměrné roční teplotě mezi obdobími 1991-2014 a 1961-1990 za PLO



Změna v průměrné roční teplotě mezi obdobími 2021-2040 a 1961-1990 za PLO



Změna v průměrné roční teplotě mezi obdobími 2041-2060 a 1961-1990 za PLO



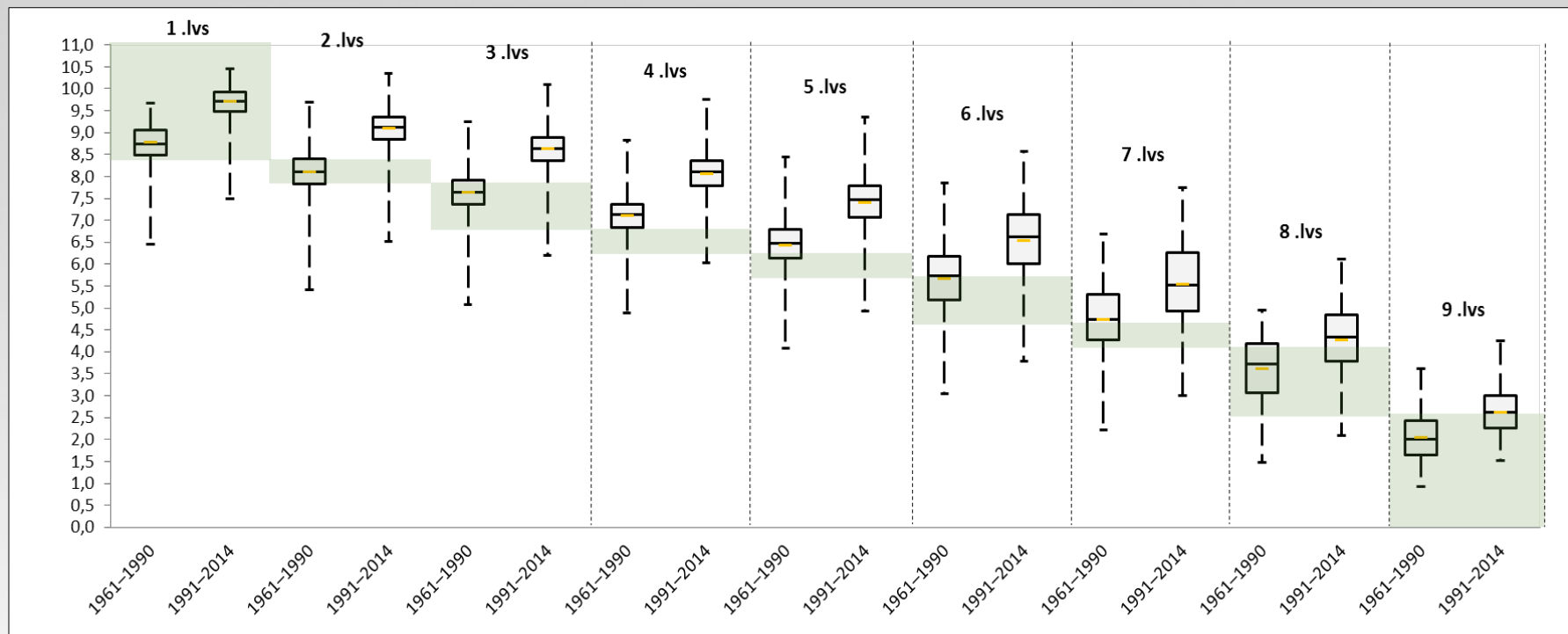
Změna klimatických charakteristik LVS vlivem GKZ



- Vegetační stupeň je plošně převažující klimaxová geobiocenóza determinovaná vegetací včetně náhradních geobiocenóz v určitém území, podmíněná makroklimatem a mezoklimatem v podmínkách měnící se nadmořské výšky*.
- Na základě analýzy naměřených klimatických dat za období 1961-1990 a období 1991-2014 byla zjištěna výrazná změna v rozložení teplot a srážek v rámci jednotlivých LVS.
- Především u průměrných ročních teplot došlo k výraznému nárůstu u všech LVS.
- V případě průměrné sumy ročních srážek nedošlo mezi obdobími k výraznějším změnám, celkově došlo spíše k mírnějšímu nárůstu srážek v rámci všech LVS.
- **LVS nejsou jednoznačně definovatelné pouze na základě klimatu, neboť jak v případě teplot tak i srážek, dochází k překryvu intervalů. Velkou roli zde hrají stanovištní poměry a z tohoto důvodu není možné v rámci GKZ mluvit přímo o posunu vegetačních stupňů, ale pouze o změnách podmínek pro pěstování dřevin.**

* RANDUŠKA D., VOREL J. & PLÍVA K. (1986): Fytocenológia a lesnícka typológia. Bratislava. Príroda. 339 s.

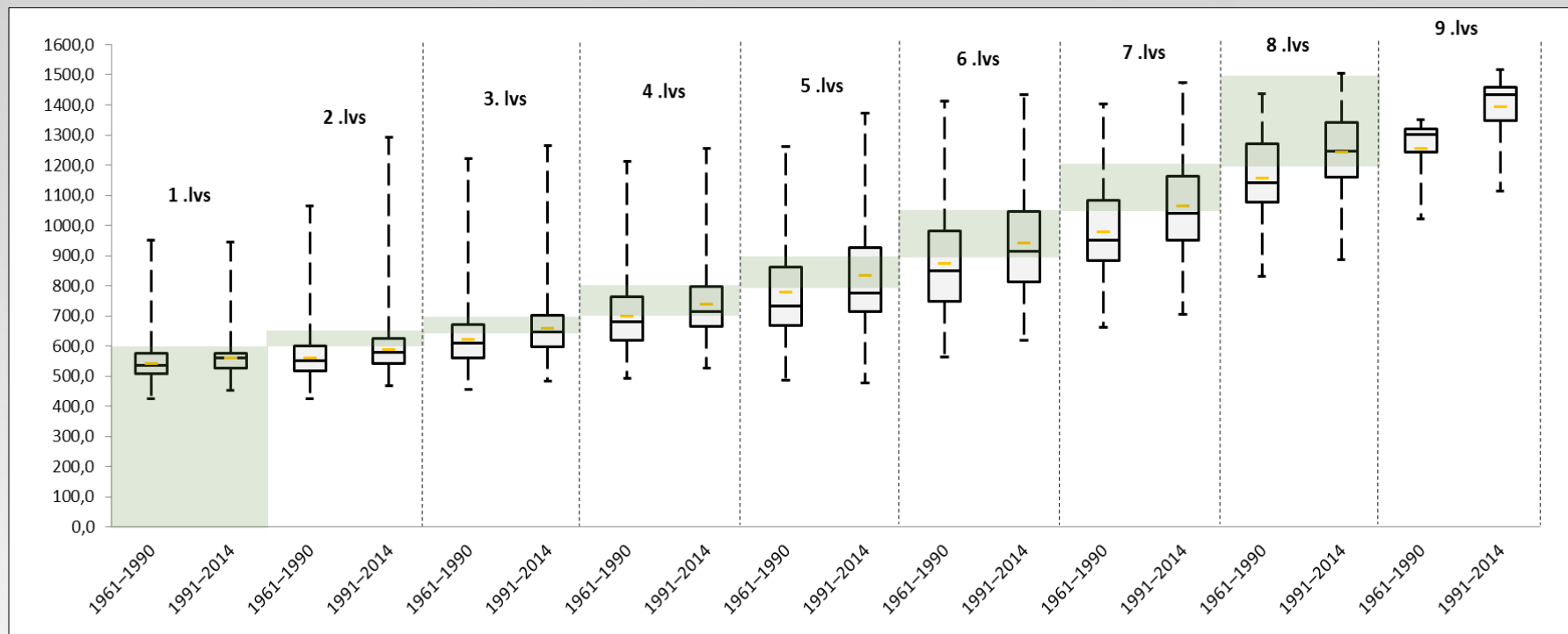
Změna klimatických charakteristik LVS vlivem GKZ



- Průměrné roční teploty u jednotlivých LVS za období 1961-1990 a 1991-2014 (krabicový graf - průměr + 1. - 3. kvartil, svorky min-max, zeleně rozsah hodnot uváděných dle *)

* Plíva, K. 1991. Přírodní podmínky v lesním plánování. ÚHUL. Brandýs nad Labem..

Změna klimatických charakteristik LVS vlivem GKZ



- Průměrná suma ročních srážek u jednotlivých LVS za období 1961-1990 a 1991-2014 (krabicový graf - průměr + 1. – 3. kvartil, svorky min-max, zeleně rozsah hodnot uváděných dle *)

* Plíva, K. 1991. Přírodní podmínky v lesním plánování. ÚHUL. Brandýs nad Labem..

Modelování oblastí s vhodnými podmínkami pro pěstování základních hospodářských dřevin



- Vymezeny oblasti vhodné pro pěstování smrku, dubu a buku (ideální i suboptimální), jakožto tři hospodářsky nejvýznamnějších dřevin ČR.
- Použity dva rozdílné přístupy:
 1. První jednodušší metoda byla založena na výpočtu tzv. **De Martonneho indexu aridity**, který vychází ze vzájemného poměru průměrných ročních srážek a průměrných ročních teplot navýšených o 10°C, t. j. kombinuje teploty i srážky a je tak charakteristikou vyjadřující v současnosti asi nejvýznamnější limitaci dřevin a to sucho.
 2. Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest
- Použity dva rozdílné přístupy:
 1. První jednodušší metoda byla založena na výpočtu tzv. **De Martonneho indexu aridity**, který vychází ze vzájemného poměru průměrných ročních srážek a průměrných ročních teplot navýšených o 10°C, t. j. kombinuje teploty i srážky a je tak charakteristikou vyjadřující v současnosti asi nejvýznamnější limitaci dřevin a to sucho.
 2. Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest

Modelování oblastí s vhodnými podmínkami pro pěstování základních hospodářských dřevin



- Oblasti pro pěstování dřevin byly vymezeny na základě skutečného výskytu dřevin převzaté z mapových podkladů ÚHUL a vztažené ke klimatickým datům z období 1961-1990.
- V případě dubu a buku byly vybrány veškeré lesní porosty na území ČR se zastoupením větším jak 20 %, u smrku pak tzv. bezpečné oblasti pěstování smrku od. 5 LVS výše.
- Vypočtené intervaly výskytu v rámci hodnot de Martonneho indexu aridity byly aplikovány na další modelovaná období.

