

VPLYV KLIMATICKO-TOPOGRAFICKÝCH FAKTOROV NA VÝŠKU SMREKOVÝCH PORASTOV

THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND TOPOGRAPHIC FACTORS ON THE HEIGHTS OF NORWAY SPRUCE STANDS

Gömöryová Erika

Technická univerzita vo Zvolene

Abstract

The influence of climatic factors on the mean heights of Norway spruce stands at the age of 100 years (determined on the basis of the dominant stand height) was assessed on 148 experimental plots distributed over the whole territory of Slovakia. The slope angle ranged between 0 and 35°, the altitude ranged from 430 to 1300 m a.s.l. All slope aspects and positions were represented.

The most significant influence was exerted by altitude and the mean annual temperature. The highest stands occurred at the altitude of approx. 650 m and at the mean annual temperature of 6,5°C. The influences of the slope angle, aspect and slope positions appeared to be non-significant.

Key words: Norway spruce, height growth, climatic factors, topographic factors

Úvod

Rast stromov na jednotlivých stanovištiach je výsledkom pôsobenia komplexu rôznych faktorov. Zisťovanie závislostí medzi klimatickými faktormi a rastovými charakteristikami sa objavuje v mnohých prácach, pričom klíma sa často považuje za najdôležitejší stanovištný faktor. Z klimatických charakteristík sa väčšinou posudzuje v súvislosti s rastom stromov vplyv teploty - priemerná ročná teplota, priemerná teplota vo vegetačnom období, počet dní s určitým teplotným minimom, dĺžka vegetačného obdobia, a zrážok - ročný úhrn zrážok, zrážky vo vegetačnom období (KÖHLER 1984, FERRAZ 1985, KAHN 1994, HERZBERGER 1996, KARLSSON 2000, SCHADAUER 2003).

Problematickým je však získavanie konkrétnych a dostatočne spoľahlivých údajov pre jednotlivé plochy. Vzhľadom k tomu, že pri riešení stanovištno-produkčných otázok väčšinou sa pracuje s veľkým počtom plôch, nie je možné uskutočňovať merania klimatických charakteristík na konkrétnych plochách. Často ide tiež o staršie porasty, na ktoré vplývali klimatické pomery predchádzajúcich rokov. Z tohoto dôvodu sa využívajú priemerné údaje za určité časové obdobia, prebraté z meteorologických staníc, nachádzajúcich sa v blízkosti založených plôch. Pri prepočtoch týchto údajov pre konkrétne plochy vznikajú však určité nepresnosti. Nadmorská výška meteorologických staníc často nie je totožná s nadmorskou výškou jednotlivých plôch, preto sa údaje

prepočítavajú pomocou zrážkových a teplotných gradientov. Úhrn zrážok obyčajne s nadmorskou výškou stúpa a teplota klesá, avšak najmä pri zrážkach ich pribúdanie s výškou je zložitú, závislé od terénu, prúdenia vzduchu a synoptických situácií prinášajúcich zrážky s rôznou výdatnosťou. Odlišné sú tiež zrážky pri polohách kotlinových a polohách svahových, s rôznou orientáciou. Problematické je aj zisťovanie úhrnu horizontálnych zrážok, a pod. Tu je zrejmé i jedna z príčin rozrôznenosti výsledkov, týkajúcich sa vplyvu klimatických faktorov na rast porastov.

Jednou z dôležitých podmienok, ktoré nepriamo, prostredníctvom klimatických a pôdných pomerov ovplyvňuje rast porastov, je aj topografia. Topografická analýza v súvislosti s rastom zahŕňa zvyčajne dve skupiny údajov:

1. nadmorskú výšku, expozíciu a sklon svahu
2. umiestnenie v teréne vzhľadom na geomorfologické prvky

Jej poznanie už samo o sebe dáva značné informácie o ostatných stanovištných faktoroch, pretože ovplyvňuje rozdelenie tepla, vlhky a procesy denudácie a akumulácie. (KÖHLER 1984, ECONOMOU a BURNHAM 1987, JOKELA *et al.* 1988, ŠINKARENKO 1988). Zvlášť významné je to v horských oblastiach. HEINZE *et al.* (1989) uvádzajú, že pokiaľ nejde o roviny, potrebné je brať do úvahy aj sklon terénu ako nepriamu mieru pre vlastnosti pôd, ktoré ovplyvňujú vodný režim. SCHRETZENMAYR (*in* THOMAS 1990) zistil v hornej časti svahu porastu 16 m výšku 80 ročného smrekového porastu, v strednej a dolnej časti 29 m. THOMAS (1990) poukazuje na význam pozície v teréne a upozorňuje tiež na tú skutočnosť, že porasty dosahujú väčšiu výšku v dolných častiach svahov a v muldách, a naopak, menšiu na vrcholoch, hrebeňoch a v horných častiach svahov.

