

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Korelačná analýza medzi rozložením lesných vegetačných stupňov,
vybranými klimatologickými parametrami a aktuálnym stavom
porastov lesnej oblasti č. 42, Slovensko**

Diplomová práca

Autor: Bc. Kamil Závacký

Vedúci práce: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kamil Závacký

Lesní inženýrství

Název práce

Korelační analýza mezi rozložením lesních vegetačních stupňů, vybranými klimatologickými parametry a aktuálním stavem porostů v lesní oblasti č. 42, Slovensko

Název anglicky

Correlation analysis among the distribution of forest vegetation zones, selected climatological parameters and actual vegetation status in the forest region nr. 42, Slovakia

Cíle práce

Růst a vývoj lesních porostů je v dominantní míře určován charakterem působících makroklimatických činitelů (teplota, srážky, sněhové poměry). V současnosti jsou pro účely lesního hospodářství rozlišeny ve Slovenské republice lesní vegetační stupně (LVS), které tuto závislost odrážejí. Rozložení LVS v krajině bylo v minulosti rozlišováno zejména empiricky na základě terénních šetření. Tento přístup ovšem mohl vést ke zkreslení a posunu představy expertního odhadu od reálné závislosti růstu a konkurenčních schopností dřevin, zejména v oblastech s významně přeměněnou skladbou stromového patra. Rozložení LVS rovněž není konstantním ukazatelem a může se měnit v čase v závislosti na změnách makroklimatických faktorů. Cílem této práce je nalezení míry shody (korelace) mezi současně vymapovanými LVS, vybranými makroklimatickými ukazateli, rozložením potenciální přirozené vegetace a současným stavem skladby stromového a bylinného patra přírodě bližších lesních porostů v modelovém území lesní oblasti č. 42.

Metodika

Pro studovanou oblast budou pořízeny tyto nezbytné mapové materiály (v podobě vrstev pro prostředí GIS): mapa LVS (zdroj: ÚHÚL), izočárové mapy s extrapolovanými klimatologickými parametry (zdroj: SHMÚ; použita bude vybraná skupina parametrů (alespoň 15), kde parametry s předpokládaným podstatným vlivem budou tyto: průměrná roční teplota vzduchu, průměrná doba trvání průměrné denní teploty vzduchu 10°C a více, průměr měsíčních minim teploty vzduchu v únoru, průměrný roční počet dní bez mrazu, počet epizod sucha podle hodnot SPI [standardizovaný srážkový index] pro 1 měsíc, průměrný sezonní počet dní se sněhovou pokrývkou, průměrná vláhová bilance v letním půlroce [duben-září]). Další parametry připadající v úvahu budou považovány jako druhořadé, nicméně předem nelze ohodnotit jejich podíl na vysvětlené variabilitě v závislých proměnných, proto bude tato skupina vybrána po předběžné úvaze ze všech dostupných klimatologických proměnných a následně otestována. Bude proveden též výpočet tzv. Ellenbergova klimatického kvocientu. Dalším zdrojem dat bude mapová vrstva potenciální přirozené vegetace (zdroj: Národní geoportál, <http://geoportal.gov.sk/sk/map>). Přímou v terénu se bude zjišťovat aktuální stav lesních porostů vyššího věku (věková třída 10 a vyšší) s přírodě blízkým druhovým složením na cca 40 plochách o rozměru 30x30 m: druhová skladba, popis vertikální struktury dle stupnice Kraft-Zlatník se změřením výšek vyšších stromových pater, druhově specifická kruhová základna (měřením obvodů kmenů v DBH). V prostředí GIS

a v programu STATISTICA se poté provedou základní statistické testy (korelační analýza, regresní analýza s přiřazením do LVS jako závislou proměnnou). Data z porostů se použijí k další korelační analýze vzhledem k odečteným klimatologickým parametrům, rovněž se provede přímá gradientová analýza s daty o kruhové základně jako závislé proměnné. Výsledky se vzájemně porovnají a okomentuje se míra shody mezi sadami datových souborů.

Práce bude vypracována ve slovenském jazyce.



Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 40-80 stran (řádkování 1,5)

Klíčová slova

Lesní vegetační stupně, potenciální přirozená vegetace, struktura lesního porostu, klimatologie, korelace, regrese, přímá gradientová analýza, GIS

Doporučené zdroje informací

- Hančinský L. (1972): Lesné typy Slovenska. – Příroda, Bratislava, 307 p.
- Hlásny T., Holuša J., Štěpánek P., Turčáni M. & Polčák N. (2011): Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. – Journal of Forest Science 57: 422–431.
- Jensen L.U., Lawesson J.E., Balslev H. & Forchhammer M.C. (2004): Predicting the distribution of *Carpinus betulus* in Denmark with Ellenberg's Climate Quotient. – Nordic Journal of Botany 23: 57–67.
- Konôpka J. & Konôpka B. (2009): Krátkodobá prognóza ohrozenia smreka obyčajného škodlivými činiteľmi v najrizikovejších oblastiach Slovenska. – Zprávy lesnického výzkumu 54: 52–68.
- Korpeľ Š. (1991): Pestovanie lesa. – Příroda, Bratislava, 465 p.
- Krestov P., Nakamura Y. (2007): Climatic controls of forest vegetation distribution in Northeast Asia. – Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 19: 131–145.
- Křižová E., Ujházy K. & Nič J. (2010): Fytcenológia a lesnícka typológia. – TU Zvolen, 192 p.
- Mindáš J. & Škvarenina J. (1994): Predpokladané dôsledky klimatických zmien na lesné ekosystémy. – In: Národný klimatický program SR, Bratislava, MŽP SR, č. 1: 55–82.
- Pagan J. (1997): Lesnícka dendrológia. – TU Zvolen, 378 p.
- Škvarenina J., Tomlain J. & Křižová E. (2002): Klimatická vodní bilance vegetačních stupňů na Slovensku. – Meteorologické zprávy 55: 103–109.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Ing. Petr Vopěnka

Elektronicky schváleno dne 6. 12. 2016

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 02. 03. 2017

Prehlásenie

"Prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému Korelačná analýza medzi rozložením lesných vegetačných stupňov, vybranými klimatologickými parametrami a aktuálnym stavom porastov v lesnej oblasti č. 42, Slovensko vypracoval samostatne pod vedením Mgr. Tomáša Černého, Ph.D. a použil iba pramene a zdroje, ktoré uvádzam v zozname použitých zdrojov.

Som si vedomý, že zverejnením diplomovej práce súhlasím s jej zverejnením podľa zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platnom znení, a to bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.“

V Prahe dňa 18.04.2017

Bc. Kamil Závacký

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu mojej diplomovej práce Mgr. Tomášovi Černému, Ph.D., za poskytnutú podporu, rady, návrhy a pripomienky, ktoré mi pri písaní tejto práce poskytol.

Chcel by som poďakovať zamestnancom Vojenských lesov a majetkov š.p., odštepny závod Kežmarok za poskytnuté materiály a ochotu pri ich získaní a terénnych radách.

Ďalej by som rád poďakoval všetkým, ktorí ma v mojom snažení podporovali. Veľké ďakujem patrí mojej manželke Lucii, ktorá ma pri písaní podporovala a pomáhala ako v teréne, tak psychicky a odborne pri písaní tejto práce.

V Prahe dňa 18.04.2017

Bc. Kamil Závacký

Abstrakt

Táto práca sa venuje problematike vplyvu makroklimatických faktorov (teploty a zrážok) na rast a vývoj lesných porastov. V práci sa bližšie zameriavam na vplyv týchto klimatických faktorov na lesnú oblasť č. 42 – Levočské vrchy. V rámci štatistického spracovania dát sa práca orientuje na regresné analýzy vplyvu jednotlivých faktorov na les v tejto oblasti. Práca pokračuje v analýze 5. lesného vegetačného stupňa, do ktorého patria obe skúmané lokality (Ihľany a Vojňany) a porovnanie získaných hodnôt so známymi parametrami 4., 5. a 6. lesného vegetačného stupňa.

Štatistickými analýzami bolo zistené, že na priemer stromov v týchto skúmaných lokalitách v oblasti Levočských vrchov má významný vplyv teplota vo vegetačnom období i mimo vegetačné obdobie.

Kľúčové slová

Lesné vegetačné stupne, potenciálna prirodzená vegetácia, štruktúra lesného porastu, klimatológia, korelácia, regresia, priama gradientná analýza, GIS

Abstract

This work is focusing to study the influence of macroclimatic factors (temperature and precipitation) on the growth and development of forests. The work deals more closely with the impact of these climatic factors on the forest area no. 42 – Levoča Mountains.

The statistical data processing employs regression analysis of influence of various factors on the investigated foreststands in this area. Elaboration continues in the analysis of 5th forest vegetation zone, which includes both study sites (Ihľany and Vojňany) and further compares the values obtained with the known parameters of the 4th, 5th and 6th vegetation zone.

According to the statistical analysis we have found that the diameter of the trees in these areas investigated in Levoča Mountains has significantly influences by temperature in the growing season and even out side the growingseason (i.e. during winter period).

Keywords: Forest vegetation zones, potential natural vegetation, forest stand structure, climatology, correlation, regression, linear gradient analysis, GIS

Ciele práce:

Makroklimatické činitele (teplota, zrážky) majú vplyv na rast a vývoj lesných porastov. V súčasnosti sú v lesnom hospodárstve a pre potreby lesníctva Slovenskej republiky definované lesné vegetačné stupne (LVS), ktoré tento vplyv makroklimatických činiteľov odrážajú. Rozloženie LVS v krajine bolo v minulosti rozlišované na základe terénnych šetrení.

Rozloženie LVS však nie je konštantným ukazovateľom a môže sa v čase a v závislosti na makroklimatických faktoroch meniť. Zmena týchto makroklimatických údajov môže následne viesť k zmene rozloženia LVS.

Cieľom mojej práce je nájsť, porovnať a zhodnotiť variabilitu sledovaných parametrov lesných drevín a vplyvu klimatu na tieto parametre v rámci 5. lesného vegetačného stupňa na lokalitách v modelovom území Slovenskej republiky, lesnej oblasti č. 42 – Levočské vrchy. Zistené dáta následne porovnať so súhrnnými charakteristikami pre 4., 5. a 6. lesný vegetačný stupeň a vybranými makroklimatickými ukazovateľmi.

Obsah

1. Úvod	10
2. Rozbor problematiky	11
2.1. Klíma a klimatické pomery	12
2.1.1. Teplota vzduchu.....	14
2.1.2. Atmosférické zrážky	15
2.1.3. Klimatická vodná bilancia	16
2.1.4. Slnéčné žiarenie	17
2.2. Pôdne pomery.....	18
3. Lesnícka typológia	20
4. Metodika	22
4.1. Charakteristika Levočských vrchov	22
4.2. Zber dát na lokalitách.....	26
5. Výsledky	28
5.1. Lokalita Ihľany.....	28
5.2. Lokalita Vojňany.....	30
5.3. DIVA GIS lokality	33
5.4. ANOVA analýzy kategórii LOW_HIGH.....	35
5.5. Analýza vplyvu priemerných mesačných teplôt vegetačného a mimo vegetačného obdobia	38
5.6. Porovnanie klimatických hodnôt lesných vegetačných stupňov.....	38
6. Diskusia	41
7. Záver	44
8. Zoznam použitej literatúry	45
9. Zoznam obrázkov, tabuliek a grafov	50
10. Prílohy	53

1. Úvod

Práca je zameraná na vplyv makroklimatických činiteľov na súčasný stav lesa v lokalite Levočských vrchov. Levočské vrchy sa svojou polohou v blízkosti tatranského masívu často dávajú do úzadia pri ekologickom výskume. Do tejto pozície sa Levočské vrchy dostali taktiež kvôli tomu, že na jej území sa rozprestieral donedávna vojenský výcvikový priestor, kde nebolo možné prevádzať akýkoľvek výskum. Práve to bol jeden z impulzov zamerať moju tému práce do tohto pohoria.

Makroklimatické činitele majú výrazný vplyv na lesný ekosystém a inak tomu nie je ani na území Levočských vrchov. Pôsobenie týchto činiteľov na les dáva danému územiu svoju charakteristiku v závislosti na nadmorskej výške. Táto charakteristika je následne sprevádzaná určitou dominantnou drevinou. Dominantná drevina nám slúži k určeniu lesného vegetačného stupňa. Na dreviny v súčasnosti čoraz viac pôsobia výkyvy klimatických faktorov. Rozloženie vegetačných stupňov sa stáva aktuálnou témou s ohľadom na tieto výkyvy.

Jedným z cieľov tejto práce je priniesť náhľad na vplyv klimatických činiteľov na rozloženie lesného vegetačných stupňov na území Levočských vrchov. Následne sa zameriam na vplyv teploty a nadmorskej výšky na rastové parametre ako sú priemer v prsnej výške a výšky stromov.

2. Rozbor problematiky

Les ako zložitý lesný ekosystém je odrazom dlhodobého vývoja. Na tento vývoj v čase pôsobí množstvo faktorov, či už biotických alebo abiotických. Tieto faktory pôsobia na rast a charakter lesného ekosystému priamo alebo nepriamo. Vývoj a rast lesa v priestore je závislý na rýchlosti a dynamike pôsobenia vyššie spomenutých faktorov. Stromy, sa môžu vyvíjať a rásť len za určitých životných a rastových podmienok, v iných podmienkach majú zníženú životaschopnosť a následne môžu aj uhynúť. Tieto podmienky závisia od rozsahu tolerancie k daným faktorom (Križová, 1995).

Vzťah medzi klímou a biocenózou nám vytvára vertikálne členenie lesných vegetačných stupňov. Rozloženie lesných vegetačných stupňov je členené na základe kombinácie vegetačnej stupňovitosti a dominujúcej dreviny. So zvyšujúcou sa nadmorskou výškou sa zvyšuje množstvo zrážok, znižuje sa teplota, množstvo a intenzita slnečného žiarenia stúpajú (Randuška a kol., 1986).

Takéto zmeny faktorov ovplyvňujúcich vegetáciu má za následok zmenu rastových a životných pomerov. Od najnižšie položených lokalít až po najvyššie nadmorské výšky na tom istom území sa menia rastové a životné pomery všetkých vegetačných spoločenstiev. Tieto vplyvy následne odrážajú skladbu vegetácie daného územia (Randuška a kol., 1986).

Druhovú zloženie bylín i drevín a charakter lesa je odrazom vplyvu krajinných a ekologických faktorov. Les tvorí v krajine dôležitý no relatívne veľmi citlivý prvok. Najvýznamnejšie faktory pôsobiace na zloženie a charakter lesa sú **klíma, pôda a orografia**. Z tohto vyplýva, že pochopenie vplyvu týchto faktorov na les a lesné spoločenstvá je jedným z kľúčových. Za kľúčové sa dajú považovať hlavne faktory ako sú intenzita slnečného žiarenie, teplota a množstvo zrážok a ich pôsobenie na jednotlivé dreviny.

Pôsobenie klimatických vplyvov na dreviny je v poslednej dobe čoraz aktuálnejšie. Aktuálnosť je daná klimatickými zmenami. Klimatické pôsobenie za posledných 2000 rokov výrazne pretvára a premieňa areály rozšírenia drevín a vegetačných zón, kde ale jednotlivé zložky tvoriace vegetáciu nimi nie sú ovplyvňované (Otto, 1998).

2.1. Klíma a klimatické pomery

Druhovú skladbu lesného ekosystému a lesnej vegetácie je podľa Miňďaša a Škvareninu (1994) efektom činnosti a vplyvu rôznych ekologických faktorov, a z týchto faktorov je klíma často určujúca. Toto neskôr potvrdil aj Barnes a kol. (1998), keď pôsobenie klímy na vegetáciu a jej druhy považuje za rozhodujúci faktor pre rozdelenie vegetácie na celosvetovej ale aj na regionálnej úrovni. Mikroklíma môže podľa autora ďalej určovať miestne rozloženie a rozmiestnenie druhov a ich spoločenstiev (Barnes a kol., 1998).

Pri pohľade na klimatické dáta je potrebné spomenúť, ako vplýva súčasný stav klímy na lesné spoločenstvá a les. Zmena klímy a jej charakteru pôsobí na dreviny buď priamo prostredníctvom dopadu na ich základné fyziologické procesy (zmena teploty vzduchu, sucho, slnečné žiarenie, chemické zloženie atmosféry) alebo nepriamo ovplyvňovaním vnútro a medzidruhových vzťahov, zmenou druhovej konkurencieschopnosti, zavedením nových škodcov, alebo zmenami v distribúcii a populačnej dynamike domácich druhov (Hlásny a kol., 2011). Klimatické faktory ovplyvňujú zvýšenie alebo zníženie intenzity tvorby dreva. Nepriamo môžu spôsobiť a vytvárať podmienky vhodné pre poškodenie dreviny.

Ako už sme si uviedli vyššie, teplota, zrážky, snehové pomery, vzdušná vlhkosť a ďalšie atmosférické, klimatografické procesy a činitele majú vplyv na klímu a určujú jej charakter na danom území, a teda aj na území Slovenskej republiky. Na podnebie Slovenska má z týchto faktorov veľký vplyv geografická šírka, tvar územia a nadmorská výška (Bako a kol., 1972).

Keď sa bližšie pozrieme na klímu a podnebie Slovenska, je potrebné povedať, že vychádzame z geografickej polohy Slovenska v strednej Európe. Táto poloha Slovensku definuje určitú klímu a klimatickú oblasť.

Podnebie Slovenska spadá z pohľadu globálnej klasifikácie do severného mierneho klimatického pásma so striedaním štyroch ročných období. Je potrebné povedať, že na klímu danej oblasti majú vplyv aj ďalšie faktory. Jedná sa hlavne o orientáciu reliéfu k svetovým stranám, tvar reliéfu krajiny, prúdenie vzduchu, vegetácia i antropogénne vplyvy (URL 1).

Reliéf Slovenska sa často označuje za výrazne členitý a práve kvôli jeho členitosti sa klíma a klimatické podmienky podstatne menia. Čeman a kol. (2007)

rozčlenili Slovensko na základe klimatických podmienok a klímy do troch oblastí a ich pod oblastí. Celkový pohľad na rozloženie klimatických oblastí na Slovensku vidíme na obrázku č.1.

