

Bakalárska práca Biologickej fakulty Jihočeskej univerzity,
České Budějovice.

Korelácia rastových faktorov u borovice vejmutovky (*Pinus
strobus*) v oblasti CHKO Labské pískovce.

Dáša Hanzélyová
1994

vedúci práce: Doc. RNDr. Jan Lepš, CSc.

Prehlasujem, že som uvedenú prácu vypracovala samostatne, len s
použitím uvedenej literatúry.

V Českých Budějoviciach, 21. 4. 1994.

Hanzélyová

ÚVOD

V posledných 20tich rokoch sa na viacerých lokalitách územia Českej republiky veľmi výrazne prejavuje invázia borovice vejmutovky (*Pinus strobus*). Týmto problémom je postihnuté najviac územie Děčínskej vrchviny. Dôležitým ukazateľom, charakterizujúcim invazný druh sú rastové faktory. Preto som v tejto práci sledovala vzťahy medzi vybranými rastovými funkciami u borovice vejmutovky v oblasti CHKO Labské pískovce na Děčínskej vrchovine.

Podľa geobotanickej mapy pre danú oblasť sú na území CHKO pôvodnou fytomorfologickou jednotkou bikové bučiny. V okolí rieky Labe a v severnejších častiach územia sa vyskytujú acidofilné bory a reliktné bory silikátových podkladov zväzov *Dicrano-Pinion* a *Erico-Pinion*.

Na geologickej stavbe Děčínskej vrchviny sa podieľajú sedimentárne horniny zvrchnej kriedy. Na povrchu sú badateľné ako kremenné kvadrové pieskovce, ktoré tvoria veľmi silne rozvinutú údolnú sieť. Sústava vodných tokov je na danom území riedka. Pre celkovú suchosť a nedostatok povrchovej vody (spôsobený čiastočne aj priepustnosťou pieskovca) pripomína toto územie aridné klimatické oblasti. Vďaka veľkej orografickej rozrôznenosti sú klimatické pomery na popisovanom území veľmi rozdielne. Častý výskyt inverzných polôh a hlboké skalné rozsadliny striedajúce sa s pieskovcovými plošinami umiestnenými 200 až 300m nad úrovňou územia spôsobujú tiež veľké rozdiely v priemerných ročných teplotách, zrážkach a počte mrazových dní za rok.

Za posledné obdobie (podľa výpovedí približne 10 až 15 rokov) sa borovica vejmutovka na území CHKO značne rozšírila, a to núti sa nad daným faktom pozastaviť a bližšie sa ním zaoberať, pretože invázia zasahuje aj pôvodné lesy, predovšetkým reliktné bory borovice

lesnej (*Pinus sylvestris*) a mení ich druhovú skladbu. Zaujímavá je aj skutočnosť, že aj pri vyššie uvádzanej variabilite prostredia bol tento druh schopný dobrej aklimatizácie a obsadzuje veľmi rozdielne stanoviská. V súčasnosti prebieha v danej oblasti na tomto druhu rozsiahly výskum, organizovaný Botanickým ústavom AV ČR v Průhoniciach. Táto práca je jeho súčasťou a jej výsledky budú použité pri ďalšej práci.

Cieľom tejto práce bolo: (1) Zistiť závislosť niektorých morfometrických charakteristík na veku, tak aby výsledky mohli byť ďalej používané pre odhad vekovej štruktúry populácií. (2) Stanoviť rastové charakteristiky borovice vejmutovky na štyroch vybraných lokalitách postihnutých mohutnou inváziou, z ktorých dve sú považované za extrémne a dve za normálne. (3) Zistiť, či môže byť rast ovplyvnený prípadnou konkurenciou najbližších susedov na stanovisku.

CHARAKTERISTIKA BOROVICE VEJMUTOVKY (*PINUS STROBUS*)

Borovica vejmutovka patrí do podrodu Haploxyylon (Koehne 1893) rodu *Pinus*, čeľade Pinaceae radu Pinales (Hejný & Slavík, 1988). Jej pôvodným areálom je široká oblasť východnej časti Severnej Ameriky, kde tvorí rozsiahle lesy a kde je pestovaná ako významná hospodárska drevina. V pôvodnom areále rastie na vlhkých a bažinatých pôdach, ale je schopná znášať aj suché, kamenité a štrkovité pôdy, na ktorých však dosahuje menšie rozmery. Zle znáša suché a vápenaté pôdy.

Do Európy bola prevezená asi v polovici 16. storočia. Vlastné zavedenie do kultúry sa datuje do roku 1705, kedy bola privezená zo Severnej Ameriky lordom Weymuthom. Postupne sa rozšírila a veľmi dobre aklimatizovala po takmer celej Európe, buď ako okrasný strom pestovaný v parkoch či na panstvách, alebo ako

vysádzané kultúry pre hospodárske účely. Podľa Musila (1971) sú pre daný druh najvhodnejšie podmienky v Európe medzi 41°-66° sev. zem. šírky a 4°-44° vých. zem. dĺžky.

Borovica vejmutovka rastie rýchlejšie ako borovica lesná (*Pinus sylvestris*), lepšie odoláva prachu a smogu, mrazom a snehovému tlaku a je odolnejšia proti hmyzu a ohňu. V mladosti je však často v blízkosti ríbezlí a egreša napadaná hrdzou (*Cronartium ribicolum*) (Klika et al., 1953). Tieto skutočnosti spolu s ďalšími charakteristikami ako napr. vysoká semenná produkcia, hodnoty maximálnej a priemernej výšky stromu, priemerný interval medzi veľkými úrodami semien atď. ju radia do kategórie druhov schopných invázií (Rejmanek & Richardson, 1994; Horton & Bedell, 1960).

METODIKA

Študované plochy

Údaje pre prácu boli získavané zo štyroch rôznych lokalít, nachádzajúcich sa na území Chránenej krajinej oblasti Labské pískovce. Výber bol prevedený tak, aby reprezentoval čo možno najväčšiu variabilitu podmienok, v ktorých borovica vejmutovka v danej oblasti rastie.