Smrek obyčajný (*Picea abies* KARST.) je jednou z najrozšírenejších a ekonomicky najvýznamnejších drevín v severnej a strednej Európe. Na Slovensku je druhou najrozšírenejšou drevinou po buku s plošným zastúpením 26,7 % (v r. 2002). I keď na Slovensku bol smrek pôvodne horskou drevinou, jeho pomerne ľahké pestovanie, vysoká produkcia, relatívne rýchly rast a technické prednosti viedli k tomu, že smrek sa rozšíril i mimo svoj pôvodný (horský) areál do stredných a nižších polôh. Cieľom našej práce bolo zistiť, ako ovplyvňujú jednotlivé klimaticko-topografických faktory bonitu smrekových porastov (teda strednú výšku vo veku 100 rokov), ktorá by mala najvernejšie odrážať rozdiely v kvalite jednotlivých stanovišť a ktorá by mala najmenej závisieť od hospodárskych zásahov.

Materiál a metodika

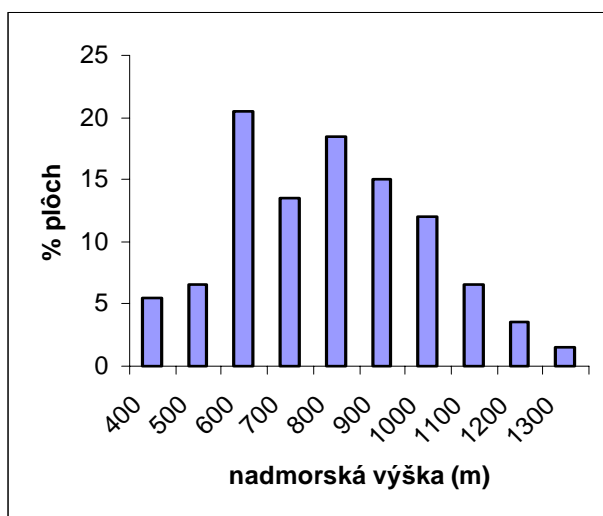
Výskum sme uskutočnili na trvalých a poloprevádzkových výskumných plochách, ktoré boli založené VÚLH a Lesoprojektom v súvislosti s vyhotovovaním nových rastových tabuliek. Pri výbere plôch sme sa riadili tým, aby:

- išlo o smrekové porasty nezmiešané (s max. prímiesou ostatných drevín do 10 %) so širokým variačným rozpätím bonít,

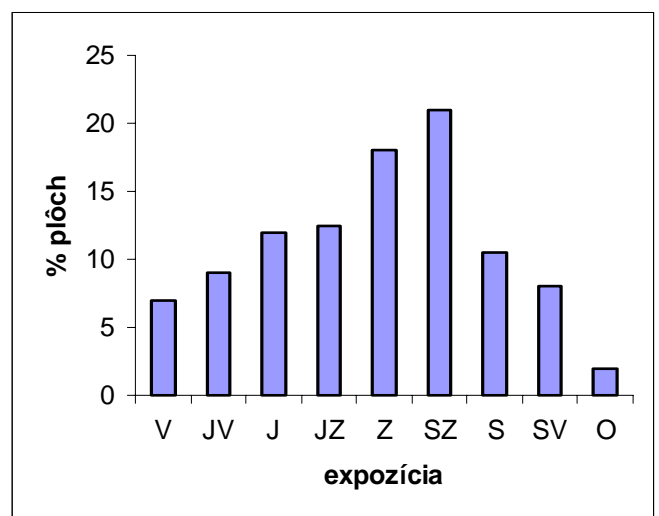
- plochy boli zastúpené podľa možnosti vo všetkých lesných oblastiach, kde je výskyt smreka významnejší (prítom pod lesnou oblasťou chápeme územia, vylíšené na podklade orografického členenia, materských hornín a charakteru makroklimy)
- zachytené boli smrekové porasty v nižších a aj vo vyšších nadmorských výškach, na svahoch rôznej expozície a na najrôznejších materských substrátoch

Odbery sme uskutočnili na 148 plochách, ktoré sa nachádzajú v nadmorskej výške 430 – 1 300 m. Zastúpené sú všetky expozície, tri porasty sú na rovine (obr.1-3). Všetky tri polohy porastov na svahu (horná, stredná a dolná časť svahu) sú rovnomerne zastúpené.

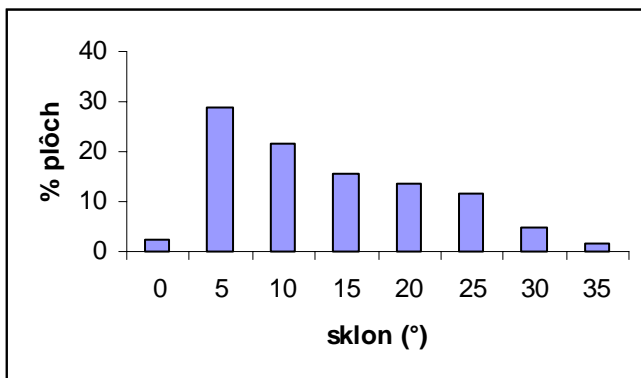
Pri určovaní klimatických charakteristík pre jednotlivé plochy sme vychádzali z dlhodobých priemerných údajov meteorologických staníc, nachádzajúcich sa v blízkosti plôch. Pre naše potreby



Obr.1 Rozdelenie početností plôch podľa nadmorskej výšky



Obr.2 Rozdelenie početností plôch podľa expozície



Obr.3 Rozdelenie početností plôch podľa sklonu

sme použili priemernú ročnú teplotu, ročný úhrn zrážok a úhrn zrážok vo vegetačnom období, pri prepočte ktorých sme použili zrážkové a teplotné gradienty, vypočítané pre jednotlivé orografické celky (MINDÁŠ 1992).