Teplá oblasť

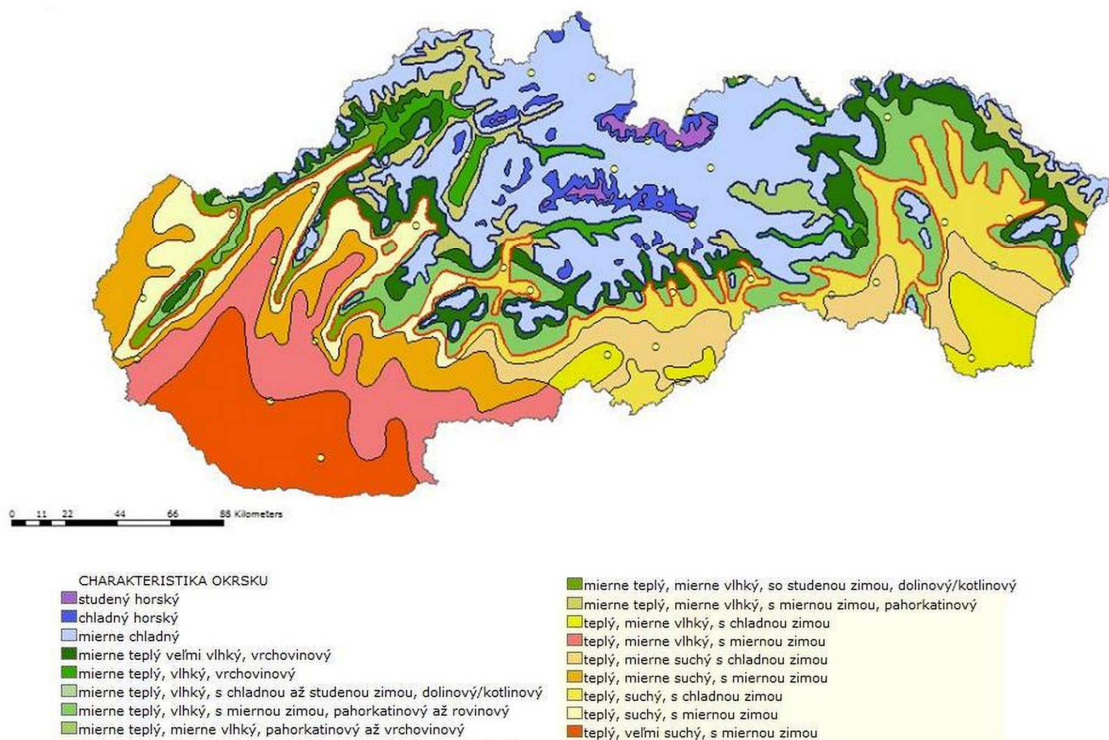
Rozkladá sa od nadmorskej výšky 300 – 350 m.n.m.. Priemerná ročná teplota vzduchu je v rozmedzí 8 až 10 °C. Teplota v júni sa v priemere pohybuje nad 20 °C. Ročný úhrn zrážok sa pohybuje v priemere do 700 mm. Táto oblasť sa rozdeľuje ďalej do troch pod oblastí, ktorými sú: teplá suchá, teplá mierne suchá a teplá mierne vlhká.

Mierne teplá oblasť

Mierne teplá oblasť je definovaná priemernou ročnou teplotou od 4 do 8°C. Ročný úhrn zrážok je v rozmedzí priemerne od 700 do 1200 mm. Táto teplá oblasť sa rozprestiera do nadmorských výšok 650 až 750 m.n.m. Je taktiež definovaná priemerná teplota vzduchu v júli a tá sa pohybuje nad 16°C. Delí sa na dve pod oblasti: na mierne teplú vlhkú a mierne teplú mierne vlhkú.

Chladná oblasť

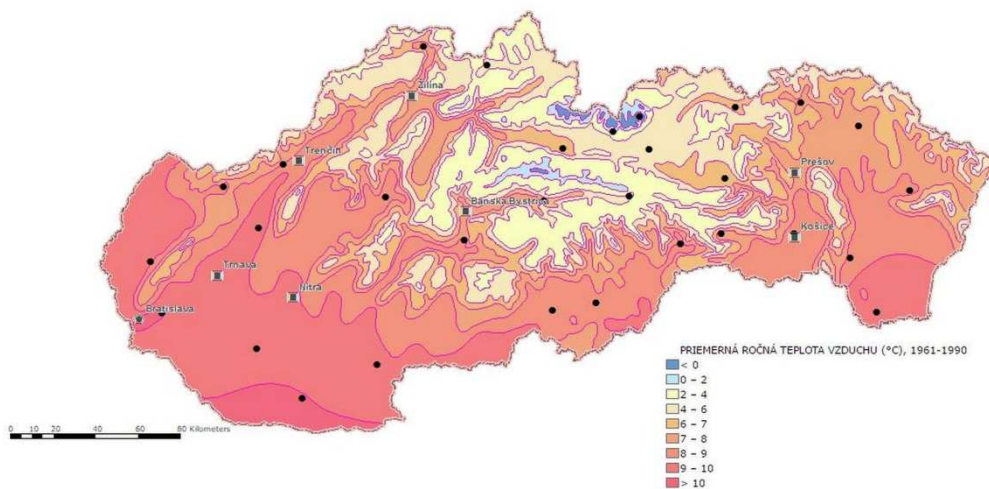
Priemerný ročný úhrn zrážok dosahuje viac ako 1200 mm. Ročná teplota sa pohybuje v priemere od -3 do +4°C . Januárová priemerná teplota klesá pod -10°C. Táto oblasť sa nachádza v nadmorských výškach od 800 m.n.m. až po najvyššie položené miesta na Slovensku. Túto oblasť delíme na dve pod oblasti mierne chladná a studená (horská) pod oblasť. Mierne chladná pod oblasť dosahuje nadmorskú výšku do 1300 m.n.m. (Čeman a kol., 2007).



Obr. č. 1 - Rozloženie klimatických oblastí Slovenska (URL2)

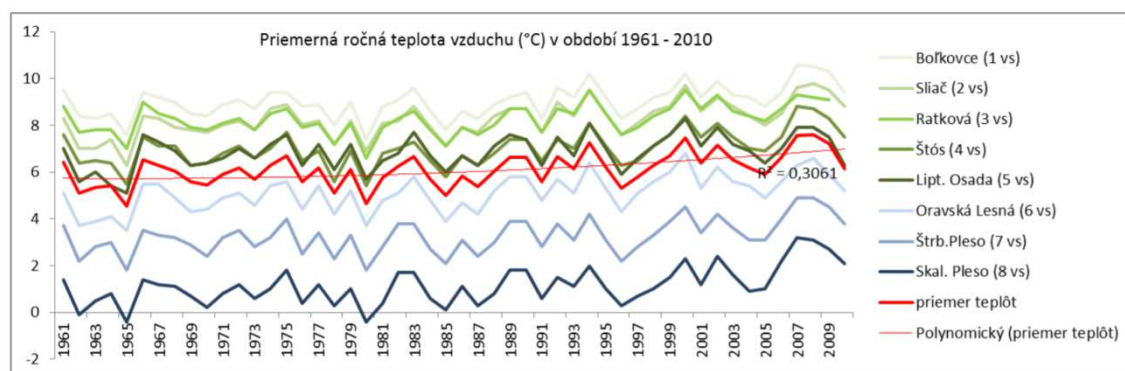
2.1.1. Teplota vzduchu

Teplota vzduchu sa spolu so zrážkami určujú klimatický charakter daného územia. Medzi najteplejšie oblasti na Slovensku patrí oblasť Podunajskej nížiny s ročným priemerom teplôt v rozmedzí 9 až 11°C. Naopak najchladnejšie oblasti sa nachádzajú v časti Vysokých Tatier, kde priemerná ročná teplota je okolo – 3°C (URL1)



Obr. č. 2 - Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 1990 v °C (URL3)

Pri pohľade na teplotu vzduchu je potrebné spomenúť, že teplota vzduchu na území Slovenska má rastúci trend. Toto tvrdenie je podložené pozorovaniami teploty vzduchu od roku 1961 na konkrétnych meteorologických staniciach. Hlásny s kol. (2012) uvádza aj to, že na Slovensku v posledných dvoch dekádach vzrástla priemerná ročná teplota vzduchu v rozmedzí od 0,5°C do 0,83°C v porovnaní s teplotami v období 1961-1990. Ďalej tento autor poukazuje na fakt, že najväčší rast teploty bol zaznamenaný v letných mesiacoch, t.j. jún, júl a august. September, október a november boli vyhodnotené ako mesiace, kde zmena priemernej teploty bola minimálna (Hlásny a kol., 2012). Priemerné ročné teploty a ich rozloženie na území Slovenska vidíme na obrázku č. 2 a obrázok č. 3 nám následne zobrazuje vývoj priemerných ročných teplôt v období 1961 – 2010 na vybraných staniciach SHMÚ.

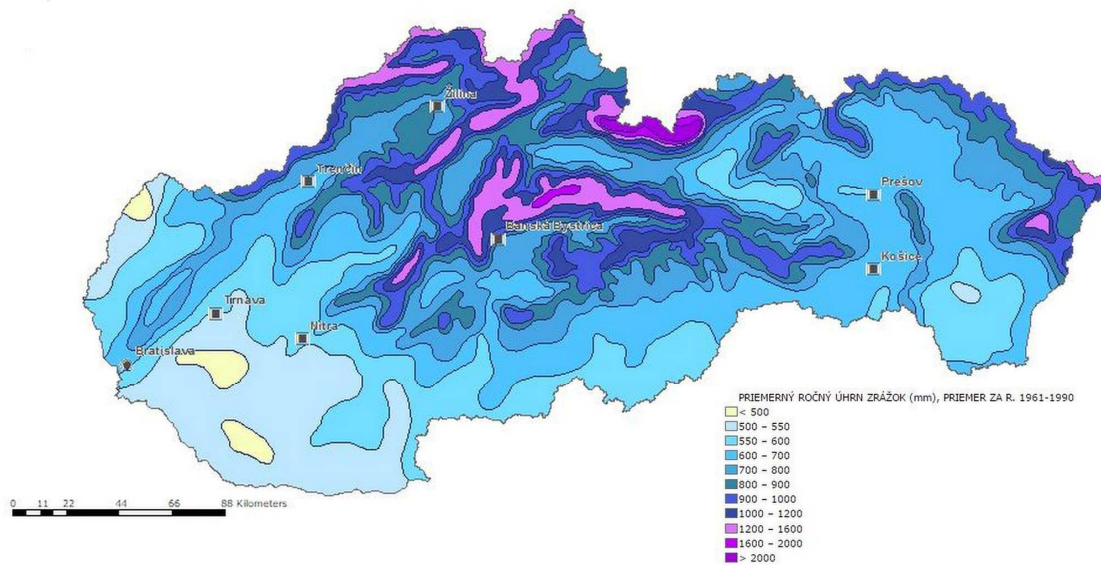


Obr. č. 3 - Vývoj priemerných ročných teplôt vzduchu v období 1961 – 2010 na vybraných klimatologických staniciach SHMÚ situovaných v rôznych nadmorských výškach (vegetačných stupňoch) na Slovensku (Hlásny a kol., 2012)

2.1.2. Atmosférické zrážky

Spolu s teplotou vzduchu sa atmosférické zrážky radia medzi dôležité meteorologické prvky klímy. Zrážky sa považujú z priestorového a časového aspektu za najvariabilnejšie. Túto variabilitu vidíme aj na obrázku č. 4, ktorý nám na území Slovenska zobrazuje priemerné ročné úhrny zrážok na Slovensku v období 1961 – 1990. Na variabilitu zrážok má vplyv orientácia lokality k prevládajúcemu smeru prúdenia vzduchu, geografická poloha lokality a v neposlednej rade nadmorská výška. Priemerný ročný úhrn zrážok na Slovensku sa pohybuje v rozmedzí od menej ako 500 mm zrážok v oblasti Podunajskej nížiny až po 2 000 mm zrážok v oblastiach Vysokých Tatier. Pri zrážkach je potrebné spomenúť, že na úhrn na niektorých lokalitách má vplyv aj tzv. dažďový tieň pohorí. Vo všeobecnosti je však možné povedať, že na Slovensku

množstvo zrážok so stúpajúcou nadmorskou výškou stúpa o 50 – 60 mm na 100 m výšky (URL1).



Obr. č. 4 - Priemerná ročná úhrn zrážok za obdobie 1961 – 1990 v mm (URL4)

2.1.3. Klimatická vodná bilancia

V súvislosti s atmosférickými zrážkami má výrazný vplyv a dopad na vegetáciu a lesné ekosystémy klimatická vodná bilancia (KVB). Klimatická vodná bilancia ako ukazovateľ zvlhčenia krajiny nám dáva informáciu o stave vody v ekosystéme. Bilancia vlahy v ekosystémoch je daná stavom vodného režimu za daný čas.

Tužinský (2007) stanovuje klimatickú vodnú bilanciu ako vodnú bilanciu pôdy. Základná rovnica pre vodnú bilanciu je:

$$W_0 + Z_p + K = Ve + Op + Op_2 + W_1 \text{ (mm)}$$

Kde jednotlivé premenné znamenajú:

W_0, W_1 – zásoba vody v pôde na začiatku a na konci pozorovacieho obdobia

Z_p – množstvo zrážok, ktoré vstupujú do pôdy v priebehu pozorovacieho obdobia

Ve – Voda spotrebovaná na evapotranspiráciu

Op – Odtok z povrchu

Op_2 – Odtok podpovrchový (podzemný)

Zjednodušené Škvarenina a kol. (2002) klimatickú vodnú bilanciu popísali vzťahom rozdielu zrážok a potenciálnou evapotranspiráciou (čiže potenciálnym výparom). Klimatická vodná bilancia je takto daná rovnicou:

$$\text{KVB} = \text{Z} - \text{PE}$$

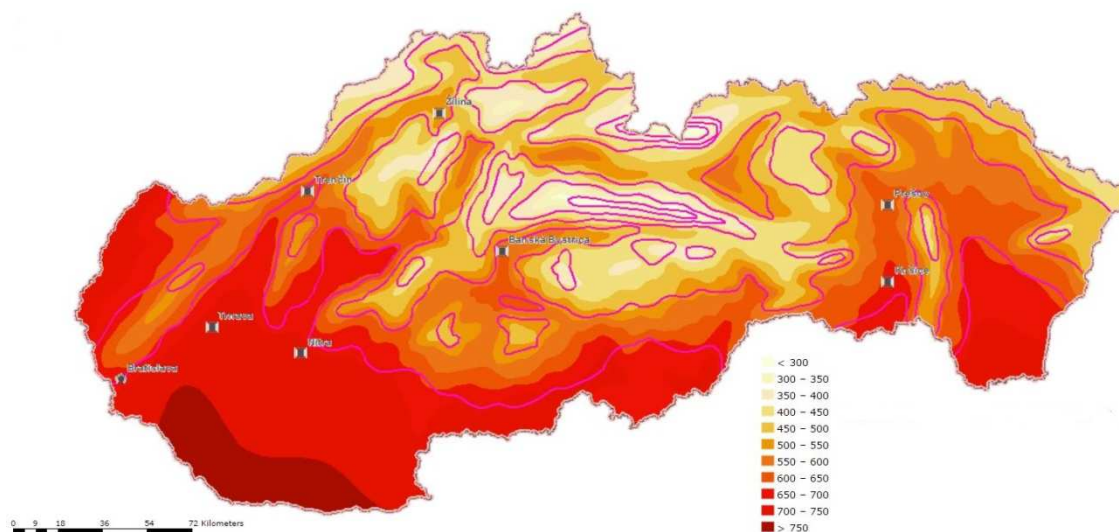
Premenné zo vzťahu znamenajú:

KVB – klimatická vodná bilancia

Z – zrážky

PE – potenciálna evapotranspirácia

Je potrebné poukázať na skutočnosť, že klimatická vodná bilancia nám dáva informáciu o potenciálnej bilancii na makroklimatickej úrovni. Potenciálna evapotranspirácia (PE) definuje súhrny objem vody, ktorý je schopný sa vypariť z pôdy pri dostupnom množstve vody potrebnom k vyparovaniu. Evapotranspirácia stanovišťa a biotopu závisí v značnej miere na mikroklíme a jej podmienkach, reliéfe a aj pôdnych vplyvoch (Škvarenina a kol., 2002). Priemerný ročný úhrn evapotranspirácie na Slovensku za obdobie 1961 – 1990 zobrazuje nasledujúci obrázok č. 5.

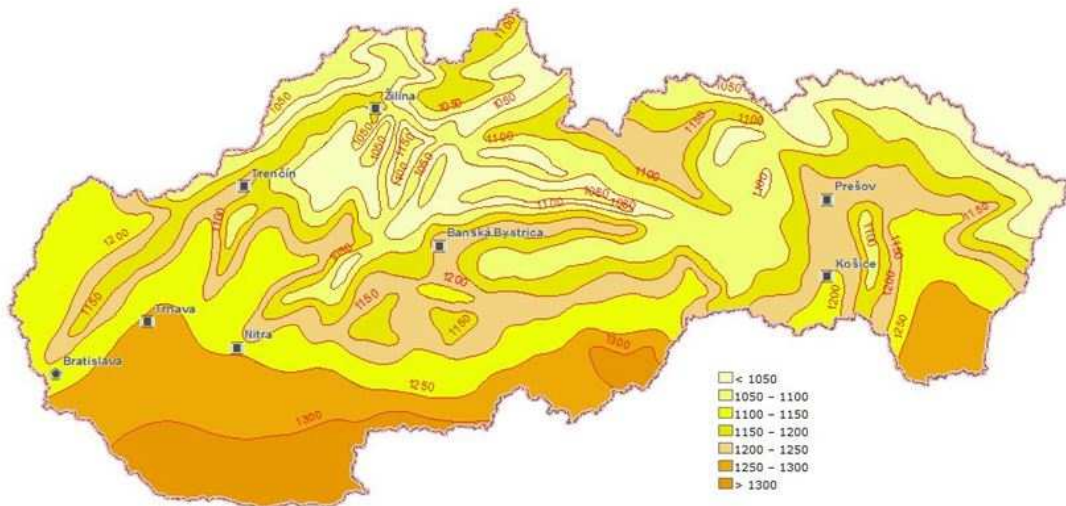


Obr. č. 5 - Priemerná ročný úhrn aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie 1961 – 1990 v mm (URL5)

2.1.4. Slnéčné žiarenie

Slnéčné (globálne) žiarenie je žiarenie Slnka dopadajúceho na zemský povrch (Kaňuk 2008). Ako ďalej upresňuje Mind'áš a kol. (2011) slnečné žiarenie pôsobením fotochemickými vplyvmi stimuluje a podnecuje vo vegetácii fotosyntézu. Fotosyntetické aktívne slnečné žiarenie (PAR) patrí k najdôležitejším z fyziologického

vplyvu na vegetáciu a fotosyntézny proces. Toto aktívne slnečné žiarenie je rovnaké so svetlom, čiže viditeľné. Na území Slovenska je toto žiarenie rozčlenené rôzne ohľadom na hornatosť a nadmorské výšky ako môžeme vidieť na obrázku č. 6. Z pohľadu slnečného žiarenia sa dá mnou študovaný región Levočských vrchov začleniť do oblastí s miernymi až nižšími hodnotami ročných súm globálneho žiarenia.

