

# NÁVRH STRATÉGIE, ADAPTAČNÝCH A MITIGAČNÝCH OPATRENÍ Z HĚADISKA DOPADOV KLIMATICKÝCH ZMIEN NA LESNÉ EKOSYSTÉMY SLOVENSKA.

Vladimír Čaboun

*Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen*

## Abstract

Existing real risk of the consequences of climate change on the forests in Slovakia requires adopting mitigation measures in sufficient advance, particularly with regard to long-term character of reproduction in forest management.

Draft of the strategy, adaptation and mitigation measures from the viewpoint of climate change impact on the forest ecosystems in Slovakia and concrete measures for time horizons 2007, 2045 and 2075 result as independent output from the research task "Impact of global climate change on the forests of Slovakia" that was performed at National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen in the years 2003 – 2007. With regard to large extent of newly obtained knowledge the area impacts of global climate change and resulting draft of measures for beech, oak, spruce, fir, larch and pine growing in respective altitudinal vegetation zones, were processed in tables.

Prognosis comes out from the synthesis of the results based on the analysis of the classes of conditions suitability that were determined for respective tree species on the basis of the frequency of current occurrence and growth responses of tree species in respective altitudinal vegetation zones as well as on the basis of the results of growth simulation by means of SIBYLA growth simulator, analysis of the impact of climate change on production, ecological stability, vitality of tree species and the structure of stands with the use of models of climate change for the mentioned tree species.

Prognosis of climate change development and its impact on main tree species is based on current state of the occurrence of tree species with regard to current climate conditions (2007). In the area of tree species, for which we give **necessary measures**, tree species growing at present are indicated or the conditions being unsuitable for tree species according to scenarios of climate change. For tree species growing in the conditions limiting their growth and existence we give a category **suitable measures**. For tree species growing in suitable conditions, it means optimal conditions, we do not propose any measures and the category is given as **not necessary measures** (from the viewpoint of expected climate change).

Average climate characteristics (temperature and water balance) for the period 1951 – 1980 are used as a comparison level for the assessment of the impact of global climate change on current distribution of tree species on the territory of Slovakia in relation to some climate characteristics.

For projecting climate and precipitation models we used scenarios of climate change by Lapin et al. (2001). For projecting temperatures we used scenario derived from the data measured at the station Hurbanovo and modified model outputs of the model CCCM1997 and CCCM2000 (2001- 2100) according to which the values of all other stations were calculated.

During the research we had available scenarios of climate change of various generation. We used the scenario A1B.

**Key words: climate change, forest trees, forest ecosystems, mitigation of impacts**

## Úvod – významnosť riešenia problematiky

V súčasnosti ešte viac ako v uplynulých rokoch púta čoraz väčšiu pozornosť odbornej i laickej verejnosti otázka

budúcnosti biosféry nachádzajúcej sa pod ohromným tlakom rastúcej populácie ľudstva. Napriek mediálnej popularite problému „globálne otepľovanie“, asi málokto očakával, že Nobelovú cenu za mier dostanú v roku 2007 spolu Al Gore

a Medzivládny panel pre klimatickú zmenu (IPCC). V roku 1988 Svetová meteorologická organizácia (World Meteorological Organization – WMO) a Environmentálny program OSN (United Nations Environment Programme – UNEP) založili Medzivládny panel o klimatickej zmene (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). IPCC publikuje od roku 1990 hodnotiace správy o zmene klímy, posledná, štvrtá bola predložená v roku 2007. Na základe publikovanej vedeckej a technickej literatúry sa snaží objektívne a transparentne odhadnúť klimatickú zmenu, jej potenciálne dopady a voľbu na jej adaptáciu a zmiernenie jej dôsledkov.

V správe Medzinárodného panelu pre zmenu klímy, z novembra 2007, vedci uviedli, že globálne otepľovanie je nepochybniteľné. Niektoré dopady zmeny klímy sú podľa správy nezvratiteľné. Zmierňovanie jeho dôsledkov je úzko spojené s ekonomickým vývojom, teda nie každá krajina sa so zmenami vyrovná rovnako dobre. Globálne otepľovanie spôsobuje celosvetový nárast teploty vzduchu a oceánov a neustále topenie snehu a ľadu. Podľa pôvodne tajnej správy amerického Pentagonu o zmene klímy na Zemi z februára 2004, sa Zem v dôsledku predpokladaných klimatických zmien dostane až na pokraj anarchie, pretože jednotlivé štáty si začnú chrániť svoje miznúce zásoby potravín, vody a energie jadrovými zbraňami. Táto hrozba pre globálnu stabilitu je omnoho vážnejšia, než hrozba terorizmu, konštatuje správa. Katastrofy a konflikty budú charakteristickými rysmi života, píše sa v závere analýzy Pentagonu.

Zameranie výskumnej úlohy na klimatické zmeny a ich vplyv na lesné ekosystémy s dopadom na ich obhospodarovanie je v súčasnosti veľmi aktuálne, ako z vedeckého hľadiska, tak aj z hľadiska socio-ekonomického a politického. Doteraz sa predmetnej problematike v lesníctve u nás venovala

nedostatočná pozornosť, v extrémnych prípadoch sa uvedená problematika často bagatelizovala pričom sa v mnohých prípadoch laicky zamieňala problematika počasia s problematikou klímy. Pod pojmom počasia rozumieme aktuálny stav a prognózu do 10 dní, pod pojmom klimatické podmienky rozumieme dlhodobý režim počasia najmenej za 30 rokov.

Problematika možných impaktov klimatickej zmeny sa dotýka prakticky všetkých prírodných aj socioekonomických sfér. Táto skutočnosť našla svoje vyjadrenie aj v aktivitách v oblasti lesníctva, keď na konferencii ministrov o ochrane lesov Európy v r. 1993 v Helsinkách bola prijatá aj rezolúcia H4 „Stratégia dlhodobej adaptácie lesov Európy na klimatickú zmenu“, ktorá bola podpísaná aj slovenskou stranou. Štvrtá ministerská konferencia v apríli roku 2003 prijala ďalšiu rezolúciu zameranú na problematiku klimatickej zmeny V5 „Klimatická zmena a trvalo udržateľné obhospodarovanie lesov v Európe“, ktorá rozšírila rámec rezolúcie H4 o aspekty Kjótskeho protokolu, monitorovacích aktivít, podpory výskumu a zakomponovanie tejto problematiky do národných lesníckych plánov.

Prvé úvahy o vplyve narastania koncentrácií skleníkových plynov a možných zmien klímy na lesné ekosystémy sa v slovenskom lesníckom výskume objavili koncom 80. rokov. Ale až riešenie projektu Národného klimatického programu Slovenskej republiky (NKP SR), ktorý začal v roku 1993 (ako pokračovanie NKP ČSFR) prinieslo v tomto smere výrazný posun dopredu.

Pod pojmom „zmena klímy“ (klimatická zmena) rozumieme iba tie zmeny v klimatických pomeroch, ktoré súvisia s antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry od začiatku priemyselnej revolúcie (asi od 1750 r. n. l.), ak ich vieme odlíšiť od zmien prirodzených. Pri riešení projektu „Vplyv

klimatickej zmeny na lesy Slovenska“ sme riešili problematiku vplyvu zmeny klímy spolu s prirodzenými vplyvmi klimatických zmien na lesné dreviny a ich spoločenstvá.