Modelování změn podmínek pro pěstování hlavních dřevin (DB, BK, SM)

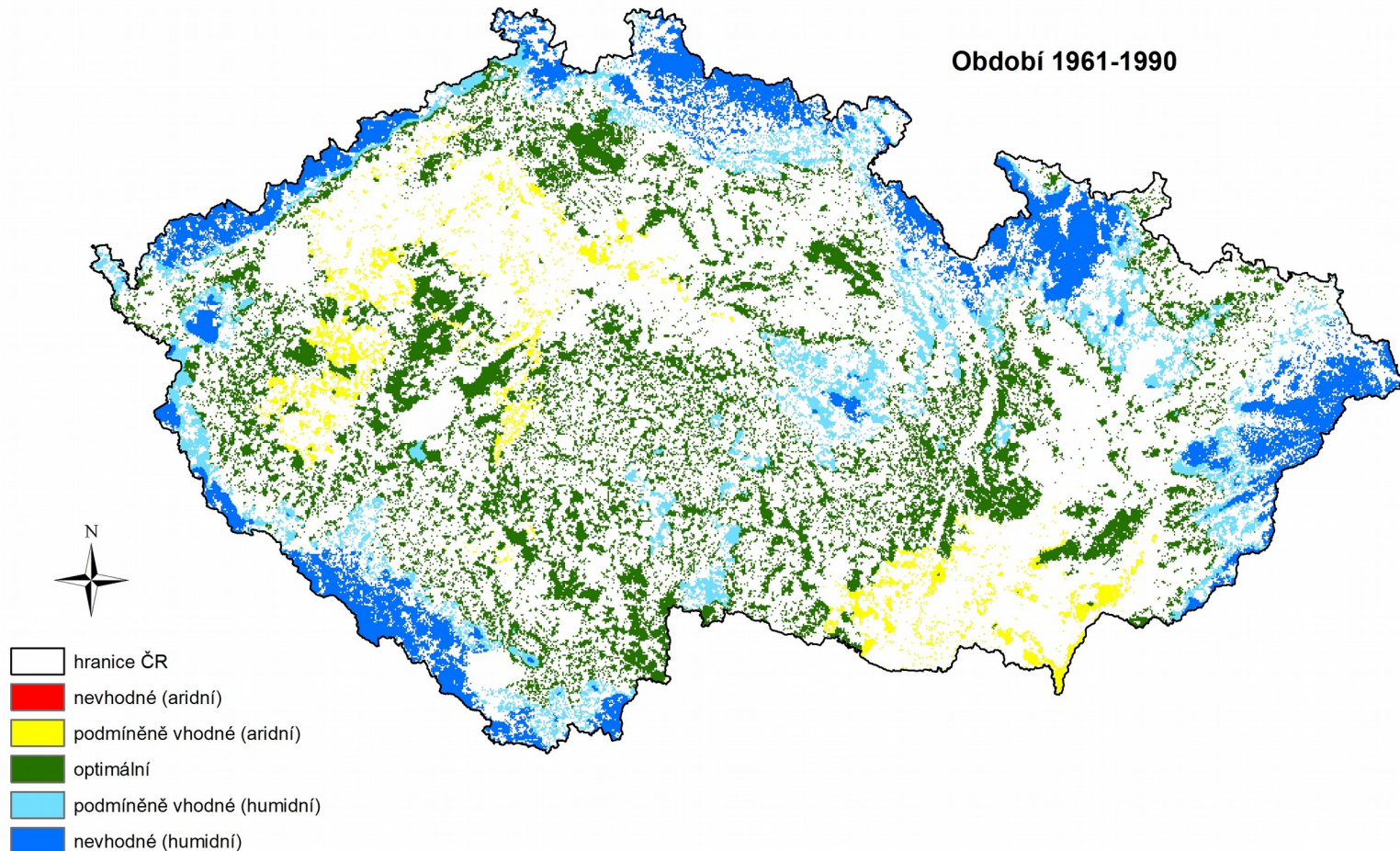


	Výměra (ha)	počet dní se srážkou pod 1 mm						počet dní s teplotou nad 10st					
		Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO
SM (5.-9.LVS)	978275,00	28,00	110,00	68,10	13,19	41,73	94,48	15,00	154,00	111,44	19,58	72,27	150,61
SM (výskyt skutečný - porosty nad 60 % SM)	1077475,00	28,00	142,00	72,45	14,32	43,82	101,08	18,00	162,00	119,44	21,14	77,16	161,71
Buk (5 - 100 %)	1685475,00	28,00	148,00	78,93	16,06	46,81	111,04	16,00	168,00	129,73	19,87	89,99	169,48
Dub (5 - 100 %)	1180500,00	40,00	152,00	92,53	14,12	64,29	120,77	20,00	172,00	146,30	10,55	125,19	167,40
	Výměra (ha)	počet dní s Tmax větší jak 30st						počet dní s tepl. nad 5 st, dostatkem srážek a radiace					
	Výměra (ha)	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO
SM (5.-9.LVS)	978275,00	0,00	6,00	0,46	0,80	-1,14	2,05	105,00	230,00	196,53	12,00	172,52	220,54
SM (výskyt skutečný - porosty nad 60 % SM)	1077475,00	0,00	11,00	0,97	1,41	-1,86	3,79	128,00	232,00	197,47	11,11	175,26	219,69
Buk (5 - 100 %)	1685475,00	0,00	14,00	1,83	2,02	-2,22	5,87	128,00	236,00	200,63	10,04	180,55	220,71
Dub (5 - 100 %)	1180500,00	0,00	14,00	3,86	2,30	-0,74	8,46	133,00	237,00	203,32	10,99	181,34	225,30
	Výměra (ha)	suma globální radiace ve dnech s teplotou nad 5°C a dostatkem						roční úhrn srážek					
	Výměra (ha)	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO
SM (5.-9.LVS)	978275,00	1507,72	3116,54	2709,03	155,45	2398,13	3019,94	487,99	1436,31	841,17	173,26	494,64	1187,69
SM (výskyt skutečný - porosty nad 60 % SM)	1077475,00	1889,08	3126,50	2720,72	145,31	2430,10	3011,34	460,43	1436,31	792,66	174,21	444,23	1141,08
Buk (5 - 100 %)	1685475,00	1857,28	3292,76	2746,73	142,07	2462,58	3030,87	435,89	1412,51	733,50	162,74	408,01	1058,99
Dub (5 - 100 %)	1180500,00	1962,60	3292,76	2779,18	148,94	2481,30	3077,07	424,03	1318,40	616,11	93,66	428,79	803,42
	Výměra (ha)	prům. roční teplota						Langův dešťový faktor					
	Výměra (ha)	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO
SM (5.-9.LVS)	978275,00	0,94	8,45	5,93	0,94	4,05	7,80	71,70	1426,50	151,57	70,21	11,15	291,98
SM (výskyt skutečný - porosty nad 60 % SM)	1077475,00	1,25	8,92	6,32	1,03	4,26	8,37	56,35	895,15	134,39	60,69	13,00	255,77
Buk (5 - 100 %)	1685475,00	1,25	9,51	6,86	1,00	4,85	8,86	48,88	1044,86	112,92	46,20	20,53	205,31
Dub (5 - 100 %)	1180500,00	1,66	9,70	7,75	0,64	6,47	9,02	46,89	784,38	80,55	17,51	45,53	115,56
	Výměra (ha)	De Martonneho index aridity											
	Výměra (ha)	Min	Max	Prům.	Směr. Od.	prum-2SO	prum+2SO						
SM (5.-9.LVS)	978275,00	29,04	122,18	53,48	13,94	25,59	81,37						
SM (výskyt skutečný - porosty nad 60 % SM)	1077475,00	25,50	115,59	49,32	13,91	21,50	77,15						
Buk (5 - 100 %)	1685475,00	23,76	116,43	44,12	12,35	19,42	68,82						
Dub (5 - 100 %)	1180500,00	22,85	111,58	34,84	6,02	22,80	46,89						