Ročný úhrn zrážok sa pohybuje v rozpätí 670 – 1 527 mm, úhrn zrážok vo vegetačnom období činí 389 – 933 mm. Priemerná ročná teplota kolíše v rozpätí 2,6°C až 8,0°C. Na základe údajov o ročnom úhrne zrážok a priemernej ročnej teplote sme následne vypočítali Langov dažďový faktor (df) – jeho hodnoty sa pohybujú v rozpätí 97,1 – 500,4. Podľa stupnice MINÁŘA (in PETRÍK *et al.* 1986) sa všetky plochy (okrem jednej pri Očovej) nachádzajú vo veľmi vlhkej oblasti.

Pre zistenie súvislostí medzi rastom a stanovištnými faktormi sme sa rozhodli použiť výšku porastu. Keďže ale ide o porasty rôzneho veku (vek porastov v súčasnej dobe sa pohybuje medzi 59 a 120 rokmi), museli sme nájsť spoločného menovateľa pre porovnanie a ním je absolútna bonita, čiže výška stredného kmeňa porastu vo veku 100 rokov. Táto výška (absolútna bonita, bonitný index) bola určená pomocou výškových kriviek bonitného vejára, zobrazeného v rastových tabuľkách (HALAJ *et al.* 1987) na základe hornej výšky združeného porastu. Takto určené stredné výšky vo veku 100 rokov (určené na základe hornej výšky) sa na skúmaných plochách pohybovali v rozpätí 21 – 42 m.

Prakticky všetky matematicko-štatistické analýzy vyhodnocovaných údajov sme vykonali pomocou programového balíka SAS 6.03 (Statistical Analysis System).

Vzhľadom na očakávané nelineárne vzťahy medzi výškou vo veku 100 rokov a klimaticko-topografickými charakteristikami sme pre určenie regresnej závislosti použili polynóm 1., 2. a 3. stupňa. Regresnú analýzu sme vykonali procedúrou GLM, ktorá okrem vlastnej regresnej rovnice testuje vhodnosť regresného modelu (*F*-test na základe rozptylu hodnôt okolo vyrovnávajúcej krivky), poskytuje *t*-test významnosti jednotlivých koeficientov regresnej rovnice a samozrejme udáva index korelácie a reziduálny rozptyl.

Pre identifikáciu spoločných faktorov, priamo alebo sprostredkovane podmieňujúcich nami merané a pozorované charakteristiky, sme použili faktorovú analýzu. Extrakcia faktorov sa uskutočnila metódou základných komponentov. Pre obidva súbory dát sme vybrali taký počet faktorov, u ktorého ich kumulatívny podiel na celkovej variancii prekročil 80 % (5 faktorov pre pôdne a 3 faktory pre klimaticko-topografické charakteristiky). Výslednú faktorovú štruktúru sme podrobili ortogonálnej VARIMAX-ovej rotácii a následne kosouhlej rotácii metódou PROMAX. Pre analýzu sme použili procedúru FACTOR, pre určenie skóre faktorov pre jednotlivé plochy sme použili procedúru SCORE.

Výsledky a diskusia

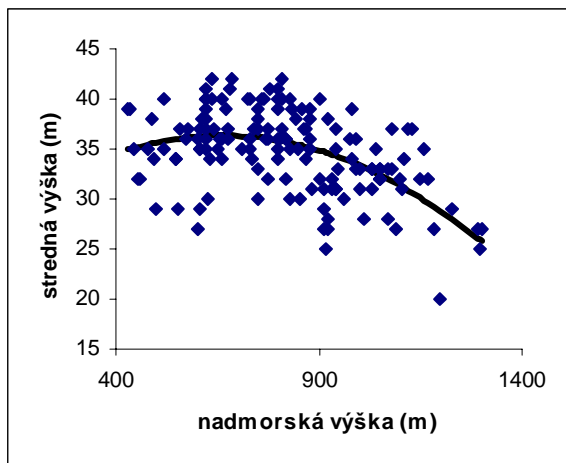
Výsledky regresnej analýzy medzi výškou smrekových porastov a jednotlivými charakteristikami klímy a polohy sú uvedené v tab.1. Zo sledovaných charakteristík štatisticky významne korelovali nadmorská výška, priemerná ročná teplota, ročný úhrn zrážok, úhrn zrážok

Tab. 1 Regresné závislosti výšky porastov vo veku 100 rokov od klimaticko-topografických faktorov