Z doterajšieho stavu tejto problematiky jednoznačne vyplýva potreba cieleného široko koncipovaného výskumu dôsledkov zmien klímy na lesné ekosystémy a úlohu lesov v uhlíkovom cykle a bilanciách emisií skleníkových plynov. Iba fundované odborné vedecké poznatky umožnia prijímať adekvátne opatrenia na úrovni decisnej sféry s cieľom minimalizovania negatívnych dôsledkov na lesy Slovenska.

### **Ciele riešenia**

Riešenie projektu „Vplyv klimatickej zmeny na lesy Slovenska“ prebiehalo v štyroch čiastkových úlohách.

Cieľom prvej čiastkovej úlohy bolo rozšíriť vedecké poznatky o vplyvoch globálnej klimatickej zmeny na lesné ekosystémy, spresniť prognózy vývoja lesných ekosystémov v podmienkach klimatickej zmeny a na ich základe vypracovať návrh systému adaptačných a mitigačných opatrení pre ich trvalo udržateľné obhospodarovanie a plnenie všetkých požadovaných funkcií a pre potreby strategických rozhodnutí rezortu.

### **Metodika výskumu**

Hodnotenie bioklimatického potenciálu územia SR bolo robené na základe frekvencie výskytu vybraných drevín. Využitím modelu drevinového zloženia Slovenska odvodeného zo satelitných snímok boli učené reálne teplotné a vlhkosťné amplitúdy jednotlivých drevín. V rámci sledovania klimatickej zmeny sa spracovali klimatické modely vzťahujúce sa k jednotlivým rokom, od roku 1961 do roku 2005.

Analýza zmeny bioklimatických areálov jednotlivých drevín v dôsledky zmeny klímy bola realizovaná klasifikáciou

klimatických modelov podľa amplitúd pôvodného, v zmysle potenciálneho a reálneho výskytu jednotlivých drevín na území SR a bol vyhodnocovaný ich posun smerom na sever, resp. do vyšších nadmorských výšok. Táto analýza bola vykonaná pre buk, dub, smrek, smrekovec, jedľa a borovicu.

Riešenie úlohy bolo založené na vypracovaní klimatických modelov SR vo forme rastrových máp a ich ďalšej analýze. Modely boli využité pre určenie klimatických amplitúd pôvodného rozšírenia jednotlivých drevín na území SR (zrekonštruované podľa práce BLATTNÝ A ŠŤASTNÝ 1959 A MINĐÁŠ 1999) a amplitúd ich reálneho rozšírenia, ktoré bolo odvodené z klasifikovaných satelitných záznamov LANDSAT (BUCHA 1999). Uvedené amplitúdy boli projektované do budúca v zmysle regionálnych scenárov zmeny klímy vypracovaných LAPINOM A KOL. (2001). Z doteraz na Slovensku spracovaných výstupov z deviatich modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs) zo štyroch svetových klimatických centier, bol dôraz kladený na modely CCCM 2000 a GISS 1998. Pri regionalizácii výstupov GCMs bola využitá metóda tzv. štatistického downscalingu, teda modifikácia výstupov globálnych klimatických modelov do jednotlivých bodov na území Slovenska štatistickými metódami pri použití súborov nameraných údajov. Pri konečnom riešení bol najviac využívaný scenár A1B.

Aplikáciou funkcií rastovej odozvy na mapy klimatických faktorov bola určená hodnota rastovej odozvy (RO) dreviny voči teplote a klimatickej vodnej bilancii (CWB) na celom území Slovenska.

Pre účely hodnotenia vplyvu zmenenej klímy na rast, produkciu a štruktúru lesných porastov bol použitý stromový rastový simulátor SIBILA, pričom bolo vytvorených 9 reprezentatívnych porastových modelov. Modely pokrývajú všetky dôležité vegetačné lesné stupne a 5 základných drevín: smrek, jedľa, borovica,

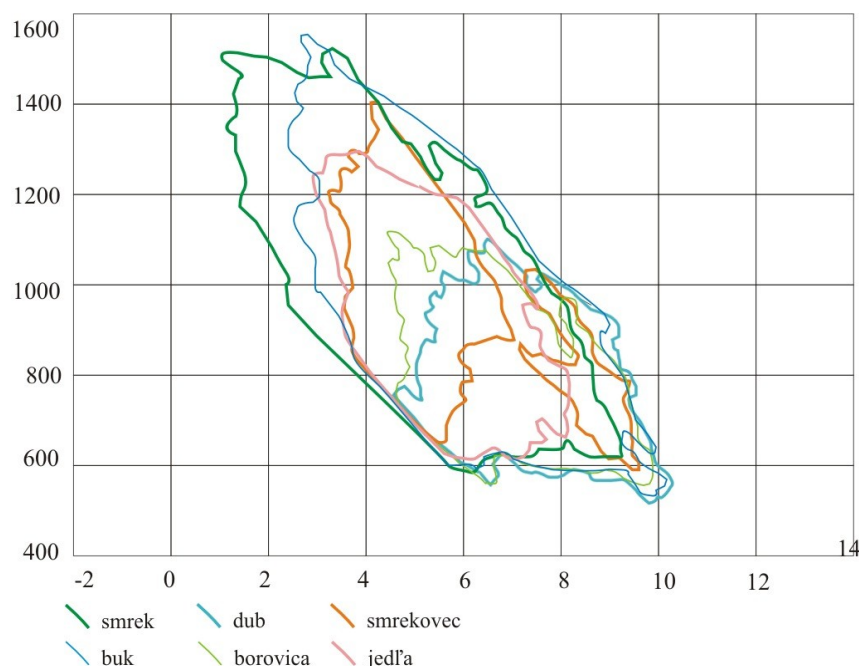
buk a dub. Pre stanovenie zmeny ekologickej stability a vitality drevín bol použitý klasifikačný systém ekologickej stability.

Podrobnejšie uvedené metodiky boli publikované v záverečnej správe projektu ČABOUN A KOL. 2008 a v prácach HLÁSNY a BALÁŽ (2007) a HLÁSNY (2007), FABRIKA (2006), ČABOUN (2002).

## Výsledky výskumu

Podkladom pre návrh systému adaptačných a mitigačných opatrení pre ich trvalo udržateľné obhospodarovanie boli parciálne výsledky jednotlivých metodických prístupov.

Využitím modelu drevinového zloženia Slovenska odvodeného zo satelitných snímok boli učené reálne teplotné a vlhkostné amplitúdy jednotlivých drevín (Obr. 1).



**Obr. 1. Klimatické charakteristiky (teplota –os x, zrážky –os y) súčasného výskytu drevín v SR**

V rámci sledovania klimatickej zmeny sa spracovali klimatické modely vzťahujúce sa k jednotlivým rokom, od roku 1961 do roku 2005.

Analýza zmeny bioklimatických areálov jednotlivých drevín v dôsledky zmeny klímy bola realizovaná klasifikáciou klimatických modelov podľa amplitúd pôvodného, v zmysle potenciálneho a reálneho výskytu jednotlivých drevín na území SR a bol vyhodnocovaný ich posun smerom na sever. Táto analýza bola vykonaná pre buk, dub, smrek, smrekovec, jedľu a borovicu.

V nasledujúcej tabuľke (tab. 1) sú uvedené teplotné a zrážkové amplitúdy pôvodného (potenciálneho) / súčasného rozšírenia uvedených drevín v SR.