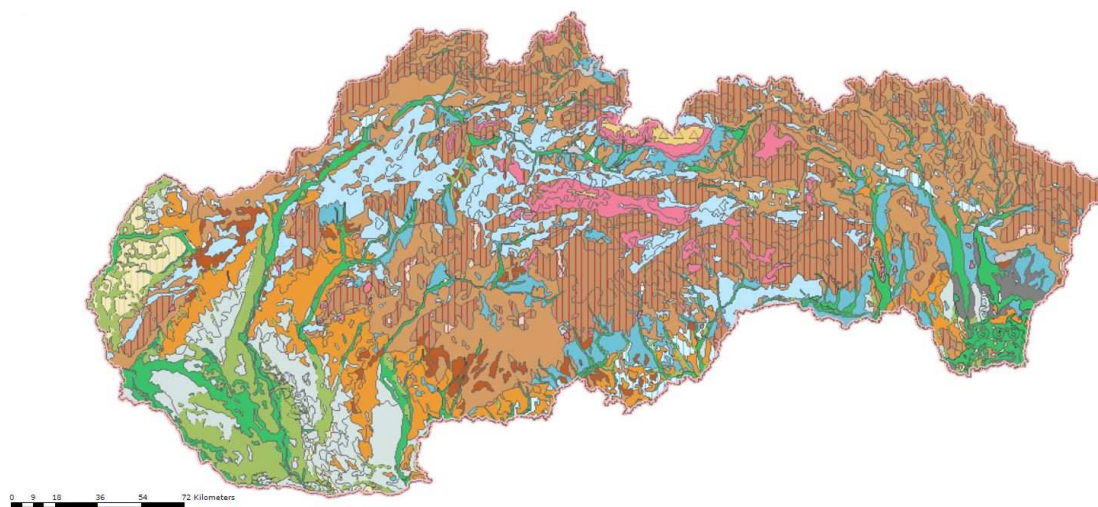


Obr. č. 6 - Priemerná ročné sumy globálneho žiarenie za obdobie 1961 – 1990 v kWh.m⁻² (URL6)

2.2. Pôdne pomery

Pri pohľade na pôdu sa na území Levočských vrchov nachádzajú z väčšej časti kambizeme modálne kyslé s jej podtypmi. Náhľad na jednotlivé pôdne typy vyskytujúce sa na území Slovenska vidíme na obrázku č. 6. Na území Levočských vrchov sa vyskytujú taktiež podzoly kambizemné so sprievodnými rankermi a litozemami z ľahších kyslých zvetralín a hornín. Tieto podzoly sa nachádzajú vo vyšších nadmorských výškach. Menšie zastúpenie majú v tejto lesnej oblasti fluvizeme kultizemné, sprievodné glejové fluvizeme. Tieto fluvizeme sa nájdeme prevažne na lokalitách, ktoré sú ovplyvnené činnosťou vody. Určité zastúpenie v Levočských vrchoch má aj pôdny typ rendziny a rendzinové kambizeme s ich podtypmi ako karbonátové modálne litozeme, sutinové rendziny vzniknuté zo zvetraných pevných karbonátových hornín (URL7). Michaeli (2015) uvádza, že v lokalite Levočských vrchov sa nachádzajú piesočnato – hlinité pôdy. Tieto pôdy sú stredne ťažké a ich výskyt je prevažne v oblastiach výskytu hornín granitoidného druhu, pieskovcoch, a

d'alších. Michaeli (2015) tiež uvádza, že piesočnato-hlinité jemnozeme tejto oblasti a pôd majú taktiež významný obsah hrubšieho hornín a častí.



Obr. č. 7 - Prehľad pôdných typov a pôd na území Slovenska (URL7)

3. Lesnícka typológia

Lesnícka typológia je vedecké odvetvie, zaoberajúce sa výskumom environmentálnych vlastností lesných ekosystémov a typizáciou týchto ekosystémov v lese. Vnímanie konkrétnych typologických charakterov a smerov môže byť rôzne.

Podľa Samka(1994) sú fytoecnologické výsledky a metódy aplikované pri lesnej typológii jedny z najkomplexnejších. Ich použitie pri určovaní vlastností a indikácii podmienok stanovišť lesných porastov považuje za kľúčové. Samek ďalej uvádza, že typológia lesov vznikla v Škandinávii a to na začiatku 20. Storočia (priekopnícke práce Aima Cajandera).

Fytoecnologický výskum na našom území a území Československa sa pred druhov svetovou vojnou držal prevažne základov metód züriško-montpelierskej školy a klasifikácie. Ako je všeobecne známe, táto škola používa ako základný princíp pri hodnotení vegetácie druhové zloženie, štruktúru a ekologické charakteristiky. Ďalším dôležitým prvkom pri použití klasifikácie podľa tejto školy výskyt konkrétneho druhu na študovanej lokalite.

Klasifikačný systém používaný na Slovensku k typizácii lesov je výsledkom štúdií a výskumu prof. Zlatníka. Tento systém je založený na geobiocenologickom ponímaní prírody a bol vypracovaný na základe analýzy prírodného a viac menej prirodzeného vegetačného zloženia zachovaných segmentov geobiocenóz, ktoré typizuje podľa druhovej diferenciálnej kombinácie podrastového a drevinového komplexu a výsledky porovnával k určitým znakom prostredia. Medzi hlavné znaky prostredia zaradil najmä klimatické podmienky vo vzťahu k nadmorskej výške, teplote, pôdne podmienky ako aj vodný režim prostredia (Križová, 1995).

Ako definuje samotný Zlatník (1976), základná typizovaná jednotka je typ geobiocenózy. Typ geobiocénu, čiže lesný typ je základnou konštruovanou jednotkou jednoty prírody, existujúcou ako typ trvalých ekologických podmienok na segmentoch typu prírodnej geobiocenózy priestorovo a časovo rozdelenej.

Lesné vegetačné stupne

Pre oblasť Západných Karpát ako prvý rozčlenil lesy do lesných vegetačných stupňov profesor Zlatník (1976) na základe vzťahu ku klíme. Vegetačné stupne definoval ako prírodné spoločenstvá vytvorené v daných klimatických a ekologických podmienkach. Vegetačné stupne definoval ako ekologické nadstavbové stupne. Tieto stupne považuje za triediace jednotky geobiocenologických jednotiek vo vzťahu ku

klimatickým činiteľom ovplyvňujúcim krajinné segmenty (Zlatník, 1976). Súčasnú lesnú vegetačnú stupne a ich parametre vidíme uvedené v tabuľke č. 1.

LESNÉ VEGETAČNÉ STUPNE

Lesný vegetačný stupeň		Orientačné údaje			
Číslo	Slovný opis	Nadmorská výška (v m n. m.)	Suma ročných zrážok (v mm)	Vegetačné obdobie (v dňoch)	Priemerná ročná teplota (v °C)
1.	Dubový	300 a menej	600 a menej	180	8,5 a viac
2.	Bukovo-dubový	200 - 500	600 - 700	165 - 180	6,0 - 8,5
3.	Dubovo-bukový	300 - 700	700 - 800	150 - 165	5,5 - 7,5
4.	Bukový	400 - 800	800 - 900	130 - 160	5,0 - 7,0
5.	Jedľovo-bukový	500 - 1 000	900 - 1 050	110 - 130	4,5 - 6,5
6.	Smrekovo-bukovo- jedľový	900 - 1300	1 000 - 1 300	90 - 120	3,5 - 5,0
7.	Smrekový	1 250 - 1 550	1 100 - 1 600	70 - 100	2,0 - 4,0
8.	Kosodrevinový	1 500 a viac	1 500 a viac	60 a menej	2,5 a menej

Tab. č. 1 - Lesné vegetačné stupne Slovenska vrátane vybraných porovnávacích údajov (URL8)

Je potrebné spomenúť, že v prehľade lesných vegetačných stupňov nie je uvedený lesný vegetačný stupeň lužných lesov. Tento vegetačný stupeň nebýva definovaný na základe klímy ale primárne vodným režimom pôd (Mind'áš a kol., 2006).

Takisto nie je uvedený 9. lesný vegetačný stupeň, a to stupeň alpínsky. Tento vegetačný stupeň postupuje nad pásmo kosodreviny do najvyšších nadmorských výšok a polôh, a zahŕňa tak alpínske primárne bezlesie (Križová, 1995).

4. Metodika

2.3. Charakteristika Levočských vrchov

Oblasť Levočských vrchov sa rozprestiera v severovýchodnej časti Slovenska. Jej okraje ohraničujú z juhozápadnej časti oblasť Podtatranskej kotliny, zo severovýchodu zasahujú až k Šarišskej vrchovine a Branisku, zo severu ju ohraničuje Ľubovnianska vrchovina. Názorné zobrazenie umiestnenia Levočských vrchov na mape Slovenska vidíme na obrázku č. 8.



Obr. č. 8 - Poloha Levočských vrchov na mape Slovenska (URL9)

Levočské vrchy patria z hľadiska geomorfologického členenia do podhôrno-magurskej oblasti (Bako a kol., 1972).

Ak sa pozrieme na členitosť terénu v Levočských vrchoch, jedná sa o pahorkatinový až hornatinový terén, ktorý je stredne až silno členitý. Najvyšším vrchom Levočských vrchov je vrch Čierna hora, s nadmorskou výškou 1289,4 metra nad morom, nachádzajúci sa v centrálnej časti pohoria.

Z pohľadu vegetácie rozšírenia prirodzenej vegetácie, tak oblasť Levočských vrchov spadá do oblasti prirodzeného výskytu borovice lesnej (*Pinus sylvestris*), smrekovca opadavého (*Larix decidua*), smreku obyčajného (*Picea abies*), jedle bielej (*Abies alba*) a taktiež buku lesného (*Fagus sylvatica*). Do južnej časti územia Levočských vrchov zasahuje severná hranice prirodzeného výskytu dubu zimného (*Quercus petraea*).

Lesná oblasť Levočské vrchy patrí do lesnej oblasti č. 42, ktorá zahŕňa aj ďalšie celky a to Bachureň, Spišskú Maguru a Ždiarskú brázdou. Spolu tieto celky spadajú do lesnej oblasti, s prevahou výskytu 5 jedľovo-bukového lesného vegetačného stupňa.

V mojej práci som sa však bližšie zamerlal na celok Levočské vrchy a moje merania som previedol v tomto celku.

Moje merania boli situované do porastov približne 100 rokov starých a starších. Bolo stanovených celkovo 40 plôch pre zmeranie aktuálneho stavu porastu. Študované plochy mali rozmery 30 x 30 metrov. V týchto plochách boli stanovené tieto parametre pre jednotlivé dreviny, a to priemer v prsnej výške (tzv. DBH, čiže *diameter in breast height*), výška jednotlivých drevín a typ drevín.

Lokality boli vytipované podľa veku a terénnych odporúčaní zamestnancov Vojenských lesov a majetkov, š. p., Odštepny závod Kežmarok. Podľa týchto odporúčaní boli vybrané lokality „Ihľany“ a lokality „Vojňany“.

Cieľom tohto výskumu bolo zistiť závislosť súčasných LVS v lokalite Levočských vrchov na vybraných klimatických údajoch. Následné spracovanie údajov bolo prevádzané na základe regresných rovníc založených na klimatických dátach z GIS aplikácie DIVA GIS.

Z aplikácie DIVA GIS, v ktorej som systematicky rozmiestnil 150 bodov v regióne Levočských vrchov som získal hodnoty zrážok a teplôt a nadmorských výšok pre tieto body. Tieto body zahrňovali rozpätie nadmorských výšok od 589 metrov nad morom až po 1192 metrov nad morom. Pomocou regresných analýz som vypočítal regresné vzťahy pre jednotlivé hodnoty zrážok a teplôt pre konkrétne mesiace v závislosti na nadmorských výškach týchto plôch. Takto som získal daný koeficient determinácie pre jednotlivé regresné rovnice z týchto 150 bodov. Tieto body boli vybrané z dôvodu získania hodnôt pre výškové variabilné rozdelené plochy.

Podobne ako pre tieto 150 bodov som z aplikácie DIVA GIS získal hodnoty teplôt a zrážok pre moje plochy a nadmorské výšky. Takto získané dáta som rovnako použil pre výpočet regresných rovníc a následných ďalších analýz a testov. Tieto dáta pre lokality Ihľany a Vojňany som použil taktiež pri výpočte hodnôt teplôt a zrážok vo vegetačnom období a mimo vegetačnom období. Dáta som použil pri regresných rovniciach vplyvu týchto klimatických faktorov na moje lokality.

Získané dáta som následne taktiež porovnával s klimatickými dátami a hodnotami pre vyšší a nižší lesný vegetačný stupeň, ktoré som vyjadril graficky a písomne vo výsledkoch.

Regresné rovnice a štatistické spracovanie sa prevádzalo v software STATISTICA. Pri spracovaní regresných analýz som používal za nezávislú premennú (osa x) hodnoty nadmorských výšok mojich lokalít. Za závislú premennú som pri analýzach používal a zadával hodnoty zrážok a teplôt daných pre moje lokality. Pri regresných analýzach som považoval za závislé premenné hodnoty DBH (*diameter in breast height*) a výšku stromov (*tree height*). Samotné regresné analýzy a ich zobrazenie som následne prekladal lineárnym regresným trendom.

Takisto som previedol ANOVA analýzu. Predtým ako som robil ANOVA analýzu, tak som si svoje plochy rozdelil do dvoch kategórii (*low* a *high*). Kategórie som si vytvoril na základe nadmorských výšok. Snažil som sa tieto kategórie vytvoriť na základe rovnomerného výškového rozdelenia. Do kategórie *low* som zaradil namerané plochy od nadmorskej výšky 771 metrov nad morom až do 825 metrov nad morom, čiže výškový rozpätie 54 metrov. Do kategórie *high* som zaradil namerané plochy od 890 metrov nad morom do 938 metrov nad morom, rozpätie 48 metrov. Tieto kategórie som použil ako skupinové premenné pri ďalších analýzach.

Dáta a údaje získané z aplikácie DIVA GIS bolo potrebné upraviť na vhodný tvar. Šlo najmä o dáta z tejto aplikácie pre teploty, ktoré boli v tvare „surových“ čísel, t.j. napríklad hodnota teploty - 64, znamenala teplotu -6,4°C. Všetky hodnoty teplôt, teda bolo potrebné vydeliť hodnotou 10 pre správnu interpretáciu týchto dát.

Dáta z terénu boli taktiež použité na zhodnotenie súčasného stavu lesných porastov v lokalitách v správe Vojenských lesov a majetkov š.p., na ktorých v minulosti neprebíhali terénne šetrenia.

Tieto dáta môžu byť do budúca použité pre účely skúmania ekosystémov na lokalitách a použité pre ďalší výskum.

Lokalita Ihľany

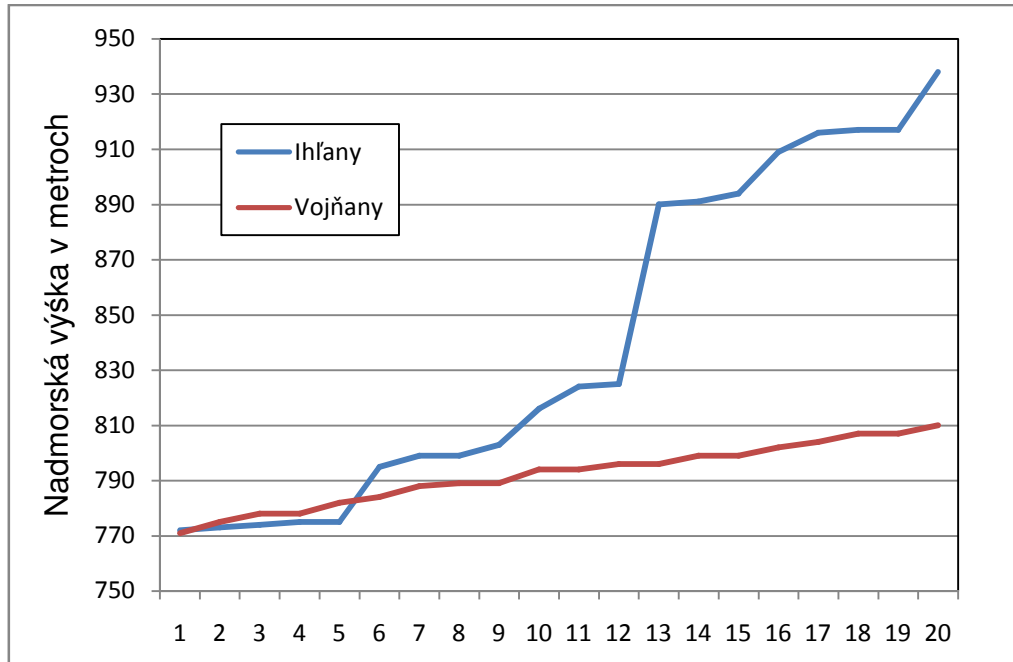
Táto lokalita a jej študované plochy boli situované do katastrálneho územia obce Ihľany, v okrese Kežmarok. Ihľany sa nachádzajú na juhozápadnej strane pohoria Levočské vrchy. Študované plochy boli vytipované na svahoch pod vrchom Lúčina, ktorý má nadmorskú výšku 947 metrov nad morom. Miestne pomenovanie lokalít bolo Konzýva a Svrčiny. Všetky plochy mali západnú orientáciu svahov. Sklony svahov na tejto lokalite boli v rozmedzí od 25 % až do 40 %. Nadmorské výšky meraných lokalít Ihľany sa pohybovali v rozmedzí od 772 metrov nad morom najnižšie položená

skúmaná lokalita až po nadmorskú výšku 938 metrov, čo bola nadmorská výška najvyššie položenej skúmanej plochy.