Podmínky po pěstování dubu na základě De Martonneho indexu aridity



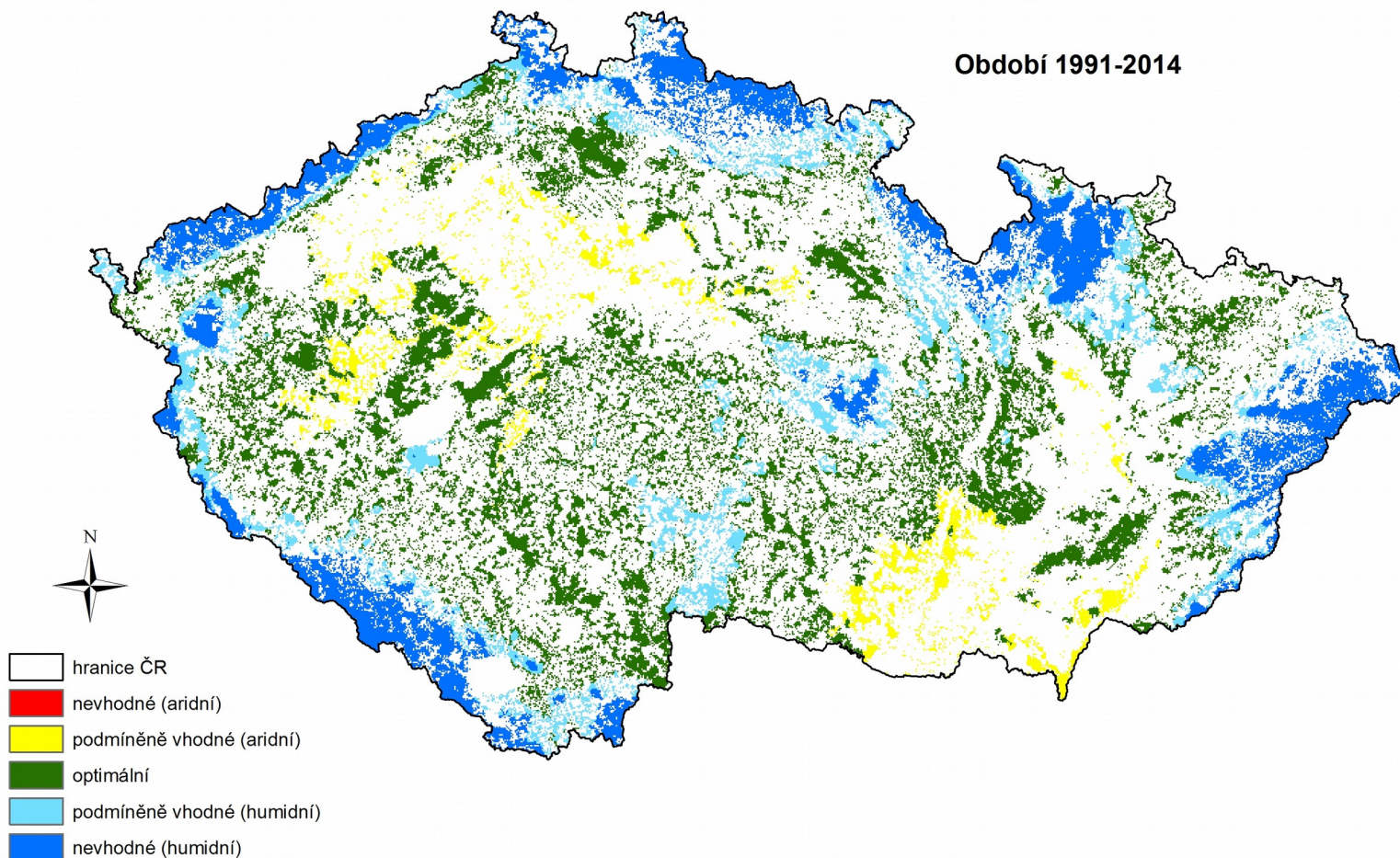
Období 1961-1990



Podmínky po pěstování dubu na základě De Martonneho indexu aridity



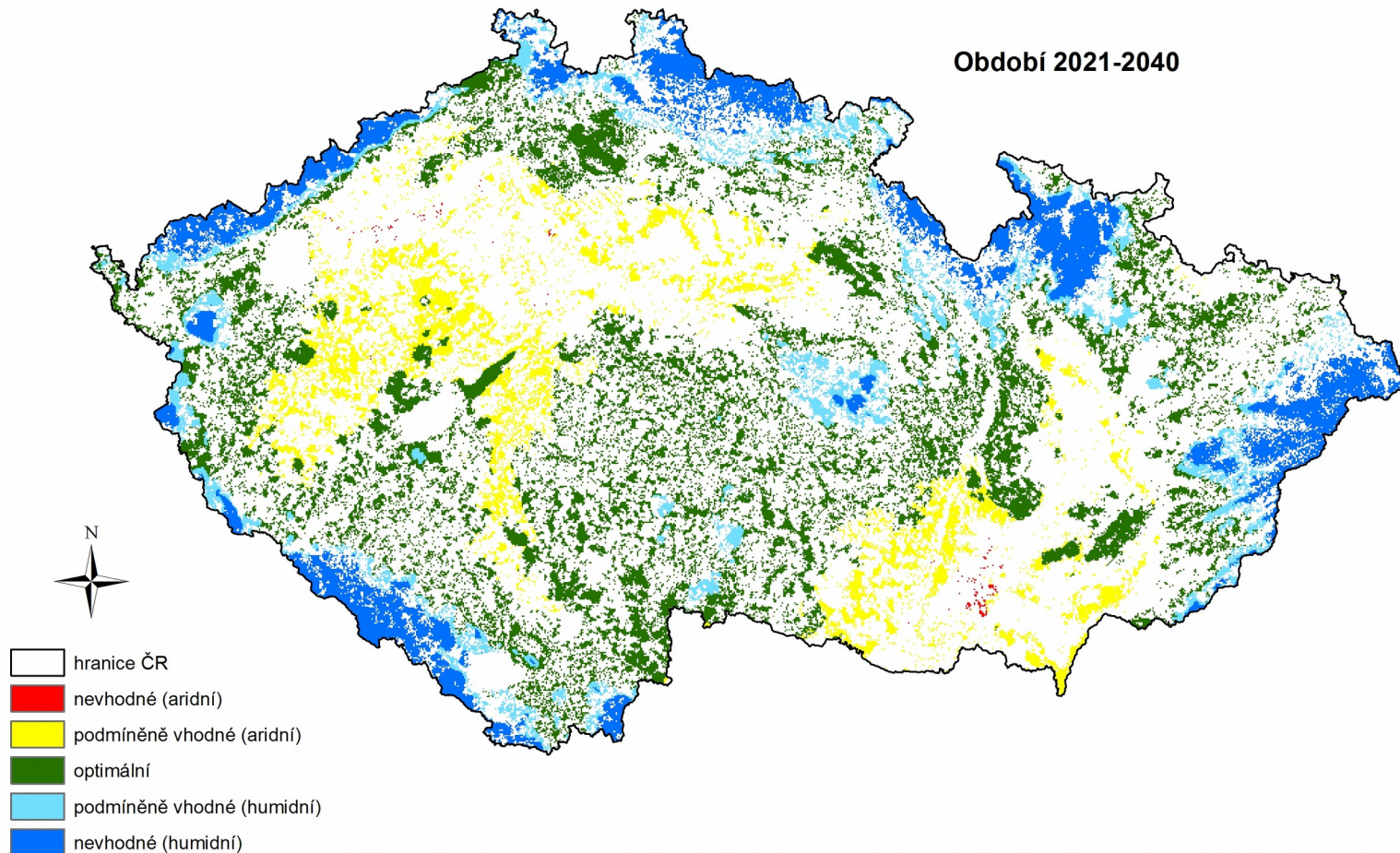
Období 1991-2014



Podmínky po pěstování dubu na základě De Martonneho indexu aridity



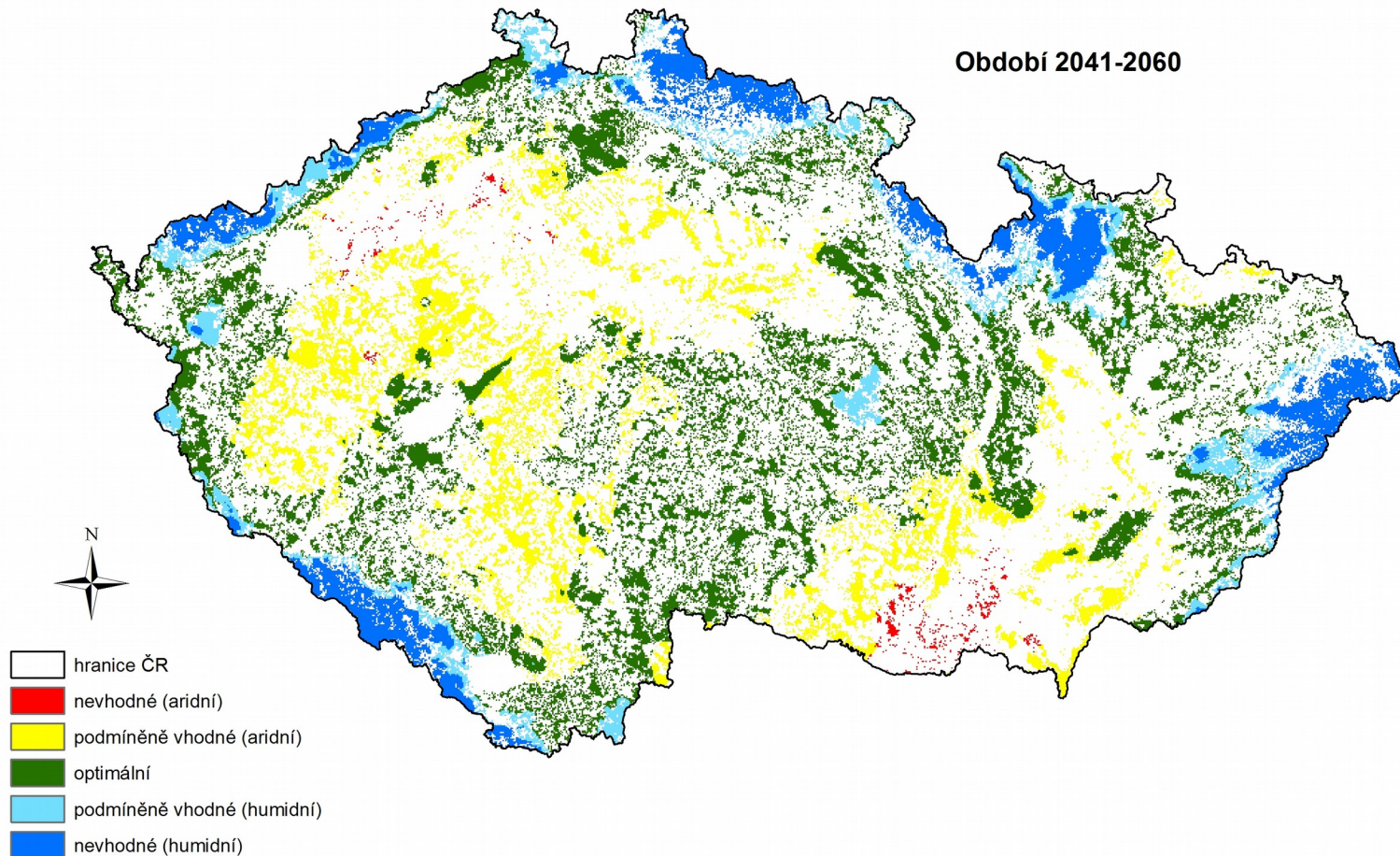
Období 2021-2040