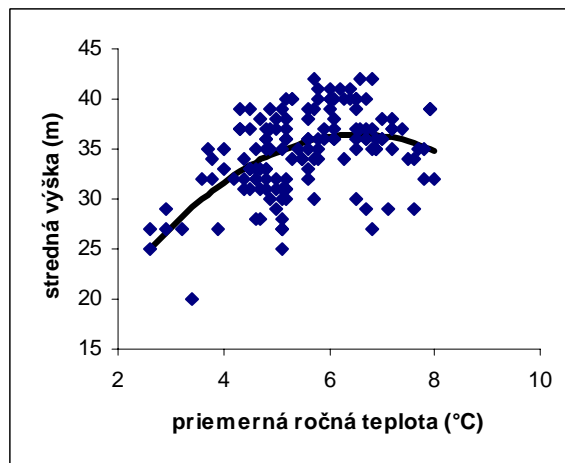
| Faktor | Regresná rovnica | Test H_0 : par = 0 | Charakteristiky regresie | Extrém Funkcie regr. |
|-------------------------------------|--|---|---|--|
| Nadmorská výška | $h = 24.8059$ $+0.0348 \cdot x$ $-2.622 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$ | 5.82 ^{***} 3.34 ^{**} -4.25 ^{***} | $R = 0.5342$ $s_r = 3.539$ $F = 28.95$ ^{***} | $h_{\max} = 36.35$ $x = 660.5$ |
| Expozícia | $h = 35.9153$ $-0.8489 \cdot x$ $+0.1005 \cdot x^2$ | 25.59 ^{***} -1.31ns 1.52ns | $R = 0.1407$ $s_r = 4.144$ $F = 1.46$ ns | $h_{\min} = 34.15$ $x = 4.23$ |
| Sklon | $h = 33.6470$ $+0.1992 \cdot x$ $-0.0064 \cdot x^2$ | 33.86 ^{***} 1.30ns -1.33ns | $R = 0.1100$ $s_r = 4.161$ $F = 0.89$ ns | $h_{\max} = 35.20$ $x = 15.57$ |
| Poloha na svahu | $h = 40.3627$ $-7.8042 \cdot x$ $+2.9112 \cdot x^2$ $-0.3077 \cdot x^3$ | 10.15 ^{***} -1.39ns 1.29ns -1.15ns | $R = 0.1356$ $s_r = 4.162$ $F = 0.90$ ns | $h_{\min} = 33.93$ $x = 1.94$ $h_{\max} = 36.17$ $x = 4.38$ |
| Priemerná ročná teplota | $h = 4.8133$ $+9.6595 \cdot x$ $-0.7376 \cdot x^2$ | 0.94ns 5.16 ^{***} -4.40 ^{***} | $R = 0.5250$ $s_r = 3.563$ $F = 27.58$ ^{***} | $h_{\max} = 36.44$ $x = 6.54$ |
| Ročný úhrn zrážok | $h = 42.4266$ $-0.0081 \cdot x$ | 18.24 ^{***} -3.35 ^{***} | $R = 0.2676$ $s_r = 4.020$ $F = 11.25$ ^{***} | v intervale mera- ných hodnôt funkcia klesá |
| Úhrn zrážok vo vegetačnom období | $h = 44.2746$ $-0.0165 \cdot x$ | 22.03 ^{***} -4.82 ^{***} | $R = 0.3708$ $s_r = 3.874$ $F = 23.27$ ^{***} | v intervale mera- ných hodnôt funkcia klesá |
| „Žiarenie“ | $h = 35.7504$ $-1.1666 \cdot x$ $+0.2241 \cdot x^2$ | 23.02 ^{***} -0.91ns 1.02ns | $R = 0.0927$ $s_r = 4.168$ $F = 0.63$ ns | $h_{\min} = 34.23$ $x = 2.60$ |
| „Teplota“ | $h = 34.3155$ $-0.2463 \cdot x$ $+0.1092 \cdot x^2$ | 17.48 ^{***} -0.18ns 0.48ns | $R = 0.1269$ $s_r = 4.152$ $F = 1.19$ ns | v intervale mera- ných hodnôt funkcia stúpa |
| „Vlhkosť“ | $h = 37.6984$ $-4.8828 \cdot x$ $+2.0296 \cdot x^2$ $-0.2397 \cdot x^3$ | 9.45 ^{***} -0.89ns 0.98ns -1.03ns | $R = 0.0959$ $s_r = 4.181$ $F = 0.45$ ns | $h_{\min} = 34.08$ $x = 1.74$ $h_{\max} = 35.30$ $x = 3.82$ |
| Langov dažďový faktor | $h = 39.6172$ $-0.0266 \cdot x$ | 46.86 ^{***} -6.23 ^{***} | $R = 0.4584$ $s_r = 3.708$ $F = 38.84$ ^{***} | v intervale mera- ných hodnôt funkcia klesá |

vo vegetačnom období a dažďový faktor. Je len samozrejmé, že aj tieto charakteristiky sú navzájom úzko späté. Čím vyššia je nadmorská výška, tým nižšia je priemerná ročná teplota a tým vyššie sú zrážky. Najtesnejšia závislosť výšky porastu sa prejavila vo vzťahu k nadmorskej výške ($R = 0.534$). Na obr. 4 – 7 sú zobrazené závislosti medzi výškou smrekových porastov a nadmorskou výškou, priemernou ročnou teplotou, úhrnom zrážok vo vegetačnom období a ročným úhrnom zrážok. Z uvedených obrázkov ako i z tab.1 vidieť, že:

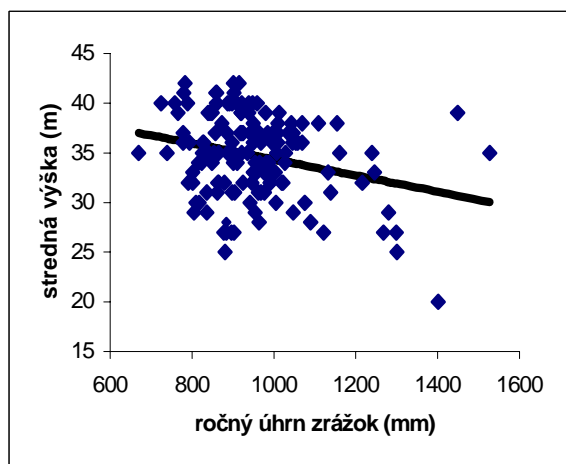
- vzťah medzi výškou porastov a nadmorskou výškou lokality nie je lineárny, ale s pribúdajúcou nadmorskou výškou najprv bonita stúpa, približne pri 660 m n.m. dosahuje maximálnych hodnôt a potom opäť klesá.



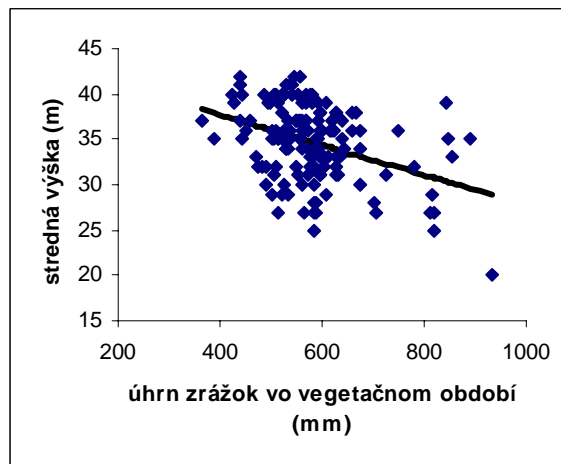
Obr.4 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od nadmorskej výšky



Obr.5 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od priemernej ročnej teploty



Obr.6 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od ročného úhrnu zrážok



Obr.7 Závislosť strednej výšky porastu vo veku 100 rokov od úhrnu zrážok vo vegetačnom období

- značný vplyv na variabilitu výšky porastov vykazuje priemerná ročná teplota ($R = 0,525$), pričom ako optimálne sa javia teploty okolo $6,5^{\circ}\text{C}$. Vyššie ako i nižšie teploty vedú k poklesu výšky porastov.

- zo zrážok väčší vplyv na rozdiely vo výškach má úhrn zrážok vo vegetačnom období ($R = 0,371$), ako priemerný úhrn ročných zrážok. Tesnejšia závislosť porastovej výšky od teploty ako od zrážok, súvisí zrejme s tým, že v týchto polohách je pravdepodobne smrek ešte dostatočne zásobovaný vodou a limitujúcim faktorom sa stáva skôr teplota.

- pomerne tesná závislosť sa prejavila aj pri dažďovom faktore ($R = 0,458$), pričom so zväčšujúcou sa hodnotou dažďového faktora výška porastov klesá.

- medzi výškou porastov a jednotlivými podmienkami polohy (expozícia, sklon, pozícia na svahu) sa neprejavili štatisticky významné korelácie.

V tab. 2 uvádzame faktorovú štruktúru pre klimaticko-topografické charakteristiky. V tabuľke sú uvedené korelácie premenných s faktormi a hodnoty komunalít. Korelácia vyjadruje tesnosť väzby (kauzálnej alebo sprostredkovanej súvislosti) s daným faktorom, komunalita vyjadruje, nakoľko je variabilita danej premennej vyjadrená identifikovanými faktormi. Podľa WEBEROVEJ (1986) možno korelácie menšie ako 0,4 považovať za štatisticky nevýznamné.

Pri charakteristikách klímy a polohy sme vylíšili 3 faktory, ktoré sme označili nasledovne:

- "mezoklíma" – s pozitívnou koreláciou pri dažďovom faktore, úhrne zrážok vo vegetačnom období, pri ročnom úhrne zrážok, nadmorskej výške a s negatívnou pri priemernej ročnej teplote

- "mikroklíma" – faktor vyjadrujúci kombinovaný vplyv expozičie a polohy plochy na svahu prostredníctvom teploty, žiarenia a vlhkosti vzduchu

- "reliéf" – zahrňujúci len dve premenné a to umiestnenie plochy na svahu a vlhkosť vzduchu, ktorá je vyjadrením vplyvu expozičie a polohy plochy na svahu

Uvedené názvy faktorov uvádzame v úvodzovkách z toho dôvodu, že sú chápané v širšom zmysle (obsah faktora nezodpovedá presne jeho názvu). Výsledky regresnej analýzy medzi jednotlivými faktormi a výškou porastov prinášame v tab. 3. Ako vidieť, existuje pomerne tesná závislosť medzi výškou porastov a "mezoklíma". Naopak, vo vzťahu k výškam porastov sa vôbec neprejavili faktory "mikroklíma" a "reliéf".