Lokalita Vojňany

Umiestnenie skúmaných plôch lokality Vojňany bolo v katastrálnom území obce Vojňany, okres Kežmarok. Skúmané lokality sa nachádzali v „doline“ medzi vrchom Vojnianska Hora, nadmorská výška 930 metrov nad morom a vrchom Spádik s nadmorskou výškou 1088 metrov nad morom. Miestne pomenovania lokality, kde sa nachádzali merané plochy boli Barvínek a Hájik. Nadmorské výšky meraných plôch boli od 771 metrov nad morom až po 810 metrov nad morom. Orientácia svahov v tejto lokalite bola južná, so sklonom svahov maximálne 15 %. Lokalita Vojňany sa radí do 5. lesného vegetačného stupňa.

Vzdialenosť medzi lokalitami v Ihľanoch a lokalitami vo Vojňanoch bola približne 12 km vzdušnou čiarou. Lokalita Vojňany bola umiestnená severozápadne od lokalít Ihľany. Nadmorská výška v porovnaní s Ihľanmi, bola nižšia v lokalite Vojňany. Výškové porovnanie skúmaných plôch vidíme na grafe č. 1.



Graf č. 1 - Porovnanie nadmorských výšok skúmaných lokalít

2.4. Zber dát na lokalitách

Pred samotným meraním na lokalitách bolo potrebné pripraviť k samotnému meraniu výškomer. Pre zmeranie výšok bol použitý výškomer VERTEX IV s transpondérom.. Vlhkosť vzduchu, tlak vzduchu a teplota vzduchu majú vplyv na používanie tohto prístroja, a tým pádom aj na získanú hodnotu. Meranie sa začínalo vždy prispôbením prístroja na vonkajšiu teplotu merania. Pre tento účel má VERTEX IV integrované svoje teplotné čidlo. Toto čidlo nám po spustení prístroja indikovalo hodnotu vonkajšej teploty, tak hodnotu vnútornej teploty prístroja. Po vyrovnaní teplôt bolo možné prístroj nakalibrovať, to znamená nastaviť referenčnú vzdialenosť 10 metrov do pamäte prístroja. Túto hodnotu sme uložili do pamäte výškomeru pomocou pásma a transpondéru, kedy sme transpondér umiestnili na pozíciu 0 na pásme a samotný výškomer na hodnotu 10,00 metrov na pásme. Následne sme na výškomere zvolili možnosť CALIBRATE a daná referenčná vzdialenosť 10,00 metrov sa nám ako referenčná hodnota uložila do pamäte výškomeru. Pomocou tohto postupu sme VERTEX IV pripravili na merania (Marušák a kol., 2009).



Obr. č. 9 Prístroj VERTEX IV s transpondérom použité pri meraní (Marušák a kol., 2009)

Meranie DBH (priemerov) na lokalitách

Pri meraní priemerov jednotlivých stromov na lokalitách bolo k tomuto určaniu použitá lesnícka priemerka typu KINEX. Stupnica na tejto priemerke bola odstupňovaná po 5 milimetroch. Priemer stromov sa meral vo výške 1,3 metra.

Vytyčenie plôch na lokalitách

Pre naše merania bolo potrebné na jednotlivých lokalitách vytýčiť skúmané plochy o rozmeroch 30 x 30 metrov. Tieto rozmery boli vytyčované pomocou 50 metrového pásma typu KOMELON s vidlicou. Plochy boli vytyčované pomocou

železných tyčiek zakončených reflexným pruhom pre lepšiu viditeľnosť v teréne. Po vytýčení následne začali merania na takto vytýčených plochách.

Priebeh meraní

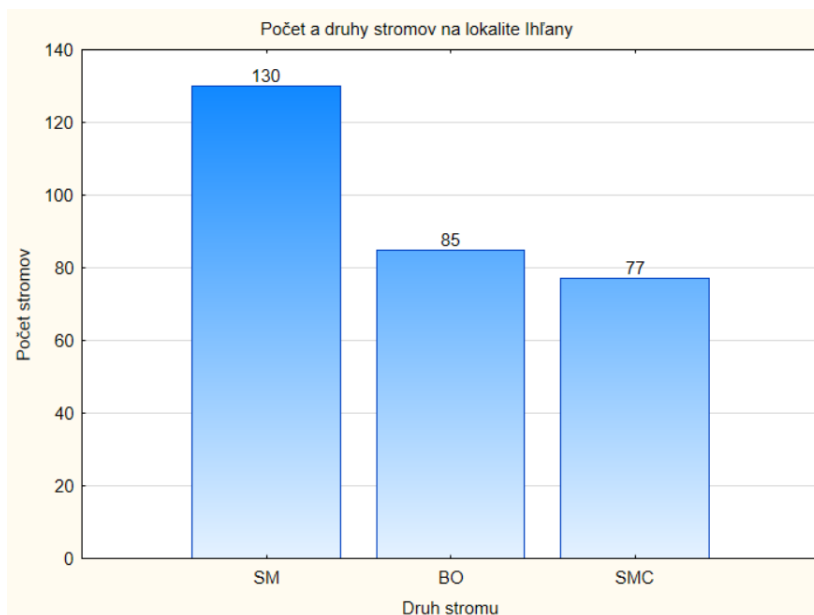
Meranie prebiehalo v skupine 2 pracovníkov, kde jeden z nich bol vybavený priemerkou na meranie DBH. Takisto bolo jeho úlohou do výšky DBH, to znamená 1,3 metra umiestňovať transpondér potrebný zameraniu výšky stromov. Prvý pracovník rovnako určoval aj druh meranej dreviny. Druhý pracovník bol takzvaný zapisovateľ a zároveň cez výškomer a transpondér určil výšku meraného stromu.

5. Výsledky

5.1. Lokalita Ihľany

Počet a druhy stromov na lokalite

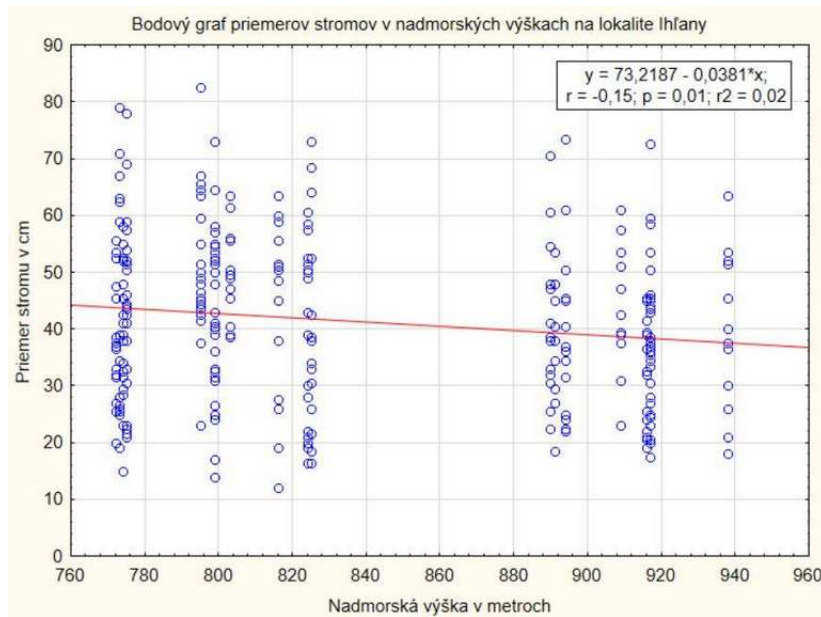
Na lokalite sa z druhové zloženia vyskytoval prevažne Smrek obyčajný (*Picea abies*), Borovica lesná (*Pinus sylvestris*) a Smrekovec opadavý (*Larix decidua*). Ich konkrétne zastúpenie vidíme v nasledujúcom grafe č. 2.



Graf č. 2 - Graf znázornenia počtu a druhov stromov na lokalite Ihľany

Test vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov

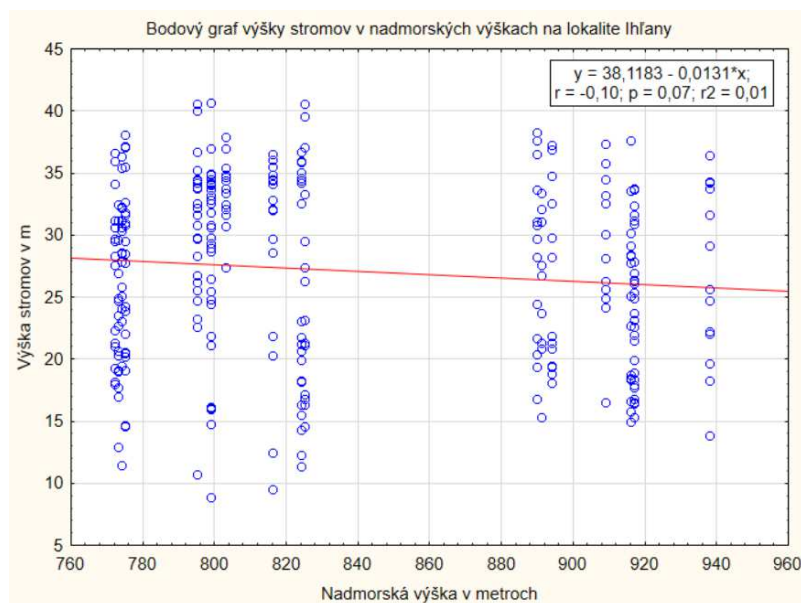
Pri štatistickej analýze dát získaných na tejto lokalite, konkrétne analýza vplyvu nadmorských výšok jednotlivých plôch na priemery jednotlivých stromov je možné skonštatovať, že vplyv nadmorskej výšky na priemer stromov na tejto lokalite je významný. Existuje tu teda signifikantný vplyv nadmorskej výšky na priemer stromu. Za kritickú hodnotu v tejto analýze považujeme za nami zvolenú hranicu významnosti $p < 0,05$, v našej analýze vyšla hodnota $p = 0,01$, preto je náš výsledok signifikantný a hypotézu o vplyve nadmorskej výšky na priemer stromov prijímame. Výsledky vidíme aj v bodovom grafe č. 3.



Graf č. 3 - Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na priemer stromov na lokalite Ihľany

Test vplyvu nadmorskej výšky na výšku stromov

Druhý štatistický test tejto lokality som spravil test závislosti výšky stromov na nadmorskej výške. Výsledok opäť vidíme na bodovom grafe č. 4, ktorý nám vyjadruje túto závislosť, kde však medzná hodnota významnosti $p=0,07$ je väčšia ako nami zvolená hranica významnosti $p<0,05$. Takúto hypotézu v tomto prípade považujeme za štatisticky nevýznamnú, pretože naša hodnota významnosti prekročila hranicu významnosti a nie je pre túto závislosť signifikantná.

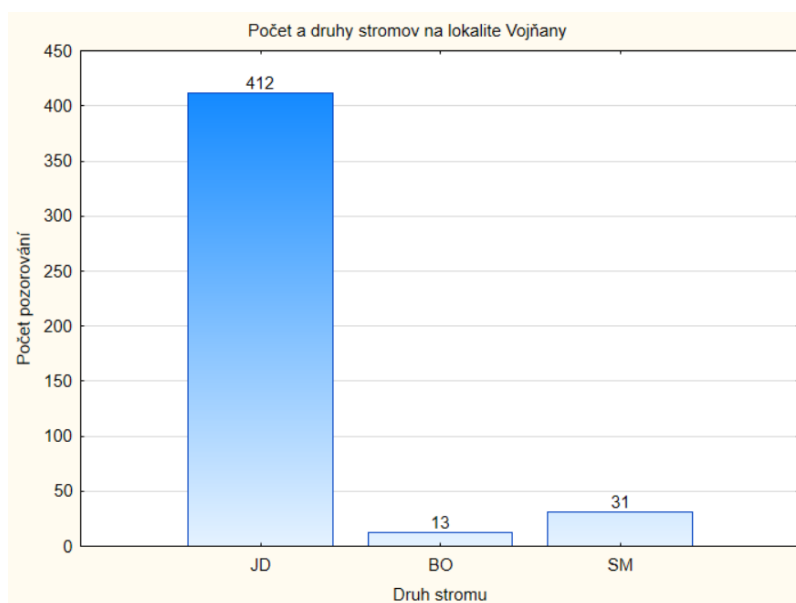


Graf č.4 -Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na výšku stromov na lokalite Ihľany

5.2. Lokalita Vojňany

Počet a druhy stromov na lokalite

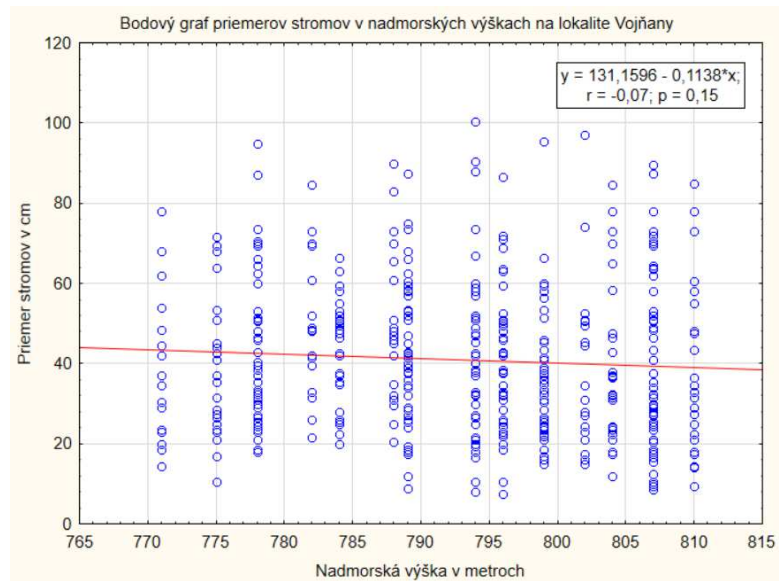
Pri pohľade na spracované dáta vyplynulo, že na lokalite Vojňany prevažovala jedľa biela (*Abies alba*), ktorá bola dominantná na tejto lokalite a následne smrek obyčajný (*Picea abies*) a Borovica lesná (*Pinus sylvestris*). V nasledujúcom grafe č. 5 je zobrazené zastúpenie a druhy tejto lokality.



Graf č. 5 - Graf znázornenia počtu a druhov stromov na lokalite Vojňany

Test vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov

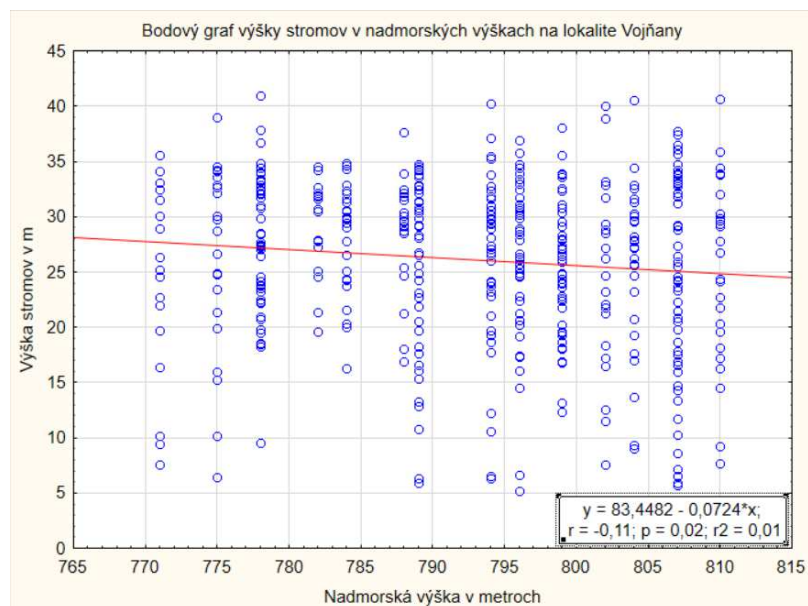
Pri testovaní hypotézy závislosti priemeru stromov na nadmorskej výške na lokalite Vojňany sme túto hypotézu považujeme za štatisticky nevýznamnú. Dôvodom bezvýznamnosti tejto hypotézy bolo to, že zo získaných dát nám hodnota významnosti p vyšla 0,15, čiže väčšia ako nami nastavená hranica významnosti $p < 0,05$. Bodový graf č. 6 nám zobrazuje priebeh tohto testu.



Graf č. 6 - Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na priemer stromov na lokalite Vojňany

Test vplyvu nadmorskej výšky na výšku stromov

Nasledujúcim testom som zisťoval vplyv nadmorskej výšky na výšku stromov na tejto lokalite. Z výsledkov grafu č. 7 znázorneného nižšie je možné povedať, že na lokalite Vojňany bol potvrdený významný vplyv nadmorskej výšky na priemer stromov. Túto hypotézu som prijal na základe hodnoty p, ktorá bola vyššia ako mnou nastavená hranica významnosti $p < 0,05$. V tomto teste vyšla hodnota významnosti $p = 0,02$.



Graf č.7- Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na výšku stromov na lokalite Vojňany

Následné tabuľky č. 2 a č. 3 zobrazujú determinačné koeficienty R^2 vytvorené z regresných rovníc mesačných zrážok a teplôt oboch lokalít Ihľany a Vojňany.

Tabuľka determinačných koeficientov pre Mesačné teploty lokalít Ihľany a Vojňany	
Mesiac	Determinačný koeficient R^2
Január	0,67
Február	0,81
Marec	0,73
Apríl	0,69
Máj	0,76
Jún	0,74
Júl	0,73
August	0,70
September	0,62
Október	0,70
November	0,76
December	0,30

Tab. č. 2 Determinačné koeficienty pre mesačné teploty lokalít Ihľany a Vojňany plôch v závislosti na nadmorskej výške.