Podmínky po pěstování dubu na základě De Martonneho indexu aridity



Období 2041-2060









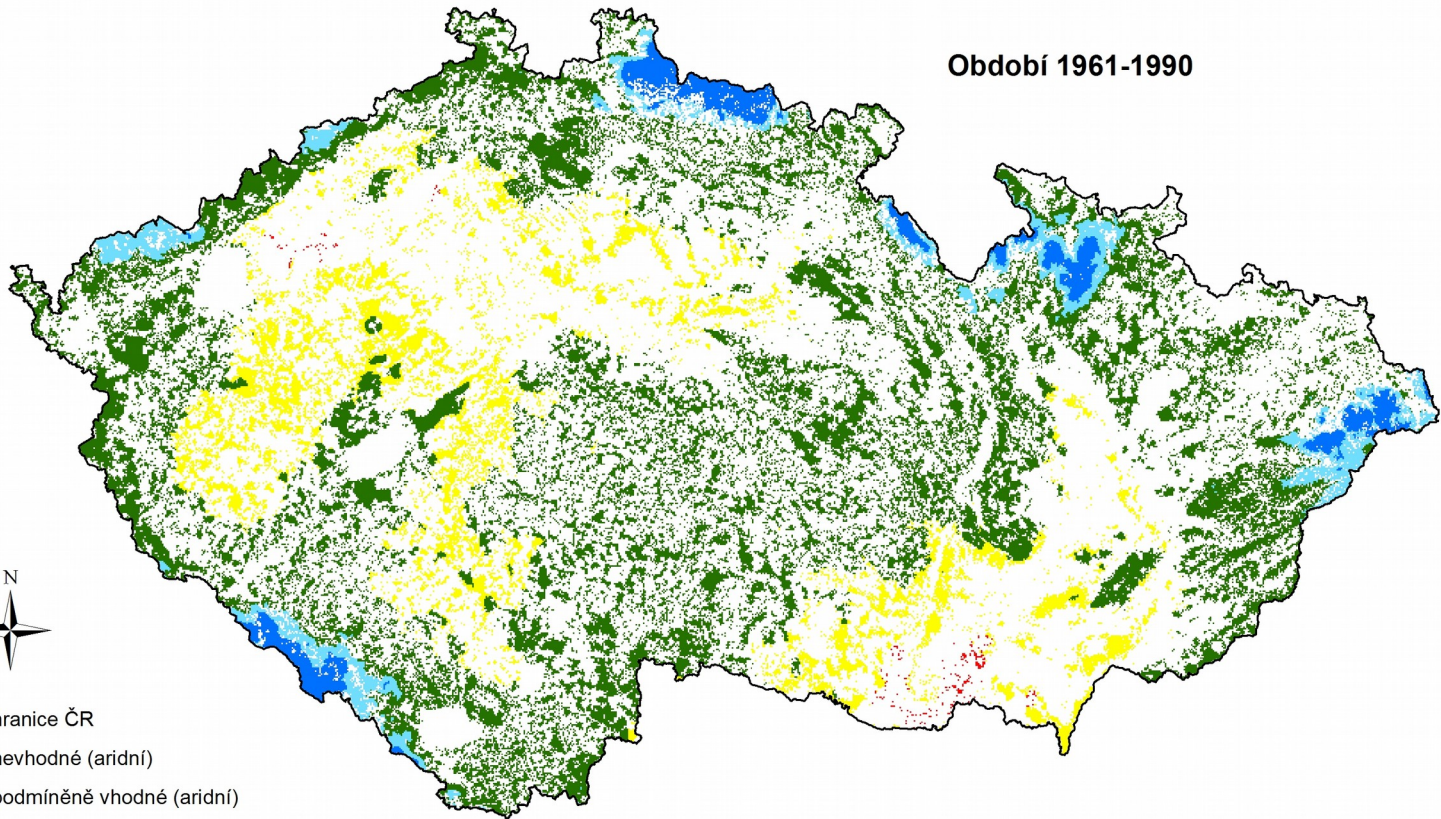
Podmínky po pěstování buku na základě De Martonneho indexu aridity



Období 1961-1990



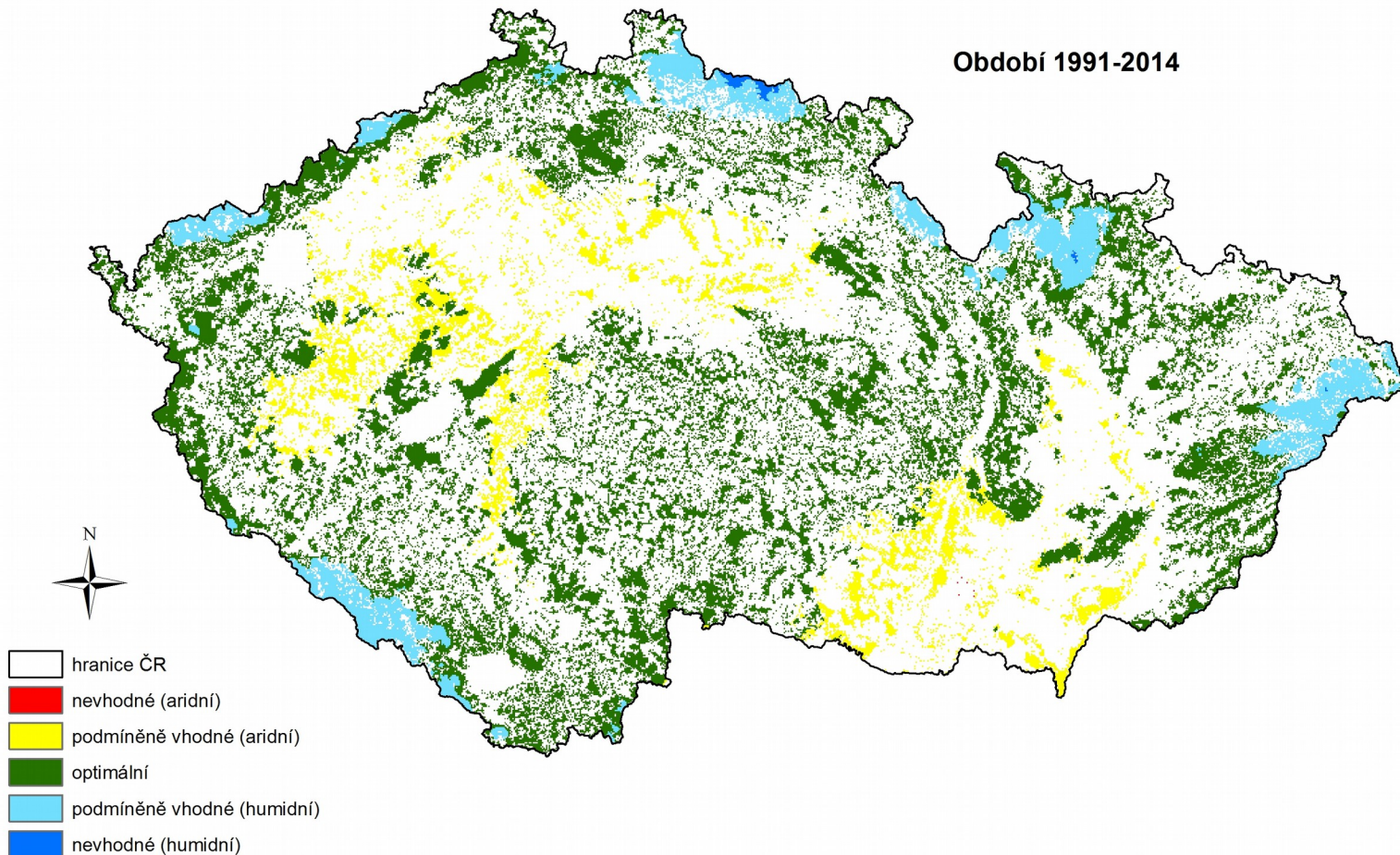
-  hranice ČR
-  nevhodné (aridní)
-  podmíněně vhodné (aridní)
-  optimální
-  podmíněně vhodné (humidní)
-  nevhodné (humidní)



