

NÁVRH STRATÉGIE, ADAPTAČNÝCH A MITIGAČNÝCH OPATRENÍ DÔSLEDKOV KLIMATICKÝCH ZMIEN PRE DREVINU SMREK

VLADIMÍR ČABOUN

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen,
T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen, caboun@nlcsk.org

ČABOUN V.: Draft of strategy, adaptation and mitigation measures from the viewpoint of climate change impact on Norway spruce tree in Slovakia. Lesn. Čas. – Forestry Journal, **55**(3): 215 – 238, 2009, 4 fig., tab. 3, ref. 15. Original paper. ISSN 0323 – 10468

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 output from the research task “Impact of global climate change on the forests of Slovakia“ that was performed at the National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen in the years 2003 – 2007.

Norway spruce has been affected by climatic changes the most. With regard to large extent of newly obtained knowledge the area impacts of global climate change and resulting draft of measures for Norway spruce growing in respective altitudinal vegetation zones, were processed in tables in the paper.

Prognosis of climate change impact on Norway spruce 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.

Key words: *climatic changes, forest trees, influence on spruce, mitigation of impacts*

Návrh stratégie, adaptačných a mitigačných opatrení z hľadiska dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska, konkrétnych opatrení pre časové horizonty rokov 2007, 2045 a 2075 tvorí samostatný realizačný výstup výskumnej úlohy „Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska“, ktorá sa na NLC – LVÚ Zvolen riešila v rokoch 2003 – 2007.

Smrek obyčajný je drevina na ktorej sa klimatické zmeny prejavili v maximálnom rozsahu. Vzhľadom na veľký rozsah novo získaných poznatkov, boli plošné dopady

globálnej klimatickej zmeny a z toho vyplývajúci návrh opatrení pre smrek rastúci v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch, prehľadne spracované do tabuliek.

Prognóza vychádza zo syntézy výsledkov vychádzajúcich 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 Sibyla, analýzy dopadov klimatických zmien na produkciu, ekologickú stabilitu, vitalitu drevín a štruktúru porastov pri použití modelov zmeny klímy pre vybrané dreviny.

Kľúčové slová: klimatické zmeny, lesné dreviny, vplyv na smrek, zmiernenie dopadov

1. Úvod a problematika

V Správe o zdravotnom stave lesov na Slovensku, prerokovávanej a schválenej na výjazdovom zasadnutí vlády SR v novembri 2008 je uvedené, že vzniknutú situáciu v smrekových lesoch možno charakterizovať ako najvážnejší lesnícky problém v súčasnosti, ktorý existenčne ohrozuje zabezpečovanie plnenia produkčných a mimoprodukčných funkcií smrekových lesov v mimoriadne dôležitých regiónoch Oravy, Kysúc, Vysokých Tatier, Spiša, Horehronia a Gemeru. Smrek má podľa súčasného drevinového zloženia v našich lesoch 26,4 % zastúpenie, čo predstavuje približne 510 tis. ha. V prípade pokračovania súčasného vývoja môže v časovom horizonte 10 – 30 rokov na Slovensku ubudnúť asi 415 tis. ha smrekového lesa, čo pri priemernej zásobe dreva asi 250 m³ na 1 ha predstavuje úbytok 104 mil. m³ smrekovej drevnej hmoty a pokles výmery smrekových porastov na úroveň asi 10,0 %. Vysádzanie smreka bolo od 19. do konca prvej polovice 20. storočia v Európe všeobecným trendom, vyvolaným dopytom po tejto hospodársky výnimočne efektívnej drevine. Smrekové porasty pestované síce z kvalitného, ale nepôvodného semena sa nedokázali na všetkých miestach prispôbiť stanovištným podmienkam, čo sa negatívne prejavuje na ich ekologickej stabilite najmä vo vyšších vekových stupňoch. Od roku 1990 narastal vplyv kalamít. Vetrové kalamity v roku 1996 a 2002 vážne poškodili predovšetkým smrekové porasty.

V súčasnosti neexistuje dostatok vedeckých poznatkov a experimentálnych skúseností pre definovanie takých opatrení, ktoré by viedli k jednoznačnému a úplnému vyriešeniu problému hynutia smrečín. Súčasná veda a výskum však disponuje dostatočnými poznatkami umožňujúcimi začať uplatňovať opatrenia na brzdenie tohto procesu a zníženia jeho dôsledkov na maximálne možnú mieru.

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 Nobelovu 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 IPCC z novembra 2007 vedci uviedli, že globálne otepľovanie je nespochybniteľné. 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 pôvodnej tajnej správy amerického Pentagónu 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 Pentagónu.

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 venuje nedostatočná pozornosť, v extrémnych prípadoch sa uvedená problematika často bagatelizuje pričom sa v mnohých prípadoch laicky zamieňa problematika počasia s problematikou klímy. Pod pojmom počasiе 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 socio-ekonomických 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.

Najkomplexnejší prehľad doterajších poznatkov o problematike lesa a globálnej klimatickej zmeny je publikovaný v monografii „Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny“, v ktorej editori MINDÁŠ a ŠKVARENINA (2003) zozbierali dovtedy známe poznatky širokého okruhu spoluautorov, ktoré boli využité v Štvrtej národnej správe SR o zmene klímy a Správe o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu (2005). Tu sú v rámci kapitoly 6. „Očakávané dôsledky klimatickej zmeny, odhad zraniteľnosti a adaptačné opatrenia“ popísané zmeny klímy a na Slovensku v ostatných rokoch, scenáre klimatickej zmeny na Slovensku, scenáre možných zmien distribúcie denných hodnôt a extrémov, ale aj problematika dopadov klimatickej zmeny na lesné ekosystémy a lesné hospodárstvo. Na tieto poznatky, ako aj poznatky zahraničných autorov a práce slovenských autorov (MINDÁŠ, ŠKVARENINA 1994, ČABOUN 1994, MINDÁŠ, LAPIN, ŠKVARENINA 1996, ČABOUN 1998, MINDÁŠ 1999, MINDÁŠ, ŠKVARENINA, STŘELCOVÁ, PRIWITZER 2000, MINDÁŠ, ČABOUN, IŠTOŇA, PAVLENDÁ, PAVLENDOVÁ, PRIWITZER, VLADOVIČ 2002, MINDÁŠ, ŠKVARENINA, LAPIN, ČABOUN, VLADOVIČ, PRIWITZER, ZÚBRIK, MORAVČÍK 2004, ČABOUN, ŠTEFANČÍK, HLÁSNY, KAMENSKÝ, TUČEKOVÁ, MORAVČÍK, JANKOVIČ, MINDÁŠ 2005, TAKÁČ, LAPIN, ŠPÁNIK, ČABOUN, ŠIŠKA, VALŠÍKOVÁ, ŠILHÁR, CHUDÝ, SOBOCKÁ 2005) sme nadviazali v našom výskume.

Relatívne jednoduché pestovanie **smreka obyčajného** (*Picea abies* [L.] Karst.), rýchly rast, vysoká produkcia, široká použiteľnosť jeho dreva, viedli k skutočnosti, že sa jeho pestovanie rozšírilo i mimo jeho pôvodný (horský) areál, predovšetkým do stredných a nižších polôh, dokonca aj na nížiny. Toto prinieslo lesnému hospodárstvu v stredozápadnej Európe okrem nesporných výhod aj početné problémy. Na nevhodných stanovištiach stratil smrek svoju prirodzenú odolnosť a pružnosť, čo vyústilo do už spomínaných problémov. Prebiehajúce a očakávané zmeny klímy výrazne ovplyvňujú antropicky ovplyvnené pestovanie smreka mimo svoj prirodzený areál.