Černá Brána je pôvodný reliktný bor so staršími stromami borovice lesnej, do ktorého invaduje mladšia populácia borovice vejmutovky. Lokalita leží na skalnom pieskovcovom plate severovýchodným smerom ostro ohraničenom údolím riečky Křinice a hĺbokou skalnou rozsadlinou. Stanovište má nízky a miestami až takmer žiaden pôdny profil na holej skale a pomerne vysokú relatívnu vlhkosť vzduchu, o čom svedčí aj prítomnosť rojovníka bahenného (*Ledum palustre*). Zisťovanie rastových parametrov bolo

prevedené u stromov rastúcich prevažne na okraji skalnej rímsy, vo väčšine prípadoch len s veľmi slabou humusovou vrstvou, ale s výrazne dobrými svetelnými podmienkami. V súčasnosti tvorí borovica vejmutovka na danom území mladší vtrúsený porast v starom lese borovice lesnej.

Rynartice-skaly je skalné plato s pôvodným smrekovým lesom na vrchole, v súčasnosti s bohatým náletom borovice vejmutovky na okrajoch. Toto stanovište má oproti predchádzajúcemu hlbší pôdny profil, ale charakter rastu stromov je zrovnateľný. Svetelné pomery sú tu vzhľadom k orientácii okraja plata a k hustote lesa o niečo horšie. Lokalita sa spolu s lokalitou Rynartice-les nachádza v blízkosti obce Rynartice.

Obidve lokality sú v tejto práci považované vzhľadom k uvedeným skutočnostiam za extrémnejšie v ekologických podmienkach.

Růžový hřeben sa nachádza vo vzdialenosti asi 7km severovýchodným smerom od mesta Děčín. Je to dobre zapojený, pravdepodobne pôvodne vysadený les borovice vejmutovky (súdiac podľa malých vekových rozdielov medzi jedincami populácie), umiestený na pieskovcovej plošine s hlbokým pôdnym profilom na povrchu. Plato je ohraničené z východnej strany 200m vysokým širokým kaňonom rieky Labe. V lese je nápadný mladý, veľmi hustý podrast borovice vejmutovky.

Rynartice-les - zmiešaný pravdepodobne kultúrny les smreku obyčajného (*Picea excelsa*) a borovice lesnej s vtrúsenými starými stromami borovice vejmutovky, s dobrým pôdnym profilom. O kultúrnosti lesa svedčí aj súčasná introdukcia mladých stromov borovice lesnej. Na stanovisku je väčšia hustota lesa, čím sa dá predpokladať konkurencia o svetlo.

Zber dat

Na základe dobrých výsledkov (Herben et al., 1993), dosiahnutých

pri používaní niektorých allometrických charakteristík pre odhad biomasy u *Festuca rubra* pokúsili sme sa o zistenie podobnej závislosti u borovice vejmutovky vo vzťahu k veku. Stromy, na ktorých boli merané vytypované rastové parametre, boli vyberané náhodne, len s menším ohľadom na pomerné zastúpenie všetkých vekových kategórií vo výberovom súbore. U každého vybraného jedinca boli zisťované tieto charakteristiky: počet vetvových praslenov, obvod vo výške 20cm od päty stromu, obvod a priemer vo výške 1.37m od päty stromu (priemer ďalej len dbh) (Telewski & Lynch, 1991), výška, vek, počet susedov v okruhu 4m, počet susedov v okruhu 4m vyšších príp. rovnako vysokých ako meraný strom a plodnosť. Obvod vo výške 20cm bol meraný (a v tejto práci ďalej používaný) ako náhrada obvodu vo výške 1.37m, ktorý by nebol schopný zahrnúť do používaných analýz aj stromy mladšie, túto výšku nedosahujúce.

Vzhľadom k pravidelnému rastu borovice vejmutovky mohli byť na meranie obvodov (prsneho aj v 20 cm) použité krajčírsky meter a na meranie dbh posuvné lesnícke pravítko. Výška bola zisťovaná taktiež krajčírskym metrom alebo geodetickým pásmom u nižších stromov a hypsometrom u vyšších stromov (Telewski & Lynch, 1991). Určovanie veku bolo prevedené dvojakým spôsobom: u mladších stromov bol vek určovaný ako počet letokruhov zisťovaný na horizontálnom reze na báze stromu, u starších bol k zisteniu veku použitý prírastový nebozez. Vo výške 1.30m nad zemou sa urobil radiálny vývrt. K počtu letokruhov zistených na vývrte sa musí pripočítať 8-12 rokov (v tejto práci bolo pripočítavané 10 rokov), ktoré strom potrebuje na dosiahnutie výšky, v ktorej bol vrtný (Korf, 1972). Letokruhy boli počítané binokulárnou lupou.

Štatistické hodnotenie dat

Všetky zistené parametre sú vyhodnocované štatistickým programom Statgraphics.

(1) Jednoduchou lineárnou regresiou podľa regresnej rovnice

$y = a + b \cdot x$, kde y je príslušná dendrometrická charakteristika a x je vek stromu, bola zisťovaná závislosť jednotlivých dendrometrických charakteristík na veku:

a) u závislosti počtu praslenov na veku bola predpokladaná lineárna závislosť, a pre presnejší odhad bola porovnávaná s mocninovou závislosťou, ktorá bola odhadovaná po logaritmickej transformácii oboch premenných.

b) Funkcia výšiek stromov nepredpokláda lineárnu závislosťou na ich veku. Rastovú funkciu stromov vyjadruje Korfova krivka $y = A \cdot e^{k/(1-n)} \cdot x^{(n-1)}$ (kde A je maximálna hodnota rastovej funkcie, k a n sú parametre vystihujúce priebeh rastovej krivky, (Korf, 1972)). Rastová krivka stromov sa s vekom dôsledkom znižovania rastovej intenzity a znižovania apikálnej dominancie stáva ploskejšou (Korf, 1972; Kozłowski et al., 1990) a zvyšuje sa aj variabilita závisle premennej-výšky. Vzhľadom na veľkú variabilitu dát ale nebolo vhodné niektorými dátami prekladať inú, než lineárnu závislosť.

Nelineárne chovanie závisle premennej, obzvlášť u mladých stromov spôsobuje, že regresná priamka neprechádza vždy začiatkom. V týchto prípadoch je lineárna závislosť iba hrubou aproximáciou a je dôveryhodná iba v jej strednej časti.