Pokiaľ ide o nami zistené výsledky, nemôžeme na základe nich hovoriť o faktore určujúcom, resp. rozhodujúcom, ale o podmienkach, ktorých vplyv sa najviac odráža v zmene výšky smrekových

Tab. 2 Faktorová štruktúra a hodnoty komunalít pre faktorovú analýzu na základe klimaticko-topografických charakteristík

| Klimaticko-topografická charakteristika | Faktor | | | Komunalita |
|--|---------------|--------------|--------------|------------|
| | “mezoklíma“ | “mikroklíma“ | “reliéf“ | |
| Langov dažďový faktor | 0.961 | -0.277 | -0.120 | 0.9296 |
| Úhrn zrážok vo veget. období | 0.878 | -0.162 | -0.144 | 0.7942 |
| Ročný úhrn zrážok | 0.835 | -0.165 | -0.273 | 0.7654 |
| Nadmorská výška | 0.821 | -0.371 | 0.092 | 0.7194 |
| Priemer. ročná teplota | -0.853 | 0.363 | -0.130 | 0.7807 |
| “Teplota“ | -0.262 | 0.943 | 0.167 | 0.8902 |
| “Žiarenie“ | -0.250 | 0.927 | 0.225 | 0.8656 |
| Expozícia | -0.279 | 0.826 | -0.085 | 0.7353 |
| “Vlhkosť“ | -0.217 | 0.775 | 0.616 | 0.8498 |
| Poloha na svahu | -0.026 | 0.148 | 0.808 | 0.6542 |
| Sklon | 0.215 | -0.042 | -0.264 | 0.1147 |
| Podiel faktora na celkovej variancii (%) | Sam. | 40.30 | 31.32 | 13.23 |
| | Kum. | 40.30 | 71.62 | 84.45 |

porastov. Z našich analýz vyplýva, že zo sledovaných klimatických faktorov sa najviac vo výškovom raste smreka odráža priemerná ročná teplota. Naproti tomu zrážky vykazovali menší vplyv (týka sa to predovšetkým ročného úhrnu zrážok). Tieto údaje sú v zhode s výsledkami PFADENHAUERA (1975), KÖHLERA (1984) a FERRAZA (1985). Z viacerých prác vyplýva, že teplota má na výšku porastov pozitívny vplyv. Podľa SCHMIDT-VOGTA (1986) smrek nie je náročný na teplo, avšak napriek tomu má tento faktor rozhodujúci vplyv pre jeho optimálny rast. KÖHLER (1984) uvádza, že priemerná ročná teplota je k výške porastov ešte v tesnejšom vzťahu ako teplota vo vegetačnom období. Pri výskumoch PFADENHAUERA (1975) sa z klimatických faktorov ukázala teplota ako vysoko významná. Pritom je prekvapujúce, že pozoroval výrazný pokles výšky s klesajúcou priemernou ročnou teplotou (o 11 m na 1°C), pričom výšky sa pohybovali v rozpätí 15 – 35 m a teplota v rozmedzí 10,5 – 9,0°C. Podľa týchto údajov by priemerná ročná teplota, pri ktorej sa dosiahne maximálna výška bola ešte vyššia ako 10,5°C. V našich pomeroch sme najväčšiu strednú výšku smreka pozorovali pri priemernej ročnej teplote 6,5°C. Pri nižších ako aj pri vyšších teplotách bola výška smreka nižšia. Teplota 6,5°C je akýmsi stredom hodnôt, ktoré uvádza HOLUBČÍK (in SCHMIDT-VOGT 1977). Podľa tohto autora hraničné teploty, pri ktorých rast smreka prebieha, sú 4 a 10°C.

Pokiaľ ide o vzťah zrážok k výške porastov, zistili sme pri nich pomerne nízky index korelácie, najmä v prípade ročného úhrnu zrážok. Nenašli sme tiež také množstvo zrážok, pri ktorom by sme pozorovali maximálnu výšku porastov, navyše išlo o vzťah negatívny. Ročný úhrn zrážok sa pohyboval v rozpätí 670 – 1527 mm a úhrn zrážok vo vegetačnom období od 389 do 933 mm. Predpokladáme, že porasty na našich plochách sa nachádzali v oblastiach (až na jednu plochu v Očovej), kde porasty boli dostatočne zásobené vodou a určujúcim faktorom sa v týchto polohách stávala teplota (vyšší index korelácie). K podobnému záveru dospeli aj KÖHLER (1984), FERRAZ (1985) a SHRIVASTAVA (1976), ktorí medzi zrážkami a výškou porastov našli tiež len pomerne slabý, a