2. Ciele riešenia

Cieľom riešenia projektu „Vplyv klimatickej zmeny na lesy Slovenska“ 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. Keďže najatakovanejšou a najohrozenejšou drevinou je smrek, v tomto príspevku sa venujeme dôsledkom vplyvu klimatických zmien na túto drevinu.

3. Metodika

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

Analýza zmeny bioklimatického areálu smreka v dôsledku zmeny klímy bola realizovaná klasifikáciou klimatických modelov podľa amplitúd pôvodného – v zmysle potenciálneho a reálneho výskytu smreka na území SR a bol vyhodnocovaný ich posun smerom na sever, resp. do vyšších nadmorských výšok.

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 smreka na území SR (zrekonštruované podľa práce BLATTNÝ a ŠTASTNÝ 1959 a MINĎÁŠ 1999) a amplitúd jeho 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) dreveniny voči teplote a klimatickej vodnej bilancií (CWB) na celom území Slovenska.

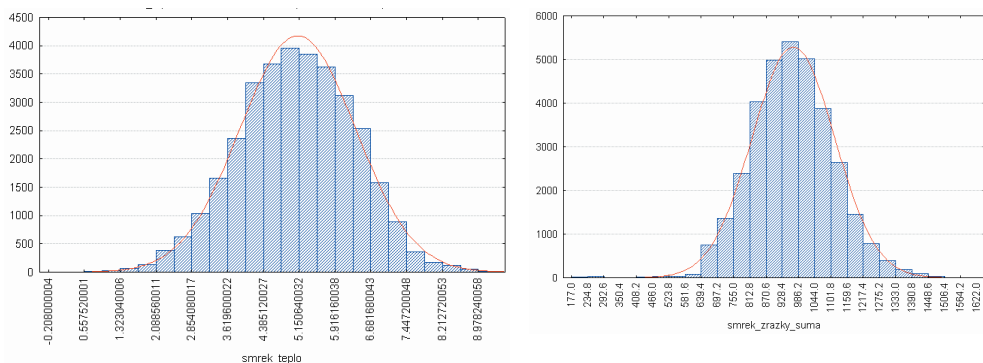
Pre účely hodnotenia vplyvu zmenenej klímy na rast, produkciu a štruktúru lesných porastov bol použitý stromový rastový simulátor Sibyla. Pre stanovenie zmeny ekologickej stability a vitality drevín bol použitý klasifikačný systém ekologickej stability. Podrobnejšie metodiky boli publikované v záverečnej správe projektu ČABOUT *a kol.* (2008) a v prácach HLÁSNY a BALÁŽ (2007) a HLÁSNY (2007), FABRIKA (2006), ČABOUT (2002).

4. Výsledky

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

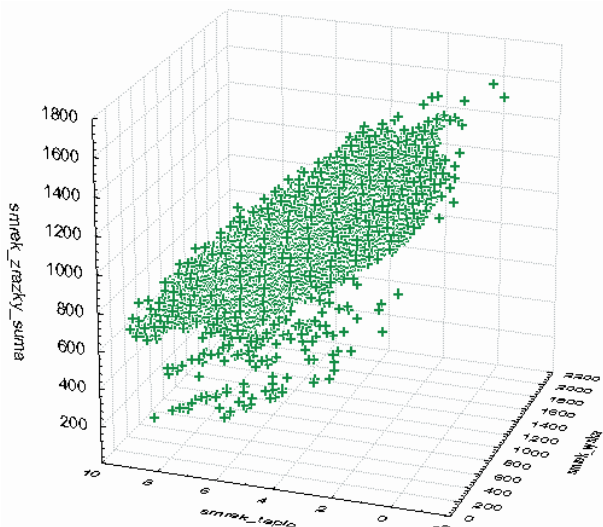
Využitím modelu dreveninového zloženia Slovenska odvodeného zo satelitných snímkov boli určené reálne teplotné a vlhkosťové amplitúdy výskytu smreka na Slovensku. Odvodené boli teplotné, zrážkové, výškové a ďalšie amplitúdy výskytu smreka, ktoré boli graficky vyjadrené formou histogramov na dvojrozmerných grafoch (obr. 1), resp. trojrozmerným grafom (obr. 2).

Spojením získaných klimatických hodnôt pre jednotlivé dreveniny z areálov ich súčasného a pôvodného rozšírenia sme získali predstavu o reálnych klimatických



Obr. 1. Reálne teplotné a vlhkosťové amplitúdy výskytu smreka na Slovensku

Fig. 1. Real temperature and humidity amplitude of Norway spruce occurrence in Slovakia.



Obr. 2. Trojrozmerný graf nadmorských výšok, reálnych priemerných teplotných a vlhkosťných amplitúd výskytu smreka obyčajného na Slovensku

Fig. 2. Three-dimensional graph of altitude, real average temperature and humidity amplitude of Norway spruce occurrence in Slovakia.

podmienkach, v ktorých sa tieto dreviny vyskytujú a aké sú podmienky ich optimálneho výskytu.

V tabuľke 1 sú uvedené teplotné a zrážkové amplitúdy pôvodného (potenciálneho) a súčasného rozšírenia smreka na Slovensku.

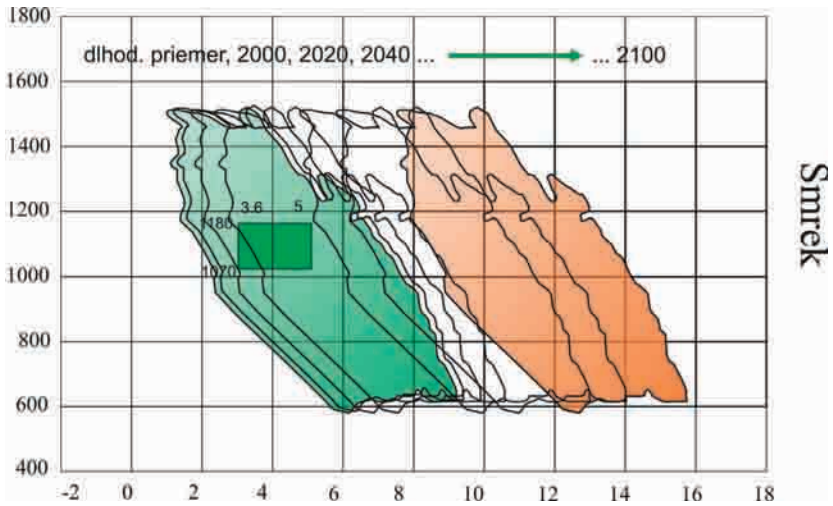
Vzťahy medzi reálnymi a prirodzenými bioklimatickými amplitúdami boli vyjadrené formou grafov a máp. Projekciou teplotných modelov v zmysle scenárov zmeny klímy bolo sledované, ako sa súčasné rozšírenie smreka dostáva mimo svoj súčasný bioklimatický priestor (obr. 3).