(2) Vek stromov bude odvodzovaný inverznou predikciou zo závisle premennej (Zar, 1984) z uvedených regresných rovníc. Tento postup sa doporučuje preto, že regresia minimalizuje sumu štvorcov odchýliek od regresnej priamky pre závisle premennú, o ktorej predpokládame, že obsahuje náhodnú variabilitu.

(3) Test výnamnosti parciálnych regresných koeficientov b_2 v regresnej rovnici :

$$\text{obvod v 20cm} = a + b_1 \cdot \text{vek} + b_2 \cdot \text{počet susedov}$$

bol robený mnohonásobnou regresnou analýzou. Testovaný bol vplyv

počtu všetkých susedov a počtu vyšších susedov u jedincov na stanovisku pre každú lokalitu. V prípade, že b_2 je dokázateľne odlišné od nuly, tak to znamená, že existuje závislosť rastovej krivky na počte susedov daného stromu. Pokiaľ je b_2 dokázateľne menšie než nula, môžeme uvažovať o konkurenčnom pôsobení. O b_1 sa predpokláda, že je vždy kladné, preto jeho test nebudeme uvádzať.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Podľa výsledkov, ktoré ukazuje tabuľka 1 sa na základe získaného koeficientu determinácie ($R^2 > 0.9$ vo všetkých prípadoch) dá povedať, že určovanie veku podľa počtu praslenov je dostatočne presné. Grafy na obr.1 ukazujú, že variabilita závisle premennej je malá u mladších stromov (približne do veku 40 rokov) a s vekom rastie, čo ukazuje aj závislosť reziduálov na veku (tabuľka 1a). Pri overovaní závislosti počtu praslenov u stromov do veku 40 rokov (tabuľka 2, obr.3) sa koeficient determinácie znížil. Tento fakt je spôsobený tým, že pri znížení rozsahu hodnôt nezávisle premennej sa podstatne znížila variabilita závisle premennej. To ale v žiadnom prípade neznamená zníženie presnosti odhadu, prípadne inverzného odhadu. Naopak, stredná chyba odhadu sa vždy zníži. Veľmi dobrý výsledok bol dosiahnutý u lokalít Růžový hřeben a Rynartice-les (považované za neextrémne), u ktorých sa dosť významne znížila stredná chyba odhadu pri súčasnom dosiahnutí koeficientu determinácie ($R^2 > 0.9$). Ako sa dalo očakávať, regresné závislosti všetkých biometrických charakteristík na čase boli vysoko významné ($P < 0.001$). Z rovníc lineárnej regresie pre počet praslenov je vidieť, že sklon priamky je blízky 1, ale (až na jeden prípad u lokality Rynartice-skaly, kde je 1.01) vždy o niečo menší než

1. To znamená, že vek stromu odvodený ako počet praslenov daného stromu, je pre staršie stromy vždy o niečo nižší ako jeho skutočný vek. Pre mladšie stromy je tento rozdiel zanedbateľný (viz nule blízky, ale takmer vždy kladný konštantný člen v regresnej rovnici).

Pre potreby praktického určovania veku stromu na základe počtu jeho praslenov je vhodnejšie preložiť získané data mocninovou závislosťou (obr.2, tabuľka 1b). Toto preloženie má dve výhody: (1) Krivka prechádza počiatkom súradnicovej sústavy. (2) Pre daný model platí homogenita reziduálov.

Praktická stránka určovania veku podľa počtu vetvových praslenov je v teréne sprevádzaná istými komplikáciami. Výsledná variabilita počtu praslenov u starších stromov môže byť spôsobená: (1) Nesprávnosťou odpočtu v korune vysokých dospelých stromov rastúcich v zapojenom lese, ktorá je zo zeme neprehľadná. (2) Nejasný odpočet vetvových praslenov na kmeni dospelého jedinca zapríčinený zlou identifikáciou spôsobenou odumieraním a zánikom praslenov. S vekom stromu táto nepresnosť rastie. Doba, ktorú potrebujeme na spočítanie počtu praslenov u dospelého jedinca je približne zhodná s dobou potrebnou na jeho vŕtanie (za predpokladu, že stred kmeňa stromu bude zasiahnutý prvým vývrutom), pričom odpočet veku na vývrte je presnejší. Ani hodnota veku nami odpočítaná na vývrte (buď pomocou lupy alebo binolupy) však nemôže byť považovaná za úplne presnú, pretože veľmi tenké letokruhy sa dajú zachytiť len pomocou rentgenových paprskov (Telewski & Lynch, 1991).

Obvod stromu v 20cm je morfológická charakteristika merateľná v teréne najjednoduchšie a zahŕňajúca celú populáciu (na rozdiel od dbh ako to bolo uvádzané už vyššie), avšak ako je vidieť z tabuľky 3, dosiahnuté koeficienty determinácie sú v tomto prípade najnižšie a sú zaťažené veľkou strednou chybou. Výnimkou je lokalita Černá brána, u ktorej je dosiahnutý koeficient determinácie $R^2=0.97$, čo naznačuje jej odlišnosť od ostatných

lokalít. Odlišnosť je spôsobená pravdepodobne malou variabilitou (v porovnaní s ostatnými lokalitami) závisle premennej-obvodu v 20cm (obr.4), zapríčinennej členitosťou terénu a s tým súvisiacou malou konkurenciou (pravdepodobne o svetlo) na stanovisku (tabuľka 5), čo dovoľuje plynulý rast stromu už od počiatku.

Z grafov na obrázku 4 je vidieť, že variabilita závisle premennej sa s vekom mení a mení sa aj sklon priamok na lokalitách.

Výsledky regresie pre závislosť výšky stromu na veku ukazujú (tabuľka 4), že tento parameter nie je vhodný pre odhad veku stromu. Zaujímavé sú výsledky na obrázkoch 4 a 5, ukazujúce grafy a regresné rovnice pre výšku stromov a obvod v 20cm. U extrémnych lokalít Černá brána a Rynartice-skaly sú konštantné členy regresných rovníc výrazne záporné, čím do istého veku dostaneme (vzhľadom k lineárnej závislosti) záporné predikcie, a lineárna aproximácia je tu vhodná len v istom vekovom intervale. U menovaných dvoch lokalít je však sklon priamky väčší ako u ostatných dvoch, čo naznačuje, že od istého veku majú stromy na extrémnych lokalitách vyššiu rastovú rýchlosť, ktorou v konečnom dôsledku vykonpenzujú dlhodobejší slabý rast v mladom veku. Preto sa dá povedať, že na extrémnych lokalitách stromy do istého veku v raste zaostávajú, ale po prekročení tejto hranice je ich rast vzhľadom k malej konkurencii na stanovisku rýchlejší ako na neextrémnych lokalitách, kde je konkurencia väčšia.