(Pozn. U všetkých regresných rovníc pre teploty vyšla hodnota významnosti p nižšie ako je hodnota 0,001, čo je najprísnejšia hodnota významnosti $\alpha = 0,1\%$).

Tabuľka determinačných koeficientov pre Mesačné zrážky lokalít Ihľany a Vojňany	
Mesiac	Determinačný koeficient R^2
Január	0,70
Február	0,65
Marec	0,73
Apríl	0,75
Máj	0,68
Jún	0,56
Júl	0,37
August	0,60
September	0,50
Október	0,72
November	0,76
December	0,70

Tab. č. 3 Determinačné koeficienty pre mesačné zrážky lokalít Ihľany a Vojňany plôch v závislosti na nadmorskej výške.

(Pozn. U všetkých regresných rovníc pre teploty vyšla hodnota významnosti p nižšie ako je hodnota 0,001, čo je najprísnejšia hodnota významnosti $\alpha = 0,1\%$).

5.3. DIVA GIS lokality

V ďalšej časti sa pozrieme na údaje a dáta, ktoré sme získali z aplikácie DIVA GIS pre náhodne rozmiestnené body v Levočských vrchoch v aplikácii DIVA. Zo získaných dát pre tieto body som do tabuľky č. 4 zhrnul jednotlivé determinačné koeficienty získané z regresných rovníc pre teploty a zrážky v konkrétnych mesiacoch v závislosti na nadmorskej výške.

Tabuľka determinačných koeficientov pre Mesačné teploty	
Mesiac	Determinačný koeficient R^2
Január	0,98
Február	0,97
Marec	0,96
Apríl	0,98
Máj	0,99
Jún	0,99
Júl	0,99
August	0,99
September	0,98
Október	0,97
November	0,99
December	0,93

Tab. č. 4 - Determinačné koeficienty pre mesačné teploty zo 150 DIVA GIS bodov v závislosti na nadmorskej výške.

(Pozn. U všetkých regresných rovníc pre teploty vyšla hodnota významnosti p nižšie ako je hodnota 0,001, čo je najprísnejšia hodnota významnosti $\alpha = 0,1\%$).

Vysoké hodnoty determinačného koeficientu R^2 nám hovoria a potvrdzujú, že teplota v jednotlivých mesiacoch je veľmi závislá na nadmorskej výške. Ďalšia tabuľka č. 5 nám zobrazuje determinačné koeficienty z regresných rovníc, v ktorých sme porovnávali vplyv nadmorskej výšky na zrážky na 150 bodoch z DIVA GIS aplikácie.

Tabuľka determinačných koeficientov pre Mesačné zrážky	
Mesiac	Determinačný koeficient R ²
Január	0,88
Február	0,93
Marec	0,93
Apríl	0,95
Máj	0,98
Jún	0,92
Júl	0,85
August	0,92
September	0,94
Október	0,97
November	0,97
December	0,88

Tab. č. 5 - Determinačné koeficienty pre mesačné zrážky zo 150 DIVA GIS bodov v závislosti na nadmorskej výške

(Pozn. U všetkých regresných rovníc pre zrážky vyšla hodnota významnosti p nižšie ako je hodnota 0,001, čo je najprísnejšia hodnota významnosti $\alpha = 0,1\%$)

Nasledujúca tabuľka č. 6 nám zobrazí determinačné rovnice, ktoré nám hovoria aká silná je závislosť zrážok vo vegetačnom a mimo vegetačnom období na nadmorskej výške. Pre spresnenie vegetačné obdobie je definované ako obdobie mesiacov apríl až september a mimo vegetačné obdobie je toto obdobie mesiacov október až marec. Z tabuľky je znova zrejmé, že zrážky v jednotlivých obdobiach ako vo vegetačnom tak v mimo vegetačnom sú výrazne závislé na nadmorskej výške.

Tabuľka determinačných koeficientov	
Typ analýzy	Determinačný koeficient R ²
Zrážky za vegetačné obdobie	0,93
Zrážky za mimovegetačné obdobie	0,94

Tab. č. 6 - Determinačné koeficienty pre mesačné zrážky za vegetačné a mimovegetačné obdobie zo 150 DIVA GIS bodov v závislosti na nadmorskej výške.

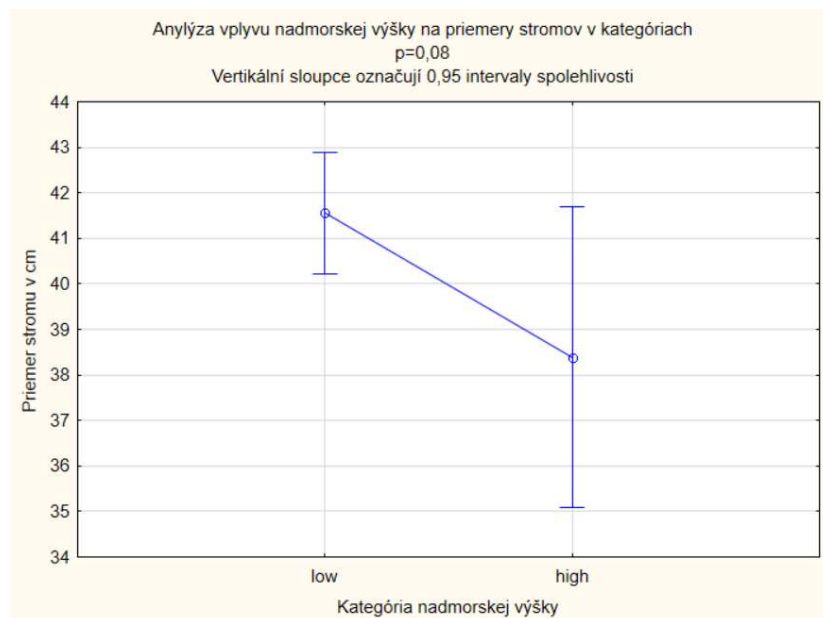
(Pozn. U všetkých regresných rovníc pre zrážky vyšla hodnota významnosti p nižšie ako je hodnota 0,001, čo je najprísnejšia hodnota významnosti $\alpha = 0,1\%$)

5.4. ANOVA analýzy kategórii LOW_HIGH

ANOVA analýzy som vytváral na základe mnou rozdelených kategórii, následne som previedol jednorozmerné analýzy ANOVA, pomocou ktorých som zistil konkrétne charakteristiky pre tieto kategórie.

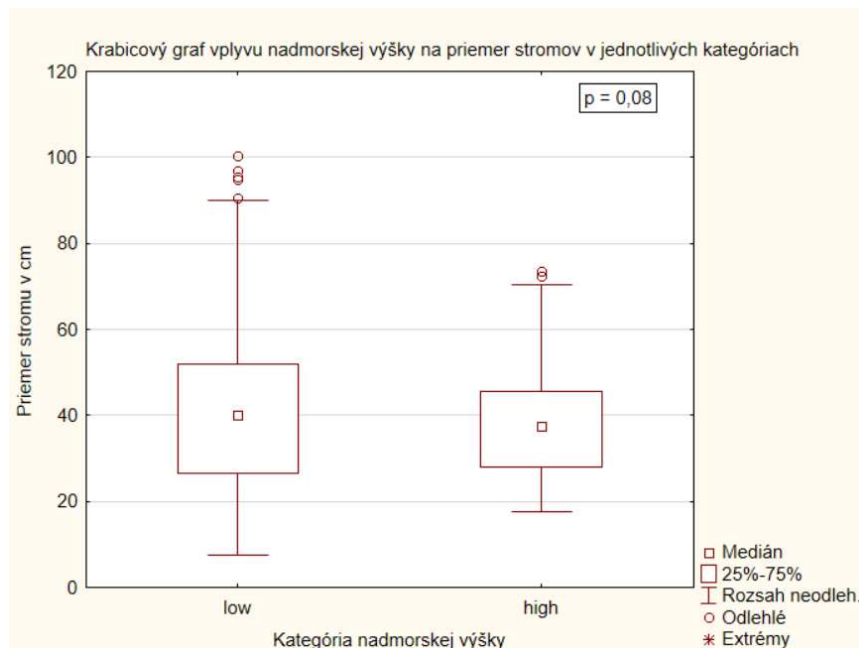
ANOVA analýza nadmorskej výšky na priemery stromov

Nasledujúci graf č. 8 nám znázorňuje a analyzuje vplyv nadmorských výšok na priemery stromov v jednotlivých kategóriách. Z analýzy je možné povedať, že stromy zaradené do kategórie *low* vykazovali v závislosti na nadmorskej výške vyššiu maximálnu hodnotu priemeru stromov. Naopak stromy zaradené do kategórie *high* mali nižšiu maximálnu hodnotu priemeru oproti kategórii *low*. Z ANOVA analýzy vyplýva, že obe kategórie vykazujú vplyv nadmorskej výšky na priemer stromu.



Graf č. 8 - ANOVA analýza vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov v kategóriách *low* a *high*

Tuto analýzu som následne porovnal s výsledkom v krabicovom grafe.



Graf č. 9 - Krabicový graf analýzy vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov v kategóriách *low* a *high*

Pre kategóriu *low* nám krabicový graf č. 9 zdefinoval minimálny priemer stromu (neodľahlé minimum) 7,5 cm, maximálny priemer (neodľahlé maximum) bol 90 cm. Medián pre túto kategóriu bol vypočítaný na hodnotu 40 cm, dolný kvartil pre túto kategóriu bol v 26,5 cm, naopak horný kvartil bol 52 cm.

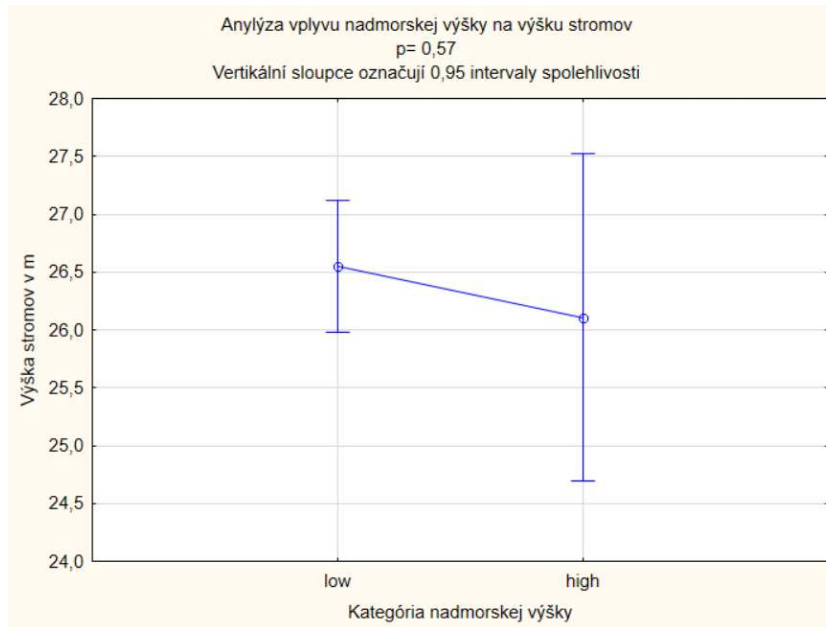
Pre kategóriu „high“ nám tento graf č. 9 zdefinoval minimálny priemer stromu (neodľahlé minimum) na úrovni 17,5 cm, maximálny priemer (neodľahlé maximum) na úroveň 70,5 cm. Medián pre túto kategóriu bol vypočítaný na hodnotu 37,5 cm, dolný kvartil bol 28 cm, horný kvartil bol 45,5 cm.

ANOVA analýza nadmorskej výšky na výšky stromov

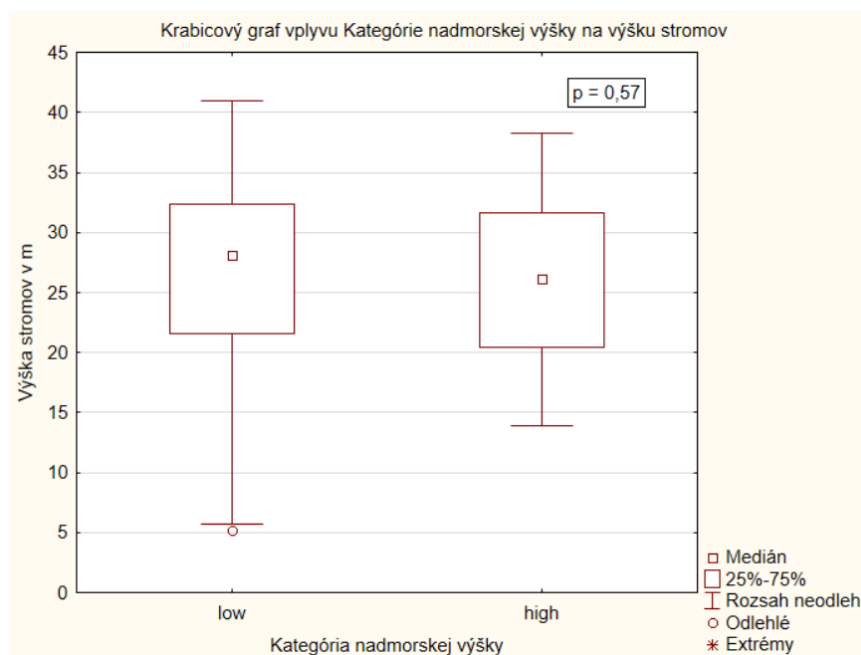
Nasledujúci graf zobrazuje analýzu ANOVA pri posúdení vplyvu nadmorskej výšky lokalít zaradených do jednotlivých kategórií *low* a *high* a vplyv na výšky stromov. ANOVA analýza nám ukázala, že výšky stromov v oboch kategóriách sú ovplyvňované nadmorskou výškou.

Na základe tejto analýzy môžeme povedať, že stromy v kategórii *low* vykazovali vyššiu hodnotu mediánu výšky stromov, a to 28,1 m, vyššiu hodnoty dolného a horného kvartilu 21,6 m, respektíve 32,4 m. Kategória *low* mala minimálnu výšku stromu (neodľahlé minimum) na úrovni 5,7 m a maximálna výška stromu (neodľahlé maximum) mala úroveň 41 metrov.

V kategórii *high* nám analýza a krabicový graf vyhodnotili medián na úrovni 26,1 metra, dolný kvartil má výšku 20,4 metra a horný kvartil hodnotu 31,6 metra. Minimálna výška stromu (neodľahlé minimum) je na úrovni 13,9 metra a maximálna výška stromu (neodľahlé maximum) je na úrovni 38,3 metra.



Graf č. 10 - ANOVA analýza vplyvu nadmorskej výšky na výšky stromov v kategóriách *low* a *high*



Graf č. 11 - Krabicový graf analýzy vplyvu nadmorskej výšky na výšky stromov v kategóriách *low* a *high*

5.5. Analýza vplyvu priemerných mesačných teplôt vegetačného a mimo vegetačného obdobia

V tejto analýze som sa zameril na zhodnotenie vplyvu priemerných mesačných teplôt vo vegetačnom a mimo vegetačnom období na priemer a výšku stromov na mojich lokalitách. Výsledky analýzy uvádzam v tabuľke č. 7.

		Výsledky regrese se závislou proměnnou : DBH (DATA v ANOVA + grafy_)					
		R= .07268364 R2= .00528291 Upravené R2= .00394951 F(1,746)=3.9620 p<.04690 Směrod. chyba odhadu : 17.244					
N=748		b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(746)	p-hodn.
Abs.člen				-22.8948	32.16578	-0.711774	0.476827
Priemerná mesačná teplota vo vegetačnom období (apríl-september)		0.072684	0.036516	5.5577	2.79217	1.990473	0.046903

Tab. č. 7 - Výsledok regrese vplyvu priemernej mesačnej teploty vo vegetačnom období na priemer stromov v prsnej výške

Z tejto mnohonásobnej regrese, výsledky v tabuľke č. 8, som zistil, že teplota vo vegetačnom a takisto mimo vegetačnom období má štatisticky významný vplyv na priemer stromov s hodnotami $p=0,04$ a $p=0,04$. Naopak tieto teploty nemali štatistický rozdiel na výšky stromov.

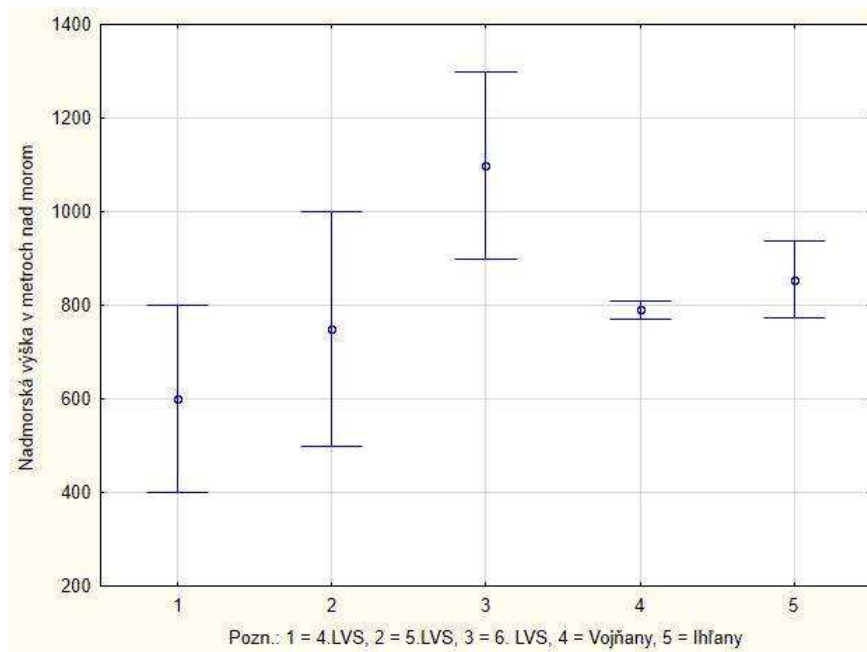
		Výsledky regrese se závislou proměnnou : DBH (DATA v ANOVA + grafy_)					
		R= .07268364 R2= .00528291 Upravené R2= .00394951 F(1,746)=3.9620 p<.04690 Směrod. chyba odhadu : 17.244					
N=748		b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(746)	p-hodn.
Abs.člen				48.79384	3.907467	12.48733	0.000000
Priemerná mesačná teplota mimo vegetačné obdobie (október – marec)		0.072684	0.036516	9.34172	4.693214	1.99047	0.046903

Tab. č. 8 - Výsledok regrese vplyvu priemernej mesačnej teploty v mimo vegetačnom období na priemer stromov v prsnej výške

5.6. Porovnanie klimatických hodnôt lesných vegetačných stupňov

Pre otestovanie rozloženia lesných vegetačných stupňov mojich meraných lokalít s klimatickými údajmi vegetačného stupňa vyššieho a nižšieho, som vychádzal z tabuľky charakteristiky lesných vegetačných stupňov a ich hodnôt zverejnených vo vyhláske Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky z roku 2006. Pre porovnanie som použil klimatické hodnoty pre lesný vegetačný stupeň č. 4, 5 a 6. Porovnávané boli hodnoty sumy ročných zrážok pre jednotlivé LVS, takisto priemerné ročné teploty a nadmorské výšky. Tieto dáta som porovnával s hodnotami z mojich lokalít. Nasledujúce grafy znázorňujú tieto prehľady jednotlivých náhľadov na lesné vegetačné stupne a mnou merané lokality Ihl'any a Vojňany.