Riešenie úlohy bolo založené na vypracovaní klimatických modelov SR vo forme rastrových máp a ich ďalšej analýze. Analýza zmeny bioklimatických areálov smreka,

Tabuľka 1. Teplotné a zrážkové amplitúdy pôvodného a súčasného rozšírenia smreka v SR
Table 1. Thermal and humid amplitude of natural and actual Norway spruce occurrence in Slovakia

Drevina ¹⁾	Pôvodné rozšírenie v SR ²⁾		Súčasnú rozšírenia v SR ³⁾	
	Zrážková ampl. ⁴⁾	Teplotná ampl. ⁵⁾	Zrážková ampl. ⁴⁾	Teplotná ampl. ⁵⁾
Smrek ⁶⁾	1 070–1 180 mm	3,6–5 °C	590–1 520 mm	1,2–9,2 °C

¹⁾Tree species, ²⁾Original distribution in SR, ³⁾Current distribution in SR, ⁴⁾Humidity amplitude, ⁵⁾Temperature amplitude, ⁶⁾Spruce



Obr. 3. Grafy posunu reálneho rozšírenia smreka v zmysle regionálnych scenárov zmeny klímy. (HLÁSNY 2007 in ČABOUN, MINĐÁŠ, PRIWITZER, ZÚBRİK, MORAVČÍK 2008). Obdĺžnik zobrazuje klimatické pásmo optima pre smrek

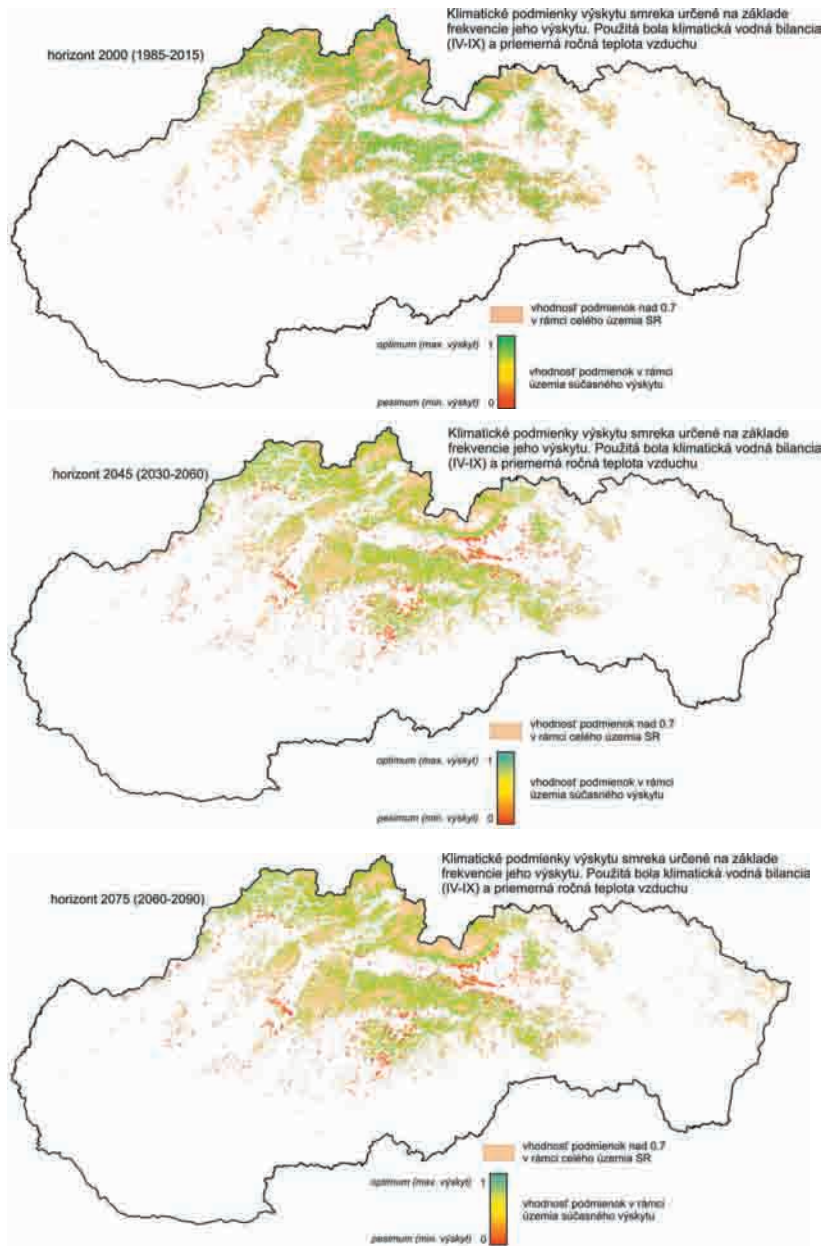
Fig. 3. Graphic movement of real distribution of Norway spruce in sense of regional scenarios of climatic change (HLÁSNY 2007 in ČABOUN, MINĐÁŠ, PRIWITZER, ZÚBRİK, MORAVČÍK 2008) Rectangle shows optimum climatic area for Spruce.

v dôsledku zmeny klímy bola realizovaná klasifikáciou klimatických modelov podľa amplitúd pôvodného a reálneho výskytu na území SR a bol vyhodnocovaný ich posun smerom na sever (obr. 3, 4).

Lokality súčasného rozšírenia dreveny 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 smrek, ale aj ďalšie dreveny v časových horizontoch rokov 2000 (1985 – 2015), 2045 (2030 – 2060) a 2075 (2060 – 2090) v porovnaní s obdobím 1951 – 1980.

Ako už bolo uvedené, prognóza vychádza zo syntézy výsledkov vyplývajúcich z analýzy tried vhodnosti podmienok, ktoré boli pre jednotlivé dreveny určené na základe frekvencie súčasného výskytu a rastových odoziev jednotlivých druhov drevín v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch, na základe výsledkov rastovej simulácie pomocou rastového simulátora Sibyla, analýzy dopadov klimatických zmien na produkciu, ekologickú stabilitu, vitalitu drevín a štruktúru porastov pri použití modelov zmeny klímy pre drevinu smrek. Stručná syntéza výsledkov o očakávanom vývoji smreka rastúceho v jednotlivých vegetačných stupňoch (VS) je v tabuľke 2.

Výmera drevín, na ktorej uvádzame **nutné opatrenia**, sú označené dreveny rastúce v súčasnosti, alebo podľa scenárov zmeny klímy v podmienkach, ktoré sú pre ne nevhodné. Pre dreveny rastúce v podmienkach obmedzujúcich ich rast a existenciu



Obr. 4. Areál súčasného rozšírenia smreka a zmena vhodnosti klimatických podmienok územia SR v časových horizontoch 2000 (1985–2015), 2045 (2030–2060). (BALÁŽ 2007 in ČABOUN, MINĎÁŠ, PRIWITZER, ZÚBRIK, MORAVČÍK 2008)

Fig. 4. Area of Norway spruce current distribution and change of the suitability of climatic conditions in Slovakia in time horizons 2000 (1985–2015), 2045 (2030–2060) (BALÁŽ 2007 in ČABOUN, MINĎÁŠ, PRIWITZER, ZÚBRIK, MORAVČÍK 2008).

Tabuľka 2. Syntéza výsledkov očakávaného vývoja smreka rastúceho v jednotlivých vegetačných stupňoch na základe modelovania rastovej odozvy, klimatickej vodnej bilancie (CWB), frekvencie výskytu a rastových simulácií

Table 2. Synthesis of the results of expected Norway spruce development growing in respective vegetation zones according to growth response, climatic water balance (CWB), occurrence frequency and growth simulations