Riešenie úlohy bolo založené na vypracovaní klimatických modelov SR vo forme rastrových máp a ich ďalšej analýze. Modely boli využité pre určenie klimatických amplitúd pôvodného rozšírenia jednotlivých drevín na území SR (zrekonštruované podľa práce Blatný a Šťastný 1959 a Mind'áš 1999) a amplitúd ich reálneho rozšírenia, ktoré bolo

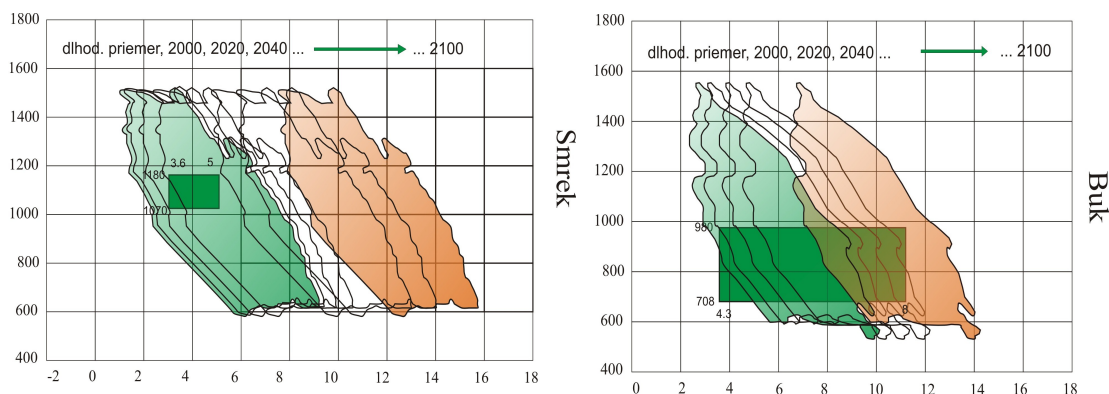
odvodené z klasifikovaných satelitných záznamov LANDSAT (Bucha 1999). Uvedené amplitúdy boli projektované do budúcnosti v zmysle regionálnych scenárov zmeny klímy vypracovaných Lapinom

a kol. (2001). Konfrontáciou uvedených údajov bol hodnotený priestorový posun areálov zodpovedajúcich klimatickými charakteristikami pôvodnému a súčasnému rozšíreniu jednotlivých drevín (obr. 2).

**Tab. 1 Teplotné a zrážkové amplitúdy pôvodného a súčasného rozšírenia buka, duba, smreka, smrekovca, jedle a borovice v SR.**

Drevina	Pôvodné rozšírenie v SR		Súčasný rozšírenia v SR	
	Zrážková ampl.	Teplotná ampl.	Zrážková ampl.	Teplotná ampl.
Smrek	1070-1180 mm	3.6-5°C	590-1520 mm	1.2-9.2°C
Dub	650-835 mm	6.1-10 °C	520-1060 mm	4.8-10.2°C
Buk	708-980 mm	4.3-8°C	580-1440 mm	2.4-9.5°C
Jedľa	890-1010 mm	4.6-6.5°C	590-1380 mm	2.8-8.3°C
Smrekovec	900-930 mm	2.2-6.4°C	540-1420 mm	2.9-10.2°C*
Borovica	730-1280 mm	4-6.8°C	545-1130 mm	3.9-9.9°C

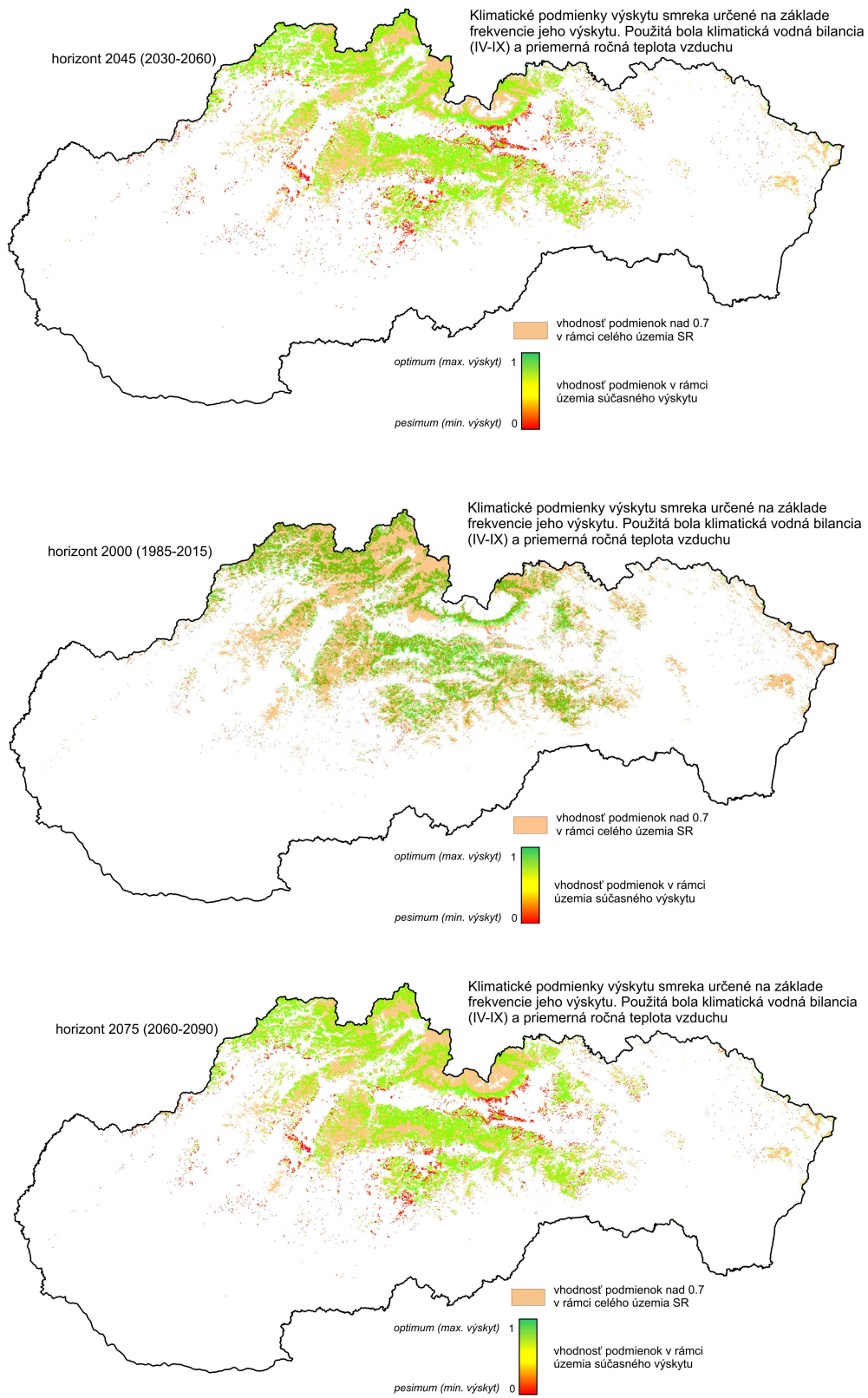
\*Distribúcia teplôt v rámci súčasného rozšírenia smrekovca má výrazne dvojvrcholové rozdelenie. V tabuľke je uvedená celková amplitúda, teplotné rozpätie dvoch vrcholov je 2.8-7.2 °C a 7.2-10.2 °C.