Podmínky po pěstování buku na základě De Martonneho indexu aridity



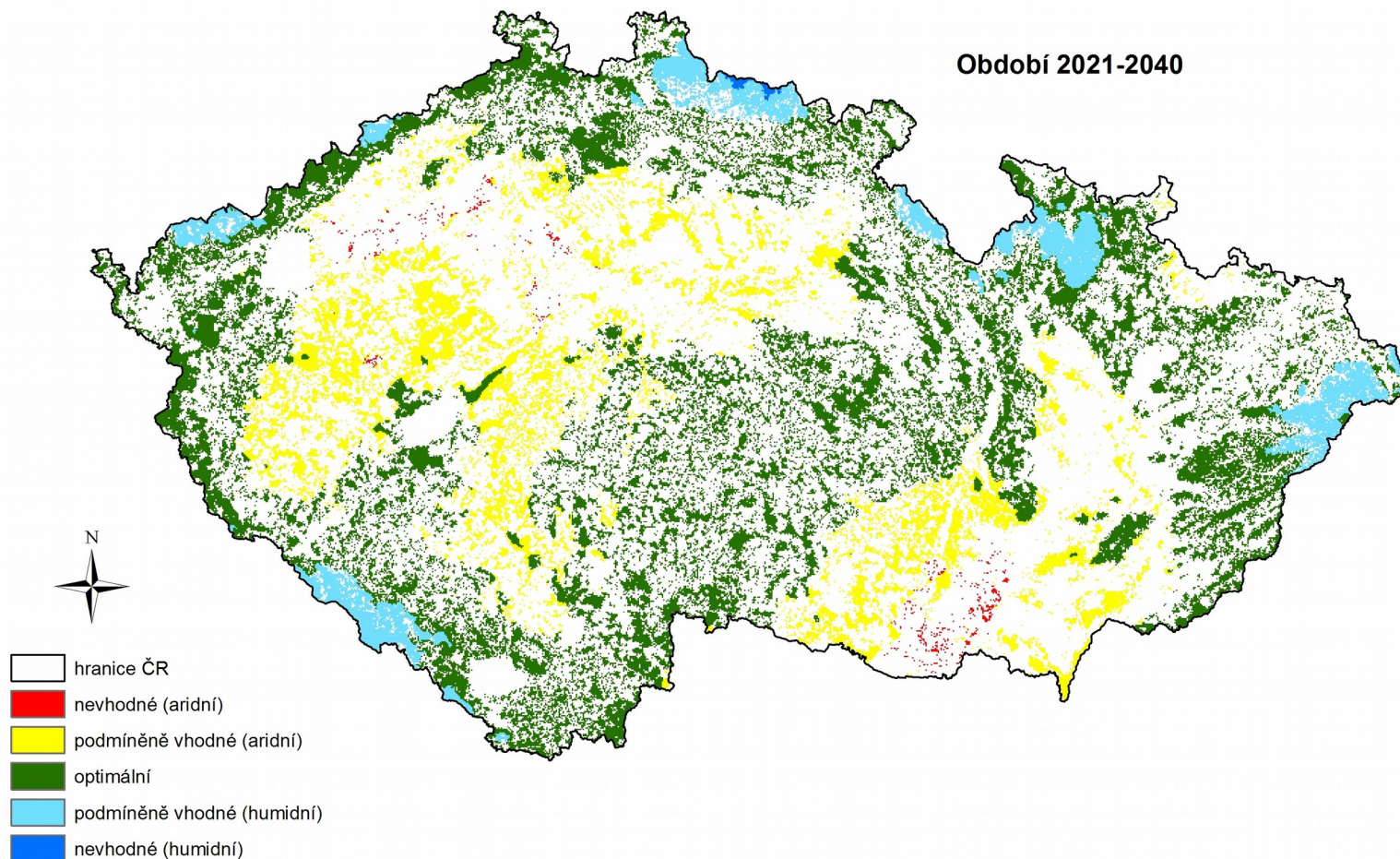
Období 1991-2014



Podmínky po pěstování buku na základě De Martonneho indexu aridity



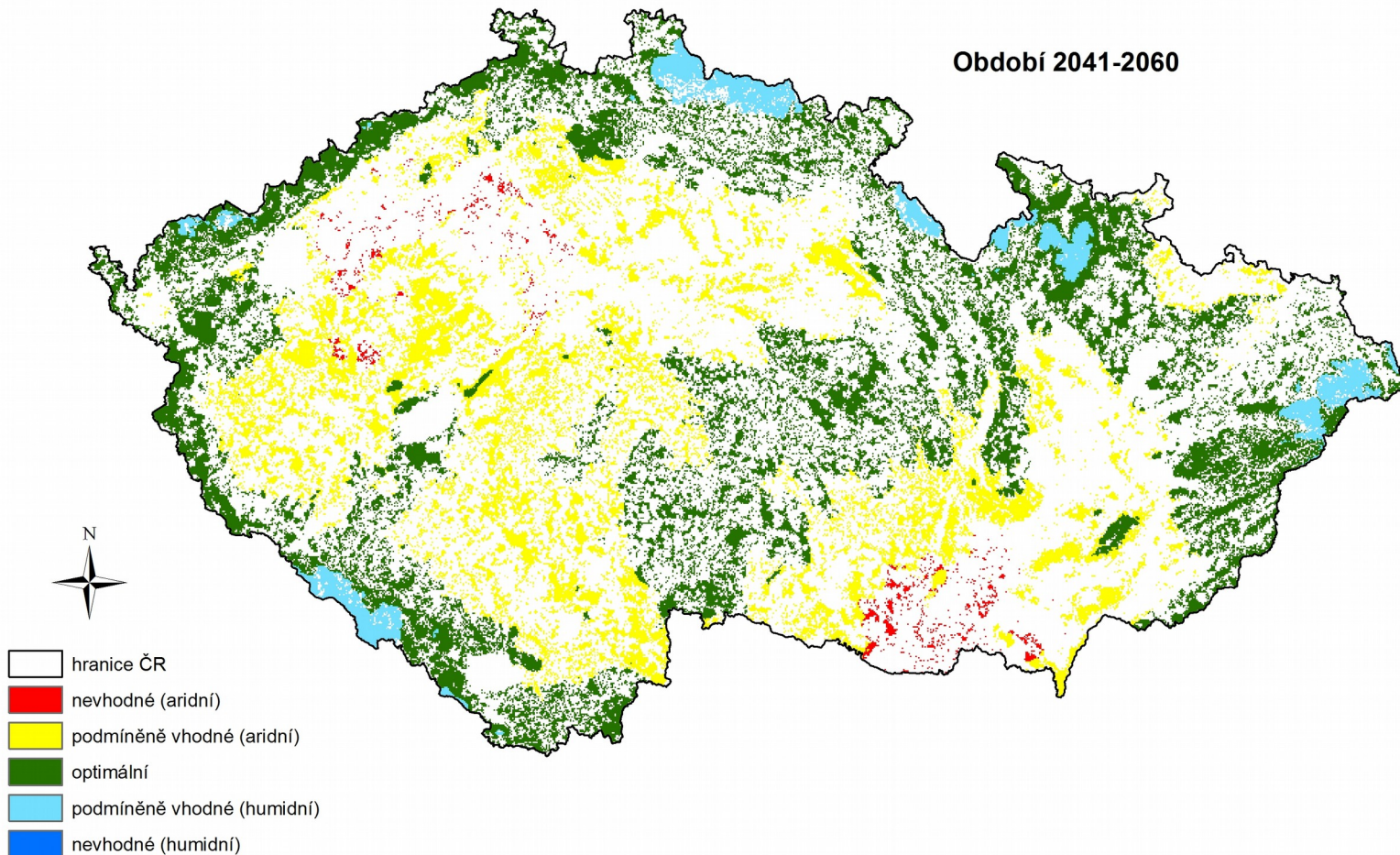
Období 2021-2040



Podmínky po pěstování buku na základě De Martonneho indexu aridity



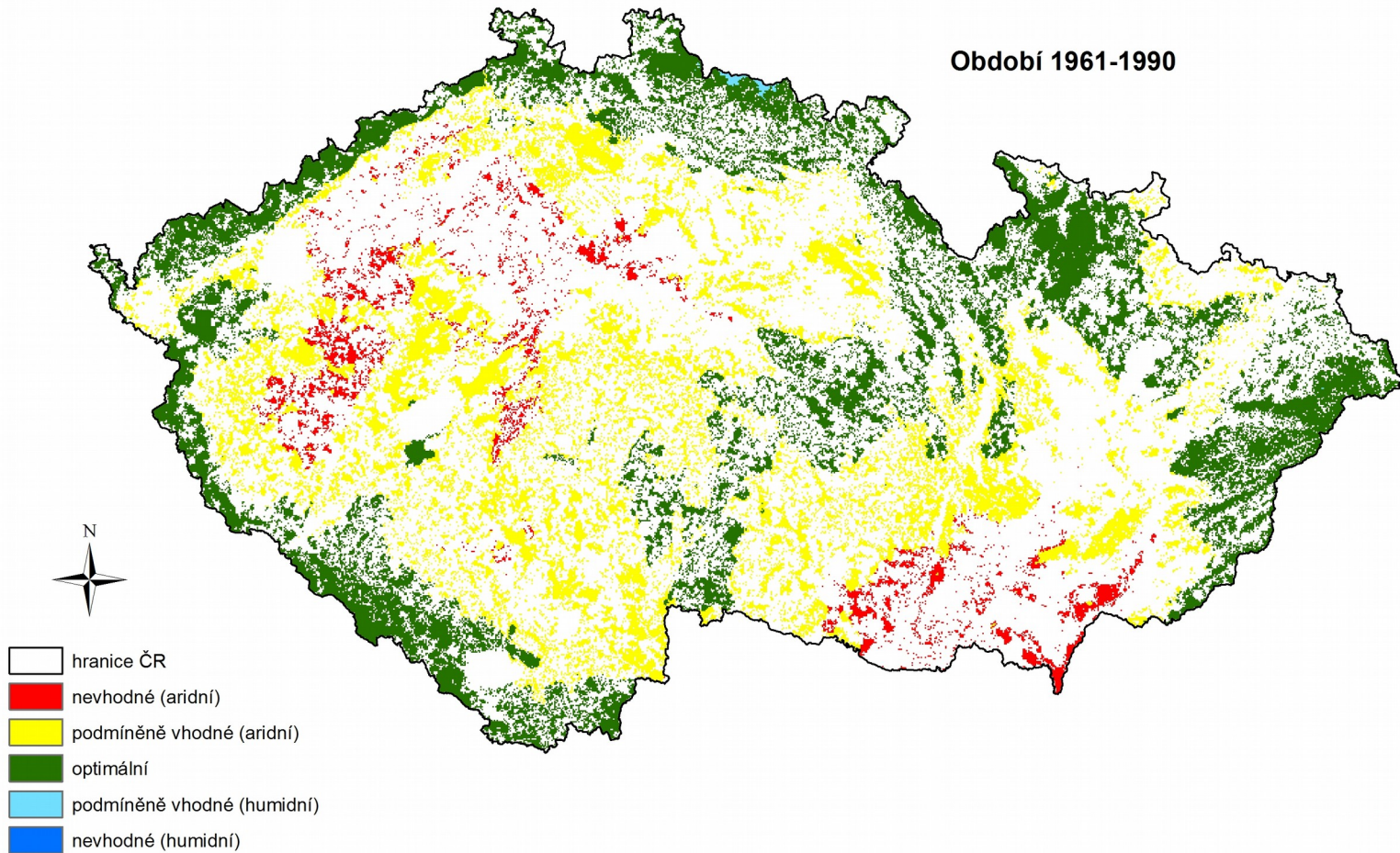
Období 2041-2060



Podmínky po pěstování smrku na základě De Martonneho indexu aridity