Smrek – Spruce

VS ¹⁾	Rastová odozva ²⁾	CWB	Zmena areálu ³⁾	Rastové simulácie ⁴⁾
1.	Absencia podmienok pre výskyt smreka ⁵⁾	Zánik spoločenstiev s účasťou smreka ⁶⁾	Zánik podmienok pre výskyt smreka ⁷⁾	Netestované ⁹⁾
2.	Absencia podmienok pre výskyt smreka ⁵⁾	Nevhodné podmienky pre výskyt smreka ⁸⁾	Zánik podmienok pre výskyt smreka ⁷⁾	
3.	Absencia podmienok pre výskyt smreka ⁵⁾	Absencia podmienok pre výskyt smreka ⁵⁾	Nevhodné podmienky pre výskyt smreka ¹⁰⁾	
4.	Obmedzené podmienky pre smrek, prejavujúce sa na jeho zdravotnom stave a vitalite ¹¹⁾	Obmedzené podmienky pre nedostatok vlhky ¹²⁾	Zhoršenie podmienok pre smrek až na 80 % VS ¹³⁾	
5.	Narastajúce problémy pri pestovaní smreka ¹⁴⁾	Zhoršujúce sa podmienky pre smrek, konkurenčný tlak buka a jedle ¹⁵⁾	Zhoršenie podmienok pre smrek na 50 % územia VS ¹⁶⁾	Signifikantný pokles produkcie smreka ¹⁷⁾
6.	Podmienky len mierne meniace sa pre smrek ¹⁸⁾	Podmienky zlepšujúce sa pre smrek ¹⁹⁾	Nepredpokladané veľké zmeny ²⁰⁾	Signifikantný pokles produkcie smreka v monokultúrach o 22 % v zmesiach bez problémov ²¹⁾
7.	Podstatné zlepšenie podmienok pre rast smreka ²²⁾	Dostatok zrážok pre existenciu smreka ²³⁾	Expanzia smreka, vylepšenie podmienok v celom VS ²⁴⁾	Signifikantný nárast produkcie smreka o 7 % ²⁵⁾
8.	Vytváranie podmienok pre rast smreka ²⁶⁾	Vytváranie podmienok pre rast smreka ²⁶⁾	Posun hornej hranice lesa ²⁷⁾	Netestované ⁹⁾

Vysvetlivky – Explanatory notes: AVZ – altitudinal vegetation zone, CWB – climate water balance

¹⁾AVZ, ²⁾Growth response, ³⁾Change of range, ⁴⁾Growth simulations, ⁵⁾Absence of conditions for spruce occurrence, ⁶⁾Disappearing of communities with spruce, ⁷⁾Extinguishing of conditions for spruce occurrence, ⁸⁾Unsuitable conditions for spruce occurrence, ⁹⁾Not tested, ¹⁰⁾Unsuitable conditions for spruce occurrence, ¹¹⁾Limited conditions for spruce appearing in its health condition and vitality, ¹²⁾Limited conditions due to lack of moisture, ¹³⁾Deterioration of conditions for spruce almost on 80% of the area of AVZ, ¹⁴⁾Increasing problems with spruce cultivation, ¹⁵⁾Deteriorating conditions for spruce competitive pressure of beech and fir, ¹⁶⁾Deterioration of conditions for spruce almost on 50% of the area of AVZ, ¹⁷⁾Significant drop in spruce production, ¹⁸⁾Only slightly changing conditions for spruce, ¹⁹⁾Improving conditions for spruce, ²⁰⁾Great changes not supposed, ²¹⁾Significant drop in spruce production in monocultures by 22% in admixtures without problems, ²²⁾Substantial improvement of conditions for spruce growth, ²³⁾Sufficient precipitation for spruce growth, ²⁴⁾Spruce expansion, improvement of conditions in whole AVZ, ²⁵⁾Significant increase of spruce production by 7%, ²⁶⁾Creation of conditions for spruce growth, ²⁷⁾Shift of timberline

uvádzame kategóriu **opatrenia vhodné**. Pre dreviny rastúce vo vhodných podmienkach, teda optimálnych a vyhovujúcich nenavrhujeme žiadne opatrenia a kategória je označená ako **opatrenia nepotrebné** (rozumie sa z hľadiska očakávanej klimatickej zmeny).

Upozorňujem, že v tabuľkách je uvedená iba vhodnosť podmienok pre rast a vývoj drevín. Nie sú v nich zohľadňované extremity počasia, s ktorými sa počíta vo zvýšenej miere a ktoré sa určite prejavujú ako abiotické škodlivé činitele. Ide najmä o vietor, búrkovú činnosť a v nižších oblastiach (najmä 1. – 3. lesný vegetačný stupeň) sucho. Zohľadňované nie sú ani sekundárne, najmä biotické činitele, ktorých zvýšený výskyt s klimatickými zmenami úzko súvisí.

V ďalšom je uvedená charakteristika jednotlivých lesných vegetačných stupňov (VS), výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín vrátane smreka, prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek a návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy z hľadiska smreka rastúceho v jednotlivých VS.

1. Charakteristika 1. dubového vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
pod 300	600 a menej	180	8,5 a viac	140 373	7,27

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SC, BO) v 1. VS

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	861,84	20 580,48	35,64	12,96	252,72	10 990,08

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Spolu
	ha	%	ha	%	ha	%	
2007	32,4	90,91	3,24	9,09	0,0	0,0	35,64
2045	32,4	90,91	3,24	9,09	0,0	0,0	35,64
2075	32,4	90,91	3,24	9,09	0,0	0,0	35,64

Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

- Pre smrek sú už v súčasnosti podmienky 1. VS nevhodné pre jeho pestovanie a do budúcnosti sa budú ekologické podmienky ešte zhoršovať. Ide o územie okolo 300 ha, na ktorom je potrebná čo najrýchlejšia zmena drevinovej štruktúry,

teda nahradíť smrek dubom a borovicou. Z hľadiska celkovej plochy ide o malé územie, na ktorom je potrebné robiť nutné opatrenia, pričom však ide o aktuálne opatrenia.

2. Charakteristika 2. bukovo-dubového vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
200 – 500	600 – 700	165 – 180	6,0 – 8,5	265 332	13,74

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SC, BO) v 2. VS

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	30 640,68	116 850,6	2 971,08	900,72	1 185,84	13 271,04

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Spolu
	ha	%	ha	%	ha	%	
2007	2 916,0	98,15	48,6	1,64	6,48	0,22	2 971,08
2045	2 958,12	99,56	9,72	0,33	3,24	0,11	2 971,08
2075	2 958,12	99,56	9,72	0,33	3,24	0,11	2 971,08

Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

- Podobne ako v 1. VS dochádza k nevhodným podmienkam pre pestovanie smreka. Plocha, na ktorej sa v súčasnosti nachádza táto drevina – 2 970 ha, by mala byť čo najskôr premenená na dubiny a borovicové porasty.

3. Charakteristika 3. dubovo-bukového vegetačného stupňa

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

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SC, BO) v 3. VS

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	207 330,8	91 108,8	13 442,76	5 384,88	1 597,32	25 615,44

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Spolu
	ha	%	ha	%	ha	%	ha
2007	8 417,52	62,62	4 131,0	30,73	894,24	6,65	13 442,76
2045	11 861,6	88,24	1 312,24	9,76	268,92	2,0	13 442,76
2075	11 874,6	88,33	1 285,52	9,59	278,64	2,08	13 442,76

Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

- Pri smreku ide predovšetkým o návrh nutných a vhodných aktuálnych opatrení na ploche takmer 12 550 ha, čo je 93 % plochy, na ktorej sa v súčasnosti v 3. VS nachádzajú smrek, pričom plocha, na ktorej bude potrebné vykonať nutné krátkodobé opatrenia, narastá oproti ploche s aktuálnymi súčasnými opatreniami o 3 444 ha, čo je nárast o 26 % celkovej plochy smreka v tomto VS.