Grafy na obrázku 5 ukazujú, že u lokalít Černá brána a Rynartice-skaly je variabilita závisle premennej menšia ako u zvyšných dvoch lokalít, u ktorých hustota lesa zapríčiňuje konkurenciu susedov (tabuľka 5).

Test významnosti parciálnych regresných koeficientov b_2 v regresnej rovnici : $obvod\ v\ 20cm = a + b_1 \cdot vek + b_2 \cdot počet\ susedov$ ukazuje tabuľka 5. Cieľom tejto regresie bolo zistiť prípadnú existenciu negatívnej závislosti rastu stromu na počte všetkých a počte vyšších susedov u jedincov na lokalitách.

Štatisticky dokázateľný negatívny vplyv počtu susedov bol zistený len u lokality Rynartice-les. Na lokalite Ružový hřeben je dokázateľný záporný vplyv len u vyšších susedov. Vzhľadom k už vyššie uvedenej pravdepodobnosti o výskyte vyššieho suseda je však tento údaj málo vierohodný. Podľa zistených štatistických závislostí u lokalít Ružový hřeben a Rynartice-les môžeme povedať, že tieto dve lokality sa od ostatných, na ktorých sme závislosti nezistili, líšia. Predpoklad o podobnosti stanovištných podmienok u extrémnych lokalít Černá brána a Rynartice-skaly sa potvrdil.

Na všetkých lokalitách bola u borovice vejmutovky zistená minimálna veková hranica plodiacich stromov 27 až 30 rokov. Tieto zistenia sú pomerne zhodné zo závermi Hortona a Bedella(1960), ktorí uvádzajú minimálny vek rodiacich stromov 15 až 20 rokov. Posun k vyššiemu veku je vzhľadom k hustote porastu a konkurencii na staníviskách predpokladateľný.

Zo štyroch študovaných lokalít len Ružový hřeben vykazuje výrazne nelineárny charakter (vďaka vysokej variabilite dát u ostatných lokalít nebol nelineárny charakter zistiteľný). Preto boli data preložené Korfovou krivkou, ktorá sa bežne používa pre charakteristiku rastu stromov v dendrometrii. Na obrázkoch 7 a 8 je vidieť pokles výškového rastu s vekom, ktorý sa na ostatných troch plochách dostatočne neprejevil. Veľká variabilita materiálu sťažuje odhad parametrov krivky, a ten sa líši pri odhade logaritmovanej a nelogaritmovanej formy. Homogenita variancie je lepšie splnená v logaritmovanej forme.

ZÁVER

V tejto práci boli zisťované závislosti niektorých allometrických charakteristík na veku u borovice vejmutovky

a pomocou niektorých z nich bol zisťovaný vzťah k podmienkam na stanovisku.

(1) Ako najvhodnejšia biometrická charakteristika použiteľná pre odhad veku stromu je počet vetvových práslenov u jedinca (dosiahnutý koeficient determinácie minimálne 0.91).

(2) Dendrologické parametre sa líšia na extrémnych a neextrémnych lokalitách. Na extrémnych lokalitách je rast stromov v počiatočnom štádiu pomalší ako na neextrémnych, ale po prekročení istej vekovej hranice nastúpi strom rast rýchlejší v porovnaní s rovnako starým stromom na neextrémnom stanovisku.

(3) Konkurencia je štatisticky dokázateľná len na neextrémnych lokalitách, aj napriek faktu, že na stanovisku sú lepšie podmienky pre rast.

(4) Minimálny vek plodiacich stromov na štyroch lokalitách bol zistený medzi 27 a 30 rokov.

POĎAKOVANIE

Na tomto mieste by som chcela poďakovať Dr. J. Lepšovi za pomoc pri spracovaní dat a vypracovávaní práce, Dr. T. Herbenovi a Dr. F. Krahulcovi za priebežnú pomoc a konzultáciu pri práci, ďalej Dr. H. Härtelovi za poskytnutý fotografický materiál a v neposlednej rade aj zamestnancom Správy CHKO Labské pískovce v Děčíne, menovite ing. P. Bauerovi a všetkým, s ktorými som priebežne spolupracovala a ktorí mi vyšli v ústrety.

CITOVANÁ LITERATÚRA

Hejný, S. & Slavík, B. [eds.] (1988): Květena České socialistické

- republiky 1. - Academia, Praha.
- Herben, T. et al. (1993): Vegetative tiller allometry and biomass relations in a field population of *Festuca rubra s. s.* - Preslia 65, 2; 163-169.
- Horton, K.W. & Bedell, G.H.D. (1960): White and red pine (Ecology, Silviculture and Management). - Bulletin 124, Ministry of Northern Affairs and National Resources, Ottawa.
- Klika, J. et al. (1953): Jehličnaté. - NČAV, Praha.
- Korf, V. et al. (1972): Dendrometrie. - SZN, Praha.
- Kozłowski, T.T., Kramer, J.P., Pallardy, G.S. (1990): The physiological ecology of woody plants. - Academic Press, San Diego.
- Krejčí, J. (1964): Pěstování vejmutovky v oblasti LZ Rumburk. - Diplomová práce na les. fakultě VŠZ Praha [MS., non vidi].
- Musil, I. (1971): Pěstování vejmutovky (*Pinus strobus L.*) v Evropě. - Časopis Slezského muzea 10: 183-204.
- Reichart, E. (1968): Výskyt a pěstování vejmutovky v oblasti Českého Švýcarska v části u LZ Česká Kamenice. - Diplomová práce na les. fakultě VŠZ Brno [MS., non vidi].
- Rejmanek, M., & Richardson, M. (1994): Exotic pines reveal predictable characters of invasive species. - University of California, Davis [Ms. in press].
- Šika, A. & Vinš B. (1971): Růst vejmutovky v lesních porostech v Čechách a na Moravě. - Časopis Slezského muzea 10: 135-160.
- Telewski, F.W. & Lynch, A.M. (1991): Measuring growth and development of stems. - In: Lassoie, J.P. & Hinckley, T.M. [eds.]: Techniques and approaches in forest tree ecophysiology, pp. 503-555. CRC Press, Boca Raton.
- Zar, J.H. (1984): Biostatistical analysis. - Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Geobotanická mapa ČSSR - M-33-IX Děčín, r.1969.