Tab. 3 Regresné závislosti medzi výškou porastu vo veku 100 rokov a faktormi určenými na základe faktorovej analýzy

| Faktor | Regresná rovnica | Test H_0 : par = 0 | Charakteristiky regresie |
|--------------|--|--|---|
| “Mezoklíma“ | $f = 34.7027 - 1.8767 \cdot x$ | 113.07*** -6.02*** | R = 0.4460 $s_r = 3.734$ $F = 36.25***$ |
| “Mikroklíma“ | $f = 34.4623 - 0.8666 \cdot x + 0.1953 \cdot x^2 + 0.7522 \cdot x^3$ | 66.92*** -0.97ns 0.47ns 1.53ns | R = 0.1712 $s_r = 4.139$ $F = 1.45ns$ |
| “Reliéf“ | $f = 35.2785 - 0.7168 \cdot x - 0.7999 \cdot x^2 + 0.3668 \cdot x^3$ | 70.41*** -1.07ns -1.61ns 1.08ns | R = 0.1446 $s_r = 4.157$ $F = 1.02ns$ |

taktiež negatívny vzťah. Naproti tomu NEBE (1968) uvádzal, že medzi množstvom zrážok a výškou porastov existuje veľmi tesný vzťah, ktorý nie je lineárny, a podľa ktorého sa maximálny výškový rast pozoruje pri ročnom úhrne zrážok 900 mm, resp. 380 mm vo vegetačnom období. Pre hornú výšku porastu väčšiu ako 35 m vo veku 80 rokov je podľa neho potrebných aspoň 550 mm zrážok a optimálna priemerná ročná teplota 6°C.

Zrážky a teplota vzduchu v značnej miere závisia od nadmorskej výšky. Preto je len samozrejmé, že sme zaznamenali pomerne tesnú závislosť medzi ňou a výškou porastov. Je zaujímavé, že v tomto prípade vyšiel index korelácie ešte vyšší ako pri klimatických charakteristikách. Môže to byť dôsledkom toho, že tak teplota, ako i zrážky boli len odvodené na základe nadmorskej výšky a gradientov. Sme si vedomí, že tieto výpočty môžu byť ovplyvnené chybou, pretože s nadmorskou výškou nesúvisia len zrážky a teplota, ale aj ďalšie klimatické charakteristiky, ktoré sme v práci nebrali do úvahy. Môže ísť teda prostredníctvom nej o komplexnejšie vyjadrenie klimatických pomerov. Vzťah medzi nadmorskou výškou a výškou porastov nie je lineárny podobne ako pri teplote. So zväčšujúcou sa nadmorskou výškou porastové výšky najprv stúpajú a maximum dosahujú približne pri 650 až 660 m n.m., potom opäť klesajú. Vplyv ostatných topografických charakteristík (t.j. sklonu, expozície, polohy na svahu) sa neprejavil. KÖHLER (1984) tiež uvádza, že spomedzi topografických faktorov najviac vplýva na rozdiely vo výškach porastov nadmorská výška. FERRAZ (1985) pozoroval najlepší rast smreka v nadmorskej výške 450 – 800 m. Vplyv expozície a sklonu svahu na rast smreka nezistil, podobne ako i SHRIVASTAVA (1976). Naproti tomu NEBE a BENEŠ (in ŠÁLY 1986) vyzdvihujú význam polohy plochy na svahu, najmä v jeho dolných častiach. Pri sledovaní rastu smreka v klimaticky optimálnej oblasti Beskýd a Slovenského rudohoria sa ukázalo, že pre rast smreka je dôležitejšia poloha na svahu, a teda aj vodný režim, než trofizmus pôdy. Najväčšiu výšku dosahoval smrek rastúci na báze, svahu na stredne zásobených pôdach. V strednej časti svahu bola výška menšia. HOUBA (1971) zistil za porovnateľných podmienok lepší rast smreka na južných stranách, a tiež v dolných častiach svahov. Ukazuje sa, že zisťovať vplyv polohy plochy na svahu na výšku porastov je účelné v tých prípadoch, keď ide o porovnateľné podmienky (t.j. jeden svah, rovnaká pôda, expozícia, sklon). V ostatných prípadoch je tento vplyv pravdepodobne výrazne prekrytý inými faktormi.

Záver

V predkladanej práci sa zaoberáme vzťahom vybraných klimaticko-topografických faktorov k výškovému rastu smrekových porastov na 148 plochách, rozmiestnených po celom Slovensku. Výškový rast smreka sme vyjadrili strednou výškou porastov vo veku 100 rokov (tzv. absolútnymi bonitami) určenou na základe hornej výšky porastov. Výskumné plochy so sklonom 0 – 35° sa nachádzajú v nadmorskej výške 430 – 1300 m. Zastúpené sú všetky expozície a polohy na svahu

Vo variabilite porastových výšok sa z klimaticko-topografických faktorov a podmienok najviac prejavili nadmorská výška a priemerná ročná teplota. Najväčšie stredné výšky dosahovali

smrekové porasty v nadmorskej výške 650 m, pri priemernej ročnej teplote 6,5°C. Odras expozičné, polohy plochy na svahu a sklonu výskumných plôch sme vo výške porastov nezistili.