4. Charakteristika 4. bukoveho vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
400 – 800	800 – 900	130 – 160	5,0 – 7,0	401 346	20,78

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SC, BO) vo 4. VS

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	200 533,3	22 689,72	59 625,72	19 550,16	3 259,44	24 387,48

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Spolu
	ha	%	ha	%	ha	%	ha
2007	12 127,3	20,34	22 048,2	36,98	25 450,2	42,69	59 625,72
2045	26 639,0	44,68	21 056,76	35,31	11 926,68	20,01	59 625,72
2075	26 538,8	44,51	20 878,56	35,02	12 208,32	20,48	59 625,72

Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

- Klimatické podmienky pre smrek sa budú v 4. VS naďalej zhoršovať. Už v súčasnosti by bolo potrebné na ploche 12 127 ha, čo je o čosi viac ako 20 % plochy, na ktorej rastie smrek v 4. VS pristúpiť k jeho redukcii a náhrade najmä bukom, ale v niektorých podmienkach aj dubom a borovicou a pravdepodobne jedľou.

5. Charakteristika 5. jedľovo-bukového vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
500 – 1 000	900 – 1 050	110 – 130	4,5 – 6,5	419 371	21,71

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SMC, BO) v 5. VS

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	99 759,6	2 517,48	193 580,3	37 266,48	17 291,88	11 482,56

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Spolu
	ha	%	ha	%	ha	%	
2007	4 344,84	2,24	15 973,2	8,25	173 262,3	89,5	193 580,3
2045	18 435,6	9,52	25 430,76	13,14	149 713,9	77,34	193 580,3
2075	18 017,6	9,31	24 886,44	12,86	150 676,2	78,1	193 580,3

Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

- Pre smrek, ktorý má v súčasnosti problémy vyplývajúce z klimatických podmienok na rozlohe 4 345 ha, kde bol vysadený na úkor buka a jedle, bude mať rastúce problémy. V polovici 21. storočia bude nutná jeho výmena takmer na 18 500 ha. Odporúčané sú štrukturálne zmeny na ďalších 2 550 ha. Napriek uvedenému, takmer na 78 % súčasnej plochy by mal mať podmienky, ktoré nebudú vyžadovať radikálne zmeny do roku 2075. Na spomínaných 22 % súčasnej plochy, na ktorej je v súčasnosti rozšírený smrek, by mal byť nahradený bukom a jedľou, na extrémnych stanovištiach smrekovcom.

6. Charakteristika 6. smrekovo-bukovo-jedľového vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
900 – 1 300	1 000 – 1 300	90 – 120	3,5 – 5,0	186 434	9,65

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SC, BO) v 6. VS

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	27 378,0	25,92	114 184,1	8 751,24	8 799,84	557,28

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Suma
	ha	%	ha	%	ha	%	ha
2007	71,28	0,06	1 490,4	1,31	112 622,4	98,63	114 184,1
2045	1 289,52	1,13	3 842,64	3,37	109 051,9	95,5	114 184,1
2075	1 159,92	1,02	3 632,04	3,18	109 392,1	95,81	114 184,1

Na základe výsledkov využitia rastového simulátora Sibyla klimatické zmeny indikujú na konci 21. storočia signifikantný (významný) pokles produkcie smreka rastúceho v monokultúrach 6. VS (-22 %). Produkcia smreka v zmiešaných porastoch 6. VS poklesne významne (-4 %), ale menej ako v čistých smrečinách tohto VS. Percentuálny podiel smreka narastá na úkor jedle vďaka klimatickým zmenám a zmenám v prirodzenej mortalite.

Návrh opatrení na zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

- 6. vegetačný stupeň – smrekovo-bukovo-jedľový, ako hovorí názov, v súčasnosti vyhovuje trom hlavným drevinám smreku, buku a jedli. Podľa uvedených výpočtov budú meniace sa klimatické podmienky o čosi viac vyhovovať buku a jedli, ako smreku. Rozdiely však nebudú veľké, ale môžu sa prejaviť v kompetičných vnútro ekosystémových vzťahoch a následne aj v produkcií, na zdravotnom stave a vitalite drevín. Najmä z hľadiska krátkodobých opatrení bude potrebné realizovať nutné opatrenia pri smreku (prevažne v monokultúrach) na ploche 1 289,5 ha a vhodné by boli opatrenia (najmä zvýšenie druhovej diverzity drevín) na ploche 3 842,6 ha.

Čo sa týka predpokladaných negatívnych dopadov zmeny klímy na dreviny rastúce v 6. VS, je možné konštatovať, že tento bude do roku 2075 bez väčších problémov.

7. Charakteristika 7. smrekového vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
1 250 – 1 550	1 100 – 1 600	70 – 100	2,0 – 4,0	41 141	2,13

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín (BK, DB, SM, JD, SC, BO)

Drevina	Buk	Dub	Smrek	Jedľa	Smrekovec	Borovica
Plocha ha	926,64	0	19 883,88	272,16	55,08	9,72

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Rok	Opatrenia nutné		Opatrenia vhodné		Opatrenia nepotrebné		Suma
	ha	%	ha	%	ha	%	ha
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	19 883,88	100,0	19 883,88
2045	0,0	0,0	3,24	0,02	19 880,64	99,98	19 883,88
2075	0,0	0,0	3,24	0,02	19 880,64	99,98	19 883,88

Na základe výsledkov využitia rastového simulátora Sibyla klimatické zmeny indikujú na konci 21. storočia významný nárast produkcie smreka v horských smrečinách 7. VS (+7 %).

- Na základe uvedenej tabuľky je možné konštatovať, že pre buk, smrek, jedľu, smrekovec sa podmienky pre ich existenciu v 7. smrekovom vegetačnom stupni nezhoršia, opačne – počítame s ich zlepšením. Z uvedeného vyplýva, že dreviny rastúce v súčasnom 7. VS budú mať väčšie prírastky aj vitalitu, čo sa prejaví ich expanziou na súčasnej hornej hranici lesa, kde nie sú iné limitujúce faktory – napr. pôda.

Návrh pestovných opatrení na zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy v 5. – 7. VS.

Obnova porastov smreka – aktuálne opatrenia:

- pri umelej obnove v 5. – 7. VS dodržiavať morfológické parametre sadbového materiálu podľa normy (STN 48 2211);
- dávať dôraz na kvalitu koreňového systému voľnokorenného sadbového materiálu – podrezávanie, škôlkovanie, mykorizácia;
- pri manipulácii a transporte využívať látky vhodné na ochranu koreňového systému;

- dodržiavať technologickú disciplínu pri manipulácii so sadbovým materiálom a umelej obnove lesa;
- dodržiavať agrotechnické termíny umelej obnovy (jarná, jesenná sadba s využitím zrážok);
- výsadba sadeníc v horských lesoch do najpriaznivejších ekologických podmienok;
- voliť neceloplošné zalesňovanie – bioskupiny;
- rozmiestnenie skupín šachovnicovite s nepravidelným sponom;
- pri intraskeletovej erózii využiť podsadby;
- mechanická príprava prostredia – jamka v predstihu na jeseň s premiešaním pôdnych humusových horizontov a dodaním pôdnych kondicionérov, najmä na pôdne zmenených holinách po rozpade monokultúr smreka (kalamitné holiny);
- ošetrovanie kultúr na veľmi zaburinených živných stanovištiach;
- v pásme nad 1 400 m odporúčame obalené sadenice;
- možnosť obnovy sadenicami z vegetatívneho množenia – rezkovancami, prípadne na porušenej hornej hranici lesa pomocou hrúžencov;
- pri umelej obnove sadbou používať kvalitné sadenice autochtónnej proveniencie a vhodného ekotypu dobrých morfológických parametrov (spĺňajúce normu, bez deformácií koreňového systému);
- využitie vitálnejších jedincov z prirodzeného zmladenia s podporou hydrogelov;
- pri výsadbe aplikovať podľa potreby hnojivé melioračné materiály na báze mikrobiologickej a organominerálnej s dodaním látok viažucich vodu (hydrogelov);
- pri umelej obnove využiť sadbu aj sejbu (po príprave pôdy);
- na kalamitných holinách pri nedostatku kvalitného sadbového materiálu využiť sejbu „do vegetačných buniek“;
- starostlivosť o výsadby (burina – ošľapávanie, vyžínanie, mulčovanie, zver – nátery, mechanická ochrana) je potrebná v 5. – 7. VS.