Tabuľka č.1 Závislosť počtu praslenov na veku stromu

LOKALITA	Koeficient determinácie	Stredná chyba odhadu	Výsledná rovnica pre počet praslenov
ČERNÁ BRÁNA	0.93	5.29	p.prasl. = 1.63 + 0.83.vek
RYNARTICE-skaly	0.92	6.51	p.prasl. = 0.80 + 0.88.vek
RUZOVY HREBEN	0.96	5.53	p.prasl. = 3.82 + 0.80.vek
RYNARTICE-les	0.93	5.92	p.prasl. = 3.46 + 0.70.vek

Tabuľka č.1a Tabuľka regr. závislosti abs. hodnoty reziduálov v regresii počtu prasl. na veku, na hodnote nezávisle premennej

LOKALITA	Koeficient determinácie	Dosiahnutá hladina významnosti
ČERNÁ BRÁNA	0.23	0.0043
RYNARTICE-skaly	0.25	0.0008
RUZOVY HREBEN	0.34	0.0001
RYNARTICE-les	0.29	0.0016

Tabuľka č.1b Mocninová závislosť počtu praslenov na veku po logaritmickej transformácii oboch premenných

LOKALITA	Koeficient determinácie	Stredná chyba odhadu	Výsledná rovnica pre počet praslenov
ČERNÁ BRÁNA	0.91	0.21	p.prasl. = 1.05 * vek ^{0.95}
RYNARTICE-skaly	0.90	0.21	p.prasl. = 0.64 * vek ^{1.09}
RUZOVY HREBEN	0.98	0.11	p.prasl. = 1.42 * vek ^{0.88}
RYNARTICE-les	0.96	0.13	p.prasl. = 1.13 * vek ^{0.90}

Tabuľka č.2 Závislosť počtu prasl. na veku u stromov mladších ako 40 rokov

LOKALITA	Koeficient determinácie	Stredná chyba odhadu	Výsledná rovnica pre počet praslénov
ČERNÁ BRÁNA	0.83	2.20	$p.prasl. = 2.28 + 0.73 \cdot vek$
RYNARTICE-skaly	0.72	4.91	$p.prasl. = -2.72 + 1.01 \cdot vek$
RUZOVY HREBEN	0.94	1.91	$p.prasl. = 1.76 + 0.90 \cdot vek$
RYNARTICE-les	0.93	2.33	$p.prasl. = 1.53 + 0.78 \cdot vek$

Tabuľka č.3 Závislosť obvodu stromu vo výške 20 cm na veku

LOKALITA	Koeficient determinácie	Stredná chyba odhadu	Výsledná rovnica pre obvod v 20 cm
ČERNÁ BRÁNA	0.97	6.98	$obvod = -17.67 + 1.91 \cdot vek$
RYNARTICE-skaly	0.83	23.38	$obvod = -37.03 + 2.08 \cdot vek$
RUZOVY HREBEN	0.78	22.18	$obvod = 4.22 + 1.30 \cdot vek$
RYNARTICE-les	0.75	27.96	$obvod = -6.87 + 1.56 \cdot vek$