Analýza nadmorskej výšky LVS a lokalít Ihľany a Vojňany

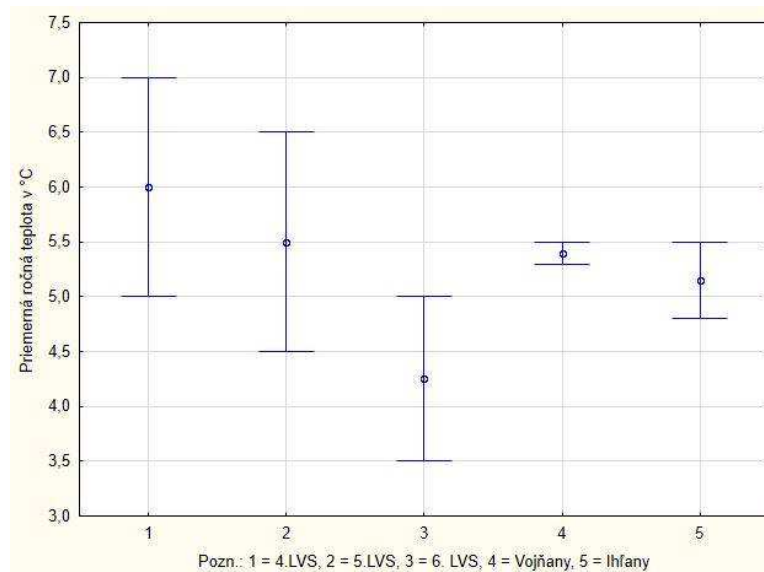


Graf č. 12 - Graf znázorňujúci hodnoty nadmorských výšok v metroch nad morom a hodnôt jednotlivých lokalít a LVS

Pri pohľade na graf č. 12 môžeme povedať, že na základe nadmorskej výšky sú moje lokality, ktoré sú obe zaradené do 5. LVS takto definované správne. Nadmorská výška mojej lokality Ihľany je v rozpätí od 772 do 938 m.n.m. a lokalita Vojňany má rozpätie od 771 do 810 m.n.m. Štvrtý lesný vegetačný stupeň má nadmorskú výšku od 400 do 800 metrov nad morom, piaty lesný vegetačný stupeň je charakterizovaný nadmorskou výškou od 500 do 1000 metrov nad morom a šiesty lesný vegetačný stupeň od 900 do 1300 metrov nad morom.

Analýza priemernej ročnej teploty LVS a lokalít Ihľany a Vojňany

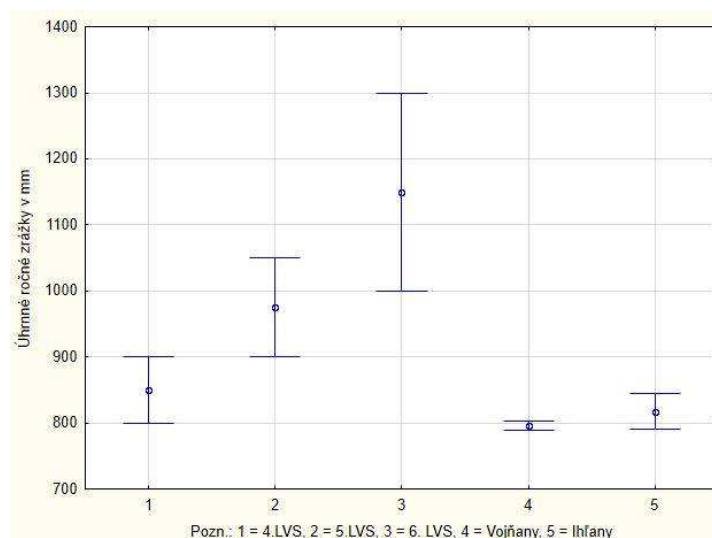
Štvrtý LVS z hľadiska priemernej ročnej teploty je charakterizovaný priemernou ročnou teplotou 5 - 7 °C, piaty LVS 4,5 – 6,5 °C a posledný mnou porovnávaný LVS má hodnoty od 3,5 do 5 °C. Moja lokalita Vojňany má priemernú ročnú teplotu v rozpätí od 5,3 do 5,5 °C, lokalita Ihľany má priemerné ročné teploty v rozpätí 4,8 až do 5,5 °C. Je taktiež možné potvrdiť, že zaradenie oboch lokalít z hľadiska priemernej ročnej teploty je správne, a oba lokality spadajú do 5. LVS. Rozloženie jednotlivých priemerných ročných teplôt jednotlivých LVS a lokalít Ihľany a Vojňany vidíme na grafe č. 13.



Graf č. 13 - Graf znázorňujúci hodnoty priemerných ročných teplôt jednotlivých lokalít a LVS

Analýza úhrnu ročných zrážok LVS a lokalít Ihľany a Vojňany

Ročné zrážky a úhrny sú jednotlivým mnou porovnávaných LVS definované takto, pre 4. LVS je ročný úhrn definovaný v rozmedzí 800 – 900 mm, 5. LVS má ročný úhrn zrážok 900 – 1050 mm a 6. LVS má rozloženie zrážok 1000 – 1300 mm. Keď sa pozrieme na ročné zrážky lokality Ihľany, tu sa ročný súhrn zrážok pohybuje na úrovni 790 – 845 mm, lokalita Vojňany na úrovni 789 – 802 mm zrážok za rok. Pri pohľade na tieto údaje z mojich lokalít je vidieť, že z pohľadu priemerných zrážok by obe lokality a ich zrážky odpovedali skôr úrovni zrážok v 4. LVS.



Graf č.14 - Graf znázorňujúci úhrnné ročné zrážky jednotlivých lokalít a LVS

6. Diskusia

Pri posudzovaní vplyvu nadmorskej výšky na stromy a ich vlastností je možné vidieť, že na lokalite Ihľany bol dosiahnutý štatisticky významný výsledok u vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov na tejto lokalite (Graf č. 2), kedy hodnota $p < 0,05$. Na lokalite Vojňany je vplyv nadmorskej výšky na priemer stromov štatisticky nevýznamný, pretože hladina p bola väčšia ako $p > 0,05$ (Graf č. 4).

Vplyv nadmorskej výšky na priemer stromov potvrdilo viacero štúdií. Kaygin a kol. (2016) vo svojej štúdií potvrdili vplyv nadmorskej výšky na fyzikálne a mechanické vlastnosti drevín. Vplyv nadmorskej výšky na dynamiku hrúbkového prírastu potvrdil takisto Bugala a Parobeková (2016), ktorý sledovali hrúbkový prírast v závislosti na gradiente nadmorskej výšky u jelše sivej (*Alnus Incana*).

Ďalšou z posudzovaných analýz bolo posúdenie vplyvu nadmorskej výšky na výšku stromov na lokalitách. U lokality Ihľany sa nám tento vplyv nepotvrdil, pretože hodnota významnosti bola vyššia ako 0,05 (Graf č. 3). Na lokalite Vojňany vidíme štatisticky významný vplyv nadmorskej výšky na výšku stromov na tejto lokalite (Graf č. 5).

Pomocou jednocestnej analýzy variancie boli vyhodnotené rozdiely medzi nadmorskou výškou a priemerom a výškou stromov vo kategóriách *low* a *high*. U oboch jednocestných analýz vyšiel výsledok štatistický nevýznamný, keďže ako u priemerov, tak výšok stromov k nadmorskej výške vyšla hodnota posudzovanej veličiny p vyššia ako hladina 0,05.

Ďalším testom som sa zistil vplyv priemerných mesačných teplôt vo vegetačnom a mimo vegetačnom období na priemer a výšku stromov. Z výsledkov môžem povedať, že na hodnoty DBH stromov má významný vplyv priemerných mesačných zrážok vo vegetačnom aj mimo vegetačnom období, s p hodnotou 0,04. Ako uvádza Hartl-Meier a kol. (2014) vo svojej štúdií, zmena modelu rastu nenaznačuje negatívny alebo pozitívny vplyv rastúcich teplôt na smrek obyčajný v alpských lokalitách. Na druhej strane však upozorňuje, že účinky období sucha a tepla sú viac menej na alpských lesoch zrejme. Iný výsledok dosiahol vo svojej štúdií Vencúrik a kol. (2013) kedy skúmali vplyv teplôt a zrážok na prirodzenú obnovu smreka obyčajného a jedle bielej. Vencúrik a kol. dospeli k záveru, že priemerná teplota a zrážkové úhrny ovplyvňovali výškový rast smreka a jedle približne rovnakou mierou. U smreku sa najväčší vplyv teploty prejavoval v auguste až októbri, čiže vo vegetačnom období. Zrážky pôsobili na

výškový rast jedle a smreku najviac v júli až septembri, čiže znova vo vegetačnom období. Salminen a kol. (2005) vo svojej štúdiu uvádza, že korelácia medzi výškovým prírastom stromov a zrážkami nie je signifikantná.

Z pohľadu klimatických hodnôt mojich lokalít a ich porovnaní so vzorovými hodnotami pre lesné vegetačné stupne na Slovensku sa dá povedať, že z hľadiska nadmorskej výšky a priemernej ročnej teploty zodpovedajú ročné zodpovedajú získané dáta zaradeniu do 5. lesného vegetačného stupňa. Čo sa týka úhrnu ročných zrážok, tak tu vykazujú moje lokality nižšie hodnoty, ako sú vzorové hodnoty pre 5.LVS. Ako uvádza Škvarenina a Tomlain (2015) piaty lesný vegetačný stupeň, čiže jedľovo-bukový má v súčasnosti kladnú vodnú bilanciu. Ďalej autori uvádzajú a predpokladajú, že v roku 2075 sa v tomto lesnom vegetačnom stupni budú vyskytovať len jarné a jesenné suchšie periódy.

Aktuálnosť rozloženia lesných vegetačných stupňov je stále viac diskutovanou témou. Výkyvy makroklimatických dát a ukazovateľov budú mať do budúca za následok ich vplyv na rozloženie lesných vegetačných stupňov s ohľadom na možné výškové gradientné posúvanie určitých drevín v rámci jednotlivých LVS. Ide hlavne o posun vhodnejších životných podmienok na konkrétnych lokalitách vplyvom meniacich sa klimatických pomerov. Je preto potrebné do budúca terénnymi šetreniami a štúdiami zisťovať zmeny týchto ekologických podmienok.

Ako uvádza Štefančík (2015), zmena klimatických hodnôt vplyvom globálneho otepľovania spôsobí vznik podmienok vhodných pre migráciu drevín severným smerom. Štefančík ďalej uvádza, že druhy drevín vyskytujúcich sa na severe budú vytvárať vo vyššom rozsahu kvalitnejšie kmene stromov. Dĺžka vegetačnej doby sa podľa autora bude zvyšovať pre mnoho druhov. Stúpajúca teplota pôdy vplyvom vyšších teplôt, bude stimulom pre rast ekotypov nižšie položených LVS vo vyšších LVS. Vo vyšších nadmorských výškach však pre miestne ekotypy nebude výrazne podporovať rast miestnych stromov. Vyššia teplota vo vyšších nadmorských výškach bude vhodnejšia pre stromy migrujúce alebo sadené z teplejších podnebí nižších nadmorských výšok. Ako pridáva Čaboun (2008) ústup drevín z niektorých lokalít vplyvom zmeny klímy prebehne väčšou rýchlosťou, ako ktorou sú schopné na uvoľnené miesto imigrovať dreviny iné, bude potrebná cieľavedomá kultivácia vhodných drevín hospodárením v lesoch.

Kritický pohľad na štúdiu

Je potrebné povedať, že lokality museli byť na poslednú chvíľu zmenené z dôvodu intenzívneho pohybu lesnej techniky na pôvodne vytipovaných lokalitách v čase začatia meraní. Táto technika sa na území pohybovala z dôvodu ťažby kôrovcom napadnutých stromov. Na základe tejto situácie som dostal odporúčenia sa v týchto lokalitách nepohybovať, a akýkoľvek výskum by bol v čase keď som začal s výskumom nebezpečný. Na základe tejto situácie som zvolil relatívne bezpečnejšie oblasti a lokality s vedomím toho, že moju pôvodnú náplň práce nesplním.

Z hľadiska využitia dát z Atlasu klimatu SR (webové rozhranie) bolo použitie tejto aplikácie nevhodné. Atlas vo webovej aplikácii poskytuje len hrubé mapy vo veľmi veľkej mierke. Na základe tejto mierky nebolo možné túto aplikáciu využiť na zber klimatických dát. Z tohto dôvodu som sa rozhodol Atlas klimatu SR nepoužiť. Dôvodom bola nemožnosť presného zamerania mojich študovaných plôch.

Pri získavaní klimatických dát bola použitá aplikácia DIVA GIS, ktorá svojím výstupom dát nemusí svojou presnosťou zodpovedať naším lokalitám. Aplikácia DIVA GIS pracuje s presnosťami 1 km², čo v našom prípade mohlo spôsobiť určitú nepresnosť v získaných dátach.

7. Záver

Cieľom tejto práce bolo nájsť, porovnať a zhodnotiť variabilitu sledovaných parametrov lesných drevín v lokalite Levočských vrchov.

Z prevedených analýz v predchádzajúcich kapitolách vyplýva, že na lokalite Ihl'any v Levočských vrchoch je signifikantný vplyv nadmorskej výšky na priemer stromu, a naopak na lokalite Vojňany je bezvýznamný.

Dôležitým zistením pri analýzach bolo zistenie, že na stromy v mnou skúmaných lokalitách Levočských vrchov má značný vplyv priemerná mesačná teplota vo vegetačnom ale aj mimo vegetačnom období. Tento vplyv ale bol len na parameter DBH, čiže len na hodnoty priemerov v prsnej výške. Čo bolo zaujímavým zistením, že tieto teploty mali bezvýznamný vplyv na výškový rast stromov.

Ďalším zaujímavým zistením bolo to, že z pohľadu nadmorských výšok a teplôt lokality Ihl'any a Vojňany spadali do 5. lesného vegetačného stupňa. Na druhú stranu však porovnanie so sumou zrážok vykázalo nízke hodnoty ročných úhrnov na týchto lokalitách a tieto hodnoty skôr odpovedali 4. lesnému vegetačnému stupňu.

Do budúcnosti by bolo vhodné sa viac zamerať na lokalitu Levočských vrchov a vplyv klímy na túto oblasť.

Pri ďalších následných štúdiách v tejto oblasti by bolo potrebné použiť presnejšie zdroje a modely zrážkových a teplotných hodnôt ako aplikáciu DIVA GIS pracujúcu s presnosťou 1 km².

8. Zoznam použitej literatúry

BAKO J., BERTA J., FERIANC O., FERIANCOVÁ-MASÁROVÁ Z., FUSÁN O., FUTÁK J., HEJNÝ S., JURKO A., KORBEL L., KURPELOVÁ M., LUKNIŠ M., MIČIAN Ľ., MICHALKO J., PETROVIČ Š., SCHMIDT Z., ŠIMO E., VILČEK F., ZAŤKO M., 1972: Slovensko: príroda. Obzor, Bratislava, 920 s. 65-043-72.

BARNES V.B., ZAK R.D., DENTON R.S., SPURR H.S., 1998: Forest Ecology. 4th edition. John Wiley and Sons, Inc., USA, 774 s.

BUGALA M., PAROBEKOVÁ Z., 2016: Vplyv gradientu nadmorskej výšky na produkciu jelše sivej (*Alnus Incana* (L.) Moench.) v podmienkach Bukovských vrchov. In: Zprávy lesníckeho výskumu, 61 (3). s. 175-180

ČABOUN V., 2008: Vplyv klimatických zmien na lesy Slovenska. Národné lesnícke centrum, 45 s.

HARTL-MEIER, C., ZANG, CH., DITTMAR, CH., ESPER, J., GÖTTLEIN, A., ROTHE, A. 2014: Vulnerability of Norway spruce to climate change in mountain forests of the European Alps. CLIMATE RESEARCH, Vol. 60, s. 119-132

HLÁSNY T., HOLUŠA J., ŠTĚPÁNEK P., TURČÁNI M., POLČÁK N. 2011: Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. JOURNAL OF FOREST SCIENCE, Vol. 57, s. 422-431

HLÁSNY T., SITKOVÁ Z., BOŠEĽA M., ZÚBRIK M., TROMBIK J., BARKA I., LONGAUER R., DOBOR L., BARCZA Z., FABRIKA M., SEDMÁK R., 2012: Zmena klímy a lesy Slovenska. Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, Zvolen. 75 s.

KAŇUKJ., 2008: Analýza dostupného globálneho žiarenia v urbánnych územiach Slovenska pomocou GIS in GEOGRAPHIA CASSOVIENSIS II. vyd. 1, s. 59 - 63

KAYGIN B., ESNAF S., AYDEMIR D. 2016: The Effect of Altitude Difference on Physical and Mechanical Properties of Scots Pine Wood Grown in Turkey–Sinop Province. DRVNA INDUSTRIJA, vol. 67 (4), s. 393-397

KRIŽOVÁ E., 1995: Fytocenológia a lesnícka typológia. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 182 s.

MARUŠÁK R., URBÁNEK V., ŠEBEŇ V., 2009: Dendrometrické prístroje a pomôcky pre efektívne meranie lesa. Národné lesnícke centrum, Zvolen, 98 s. ISBN 978-80-8093-097-4.