Výchova porastov – nutné opatrenia

Mladiny

- zabezpečiť včasnosť a primeranú intenzitu prečistiek s ohľadom na stabilitu;
- v porastoch so zmenenou štruktúrou (od prírodných lesov) je nutné prečistkami podporovať hlúčikovú štruktúru vytváraním foriem nepravidelne zahustených bioskupín smreka;
- vykonávanie silnejších zásahov a pestovanie smreka vo voľnejšom zápoji;
- pri zásahu uplatňovať pozitívny výber v hornej vrstve so zameraním na silnejšie jedince s dlhšími korunami, ktoré budú tvoriť tzv. stromy kostry porastu aj vo fáze žrdkovín až kmeňovín.

Žrdkoviny a žrdoviny

- zabezpečenie včasnosti prvých prebierok, ktoré majú prioritné postavenie ako z hľadiska zvyšovania odolnosti lesných porastov proti nepriaznivým škodlivým činiteľom, tak aj z hľadiska zabezpečenia požadovaných funkčných účinkov, prípadne zvyšovania kvality produkcie;

- v zmiešaných porastoch je žiaduce aplikovať úrovňový pozitívny výber zameraný na rastovo vyspelé jedince primiešaných drevín (smrekovec, límba, jarabina) a zásahmi pripraviť predpoklady pre formovanie diferencovanej vertikálnej (stupňovitej) štruktúry;
- pestovné zásahy zamerať na dosiahnutie diferencovanej hrúbkovej a výškovej štruktúry, resp. štruktúry prírode blízkeho lesa;
- pri zásahu uplatňovať pozitívny výber v úrovni, so zameraním na silnejšie jedince s dlhšími korunami, ktoré budú tvoriť tzv. stromy kostry porastu aj vo fáze žrdkovín až kmeňovín;
- v porastoch so zmenenou štruktúrou (väčšie plochy viac-menej rovnovekých porastov), ktoré v súčasnosti prevládajú, je nutné pestovnými zásahmi podporovať hlúčikovú štruktúru vytváraním foriem nepravidelne zahustených bioskupín.

Výchova porastov – vhodné opatrenia

Mladiny

- už pri prečistkách je žiaduce do porastov zabudovať aj staršie jedince vyšších rastových fáz (ak je to možné z hľadiska ich výskytu a vitality pre ich zabudovanie) a podporovať tak diferenciaciu výškovej a hrúbkovej štruktúry;
- na stanovištiach, kde sa pôvodne vyskytovali zmiešané lesy, treba pozitívnym výberom usmerňovať kompetičné vzťahy drevín tak, aby sa dosiahla vhodná forma ich zmiešania;
- v štruktúralne diferencovaných mladinách v nadmorskej výške nad 1 400 m zvyčajne nie sú výchovné zásahy potrebné.

Žrdkoviny a žrdčoviny

- metódou výchovy žrdkovín a žrdčovín v smrekovom vegetačnom stupni je predovšetkým „výberková prebierka“;
- častejšie uplatňovať pozitívne úrovňové prebierky, pri ktorých je zásah zameraný na podporu určitého počtu stromov výberovej kvality (SVK), čiže nádejných stromov (NS) alebo cieľových stromov (CS);
- v odôvodnených prípadoch sa odporúča použiť i niektoré ďalšie metódy výchovy napr. úrovňovú voľnú prebierku a skupinovú prebierku;
- do úvahy prichádza najmä niektorá forma výberkového hospodárskeho spôsobu alebo maloplošná forma podrastového hospodárskeho spôsobu, ktorá je však prípustná len tam, kde sú závažné biologicko-ekologické ťažkosti pri uplatňovaní prírode blízkeho hospodárskeho foriem;
- na dosiahnutie a udržiavanie štruktúry stabilného výberkového lesa aplikovať výberkovú prebierku a výberkový rub;
- pestovné zásahy zamerať na zmenu homogénnej štruktúry s podporou primiešaných drevín a pomiestne odstupňovanou silou výchovných zásahov, aby sa vytvorili stromové skupiny, ktoré budú neskôr samostatnými obnovnými bunkami;
- v štruktúralne diferencovaných porastoch v nadmorskej výške nad 1 400 m n. m. zvyčajne nie sú výchovné zásahy potrebné.

8. Charakteristika 8. kosodrevinového vegetačného stupňa

Nadmorská výška (m)	Suma ročných zrážok (mm)	Vegetačné obdobie (dni)	Priemerná ročná teplota (°C)	Výmera	
				(ha)	(%)
1 500 – 1 900	1 500 a viac	60 a menej	2,5 a menej	20 585	1,06

Výskyt a zastúpenie hlavných druhov drevín. Vzhľadom k tomu, že 8. vegetačný stupeň sa nachádza nad hornou hranicou lesa, hlavnou drevinou je tu kosodrevina, medzi ktorou sa môžu vyskytovať zakrpatené jarabiny a smrek.

Prognóza vývoja zmeny klímy a jej dopad na drevinu smrek

Vysokohorské lesy (7. a 8. VS) tiež môže ovplyvniť nedostatok zrážok vzhľadom na ich neprirodenú distribúciu počas roka. Hoci sa predpokladá, že limitujúcou bude rastúca teplota je možné konštatovať, že pre smrek sa podmienky pre ich existenciu nezhoršia, opačne – počítame s ich miernym zlepšením. Z uvedeného vyplýva, že dreviny rastúce v súčasnom 7. VS budú mať väčšiu vitalitu, čo sa prejaví ich expanziou na súčasnej hornej hranici lesa. Podstatne dôležitejšie ako priemerné hodnoty teploty a sumár zrážok tu zohrajú extremity počasia. Popri extremitách počasia tu budú limitujúcim faktorom najmä pôdne pomery.

Návrh opatrení pre zníženie negatívneho dopadu zmeny klímy

Podľa našich podkladov sa v 8. vegetačnom stupni nachádza iba 1 % drevín rastúcich na Slovensku. Ide o pomerne malé územie, na ktorom nie sú potrebné žiadne opatrenia z hľadiska zníženia negatívneho dopadu zmeny klímy.

Problematika hornej hranice lesa je špecifickým problémom, ktorý si vyžaduje samostatné riešenie.

5. Diskusia a záver

Problematika odumierania, či hynutia lesov, kde majú primárne postavenie smrečiny, je vážnou a často pertrakovanou európskou problematikou posledných desaťročí. Kým v minulosti to bola predovšetkým otázka imisií, v odbornej literatúre bolo publikovaných viac ako 200 teórií príčin hynutia lesov. V súčasnosti je snaha problematiku odumierania smrečín posudzovať čo najkomplexnejšie. Vo všeobecnosti sú meniace sa klimatické podmienky, resp. už dnes pre smrek nevhodné podmienky uznávané ako primárna príčina oslabenia smrekov, z čoho vyplýva následný kalamitný výskyt sekundárnych biotických činiteľov. S prebiehajúcimi klimatickými zmenami úzko súvisí aj nárast extrémít počasia, ktoré sú z hľadiska ochrany lesa označované ako negatívne abiotické škodlivé činitele. Tak, ako sa rôznia názory na očakávané klimatické zmeny a ich dôsledky pre biosféru, tak sa rôznia aj názory na budúcnosť našich smrečín. Kým niektorí autori hovoria o katastrofických scenároch rozpadu

stredoeurópskych smrečín a o smreku ako prvej obeti klimatických zmien, iní tento problém úplne bagatelizujú. Aj v oficiálnej správe o zdravotnom stave našich lesov, ktorá bola prerokovaná vo vláde SR, sa hovorí o optimistickom, realistickom a pesimistickom scenári vývoja škodlivých činiteľov a stavu smrečín. Pesimistický scenár hovorí o redukcii našich smrečín na úroveň 10 % súčasnej rozlohy v relatívne krátkom časovom horizonte 10 – 30 rokov.