Tabuľka č.4 Závislosť výšky stromu na veku

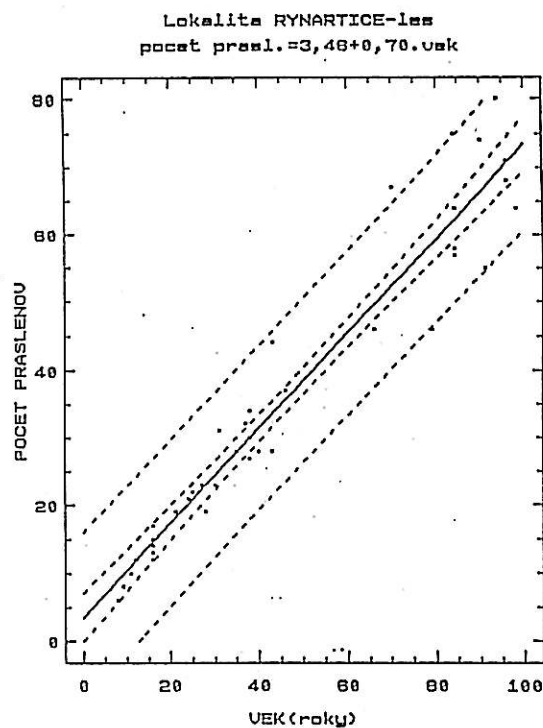
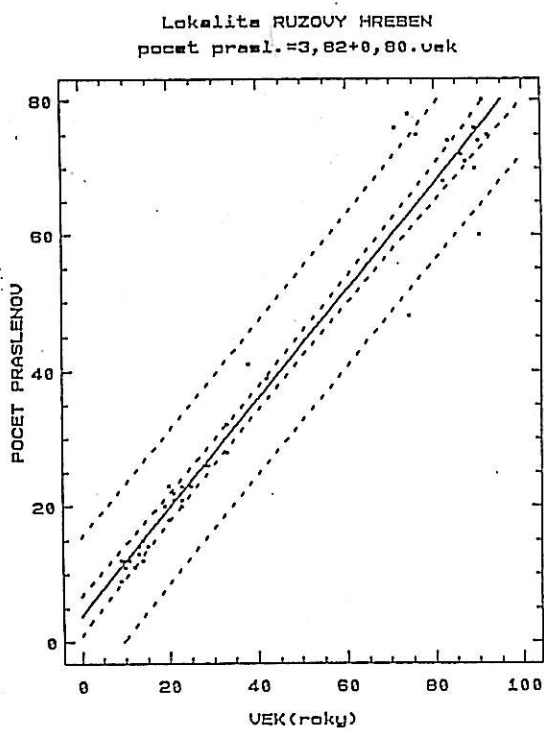
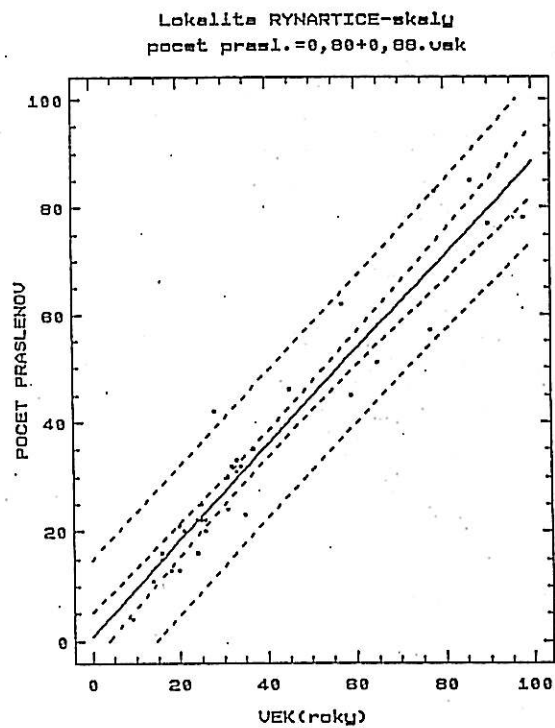
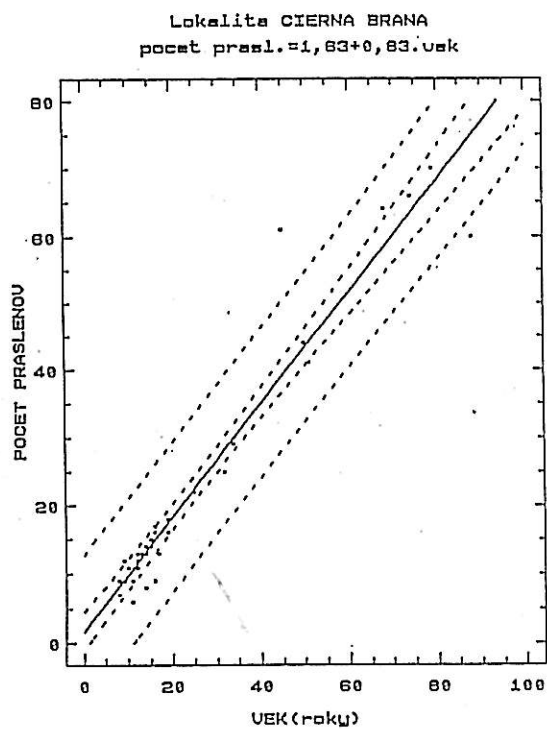
LOKALITA	Koeficient determinácie	Stredná chyba odhadu	Výsledná rovnica pre výšku stromu
ČERNÁ BRÁNA	0.90	2.04	$výška = -2.03 + 0.27 \cdot vek$
RYNARTICE-skaly	0.84	3.20	$výška = -4.11 + 0.30 \cdot vek$
RUZOVY HREBEN	0.85	3.07	$výška = 0.80 + 0.23 \cdot vek$
RYNARTICE-les	0.73	4.28	$výška = 0.35 + 0.23 \cdot vek$

Tabuľka č.5

Závislosť obvodu v 20cm na počte a veľkosti susedov.

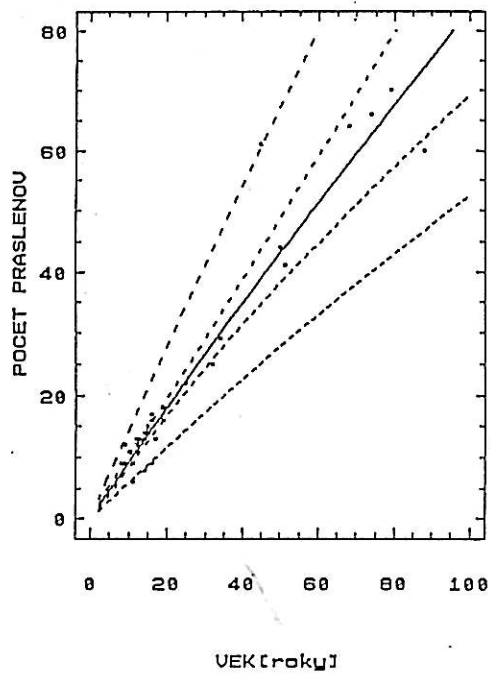
Test parciálnych koeficientov b_2 v rovnici: obvod v 20cm = a + b_1 vek + b_2 počet susedov

LOKALITA	Počet všetkých susedov		Počet vyšších susedov	
	t pre test význ. parc. koef. b_2	Dosiahnutá hlad.významnosti	t pre test význ. parc. koef. b_2	Dosiahnutá hlad.významnosti
ČERNÁ BRÁNA	-1.07	0.296	-0.84	0.406
RYNARTICE-skały	1.06	0.300	-1.49	0.148
RUZOVY HREBEN	-0.12	0.904	-3.13	0.003
RYNARTICE-les	-2.30	0.027	-2.52	0.016

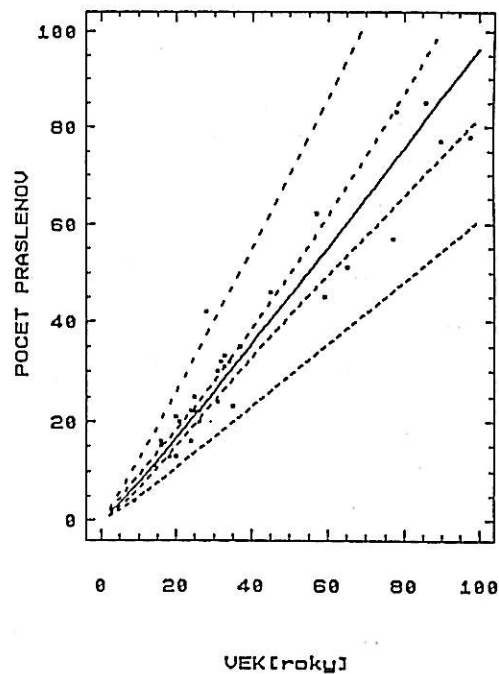


Obr.1 Grafy závislosti počtu práslenov na veku stromov pri zastúpení všetkých vekových kategórií.