**Obr. 2. Grafy posunu reálneho rozšírenia buka a smreka v zmysle regionálnych scenárov zmeny klímy. (Hlásny 2007 in ČABOUN, V., MINĎÁŠ, J., PRIWITZER, T., ZÚBRIK, M., MORAVČÍK M. 2008)**

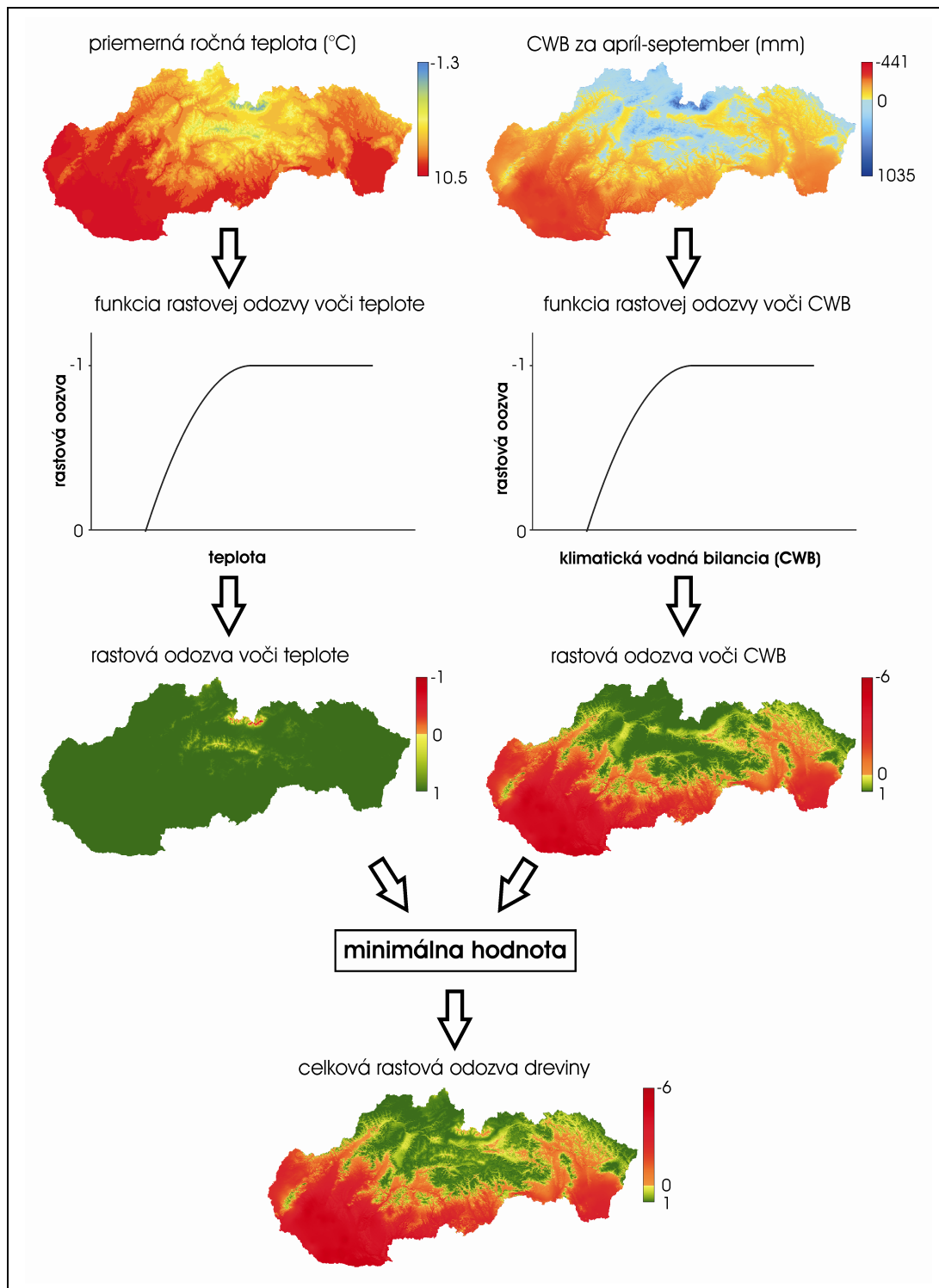
Lokality súčasného rozšírenia dreviny pre smrek sú zobrazené izogradačnou kartografickou metódou, pomocou ktorej je vyjadrená miera vhodnosti klimatických podmienok na danej lokalite pre danú drevinu (obr. 3). Takto boli spracované

podklady pre buk, smrek, dub, jedľa, borovicu a smrekovec v časo-vých horizontoch 2000 (1985–2015), 2045 (2030–2060) a 2075 (2060–2090) v porovnaní s obdobím 1951–1980.



**Obr. 3** Areál súčasného rozšírenia smreka a zmena vhodnosti klimatických podmienok územia SR v časových horizontoch 2000 (1985–2015), 2045 (2030–2060). (Baláž 2007 in

ČABOUN, V., MINĐÁŠ, J, PRIWITZER, T., ZÚBRIK, M., MORAVČÍK M. 2008)



**Obr. 4. Postup pri stanovení celkovej rastovej odozvy dreveny voči klimatickým podmienkam. (Baláž 2007 in ČABOUN, V., MINĐÁŠ, J, PRIWITZER, T., ZÚBRIK, M., MORAVČÍK M. 2008)**

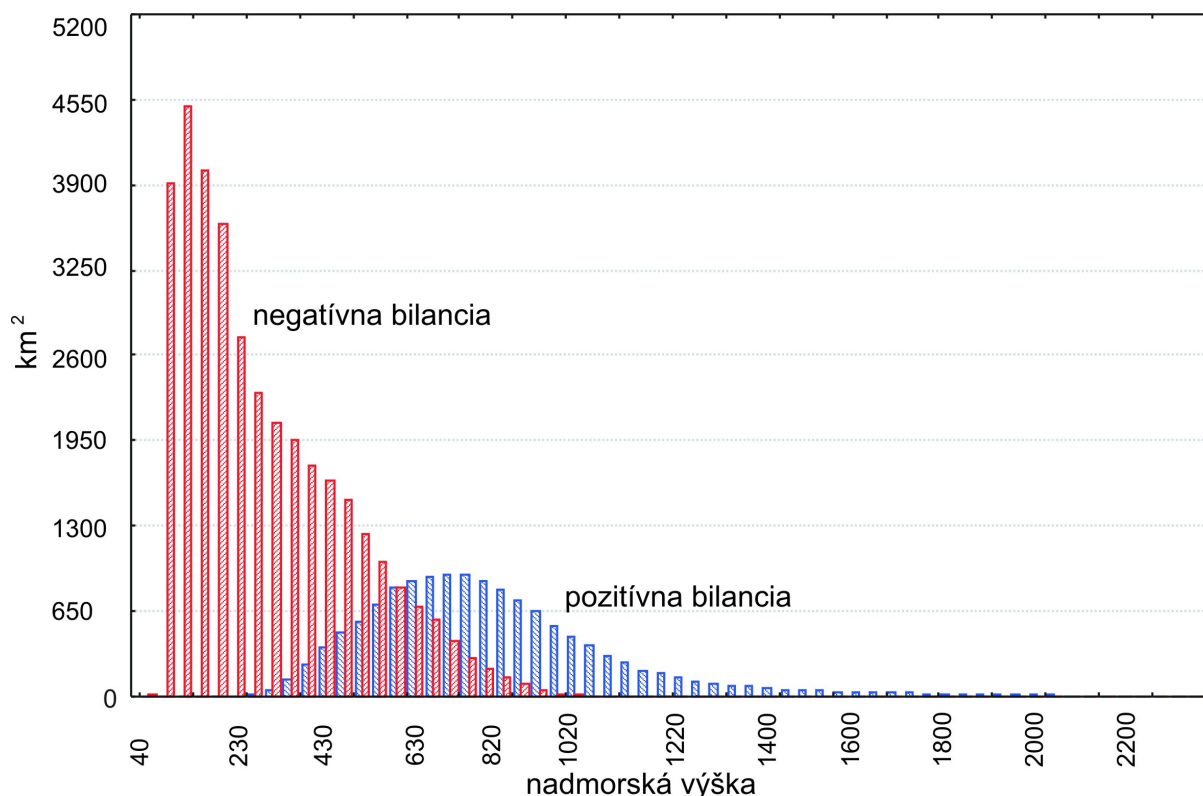
Aplikáciou funkcií rastovej odozvy na mapy klimatických faktorov bola určená

hodnota rastovej odozvy (RO) dreveny voči teplote a vodnej bilancii na celom území

Slovenska. Schematické znázornenie postupu pri hodnotení celkovej rastovej odozvy dreviny (vhodnosti klimatických podmienok pre rast dreviny) je na obrázku 4.