MICHAELI E. 2015. Regionálna geografia Slovenskej republiky.1. vyd. Prešov: Prešovská univerzita v Prešove, 2015. 134 s. ISBN 978-80-555-1269-3

MINĎÁŠ J., ŠKVARENINAJ., 1994: Predpokladané dôsledky klimatických zmien na lesné ekosystémy. Národný klimatický program, Bratislava, NKP 1, s. 55-82.

MINĎÁŠ J., KONÔPKA J., NOVOTNÝ J., JENDEK S., 2006: Lesy Slovenska. Národné lesnícke centrum, Zvolen, 223 s. ISBN 80-8093-001-5.

MINĎAŠ J., PÁLENÍK, V., NEJEDLÍK, P., LAPINM., ŠŤASTNÝ P., ŠKVARENINA J., ŠIŠKA B., MAJERČÁKOVÁ O., MAJERČÁK J., SZOLGAY J., HLAVČOVÁ K., NOVOTNÝ J., JANKOVIČ J., HALZLOVÁ K., BALAJKA J., DOMONKOS T., LICHNER I., SLOBODNÍKOVÁ S., ŠTEFÁNIK M., RADVANSKÝ M., MIKLOŠOVIČ T., DOVÁLOVÁ G., LÁBAJ M., 2011: Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch – Záverečná správa. Zvolen, Vedecká agentúra pre lesníctvo a ekológiu, 253 s.

OTTO H.J. 1998: *Écologie forestière*. Institut pour le développement forestier, Paris, 1998. 397 s

RANDUŠKA D., VOREL J., PLÍVA K. 1986: *Fytocenológia a lesnícka typológia*. Bratislava, *Príroda*, 344 s.

SALMINEN H., JALKANEN R., 2005: Modelling the Effect of Temperature on Height Increment of Scots Pine at High Latitudes. *Silva Fennica*, vol. 39, No. 4, p. 497-508.

SAMEK V., 1994: Typológia lesů. In: MORAVEC, J., 1994: *Fytocenologie*. Academia, Praha, 403 s. ISBN 80-200-0457-2.

ŠKVARENINA J., TOMLAIN J., KRIŽOVÁE. 2002: Climatic water balance of altitudinal zones – stages in Slovakia. *Meteorol. zpr. – Meteorological Bulletin*, Prague, vol. 55, No. 4, p. 103-109.

ŠKVARENINA, J., TOMLAIN, J. 2003: Modelovanie zmien klimatickej vodnej bilancie vegetačných stupňov. In MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J. (Eds.): Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. Zvolen, EFRA, LVÚ, s. 82–85

ŠKVARENINA J., HLAVATÁ H. Typologická a fytoocenologická charakteristika tatranských lesov z pohľadu klimatických a hydrických pomerov. In Rožnovský J., Litschmann T., Středová H., Středa T. (eds): Voda, půda a rostliny Křtiny, 29. – 30.5. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2

ŠTEFANČÍK I., 2007: Klimatická zmena a lesné ekosystémy. I. Dôsledky a dopad na lesné ekosystémy. Lesnícky časopis – Forestry Journal, Bratislava, vol. 53 (2), p. 129-144, ISSN 0323-1046

TUŽINSKÝ L. 2007. Bioklimatológia. 2. vyd. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2007. 153 s. ISBN 978-80-228-1799-8.

TUŽINSKÝ L. Vplyv klimatických zmien na vlhkosť pôdy v lesných ekosystémoch. In Litschmann T., Rožnovský J. (ed): Agrometeorologická konferencia 93. Sborník referátů. ČBkS, Brno, 25.-26.11.1993, s. 44-48

VENCÚRIK J., KUCBEL S., SNOPKOVÁ Z.,2013: Štruktúra, rast a klimatická senzitivita prirodzenej obnovy smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst.) a jedle bielej (*Abies alba* Mill.) vo výberkových lesoch severozápadných Karpát. In: Zprávy lesnického výskumu, 58 (2). s. 123-130

ZLATNÍK A. 1976. Lesnická fytoocenologie. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1978. 495 s.

Zoznam použitých internetových zdrojov

URL1:

SLOVENSKÝ HYRDOMOTEOLOGICKÝ ÚSTAV, 2017: Klimatické pomery Slovenskej republiky. Online: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1064>, cit., 24.03.2017

URL2:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autori mapovej kompozície Klimatické oblasti: Lapin, M., Faško, P., Melo, J., Šťastný, P., Tomlain, J. Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

URL3:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autori mapovej kompozície Priemerná ročná teplota vzduchu: Nieplová, E., Melo, J., Šťastný, P., Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

URL4:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autori mapovej kompozície Priemerné ročné úhrny zrážok: Faško, P., Šťastný, P., Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

URL5:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autor mapovej kompozície Priemerné ročné úhrny aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie: Tomlain, J. Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

URL6:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autor mapovej kompozície Globálne žiarenie a relatívne trvanie slnečného svitu: Tomlain, J., Hrvol', J. Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

URL7:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autor mapovej kompozície Pôdy: Šály, R., Šurina, B. Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

URL8:

Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky, 2006: Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky z 21. júna 2006o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa. Online: <http://www.minv.sk/?lesne-hospodarstvo-a-polovnictvo&subor=179714>, cit. 24.03.2017

URL9:

Slovenská agentúra životného prostredia, 2017: Atlas Krajiny Slovenskej Republiky. Autor mapovej kompozície Slovensko – satelitná kompozícia: Pauk, J. a kol. Online: <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit., 24.03.2017

9. Zoznam obrázkov, tabuliek a grafov

Zoznam obrázkov:

- Obr. č. 1** - Rozloženie klimatických oblastí Slovenska (URL2)
- Obr. č. 2** - Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 1990 v °C (URL3)
- Obr. č. 3** - Vývoj priemerných ročných teplôt vzduchu v období 1961 – 2010 na vybraných klimatologických staniach SHMÚ situovaných v rôznych nadmorských výškach (vegetačných stupňoch) na Slovensku (Hlásny a kol., 2012)
- Obr. č. 4** - Priemerná ročný úhrn zrážok za obdobie 1961 – 1990 v mm (URL4)
- Obr. č. 5** - Priemerná ročný úhrn aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie 1961 – 1990 v mm (URL5)
- Obr. č. 6** - Priemerná ročné sumy globálneho žiarenie za obdobie 1961 – 1990 v kWh.m⁻² (URL6)
- Obr. č. 7** - Prehľad pôdnych typov a pôd na území Slovenska (URL7)
- Obr. č. 8** - Poloha Levočských vrchov na mape Slovenska (URL9)
- Obr. č. 9** - Prístroj VERTEX IV s transpondérom použité pri meraní (Marušák a kol., 2009)

Zoznam tabuliek:

- Tab. č. 1** - Lesné vegetačné stupne Slovenska vrátane vybraných porovnávacích údajov (URL8)
- Tab. č. 2** - Determinačné koeficienty pre mesačné teploty lokalít Ihľany a Vojňany plôch v závislosti na nadmorskej výške
- Tab. č. 3** - Determinačné koeficienty pre mesačné zrážky lokalít Ihľany a Vojňany plôch v závislosti na nadmorskej výške
- Tab. č. 4** - Determinačné koeficienty pre mesačné teploty zo 150 DIVA GIS bodov v závislosti na nadmorskej výške

Tab. č. 5 - Determinačné koeficienty pre mesačné zrážky zo 150 DIVA GIS bodov v závislosti na nadmorskej výške

Tab. č. 6 - Determinačné koeficienty pre mesačné zrážky za vegetačné a mimovegetačné obdobie zo 150 DIVA GIS bodov v závislosti na nadmorskej výške

Tab. č. 7 - Výsledok regresie vplyvu priemernej mesačnej teploty vo vegetačnom období na priemer stromov v prsnej výške

Tab. č. 8 - Výsledok regresie vplyvu priemernej mesačnej teploty v mimo vegetačnom období na priemer stromov v prsnej výške

Zoznam grafov:

Graf č. 1 - Porovnanie nadmorských výšok skúmaných lokalít

Graf č. 2 - Graf znázornenia počtu a druhov stromov na lokalite Ihľany

Graf č. 3 - Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na priemer stromov na lokalite Ihľany

Graf č. 4 - Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na výšku stromov na lokalite Ihľany

Graf č. 5 - Graf znázornenia počtu a druhov stromov na lokalite Vojňany

Graf č. 6 - Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na priemer stromov na lokalite Vojňany

Graf č. 7 - Bodový graf závislosti nadmorskej výšky na výšku stromov na lokalite Vojňany

Graf č. 8 - ANOVA analýza vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov v kategóriách *low* a *high*

Graf č. 9 - Krabicový graf analýzy vplyvu nadmorskej výšky na priemer stromov v kategóriách *low* a *high*

Graf č. 10 - ANOVA analýza vplyvu nadmorskej výšky na výšky stromov v kategóriách *low* a *high*

Graf č. 11 - Krabicový graf analýzy vplyvu nadmorskej výšky na výšky stromov v kategóriách *low* a *high*

Graf č. 12 - Čiarový graf znázorňujúci hodnoty nadmorských výšok v metroch nad morom a hodnôt jednotlivých lokalít a LVS

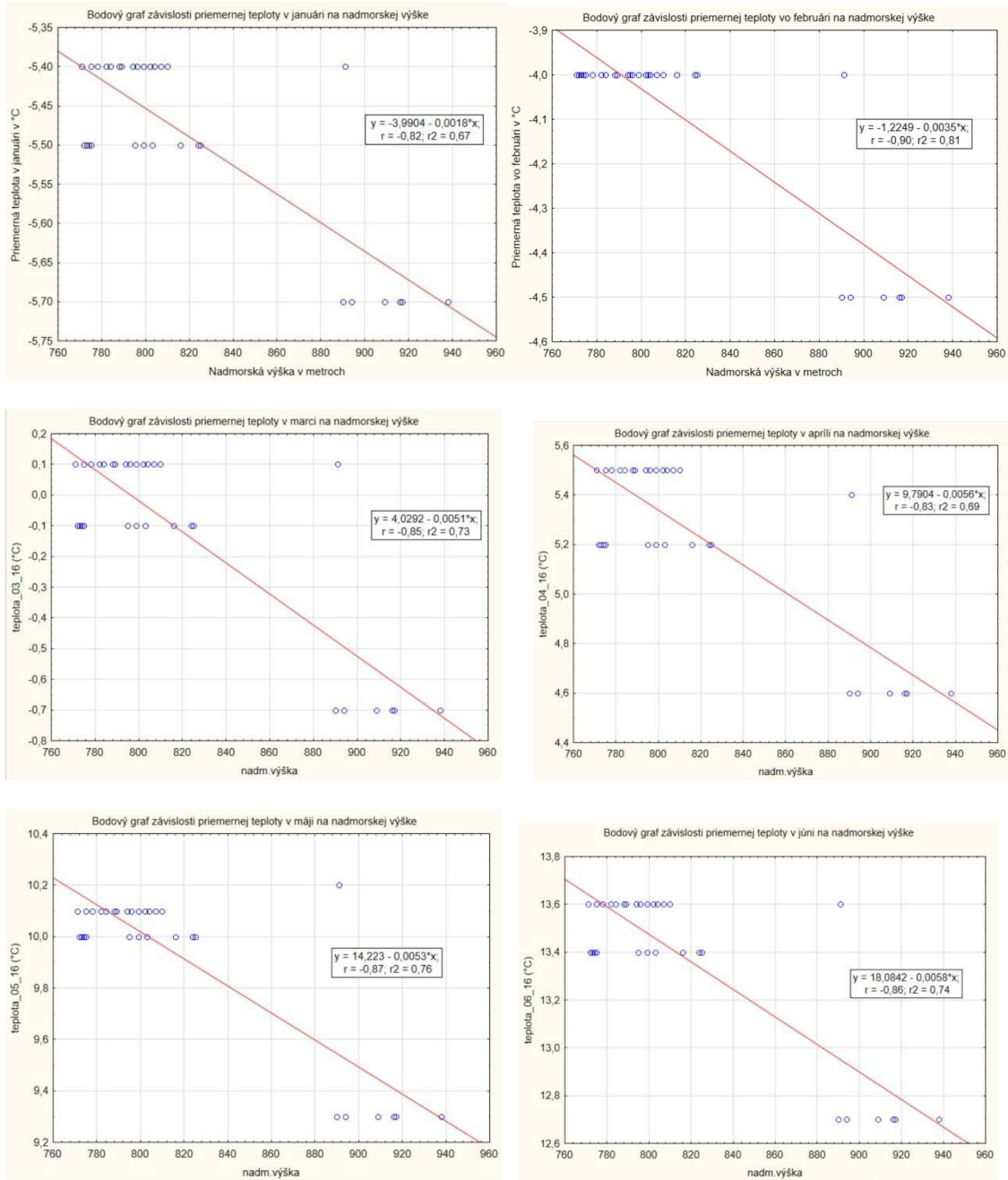
Graf č. 13 - Čiarový graf znázorňujúci hodnoty priemerných ročných teplôt jednotlivých lokalít a LVS

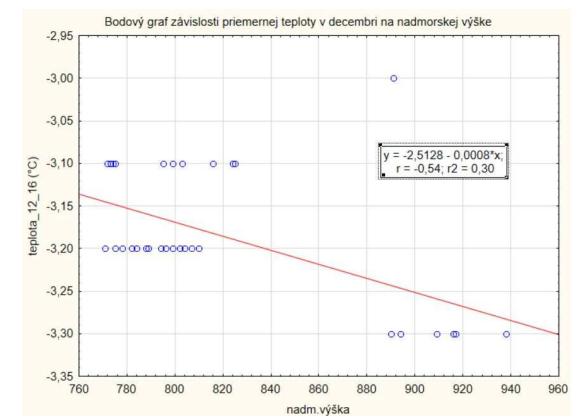
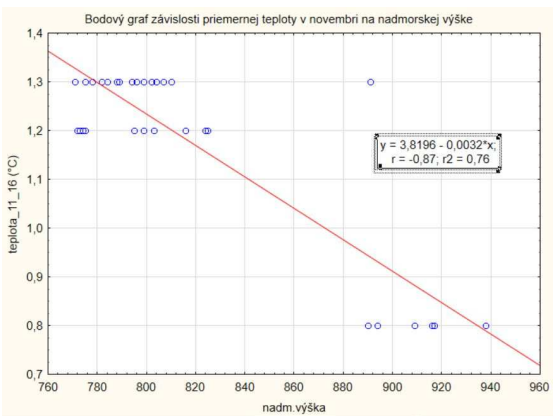
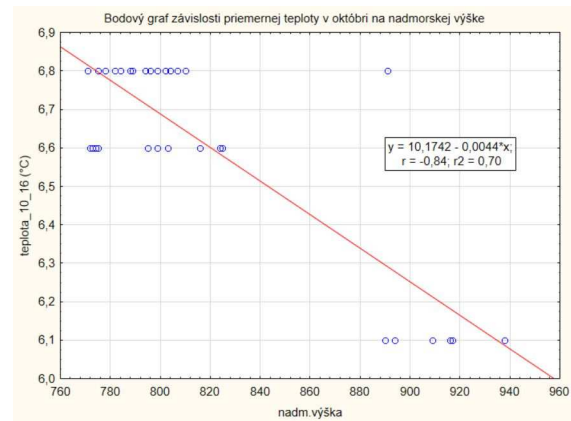
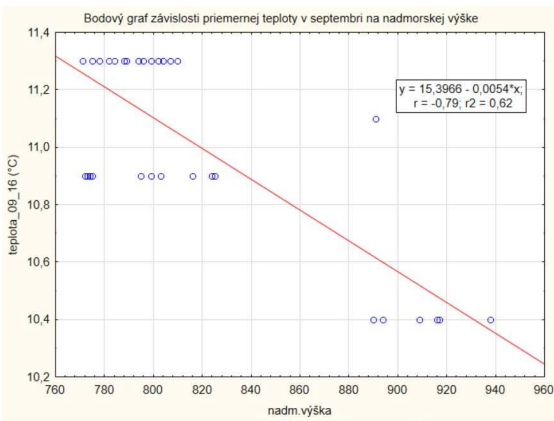
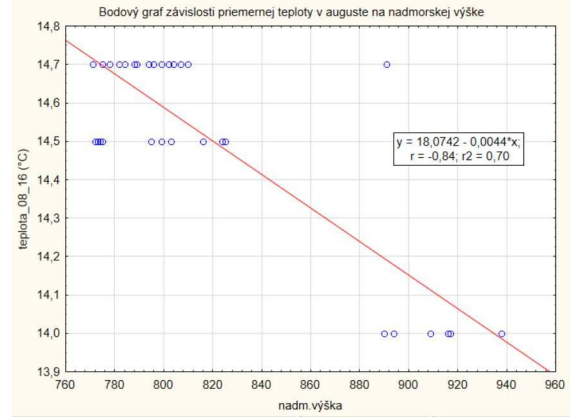
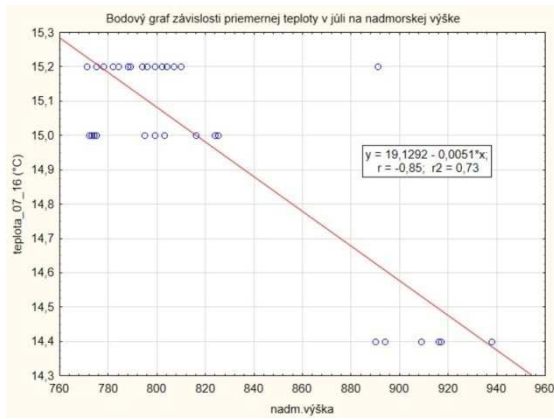
Graf č. 14 - Čiarový graf znázorňujúci úhrnné ročné zrážky jednotlivých lokalít a LVS