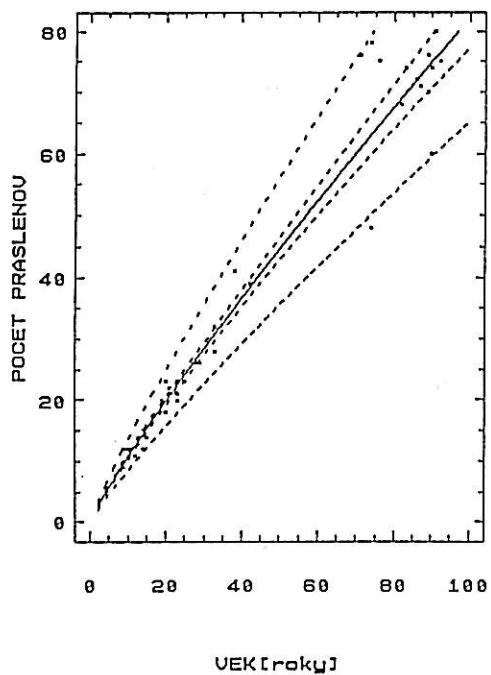
Lokalita ČERNÁ BRÁNA
 počet prasl.= $1.05 \cdot \text{vek}^{0.95}$



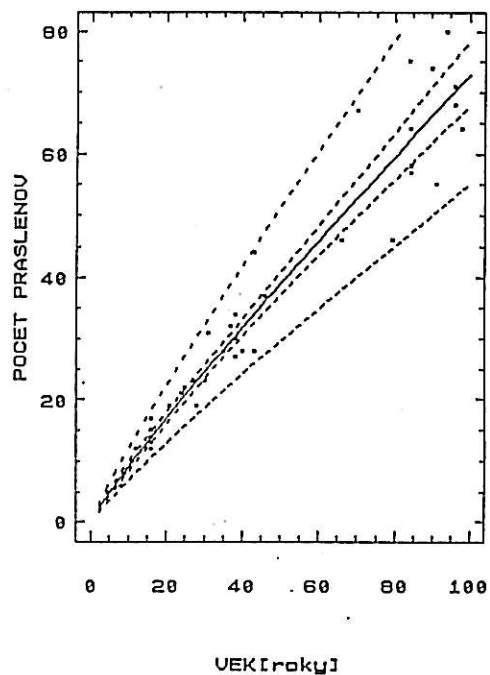
Lokalita RYNARTICE-skaly
 počet prasl.= $0.64 \cdot \text{vek}^{1.09}$



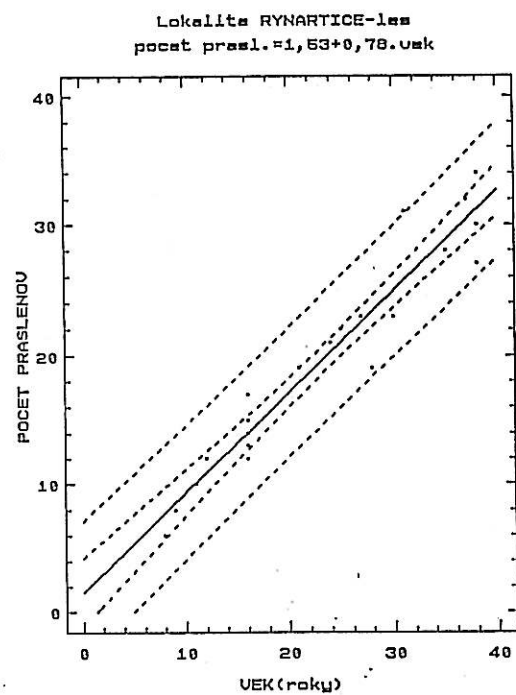
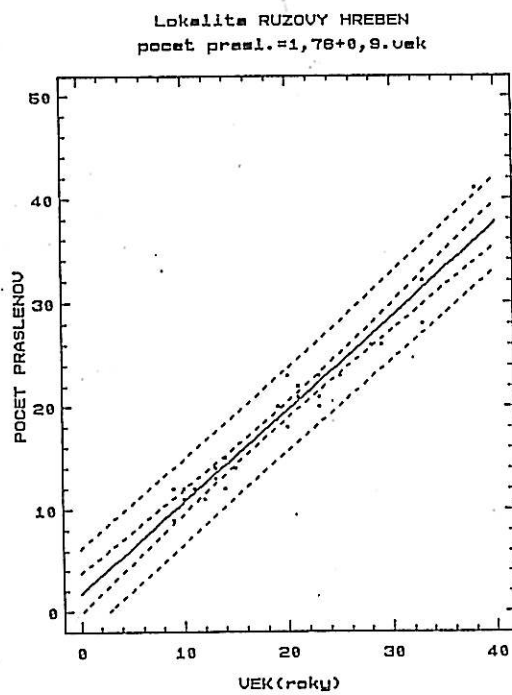
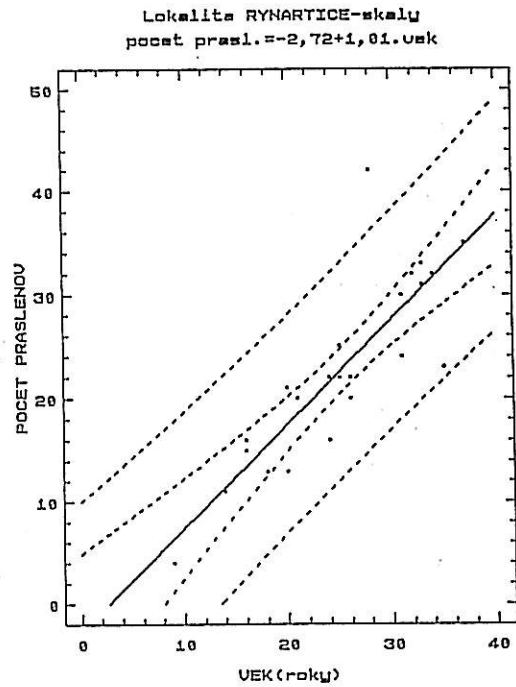
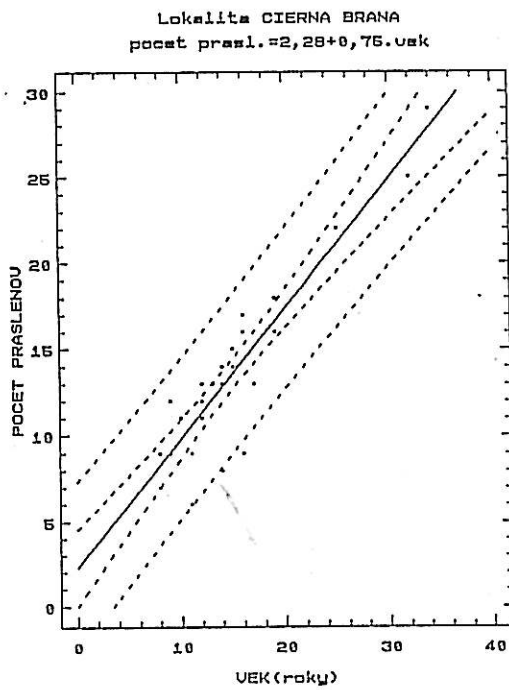
Lokalita RŮŽOVÝ HŘEBEN
 počet prasl.= $1.42 \cdot \text{vek}^{0.88}$