Analýza zmien vhodnosti zmenených klimatických podmienok pre výskyt a rast smreka na Slovensku pri podmienkach stanovených na základe scenára zmeny klímy ukazuje zánik vhodných podmienok pre smrek v nižších nadmorských výškach a posun optimálnych podmienok pre jeho rast do vyšších nadmorských výšok. Určite sa zmenší rozloha územia s vhodnými klimatickými podmienkami pre jeho pestovanie. V prípade smreka dôjde k výrazne väčším zmenám než v prípade buka, či iných drevín. Pri interpretácii výsledkov z podmienok normálnej klímy je potrebné prihliadať na nasledovné skutočnosti:

- „Normálna klíma“ v tejto práci predstavuje priemer za obdobie 1951 – 1980 a nemožno ju stotožňovať so súčasnými klimatickými podmienkami. Z časového hľadiska by už malo byť Slovensko priradené ku klimatickým podmienkam horizontu 2015 a teda aj súčasný vývoj lesov u nás už nemožno pokladať za vývoj pri „normálnej klíme“. Bez ohľadu na použitý scenár sa vývoj klímy u nás v posledných dvoch desaťročiach významne odlišuje od podmienok reprezentujúcich „normálnu klímu“.
- „Súčasný výskyt“ drevín reprezentuje stav začiatkom 90-tych rokov a ich súčasný výskyt už tomuto stavu nebude presne zodpovedať. Zvlášť dôležité je to predovšetkým v prípade smreka, pretože viaceré rozsiahle kalamity, ktoré postihli smrečiny na Slovensku v posledných rokoch ako aj stále narastajúca intenzita odumierania smrečín sa výrazne podpísali na zmene výskytu smreka od spomínaného obdobia. Následné časté zalesňovanie vzniknutých holín zmiešanými porastmi s výrazným zastúpením buka zase naopak zvyšujú plochu budúceho výskytu buka ku koncu analyzovaného obdobia.
- Je potrebné obozretne konfrontovať vzťah medzi produkčným optimom dreviny a optimom definovaným na základe frekvencie jej výskytu. Optimálne podmienky pre rast totiž neznamenajú, že v nich má mať drevina najvyššie zastúpenie. V prípade hodnotených drevín sa to týka obzvlášť smreka, pri ktorom je známe, že býva v podmienkach svojho produkčného optima výrazne poškodzovaný abiotickými aj biotickými škodlivými činiteľmi.
- Zmena vhodnosti klimatických podmienok pre súčasné porasty smreka potvrdzuje doterajšie predpoklady o dopadoch očakávanej zmeny klímy na túto drevinu. Je možné očakávať výrazný ústup smreka z nižších a stredných polôh do vyšších nadmorských výšok a jeho úplne vylúčenie z porastov na hranici a za hranicou jeho prirodzeného rozšírenia. Vzhľadom na posun vhodných podmienok pre jeho rast až na súčasnú hornú hranicu lesa sa potvrdzuje predpoklad o posune hornej hranice lesa. Na lokalitách, kde posun pásma kosodreviny neumožnia iné, napríklad pôdne podmienky, zrejme klimatická horná hranica lesa v súčasnej podobe zanikne.

Keď porovnáme nami získané výsledky s výsledkami uvedenými napr. v prácach MINĎÁŠ, ŠKVARENINA 1994, MINĎÁŠ, ŠKVARENINA 2003, MINĎÁŠ, ČABOUN, PRIWITZER, LONGAUER 2001 a iné, zistíme veľmi podobné výsledky.

Pre porovnanie uvádzam sumárne výsledky hodnotenia výskytu a ďalšieho pestovania smreka v oblasti Západných Karpát z hľadiska predikcie klimatických zmien (tab. 3).

Tabuľka 3. Sumárne výsledky hodnotenia výskytu a ďalšieho pestovania smreka v oblasti Západných Karpát z hľadiska predikcie klimatických zmien (MINĎÁŠ, ČABOUN, PRIWITZER, LONGAUER 2001)

Table 3. Summary results of the evaluation of occurrence and next cultivation of Norway spruce in the Western Carpathian Mts. from the viewpoint of climatic changes prediction (MINĎÁŠ, ČABOUN, PRIWITZER, LONGAUER 2001)

Spoločenstvá smreka ¹⁾	Index priemernej ročnej teploty vzduchu ²⁾	Forest Gap Model	Výsledky provenienčných pokusov ³⁾	Analýza zrážkovej zabezpečnosti ⁴⁾
1.–3. VS ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> absencia podmienok pre výskyt SM⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> zánik spoločenstiev smreka⁷⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> nehodnotené⁸⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> limitujúci deficit zrážok pre smrek⁹⁾
4.–5. VS ¹⁰⁾	<ul style="list-style-type: none"> podmienky pre rapidný pokles zastúpenia SM¹¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> zánik prípadne okrajový výskyt SM¹²⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> výskyt populácií adaptovaných na klimatický stres významné zdroje genetického materiálu¹³⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> dostatok zrážok pre SM len na sever od klimatickej čiary¹⁴⁾
6.–8. VS ¹⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> podmienky pre rozvoj zmiešaných spoločenstiev SM, posun hornej hranice lesa¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> rozvoj zmiešaných SM-JD-BK porastov, posun hornej hranice lesa¹⁷⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> nepriaznivé rastové reakcie na klimatickú zmenu potenciál pre uplatnenie generalistov a presun genetického materiálu z nižších VS¹⁸⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> dostatok zrážok pre existenciu SM¹⁹⁾

¹⁾Spruce communities, ²⁾Index of average annual air temperature, ³⁾Results of provenance experiments, ⁴⁾Analysis of precipitation security, ⁵⁾1st – 3rd vegetation zone, ⁶⁾Absence of conditions for spruce occurrence, ⁷⁾Extinguishing of spruce communities, ⁸⁾Not evaluated, ⁹⁾Limiting precipitation deficit for spruce, ¹⁰⁾4th – 5th vegetation zone, ¹¹⁾Conditions for rapid drop in spruce distribution, ¹²⁾Spruce extinguishing or marginal occurrence of spruce, ¹³⁾Occurrence of populations being adapted to climatic stress, Significant sources of genetic material, ¹⁴⁾Sufficient precipitation for spruce only to the north from climatic line, ¹⁵⁾6th – 8th vegetation zone, ¹⁶⁾Conditions for development of mixed communities of spruce, shift of timberline, ¹⁷⁾Development of mixed spruce-fir-beech stands, shift of timberline, ¹⁸⁾Unfavourable growth reactions to climatic change, Potential for applying of generalists and transfer of genetic material from lower vegetation zone, ¹⁹⁾Precipitation sufficiency for spruce existence

S postupným oteplením však možno očakávať aj rozšírenie biotických škodlivých činiteľov, ktorých význam rýchlo narastie v nadmorských výškach, kde bol pri normálnej klíme ich významnejší výskyt takmer nepredstaviteľný. V súčasnom období tento trend potvrdzuje napríklad výskyt škôd spôsobených podkôrnym hmyzom pri smreku v oblasti hornej hranice lesa. Na jednej strane teda zmeny klímy prinesú zlepšenie podmienok pre rast smreka vo vyšších nadmorských výškach, kde boli pri normálnej klíme limitované nízkou teplotou, no na druhej strane budú musieť tieto porasty čeliť škodlivým činiteľom, ktoré sa tu predtým nevyskytovali. Nemožno vylúčiť, že pozitívny vplyv zlepšenia rastových podmienok vo vysokohorských polohách nebude prekrytý negatívnym vplyvom pôsobenia nových škodlivých faktorov. Približne 13 % súčasných porastov smreka sa v druhej polovici 21. storočia ocitne v nevhodných klimatických podmienkach. V prípade smreka sa dá predpokladať minimálny výskyt obdobných problémov, akým musel na hranici a za hranicou svojho prirodzeného rozšírenia čeliť aj pri normálnej klíme. Vzhľadom na súčasnú dynamiku jeho odumierania je však možné, že v týchto lokalitách dôjde k dramatickému rozpadu smrekových porastov a jeho ďalšie pestovanie ako jednej z hlavných drevín nebude možné.