Kľúčové slová: smrek obyčajný, stredná výška porastov, klimaticko-topografické faktory

Literatúra

1. ECONOMOU A.J., BURNHAM C.P., 1987: The significance of parent material, slope position and shape, land types, and soil taxonomic groups in site evaluation of black pine in Greece. *Soil Survey and Land. Evaluation*, **7**(3): 141–146
2. FERRAZ J.B.S., 1985: Standortsbedingungen, Bioelementversorgung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (*Picea abies* KARST.) des Südschwarzwaldes. *Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen*, **14**, 225 pp.
3. HALAJ J., GRÉK J., PÁNEK F., PETRÁŠ R., REHÁK J., 1987: Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. *Príroda*, Bratislava, 362 pp.
4. HEINZE M., FIEDLER H.J., NGO V.V., 1989: Standort, Ernährung und Wachstum alter Schwarzkiefern im Naturschutzgebiet Reinstädter Berg, Bez. Gera (DDR). *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, Berlin, **29**(4): 225–245
5. HERZBERGER E., 1996: Standortseinflüsse auf die Bonität von Fichtenbeständen in Österreich. Eine Analyse mittels linearer Regressionen. *FBVA-Berichte*, **93**:65-68
6. HOUBA A., 1971: Hnědé lesní půdy a podzoly na svorech a křemencích Šumavy ve vztahu k bonitám smrku. *Lesnictví*, **17**(4): 347–368
7. JOKELA E.J., WHITE E.H., BERGLUND J.V., 1988: Predicting Norway spruce growth from soil and topographic properties in New York. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, **52**(3): 809–815
8. KAHN M., 1994: Modellierung der Höhenentwicklung ausgewählter Baumarten in Abhängigkeit vom Standort. *Forsliche Forschungsberichte*, München, **141**, 204 pp.
9. KARLSSON K., 2000: Height growth patterns of Scots pine and Norway spruce in the coastal areas of western Finland. *Forest Ecology and Managemen*, **135** (1-3): 205-216
10. KÖHLER H., 1984: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Standortfaktoren, Ernährungszustand und Wachstum von Fichten (*Picea abies* KARST.) der Herkunft Westerhof auf verschiedenen Standorten Niedersachsens. *Dissertation*, Göttingen, 250 pp.
11. MINĐÁŠ J., 1992: Klimatická charakteristika vertikálneho rozšírenia lesných drevín na Slovensku. *Diplomová práca*, TU Zvolen, 40 pp..
12. NEBE W., 1968: Über Beziehungen zwischen Klima und Wachstum der Fichte (*Picea abies* L.) in ihrem europäischen Verbreitungsgebiet. *Archiv für Forstwesen*, **17**: 1219–1238
13. PETRÍK M., HAVLÍČEK V., UHRECKÝ I., 1986: *Lesnícka bioklimatológoa*. *Príroda*, Bratislava, 352pp.
14. PFADENHAUER J., 1975: Beziehungen zwischen Standortseinheiten, Klima, Stickstoff-

- Ernährung und potentieller Wuchsleistung der Fichte im Bayerischen Flyschgebiet. *Dissertationes Botanicae*, **30**, 239 pp.
15. SCHADAUER K., 1999: Oberhöhenbonität und Standort der Fichte nach Daten der Österreichischen Forstinventur. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien*, **171**, 135 pp.
16. SCHMIDT-VOGT H., 1977: Die Fichte. I. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 650 pp.
17. SHRIVASTAVA M.B., 1976: Quantifizierung der Beziehungen zwischen Standortsfaktoren und Oberhöhe am Beispiel der Fichte in Hessen. *Göttinger Bodenkdl. Ber.*, **43**, 228 pp.
18. ŠÁLY R., 1985: Vzťah niektorých pôdnych režimov k produkcii lesných ekosystémov. *In: Klasifikácia a hodnotenie pôdnych režimov*, Bratislava, p. 17–29
19. ŠINKARENKO I.B., MIGUNOVA E.S., GAEL A.G., PETROVA N.I., 1988: Vlijanie počvennykh uslovij i gustoty drevostoja na rost sosnovykh nasaždenij v svežej subori. *Ekol. i zaščita lesorazved.*, Charkov, p. 69–82
20. THOMAS S., 1990: Baumwachstum und geoökologische Raumstruktur – Simulationsmodelle des Flurgehölzwachstum. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, **30** (2): 79–88

Realizácia tejto práce bola podporená finančnými prostriedkami z grantovej agentúry MŠ SR a SAV VEGA, č. projektov 1/9264/02, 1/9265/02, 1/9207/02 a 1/0635/03.

Kontaktná adresa: Ing. Erika Gömöryová, CSc.
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T.G.Masaryka 24
960 53 Zvolen
tel. +421-45-5 206 214
e-mail: egomory@vsld.tuzvo.sk