10.Prílohy

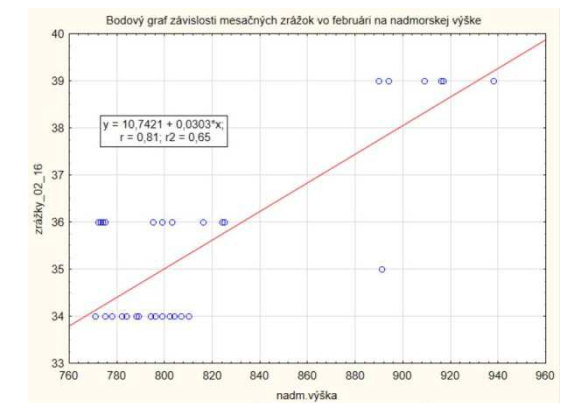
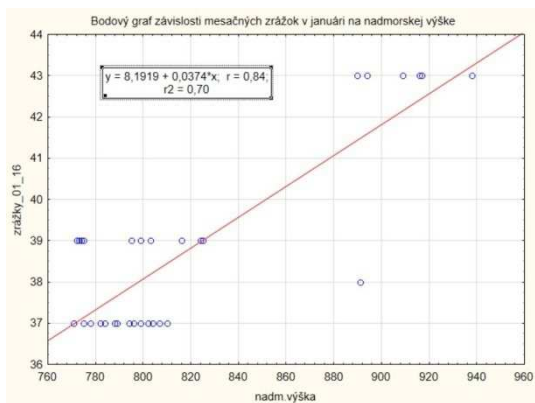
Lokality Ihľany a Vojňany – grafy regresných analýz spracované v aplikácii STATISTICA 12

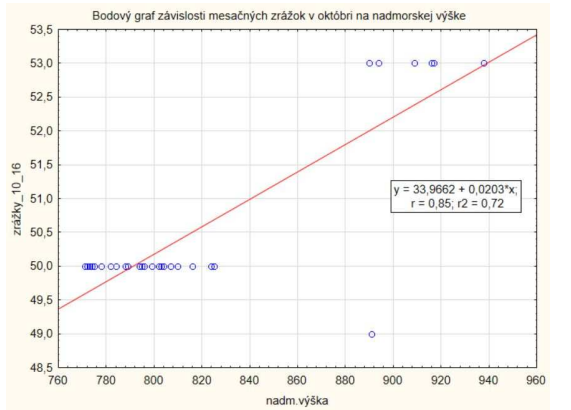
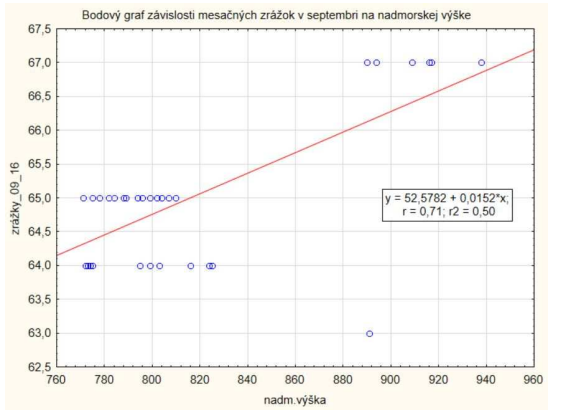
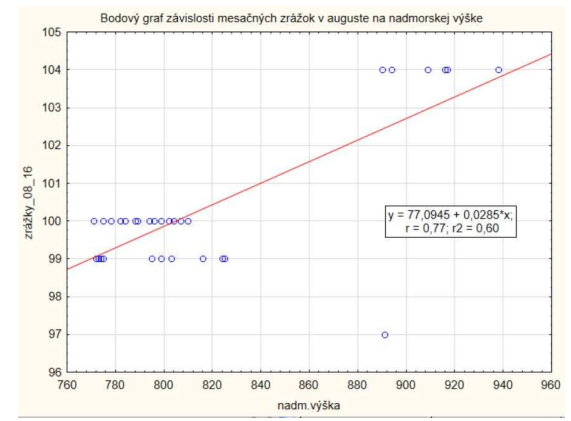
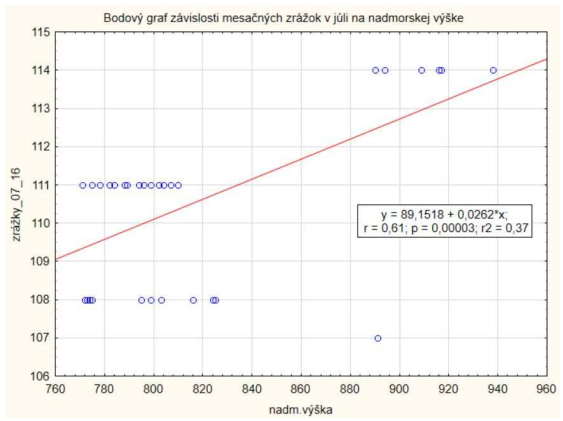
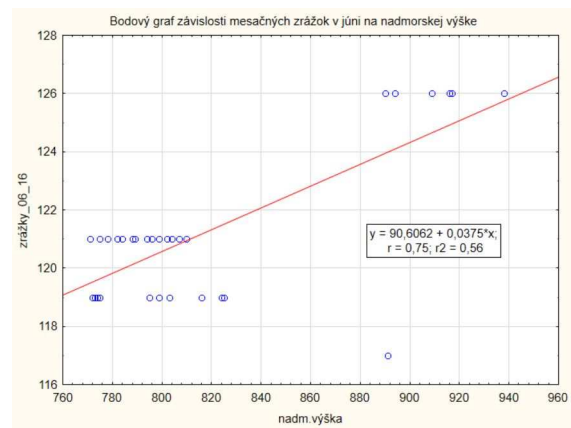
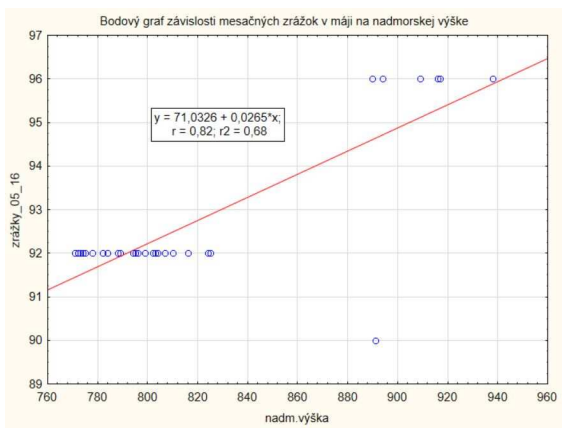
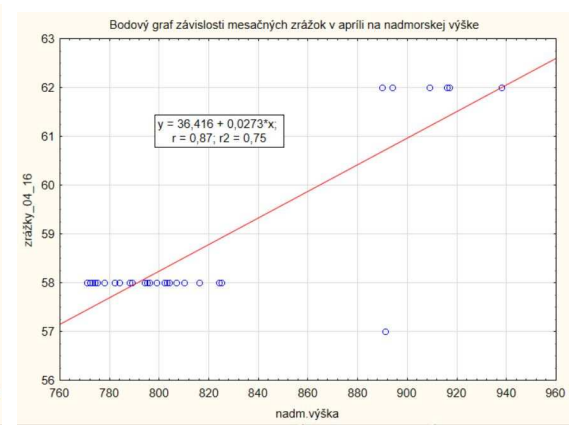
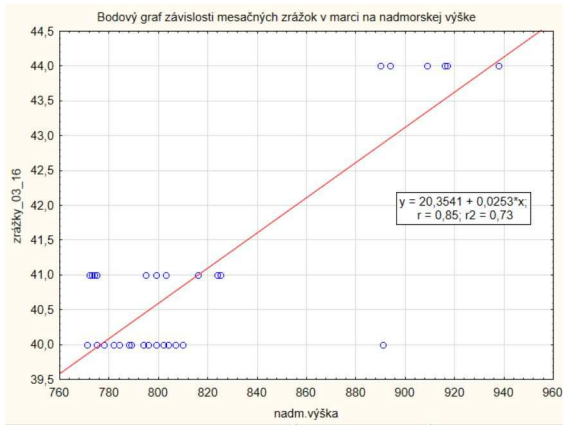
Teploty

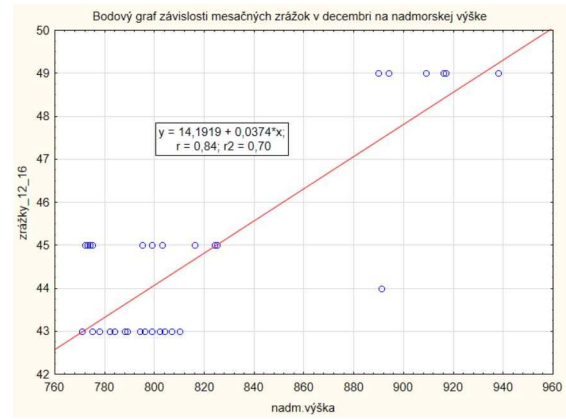
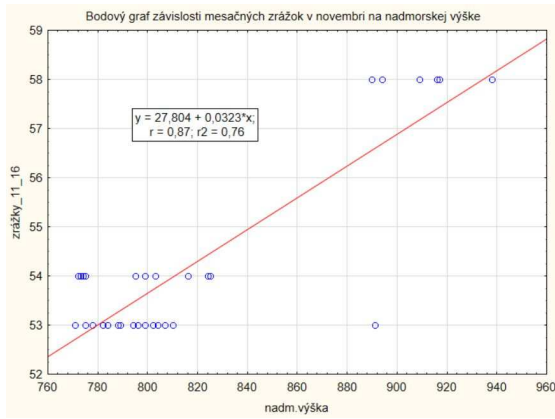




Zrážky

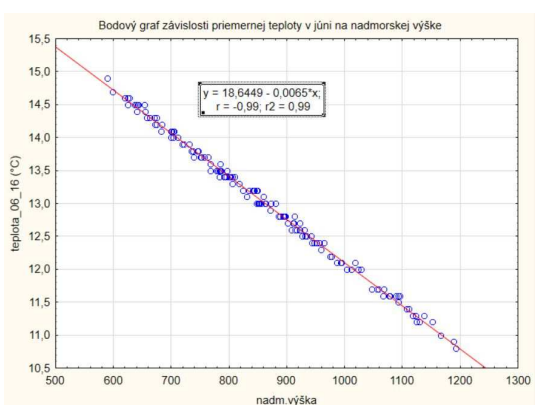
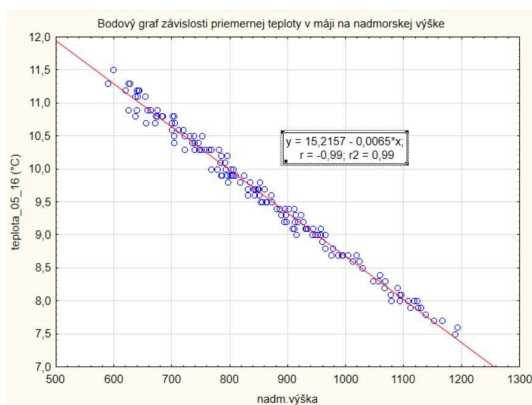
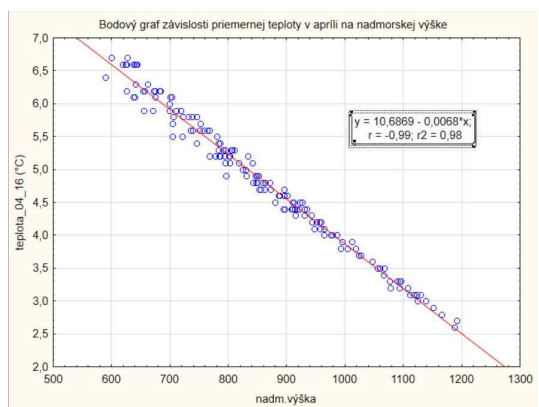
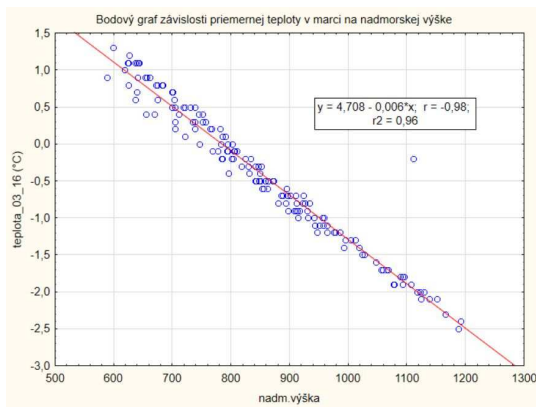
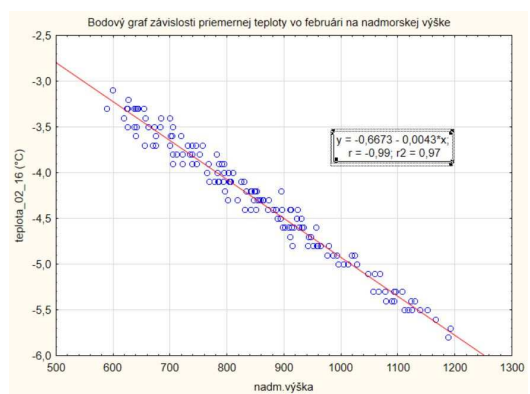
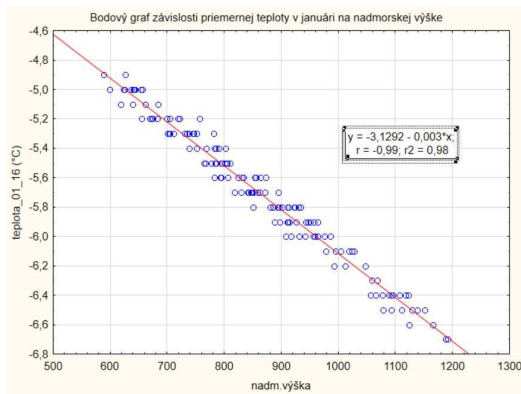


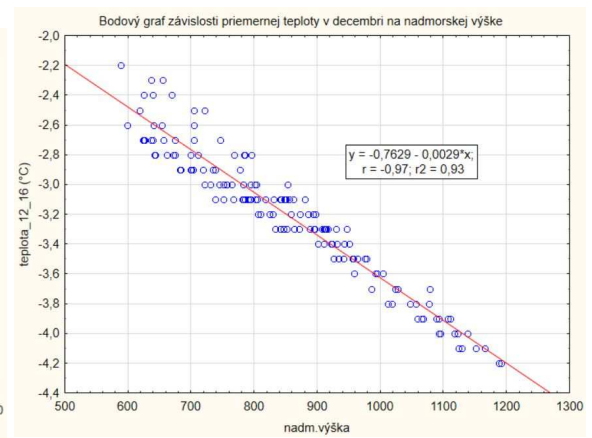
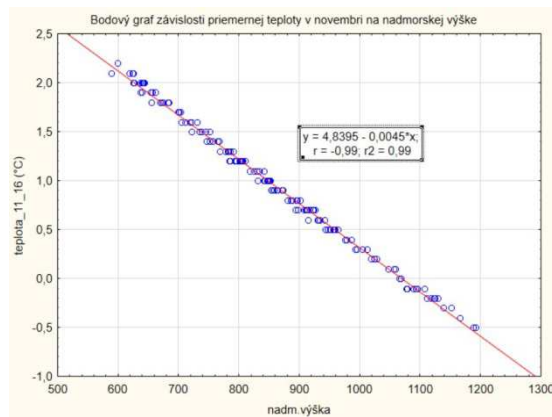
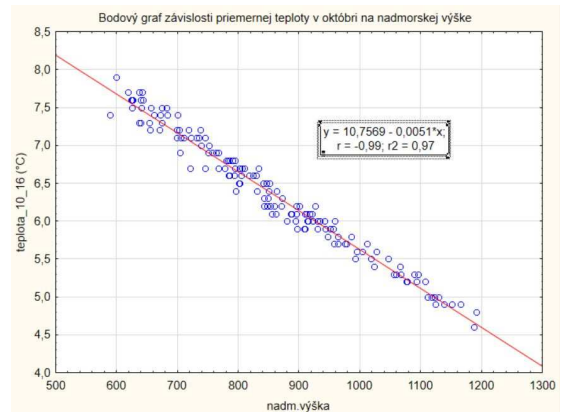
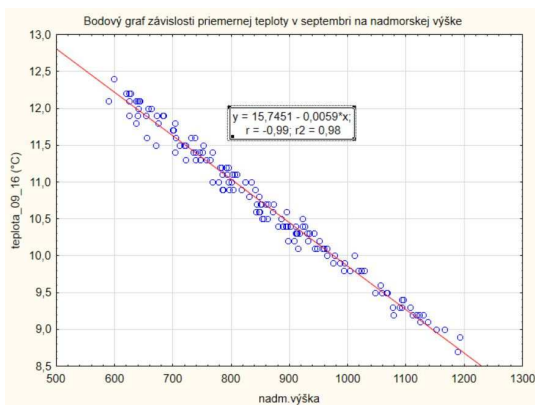
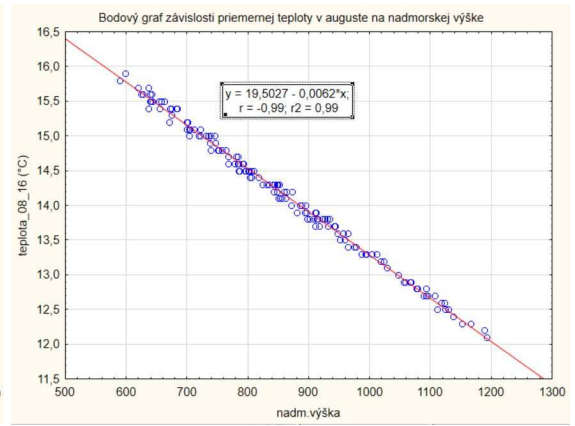
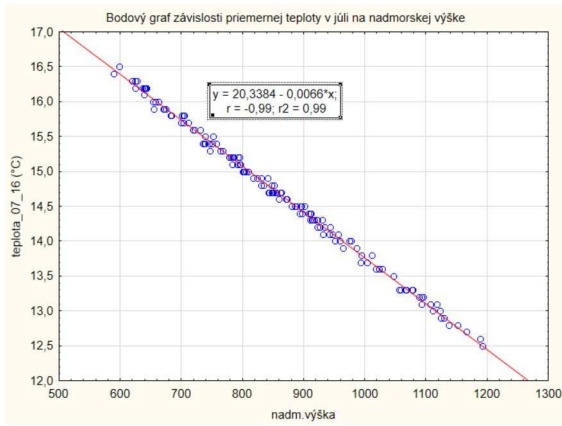




DIVA GIS lokality

Teploty





Zrážky