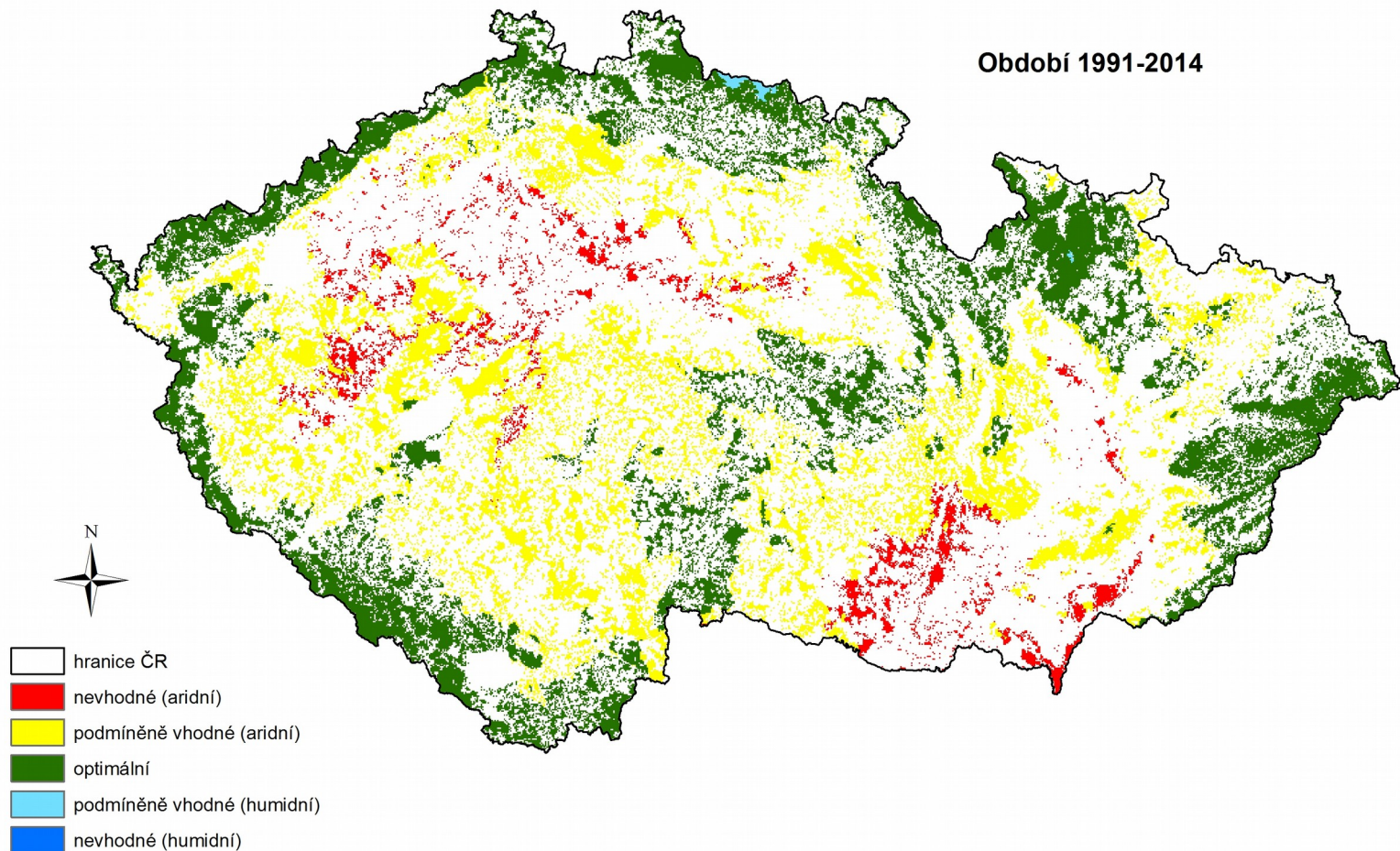
Období 1961-1990



Podmínky po pěstování smrku na základě De Martonneho indexu aridity



Období 1991-2014



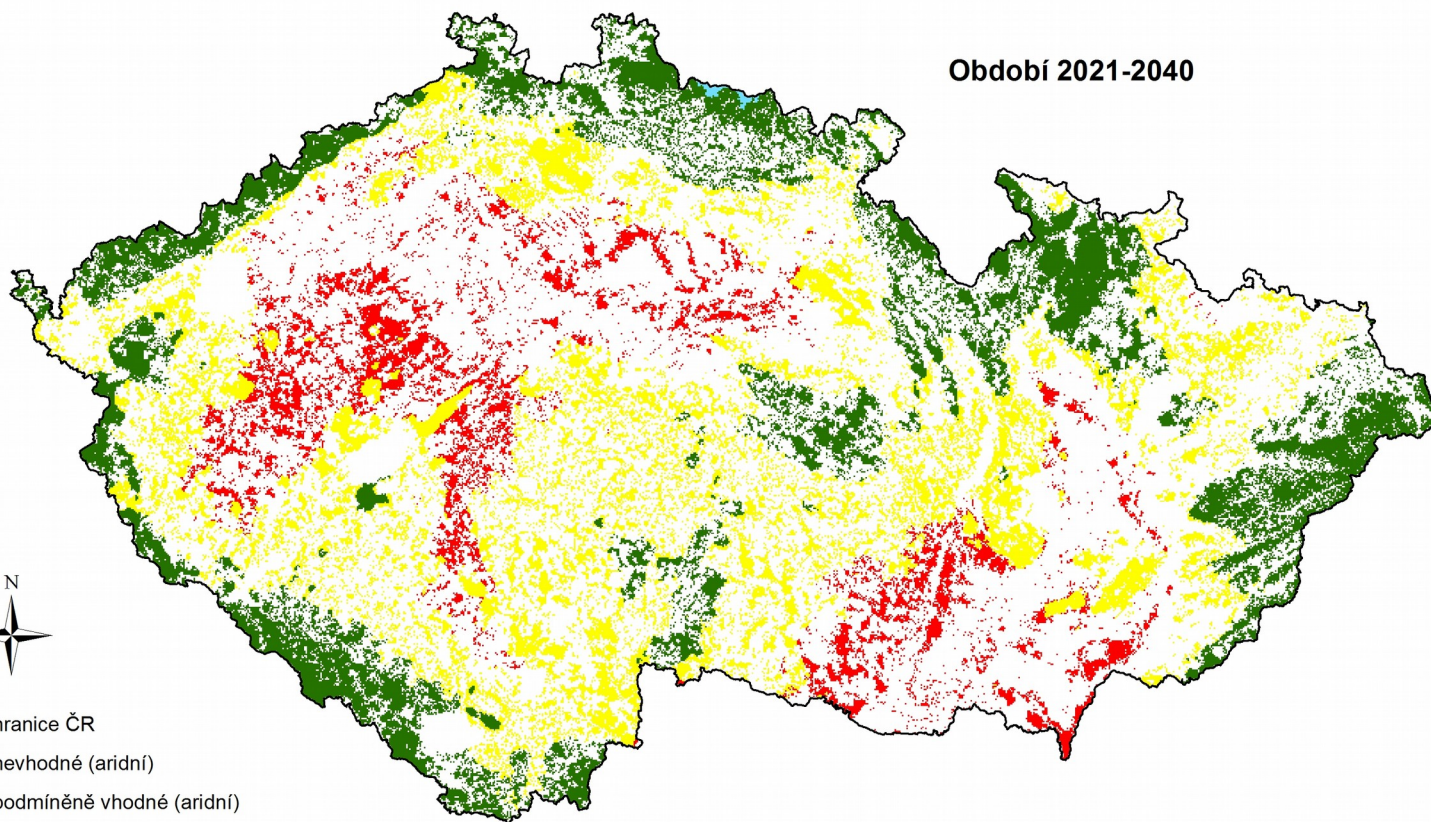
Podmínky po pěstování smrku na základě De Martonneho indexu aridity



Období 2021-2040



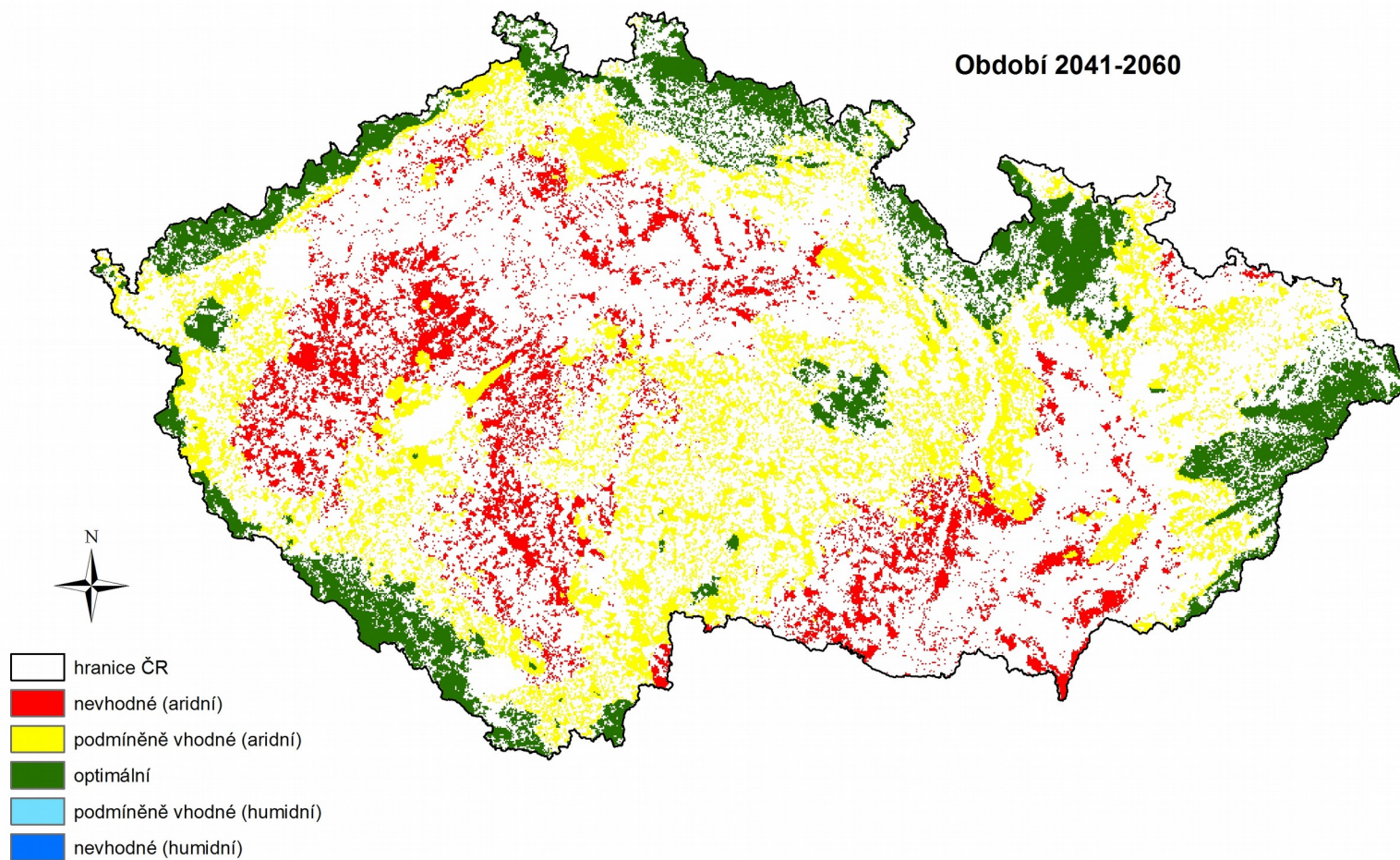
- hranice ČR
- nevhodné (aridní)
- podmíněně vhodné (aridní)
- optimální
- podmíněně vhodné (humidní)
- nevhodné (humidní)