Z priebehu hodnôt vodnej bilancie je zrejmé ich výšková zonálnosť, dochádza však k významnému prekrytiu území s pozitívnou a negatívnou bilanciou (Obr. 5). Najvyššie položené oblasti s negatívnou bilanciou presahujú výšku 1 000 m n. m.

Pokrývajú všetky nížiny a hlavné údolia a zasahujú do najvyšších častí submontánneho stupňa, s výnimkou vlhkých oblastí na severozápade SR. V tejto oblasti je predpoklad, že bude trpieť nedostatkom vlhky po dobu teplého polroku. Oblasti s pozitívnou vodnou bilanciou sa nachádzajú takmer výlučne v horských oblastiach. Najnižšie polohy s pozitívnou bilanciou sa nachádzajú vo výške 250 m



**Obr. 5 Rozloha územia SR s negatívnou a pozitívnou klimatickou vodnou bilanciou v závislosti od nadmorskej výšky. (Baláž 2007 in ČABOUN, V., MINDÁŠ, J, PRIWITZER, T., ZÚBRIK, M., MORAVČÍK M. 2008)**

Návrh stratégie, adaptačných a mitigačných opatrení z hľadiska dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska tvorí samostatný realizačný výstup, kde sú tabuľkovou formou uvedené plošné dopady globálnej klimatickej zmeny a z toho vyplývajúci návrh opatrení pre dreviny buk, dub, smrek, jedľa, smrekovec a borovica rastúce v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch. Syntéza

výsledkov vychádza z analýzy tried vhodnosti podmienok, ktoré boli pre jednotlivé dreviny určené na základe frekvencie súčasného výskytu a rastových odoziev jednotlivých druhov drevín v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch, na základe výsledkov rastovej simulácie pomocou rastového simulácia SIBILA, analýzy dopadov klimatických zmien na produkciu, ekologickú



stabilitu, vitalitu drevín a štruktúru porastov pri použití modelov zmeny klímy pre vybrané dreviny.

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na hlavné druhy drevín vychádza zo súčasného stavu výskytu drevín vzhľadom k súčasným klimatickým podmienkam (2007) pre hlavné dreviny (*bk, db, sm, jd, smc, bo*), z krátkodobej prognózy zmeny klimatických podmienok

k roku 2045 pre uvedené hlavné dreviny a z dlhodobej prognózy zmien klimatických podmienok k roku 2075 pre tieto dreviny). Ako príklad uvádzame tabuľkovú syntézu výsledkov (Tab. 2 - 4) o očakávanom vývoji duba, buka a smreka – najviac atakovanej dreviny, rastúcich v jednotlivých vegetačných stupňoch podľa rastovej odozvy, klimatickej vodnej bilancie (CWB), frekvencie výskytu a rastových simulácií.

**Tab. 2 Syntéza výsledkov o očakávanom vývoji dubov rastúcich v jednotlivých vegetačných stupňoch podľa rastovej odozvy, klimatickej vodnej bilancie (CWB), frekvencie výskytu a rastových simulácií.**

**Duby**

LVS	Rastová odozva	CWB	Zmena areálu	Rastové simulácie
1.	Vhodné podmienky pre rast suchomilných dubov Podmienky pre lesné spoločenstvá „balkánskeho typu“	Mierne obmedzené podmienky pre rast našich dubov Nástup dubových xerothermných lesov	Nepočíta sa so zmenou areálu vzhľadom ku GKZ	Produkcia duba sa významne znižuje
2.	Vhodné resp. podstatne nezmenené podmienky pre rast dubov	Vhodné podmienky pre rast dubov	Mierne zväčšenie areálu vzhľadom ku GKZ	Produkcia dubín sa mierne, nevýznamne znižuje
3.	Vhodné podmienky pre rast dubov	Vhodné a zlepšujúce sa podmienky pre rast dubov	Expanzia duba na 20 % plochy LVS	Nezmenená produkcia
4.	Zlepšujúce sa podmienky pre rast dubov	Zlepšujúce sa podmienky pre rast dubov	Vytváranie podmienok pre dubové spoločenstvá	Netestované
5.	Vytváranie podmienok pre rast dubov	Vytváranie podmienok pre rast dubov	Minimálne zmeny	Netestované
6.	V súčasnosti nevhodné podmienky	Zlepšujúce sa podmienky pre rast dubov	Minimálne, takmer žiadne zmeny súčasného stavu	Netestované
7.	Nevhodné podmienky	Nevhodné podmienky	Bez zmeny	Netestované
8.	Nevhodné podmienky	Nevhodné podmienky	Bez výskytu	Netestované

**Tab. 3 Syntéza výsledkov o očakávanom vývoji buka rastúceho v jednotlivých vegetačných stupňoch podľa rastovej odozvy, klimateckej vodnej bilancie (CWB), frekvencie výskytu a rastových simulácií.**

**Buk**

LVS	Rastová odozva	CWB	Zmena areálu	Rastové simulácie
1.	Negatívne sa prejavujúca odozva na raste 56 % bukov	Rýchlo sa zhoršujúce podmienky pre rast buka	Ohrozený výskyt buka na 90% areálu	Netestované
2.	Zhoršujúce sa podmienky pre buk, ale nie dramaticky	Zhoršujúce sa podmienky pre rast buka	Zhoršené podmienky pre buk na takmer 60% výskytu	Signifikantné zníženie prírastku
3.	Mierne zhoršené podmienky	Mierne zhoršené podmienky vzhľadom na nedostatok vlahy	Mierne zníženie rozlohy	Signifikantné zníženie prírastku buka o 20 %
4.	Podmienky vhodné, ale zhoršujúce sa pre rast buka	Zhoršujúce sa podmienky vhodné pre rozvoj zmiešaných spoločenstiev buka s účasťou cenných listnáčov	Zhoršenie podmienok pre buk na 35 % plochy LVS	Signifikantné zníženie prírastku buka o 17 %
5.	Podmienky vhodné a zlepšujúce sa pre rast buka	Podmienky vhodné pre buk	Expanzia buka na úkor smreka	Nezmenená produkcia a zastúpenie buka
6.	Výrazne sa zlepšujúce podmienky pre buk	Podmienky vhodné pre buk	Mierna expanzia buka	Štatisticky nevýznamné zmeny
7.	Vytváranie podmienok pre rast buka	Postupné rýchle vytváranie podmienok pre buk	Šírenie buka do 7 LVS	Netestované
8.	Podmienky nevhodné pre buk	Podmienky nevhodné pre buk	Nezmenené	Netestované