Na základe porovnania našich a literárnych výsledkov je možné urobiť niektoré všeobecné závery:

- Vodná bilancia sa vyznačuje výraznou výškovou zonálnosťou. Dochádza však k značnému prekrytu území s pozitívnou a negatívnou bilanciou. Najvyššie položené oblasti s negatívnou bilanciou dosahujú výšku až 1 100 m n. m.
- Lesy v nížinách a pahorkatinách (najmä 1. – 3. VS) bude ohrozovať hlavne sucho. Neodporúča sa tu žiadne pestovanie smreka. Lesy vo vyšších polohách tiež môžu ovplyvniť nedostatok zrážok vzhľadom na ich neprirodenú 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.
- Podmienky 4. a 5. VS pre pestovanie smreka budú výrazne limitované. Treba urobiť zásadnú revíziu genetického materiálu pre umelú aj prirodzenú obnovu v týchto polohách a pre obnovu využiť populácie s veľmi dobrou adaptačnou schopnosťou.
- 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, ktorý 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 prejavia 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 s cieľom zvyšovania ekologickej stability krajiny porastov i krajiny. Ekologická amplitúda sadených drevín musí byť tak široká, aby vyhovovala súčasným, ale aj budúcim stanovištným podmienkam.

Doterajšie riešenie problematicky globálnych zmien klímy naznačuje potrebu ďalšieho riešenia zameraného na jednotlivé 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, ktoré sú z hľadiska vývoja lesných porastov kľúčové.

Literatúra

1. 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. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenský hydrometeorologický ústav, 114 p. – 2. BLATTNÝ T., ŠŤASTNÝ T., 1959: Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. Bratislava, SVPL, 402 p. – 3. BUCHA T., 1999: Classification of tree species composition in Slovakia from satellite images as a part of monitoring forest ecosystems biodiversity. Zvolen, LVÚ Zvolen, Acta Instituti Forestalis Zvolen, p. 65 – 84. – 4. ČABOUN V., 1998: Vplyv globálnych klimatických zmien na vitalitu drevín a ekologickej stabilitu lesných ekosystémov. In Globálna klimatická zmena: účinky, stav a úroveň riešení problému v mŕšťku České republiky. Sborník abstr. ÚEK AV ČR Brno, 17 p. – 5. ČABOUN V., 2002: Systém ukazovateľov ekologickej stability lesa a jej klasifikácia. In Zb. medzinárodného vedeckého sympózia Nové trendy v zisťovaní a monitorovaní stavu lesa, TU Zvolen, p. 116 – 135. – 6. FABRIKA M., 2006: Spatial decision support system with model Sibyla and GIS. In Deutscher Verband forstlicher Forschungskunde, Jahrestagung 29. – 31. Mai, Staufen, p. 64 – 72. – 7. HLÁSNÝ T., 2007: Modelling selected climate parameters in the ISATIS environment. In HORÁK J., DĚRŽEL P., KAPIAS A. (eds.): GIS Ostrava 2007, Conference proceedings, CD-ROM. – 8. HLÁSNÝ T., BALÁŽ P., 2007: Climatic water balance of Slovakia

based on FAO Penman Monteith potential evapotranspiration. *Geografický časopis*, 4, (v tlači). – 9. LAPIN M., DAMBORSKÁ I., MELO M., 2001: Scenáre časových radov mesačných klimatických údajov pre Slovensko v období 2001 – 2090. In Zborník z medzinárodnej konferencie „Extrémne prostredia (počasie) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov“, Račková dolina 10. – 12. 9. 2001, SPU Nitra, 9 s. – 10. MINĐÁŠ J., 1999: Vertical climate ranges of forest trees in Western Carpatian Region, *Acta Instituti Forestalis*, 9, p. 29 – 41. – 11. MINĐÁŠ J., LAPIN M., ŠKVARENINA J., 1996: Klimaticke zmeny a lesy Slovenska. NKP SR, 5, 96 p. – 12. MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J., 1994.: Predpokladané dôsledky klimatických zmien na lesné ekosystémy. In Národný klimatický program SR. Bratislava, MŽP SR, zv. 1, p. 55 – 82. – 13. MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J. (eds.), 2003: Klimatické zmeny a lesné ekosystémy Slovenska. Zvolen, EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 129 p. – 14. MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J., LAPIN M., ČABOUN V., VLADOVIČ J., PRIWITZER T., ZÚBRIK M., MORAVČÍK M., 2004: Očakávané scenáre klimatických zmien a možné vplyvy zmenenej klímy na lesné ekosystémy. In VARÍNSKY, J. (ed): Aktuálne problémy v ochrane lesov. Zvolen, LVÚ Zvolen, p. 41 – 47. – 15. MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J., STRĚLCOVÁ K., PRIWITZER T., 2000: Očakávané zmeny klímy a možné dôsledky na lesnú drevinu smrek obyčajný (*Picea abies* L. Karst.) na Slovensku. In Národný klimatický program SR, Bratislava, MŽP SR, zv. 8, p. 55 – 68.

Summary

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 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 are the results of the research task entitled “Impact of global climate change on the forests of Slovakia“ that was solved at the 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 draft of measures for beech, oak, spruce, fir, larch and pine growing in respective altitudinal vegetation zones, are summarized in tables.

Prognosis of climate change impact on Norway spruce is based on the synthesis of the results. The results follow from the analysis of the classes of conditions suitability that were determined for Norway spruce 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, then on the analysis of the impact of climate change on production, ecological stability, vitality of tree species and the structure of stands whereas models of climate change were used.

Prognosis of climate change development and its impact on Norway spruce is based on current state of its occurrence with regard to current climate conditions (2007). In Norway spruce forest, for which we give necessary measures, spruce growing at present is indicated as well as the conditions being unsuitable for this tree species according to climate change scenarios. For spruce growing in the conditions limiting their growth and existence we give a category suitable measures. For spruce growing in suitable conditions what means optimal conditions, we do not propose any measures and the category is named 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 Norway spruce 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. We also 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 A1B scenario.

Based on our results the absence of conditions for occurrence of Norway spruce and extinction of communities with spruce is expected in the 1st – 3rd vegetation zone.

In the 4th – 5th vegetation zone we expect degradation of condition for growth and existence of Norway spruce on 80% of the area of the 4th vegetation zone and on 50% of the area of the 5th vegetation zone.

Marginal degradation of conditions for Norway spruce is expected in the 6th vegetation zone, improvement of conditions for growing of Norway spruce is expected in the 7th vegetation zone and creation of conditions for Norway spruce growth is expected in the 8th vegetation zone.

Translated by: author
Revised by: Z. AL-ATTASOVÁ