Podmínky po pěstování smrku na základě De Martonneho indexu aridity



Období 2041-2060



Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest



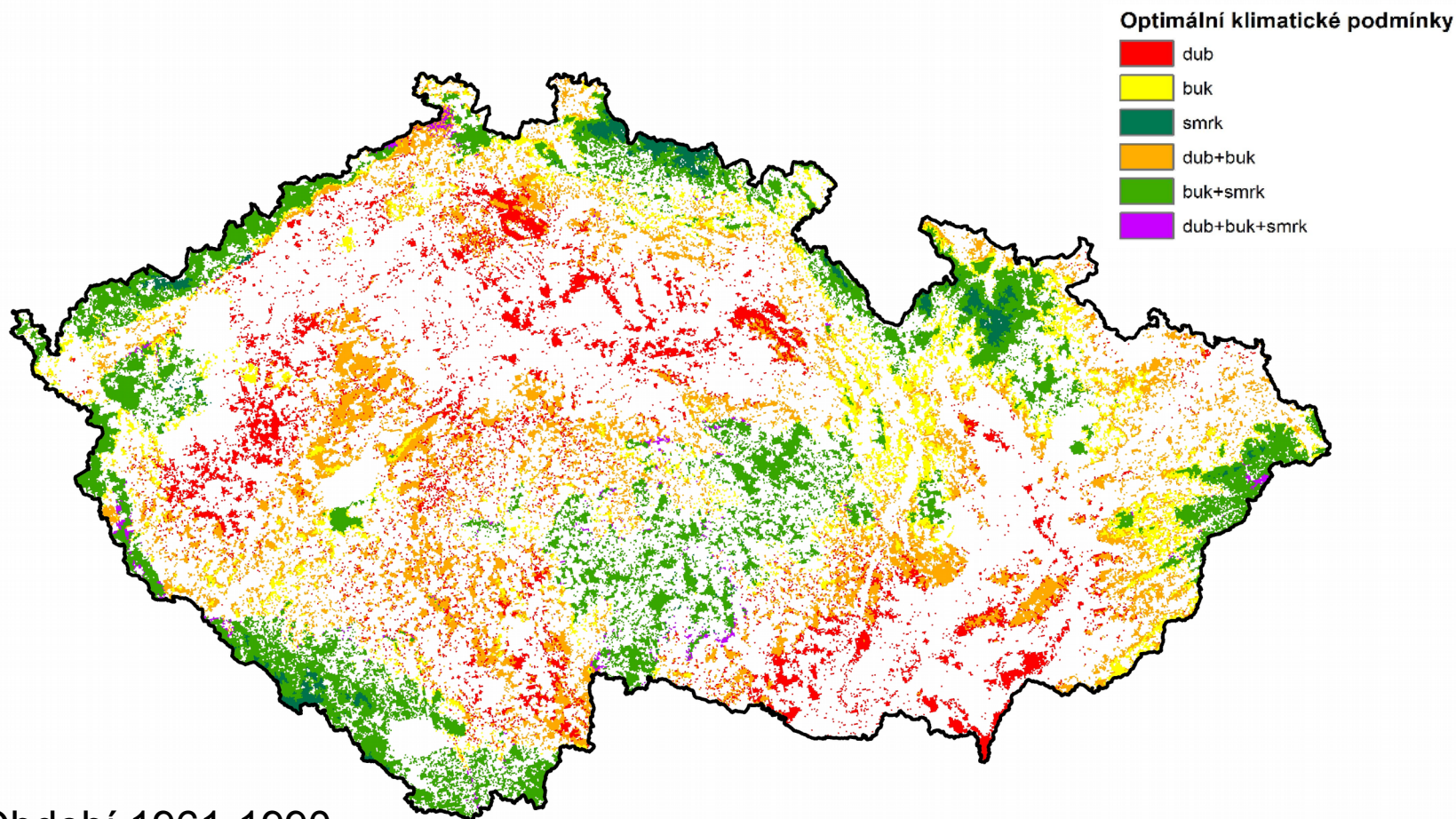
- Dub - významné proměnné:
 - průměrná roční teplota,
 - průměrná teplota za vegetační období,
 - počet dnů s teplotou vyšší než 10°C,
 - počet dnů s Tmax nad 30°C,
 - Úspěšnost predikce se pohybuje okolo 85 %.
- Buk – významné proměnné – všechny sledované – široká ekologická valence.
 - Úspěšnost predikce byla pouze okolo 75 %.
- Smrk – významné proměnné:
 - průměrná roční teplota vzduchu,
 - teplota v jarních měsících od března do června,
 - globální radiace v jarních měsících,
 - počet dní s teplotou nad 10°C.
 - Úspěšnost predikce takřka 95 %.

Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest



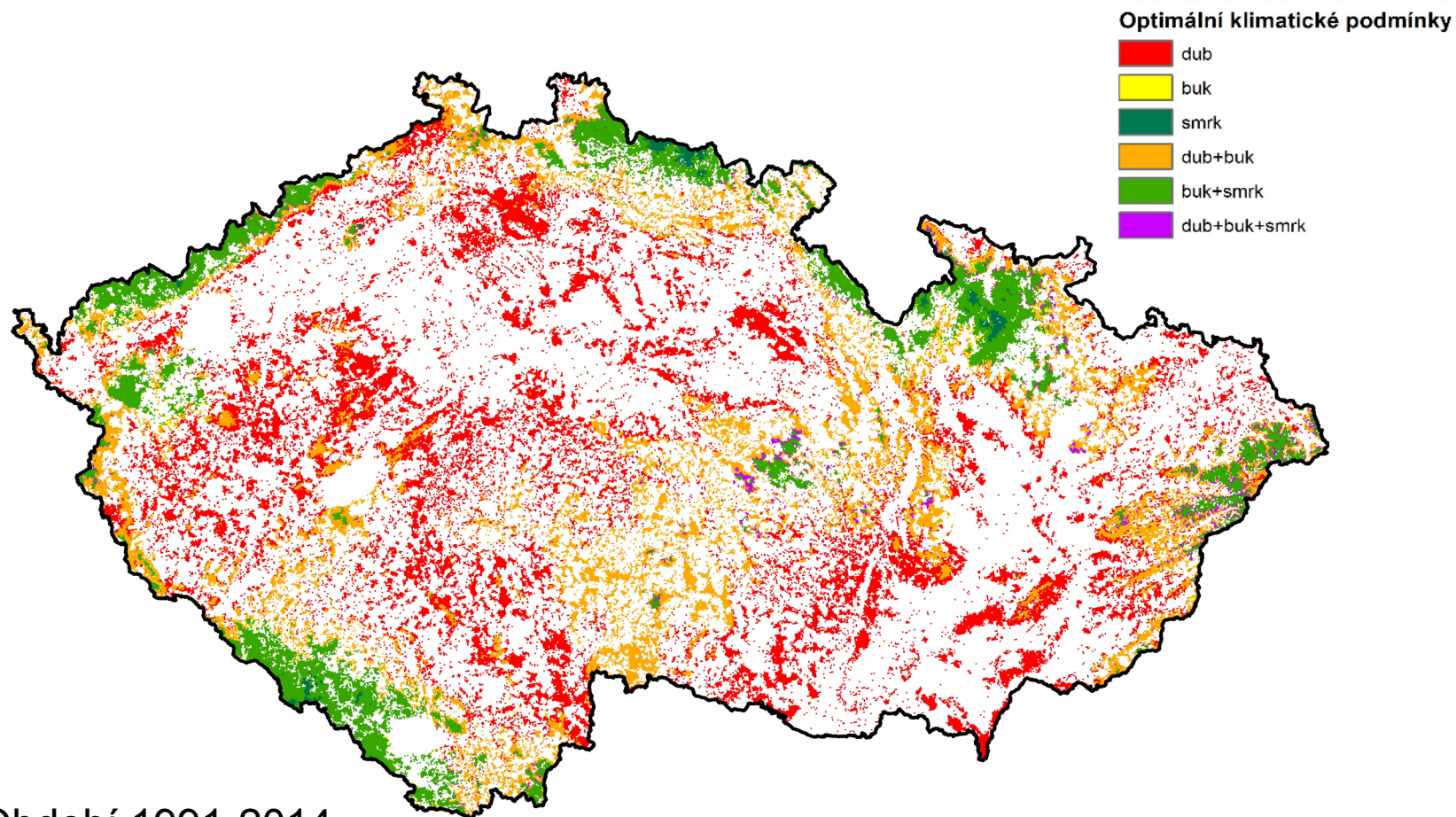
- Výsledky:
 - Pro období 2041-2060 GCM modely předpovídají výrazné zmenšení oblastí vhodných pro pěstování smrku až na 4-5 % území ČR (respektive 7-11 % rozlohy lesů na PUPFL),
 - zmenšení oblastí vhodných pro pěstování buku na 6-20 % území ČR (respektive 15-35 % rozlohy lesů na PUPFL),
 - výrazné zvětšení oblastí vhodných pro pěstování dubu na 96-98 % území ČR (respektive 91-96% rozlohy lesů na PUPFL).

Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest



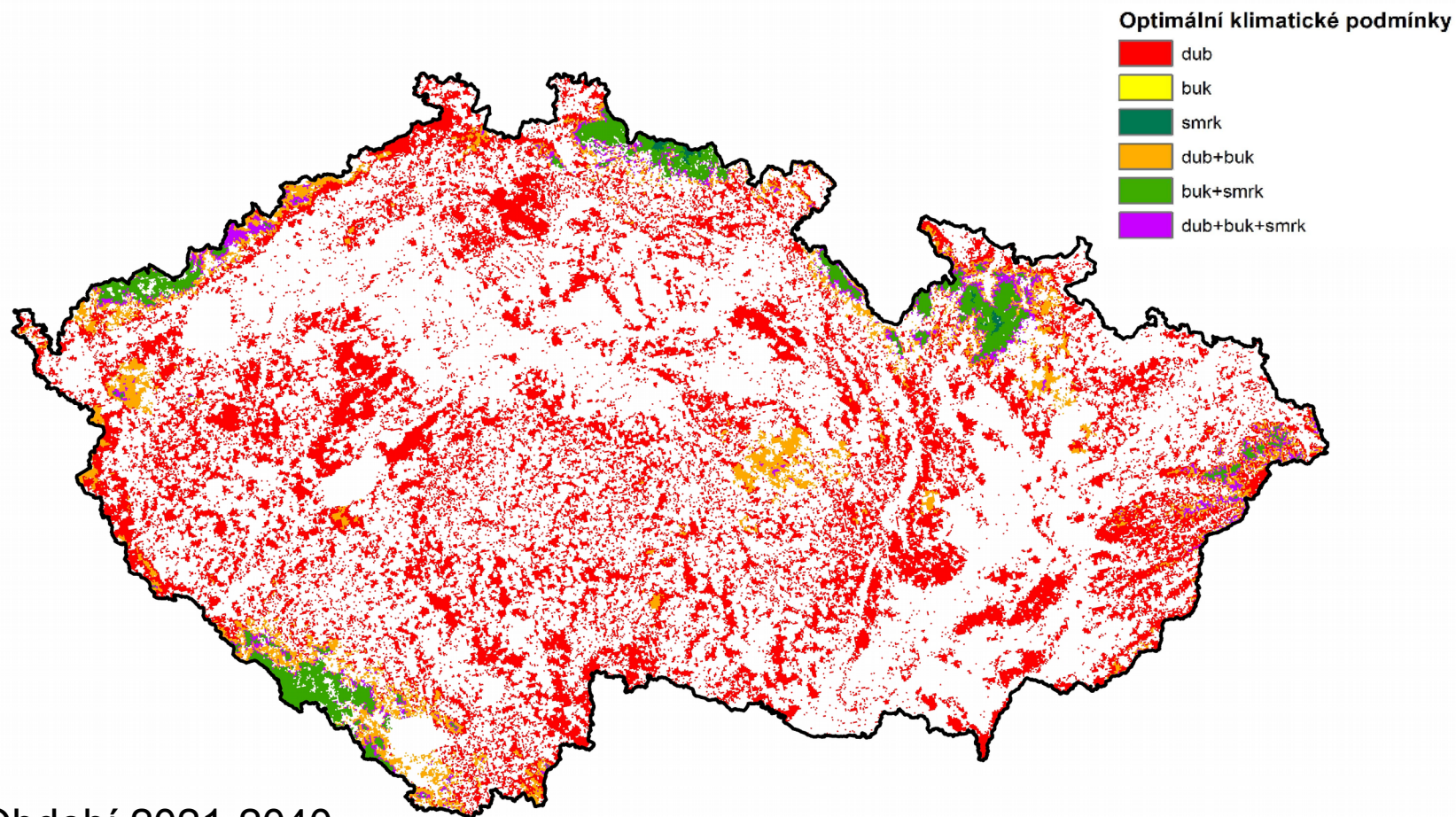
Období 1961-1990

Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest



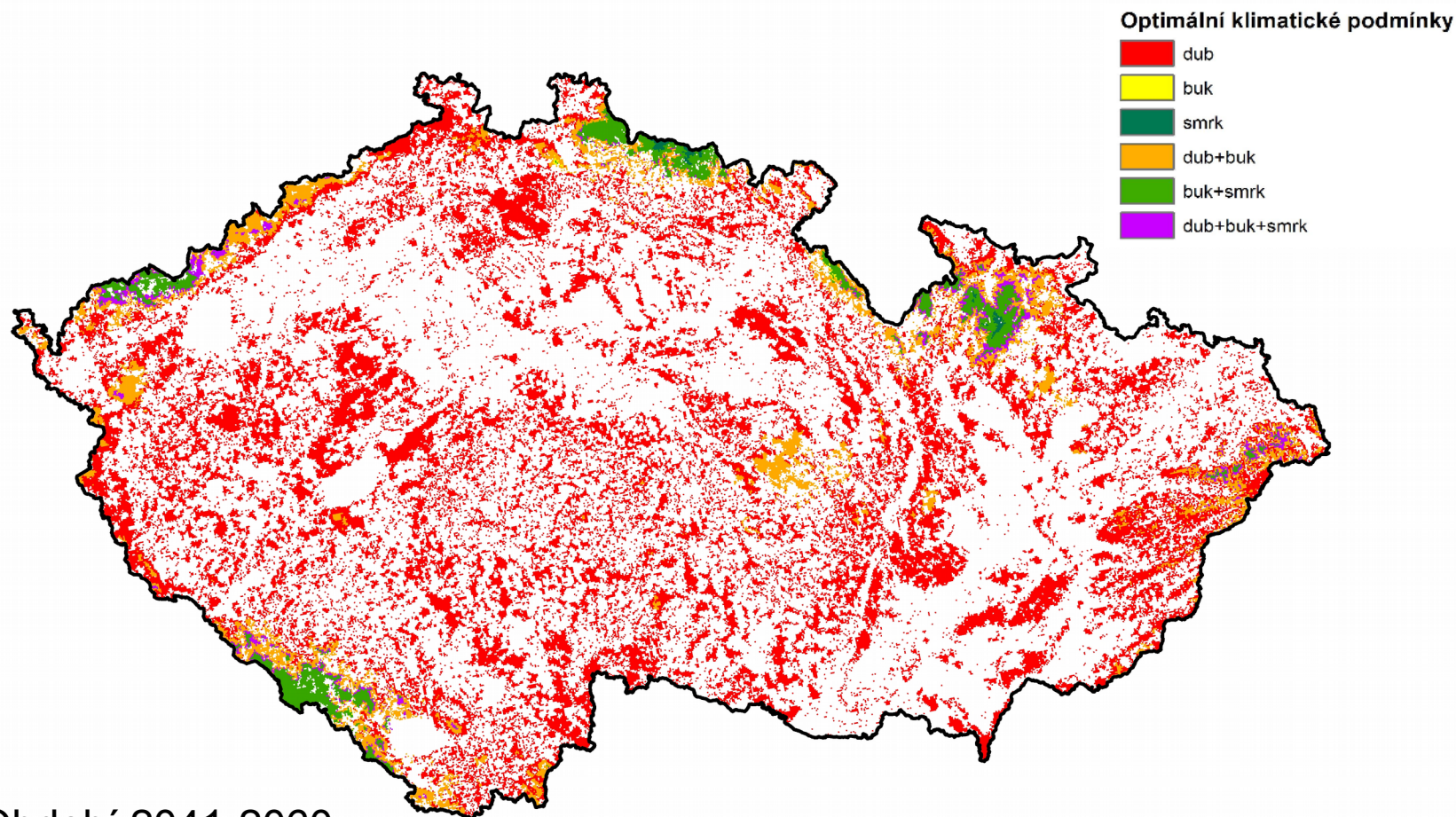
Období 1991-2014

Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest



Období 2021-2040

Modelování pomocí klasifikátoru Random Forest



Období 2041-2060

Výsledky modelu IPSL



Model	IPSL - celá ČR				IPSL - pouze PUPFL			
	2021-2040		2041-2061		2021-2040		2041-2061	
	rozloha (ha)	%	rozloha (ha)	%	rozloha (ha)	%	rozloha (ha)	%
DB	7011356,3	88,9	7137545,0	90,5	2030751,9	77,5	2088399,0	79,7
DB+BK	520528,1	6,6	512641,4	6,5	298717,1	11,4	330161,0	12,6
BK	15773,6	0,2	7886,8	0,1	2620,3	0,1	2620,3	0,1
BK+SM	205056,5	2,6	141962,2	1,8	183422,8	7,0	131016,3	5,0
SM	7886,8	0,1	7886,8	0,1	7861,0	0,3	7861,0	0,3
DB+BK+SM	126188,6	1,6	78867,9	1,0	96952,0	3,7	60267,5	2,3
DB celkem	7658073,1	97,1	7729054,2	98,0	2426421,0	92,6	2478827,5	94,6
BK celkem	867546,9	11,0	741358,3	9,4	581712,2	22,2	524065,0	20,0
SM celkem	339132,0	4,3	228716,9	2,9	288235,8	11,0	199144,7	7,6

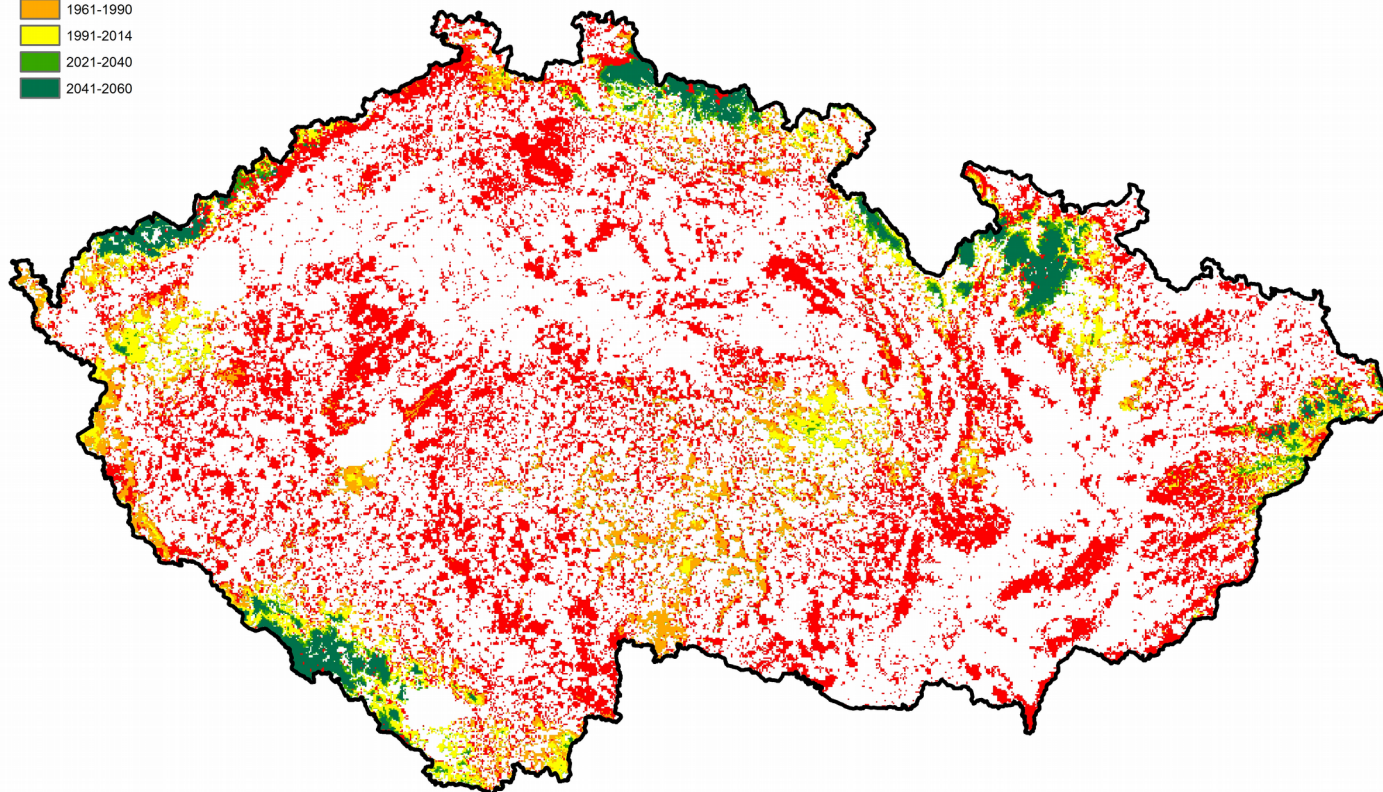
Výskyt současných smrkových porostů v rámci vhodných klimatických podmínek



☐ hranice ČR

Výskyt smrkových porostů v rámci vhodných klimatických podmínek

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



Výsledky



- Výsledky analýz neeliminují možnost pěstování cílových hospodářských dřevin v rámci ČR, spíše však upozorňují na razantní změnu klimatu a s tím spojenou nutnost zapojení řady adaptačních opatření ke zmírnění následků globální klimatické změny.
- Výsledky analýz potvrzují trend chřadnutí smrkových porostů vlivem sucha během posledních let a rovněž potvrzují nižší úspěšnost např. umělé obnovy při pasečném způsobu hospodaření.
- Rozsah území vhodného pro dub však může s narůstajícími teplotami být omezen naopak podmínkami, které budou limitní (příliš aridní) rovněž pro tuto dřevinu, ale doposud se na našem území nevyskytují a nebylo možné je modelovat.



Děkuji za pozornost