**Tab. 4 Syntéza výsledkov o očakávanom vývoji smreka rastúceho v jednotlivých vegetačných stupňoch podľa rastovej odozvy, klimateckej vodnej bilancie (CWB), frekvencie výskytu a rastových simulácií.**

**Smrek**

LVS	Rastová odozva	CWB	Zmena areálu	Rastové simulácie
1.	Absencia podmienok pre výskyt SM	Zánik spoločenstiev s účasťou smreka	Zánik podmienok pre výskyt smreka	Netestované
2.	Absencia podmienok pre výskyt SM	Nevhodné podmienky pre výskyt SM	Zánik podmienok pre výskyt smreka	Netestované
3.	Absencia podmienok pre výskyt SM	Absencia podmienok pre výskyt SM	Nevhodné podmienky pre výskyt SM	Netestované
4.	Obmedzené podmienky pre sm, prejavujúce sa na jeho zdravotnom stave a vitalite	Obmedzené podmienky pre nedostatok vlahy	Zhoršenie podmienok pre smrek až na 80 % LVS	Netestované
5.	Narastajúce problémy pri pestovaní sm	Zhoršujúce sa podmienky pre sm, konkurenčný tlak buka a jedle	Zhoršenie podmienok pre sm na 50 % územia LVS	Signifikantný pokles produkcie
6.	Podmienky len mierne meniace sa pre sm	Podmienky zlepšujúce sa pre smrek	Nepredpokladané veľké zmeny	Signifikantný pokles produkcie v monokultúrach o 22 % v zmesiach bez problémov

7.	Podstatné zlepšenie podmienok pre rast smreka	Dostatok zrážok pre existenciu SM	Expanzia smreka, vylepšenie podmienok v celom LVS	Signifikantný nárast produkcie smreka o 7 %
8.	Vytváranie podmienok pre rast smreka	Vytváranie podmienok pre rast smreka	Posun hornej hranice lesa	Netestované

Pre duby sa predpokladá zlepšovanie rastových podmienok postupne až do 6. vegetačného stupňa. Naše duby budú mať v budúcnosti značné problémy v 1., neskôr aj v 2. vs. Pre buk bude negatívny vplyv klimatických zmien pre jeho rast klesať od 1. po 4. vs. Naopak, v 5. -7. vs. Očakávame expanziu buka.

Návrh stratégie, adaptačných a mitigačných opatrení z hľadiska dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska tvorí samostatný realizačný výstup, kde sú tabuľkovou formou uvedené plošné dopady globálnej klimatickej zmeny a z toho vyplývajúci návrh opatrení pre dreviny buk, dub, smrek, jedľa, smrekovec a borovica rastúce v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch. Syntéza

výsledkov vychádza z analýzy tried vhodnosti podmienok, ktoré boli pre jednotlivé dreviny určené na základe frekvencie súčasného výskytu a rastových odoziev jednotlivých druhov drevín v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch, na základe výsledkov rastovej simulácie pomocou rastového simulácia SIBILA, analýzy dopadov klimatických zmien na produkciu, ekologickú stabilitu, vitalitu drevín a štruktúru porastov pri použití modelov zmeny klímy pre vybrané dreviny.

Ako príklad uvádzam návrh stratégie, adaptačných a mitigačných opatrení z hľadiska dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy 3. dubovo – bukového vegetačného stupňa na území Slovenska.

### Charakteristika 3. dubovo – bukového vegetačného stupňa.

Vegetačný Stupeň	Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
					(ha)	(%)
3   dubovo-bukový	300 – 700	700 – 800	150 – 165	5,5 – 7,5	457 063	23,66

### Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín. (bk, db, sm, jd, smc, bo)

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	207330,8	91108,8	13442,76	5384,88	1597,32	25615,44

### Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na hlavné dreviny.

- Súčasný stav výskytu drevín vzhľadom k súčasným klimatickým podmienkam (2007) pre hlavné dreviny (bk, db, sm, jd, smc, bo)
- Krátkodobá prognóza zmeny klimatických podmienok k roku

2045 pre hlavné dreviny (bk, db, sm, jd, smc, bo)

- Dlhodobá prognóza zmeny klimatických podmienok k roku 2075 pre hlavné dreviny (bk, db, sm, jd, smc, bo)

Drevina	Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Suma ha
		ha	%	ha	%	ha	%	
<b>Buk</b>	2007	19,42	0,01	6259,68	2,02	201029,1	96,97	207330,8
	2045	787,32	0,38	31719,60	15,3	174801,2	84,32	207330,8
	2075	991,44	0,48	33534,0	12,1	172782,8	83,35	207330,8
<b>Dub</b>	2007	174,96	0,19	19294,2	21,18	71639,64	78,63	91108,8
	2045	0,0	0,0	0,0	0,0	91108,8	100,0	91108,8
	2075	0,0	0,0	0,0	0,0	91108,8	100,0	91108,8
<b>Smrek</b>	2007	8417,52	62,62	4131,0	30,73	894,24	6,65	13442,76
	2045	11861,6	88,24	1312,24	9,76	268,92	2,0	13442,76
	2075	11874,6	88,33	1285,52	9,59	278,64	2,08	13442,76
<b>Jedľa</b>	2007	2776,68	51,56	1752,84	32,55	855,36	15,88	5384,88
	2045	1409,4	26,17	2209,68	41,03	1765,8	32,79	5384,88
	2075	4286,52	79,60	835,92	15,52	262,44	4,87	5384,88
<b>Smc</b>	2007	1509,84	94,52	29,16	1,83	58,32	3,65	1597,32
	2045	1561,68	97,77	16,2	1,01	19,44	1,21	1597,32
	2075	1561,68	97,77	12,96	0,81	22,68	1,42	1597,32
<b>Bo</b>	2007	0,0	0,0	0,0	0,0	25615,44	100,0	25615,44
	2045	0,0	0,0	0,0	0,0	25615,44	100,0	25615,44
	2075	0,0	0,0	0,0	0,0	25615,44	100,0	25615,44

### Vplyv zmeny klímy na rast a produkciu drevín

Na základe výsledkov využitia rastového simulátora SIBYLA klimatické zmeny indikujú na konci 21. storočia signifikantné zníženie produkciu buka v 2. a 3. LVS o -20%.

Produkcia duba v 3 LVS v zmesi s bukom sa v podstate nemení (rozdiel je -1%, čo je štatisticky nevýznamný rozdiel. Zastúpenie duba sa zvyšuje v zmiešaní s bukom.

### Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy na jednotlivé druhy drevín 3. dubovo - bukového vegetačného stupňa

#### ZMENA DRUHOVEJ ŠTRUKTÚRY

- V 3. dubovo - bukovom vegetačnom stupni ide predovšetkým o nutné opatrenia týkajúce sa **smreka a jedle**, ktoré v súčasnosti rastú na stanovištiach patriacich do tohto LVS.

- Pri **smreku** ide predovšetkým o návrh nutných a vhodných aktuálnych opatrení na ploche takmer 12550 ha, čo je 93 % plochy na ktorej sa v súčasnosti v 3. LVS nachádzajú smrek, pričom plocha, na ktorej bude potrebná vykonať nutné krátkodobé opatrenia narastá oproti ploche s aktuálnymi súčasnými opatreniami o 3444 ha, čo je nárast o 26 % celkovej plochy smreka v tomto LVS.
- Pri **jedli** sa podľa našich výpočtov až 2777 ha jedlín v súčasnosti nachádza na okraji svojho výskytu. Vďaka kolísaniu prognostického modelu zrážok sa plocha jedlín, na ktorej by bolo nutné robiť opatrenia sa zmenší takmer na polovicu a aj rozloha lokalít, na ktorých by bolo vhodné robiť opatrenia sa zvýši len o 9%. Kým sa teda podmienky pre jedľu rastúcu v 3. LVS do polovice tohto storočia budú relatívne zlepšovať na ploche necelých 1000ha (10 % plochy), ďalšie prognózované oteplenie do roku 2075 spôsobí že na 80 % plochy na ktorej v súčasnosti rastie jedľa bude nutné a na ďalších 16 %

plochy bude vhodná druhová zmena. Kým teda do roku 2045 bude nutné a vhodné robiť opatrenia na cca 3620 ha jedľových porastov, do roku 2075 sa táto plocha zväčší o ďalších viac ako 1500 ha, z čoho vyplýva, že v 3. LVS sa zmenia klimatické podmienky do roku 2075 do takej miery, že budú pre jedlu a smrek nevhodné.

- So smrekovcom situácia nie je taká jednoznačná, ako to vyplýva z uvedených výpočtov. Podkladom pre uvedené tabuľky bol súčasný výskyt drevín. Vyslovene svetlomilný **smrekovec** má výrazne disjunktívny areál. Reálne sa môže uplatniť iba tam, kde buď klimatické, alebo pôdne podmienky obmedzujú jeho tieňomilných konkurentov. Smrekovec so svojou mimoriadnou potrebou dostatku svetla však dokáže v každom veku vzdorovať drsným klimatickým podmienkam a veľkým teplotným výkyvom. Je možné povedať, že ide o priekopnícku drevinu, ktorá sa uplatňuje predovšetkým v horských polohách, ale sú známe porasty aj v nižších polohách, kde sa úspešne prejavuje. Napriek tomu, že nám vyšlo, že smrekovec by mal byť už v súčasnosti vymenený za iné dreviny na ploche 1510 ha, čo je 95 % plochy na ktorej sa v 3. LVS vyskytuje, nepovažujeme túto výmenu za tak akútnu ako pri smreku.
- Kým pre **dub** sa klimatické podmienky 3. LVS stávajú ideálne a preto sa tu veľmi dobre uplatní, pre **buk** sa mierne zhoršia – do roku 2075 asi na 4000ha, čo je však iba 12,5 % jeho súčasného rozšírenia. Toto zhoršenie je možné eliminovať zvyšovaním druhovej diverzity porastov drevinami ktorým budú vyhovovať meniace sa klimatické podmienky.

## OBNOVA PORASTOV

### **buk, dub – aktuálne opatrenia:**

- odporúčame opatrenia uvedené v 2. LVS;
- podporovať a zvyšovať percento prirodzenej obnovy;

### **borovica – aktuálne opatrenia:**

- odporúčame sadbový materiál s morfológickými parametrami podľa STN 48 2211;
  - ostatné odporúčania podľa 1. LVS;
- ostatné dreviny** odporúčame opatrenia uvedené v 2. LVS.

### **Odporúčané obnovné drevinové zloženie:**

- základné dreviny buk, borovica, vo vybraných typologických jednotkách dub,
- primiešané dreviny – ostatné dreviny pôvodného zastúpenia drevín v závislosti od stanovištných (typologických) podmienok, osvedčené introdukované a domáce dreviny so širokou ekologickou amplitúdou,
- pre extrémne presychavé stanovištia, štrkové a suťovité pôdy, spustnuté pôdy, biele plochy: borovica čierna, dub cerový, hrab obyčajný;
- prípravné dreviny – pedomelioračný účinok: jaseň kvetnatý, jaseň mannový, lipa malolistá, agát biely, čerešňa mahalebka;

## VÝCHOVA PORASTOV

### **Nutné opatrenia**

#### **Mladiny**

- pri porastoch db, bk a bo neznižovať zápoj pod hodnotu 0,9;
- primiešanú bo udržiavať v dokonalom zápoji, resp. hlúčikovom zmiešaní;
- dub uvoľňovať (podporovať) v konkurencii s bukom;

- primiešaný sc a cenné listnáče treba pozitívnymi zásahmi dôsledne uvoľňovať;
- sm, jd na dolnej hranici rozšírenia odstraňovať prečistkami;
- v zmiešaných porastoch ihličnany udržiavať v hornej vrstve, sc dôsledne uvoľňovať;
- dbať, aby hrab neutláčal cenné listnáče a kvalitné jedince duba v dolnej a strednej vrstve,
- na extrémnych stanovištiach a J expozíciách ponechať cer;
- pri sm, sc a dg udržiavať prerušený zápoj v hornej vrstve so snahou o vytvorenie diferencovanej štruktúry;

### **Žrdkoviny a žrd'oviny**

- smrek prebierkami postupne odstraňovať z porastov (max. do konca 3.vekovej triedy);
- na S až SV expozíciách preferovať buk, ktorý tu môže tvoriť až nezmiešané bukové porasty, pričom dub je zastúpený jednotlivo, maximálne v hlúčikoch, ale nemá však šancu v konkurenčnom boji s bukom;
- pri zmene expozície smerom k JZ, treba podporovať dub, ktorý sa presadzuje (v hlúčikoch až skupinách) s výskytom hrabu najmä v podúrovni;
- Na J expozíciách, strmých svahoch a suchých stanovištiach podporovať zastúpenie duba v úrovni, resp. výskyt aj ďalších druhov (javor horský, jaseň, čerešňa, brekyňa, hloh a ojedinele aj jedľa) a na vlhkejších stanovištiach aj jaseňa;
- na S expozíciách treba podporiť pozitívnymi zásahmi výskyt jaseňa, buka a javora horského v úrovni porastu, pri hlúčikovom až skupinovom zmiešaní, a v podúrovni zastúpenie javora mliečneho pred hrabom;
- primiešaný js pozitívnym výberom udržiavať v úrovni porastu;
- bk udržiavať v skupinovom až ostrovčekovom (plošnom) zmiešaní;

### **Vhodné opatrenia**

#### **Mladiny**

- sc (sm, jd) pestovať v hlúčikovom zmiešaní (do 0,01 ha) v hornej vrstve;

### **Žrdkoviny a žrd'oviny**

- snaha o vertikálnu diferenciáciu porastu úrovňovými zásahmi s tým, že v nadúrovni sú ihličnany, v úrovni bk, db, resp. v podúrovni cenné listnáče (buk);
- v zmiešaných porastoch db s hrabom (najmä na V a J expozíciách) treba pozitívnymi zásahmi podporiť výskyt ceru a cenných listnáčov (cs);
- snahou je úrovňovými zásahmi výškovo diferencovať porast tak, aby dub (bo) boli v nadúrovni, resp. v úrovni a lp v podúrovni, prípadne hrab a buk v podúrovni, resp. na podmáčaných stanovištiach aj jaseň;
- na hornej hranici tohto lvs s pribúdaním nadmorskej výšky a zmenou expozície smerom k J treba prebierkami podporovať výskyt cenných listnáčov (jaseňa, javora horského) v porastovej úrovni;
- v hrabových dubinách kombinovanou prebierkou zasahujeme v celom porastovom profile s tým, že v podúrovni sa zameriame na sústavné prerieďovanie hrabu, čím sa vytvára viacvrstvová podúroveň (doplňovaním z výmladkov, náletu a pod.);

### **Záver**

Na základe množstva získaných výsledkov je možné urobiť niektoré všeobecné závery:

- Vodná bilancia sa vyznačuje výraznou výškovou zonálnosťou. Dochádza však

k značnému prekrytu území s pozitívnu a negatívnu bilanciou. Najvyššie položené oblasti s negatívnu bilanciou dosahujú výšku až 1 100 m n. m.

- Lesy v nížinách a pahorkatinách (najmä 1.–3. vs.) bude ohrozovať hlavne sucho. Lesy vo vyšších polohách ovplyvní najmä nedostatok zrážok vzhľadom na ich neprirodzenú distribúciu vo vegetačnom období.
- Je možné predpokladať, že druhy špecializované na určité stanovištné podmienky, podobne ako druhy rozšírené mimo svoj areál, alebo na jeho okraji a ekotypy s úzkou ekologickou amplitúdou, budú silno ohrozené a v dlhodobej perspektíve pravdepodobne úplne vylúčené z druhovej skladby súčasných lesov.
- Zvýšenie priemernej teploty teda zrejme spôsobí všeobecný ústup smreka a rozšírenie listnáčov a borovice až do stredných nadmorských výšok. Hlavnou drevinou vyšších horských polôh by mal byť buk.
- Predpokladá sa zvýšená expanzia buka na úkor smrečín, ktorých zdravotný stav sa rapídne zhoršuje.
- Ohrozenosť zmiešaných porastov dôsledkami zmeny klímy je nižšia ako ohrozenosť monokultúr.
- Horské lesy budú mať lepšie podmienky pre produkciu v dôsledku zmeny klímy a horná hranica lesa sa posunie do vyšších nadmorských výšok.
- V rámci všeobecných prejavov globálnej klimatickej zmeny sa predpokladá zvýšená frekvencia a intenzita pôsobenia extrémov počasia (najmä víchríc). S ohľadom na túto skutočnosť je nutné podstatne zvýšiť statickú stabilitu osobitne ihličnatých porastov s prevahou smreka prostredníctvom pestovných opatrení (včasná a intenzívna výchova porastov, úprava štruktúry najmä drevinového zloženia)

Stupeň entropia vývoja klímy v dlhších časových horizontoch ako 100 rokov, ako aj schopnosti adaptácie a migrácie jednotlivých drevín a spoločenstiev, nás núti k opatrnejšiemu prístupu pri interpretácii dosiaľ získaných parciálnych poznatkov, ako aj k opatreniam, ktoré z uvedeného výskumu vyplývajú. Základným princípom, ktorý sme zvolili je riešenie najpálčivejších problémov, teda problém drevín, ktoré sa už v súčasnosti negatívne prejavuje, nakoľko tieto dreviny rastú na pokraji pre ne vhodných podmienok – tu ide o návrh aktuálnych opatrení (2007–2010). V pomerne krátkom čase 10–40 rokov očakávame také zmeny klímy, ktoré sa výrazne prejaví aj na ďalšie dreviny a ich spoločenstvá, ktoré sa dostanú mimo areál pre ne vhodných klimatických podmienok – tu ide o návrh krátkodobých opatrení (2007–2045), Opatrenia týkajúce sa obdobia 40–100 rokov označujeme ako dlhodobé a v budúcnosti ich bude potrebné aktualizovať a korigovať na základe novo získaných poznatkov o vývoji a dopadoch klímy na dreviny a ich spoločenstvá.

Zatiaľ sa javí najperspektívnejšia cesta nie radikálnych zmien celých spoločenstiev, ale cesta zvyšovania biodiverzity – najmä základnej, určujúcej zložky lesného ekosystému – lesných drevín. Pritom máme na mysli najmä druhovú, vekovú a priestorovú diverzitu drevín. Rovnako významná je však aj genetická diverzita, celková biodiverzita spoločenstiev, ako aj diverzita na úrovni ekosystémov, ktorú je potrebné riešiť v budúcnosti s cieľom zvyšovania ekologickej stability krajiny. Ekologická amplitúda vysádzovaných drevín musí byť tak široká, aby vyhovovala súčasnému, ale aj budúcimi stanovištným podmienkam. Táto požiadavka zrejme bude najľahšie splniteľná u pionierskych drevín so širokou ekologickou valenciou (brezy, topoľ, osika), ako aj u drevín s kontinentálnym rozšírením (duby, hrab, javory, lipy, jaseň štíhly). Obstať by mohol aj smrekovec a z naturalizovaných drevín agát, dub červený a orechy. Použitie

ihličnatých exot bude zrejme problematické, ekologickú rezervu má duglaska a jedľa obrovská.

Doterajšie riešenie problematiku globálnych zmien klímy naznačuje potrebu ďalších projektov zameraných na parciálne

problémy ktoré môže klimatická zmena vyvolať. Zvýšený medzinárodný záujem o problematiku globálnej klimatickej zmeny, priniesol aj nové prístupy k riešeniu predikcie globálnej klimatickej zmeny najmä v oblasti extrémít počasia.

## Literatúra

- Balajka, J., Lapin, M., Mindáš, J., Šťastný, P., Thalmeinerová D., 2005: Štvrtá národná správa SR o zmene klímy a Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu 2005, Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 114 s.
- BLATNÝ, T.; ŠŤASTNÝ, T.; 1959: Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. Bratislava: SVPL, 402 s.
- BUCHA, T.; 1999: Classification of tree species composition in Slovakia from satellite images as a part of monitoring forest ecosystems biodiversity. LVÚ Zvolen, Acta Instituti Forestalis Zvolen, 65–84
- ČABOUN, V., 2002: Systém ukazovateľov ekologickej stability lesa a jej klasifikácia. Zb. medzinárodného vedeckého sympózia Nové trendy v zisťovaní a monitorovaní stavu lesa, TU Zvolen, p. 116 – 135.
- ČABOUN, V., MINDÁŠ, J., PRIWITZER, T., ZÚBRIK, M., MORAVČÍK M. 2008: Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy výskumu a vývoja, NLC – LVÚ vo Zvolene, 305 str.
- FABRIKA, M., 2006: Spatial decision support system with model SIBYLA and GIS. In: Deutscher Verband forstlicher Forschungskunde, Jahrestagung 29.-31. Mai, Staufen, s. 64-72
- HLÁSNY, T., 2007: Modelling selected climate parameters in the ISATIS environment. In: Horák, J., Děrgel, P. Kapias, A. (eds.): *GIS Ostrava 2007, Conference proceedings*, CD-ROM, ISSN 1213-239X.
- HLÁSNY, T., BALÁŽ, P., 2007: Climatic water balance of Slovakia based on FAO Penman Monteith potential evapotranspiration. *Geografický časopis*, 2007, 4, v tlači.
- LAPIN, M., DAMBORSKÁ, I., MELO, M., 2001: Scenáre časových radov mesačných klimatických údajov pre Slovensko v období 2001-2090. In.: Zborník z medzinárodnej konferencie "Extrémy prostredia (počasie) - limitujúce faktory bioklimatologických procesov", Račková dolina 10-12. 9. 2001, SPU Nitra, 9 s. CD ISBN 80-7137-910-7
- MINDÁŠ, J., 1999: Vertical climate ranges of forest trees in Western Carpatian Region, Acta Instituti Forestalis 9, pp. 29-41.
- MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., 1994: Globálne zmeny atmosféry a lesy Slovenska. *Les*, 50, 1994, č.8. s.3-6.