Lokalita RYNARTICE-les
 počet prasl.= $1.13 \cdot \text{vek}^{0.90}$

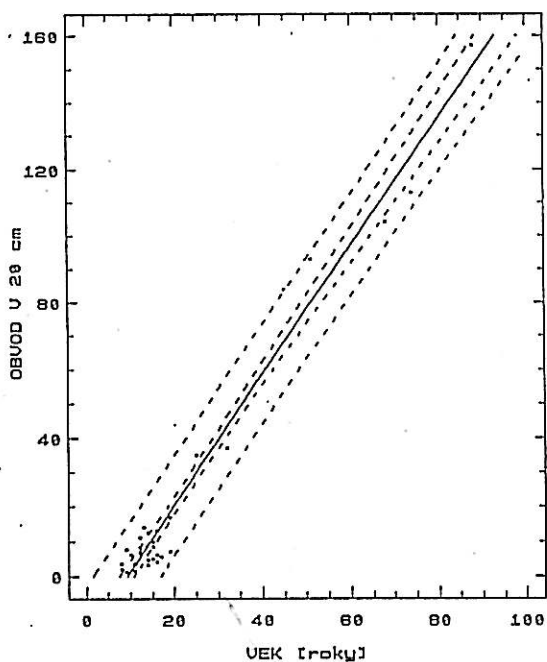


Obr.2 Grafy mocninovej závislosti po logaritmickej transformácii oboch premenných.

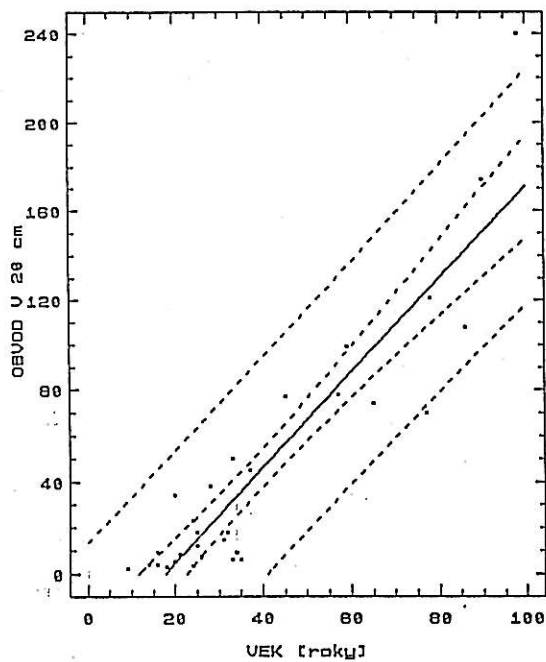


Obr.3 Grafy závislosti počtu praslenov na veku u stromov mladších ako 40 rokov.

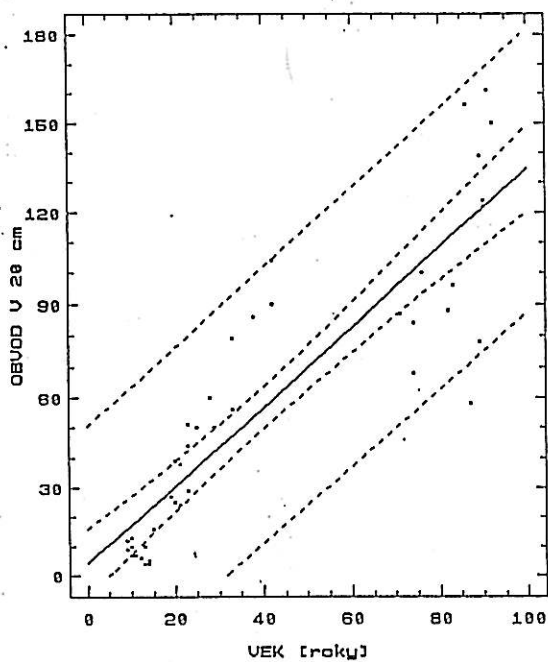
Lokalita CERNA BRANA
 obvod u 20 cm = $-17,67 + 1,91 \cdot vek$



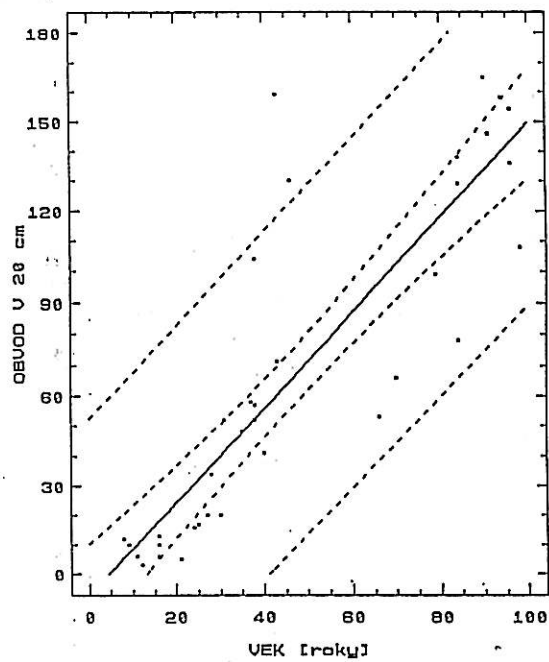
Lokalita RYNARTICE-skaly
 obvod u 20 cm = $-37,03 + 2,08 \cdot vek$



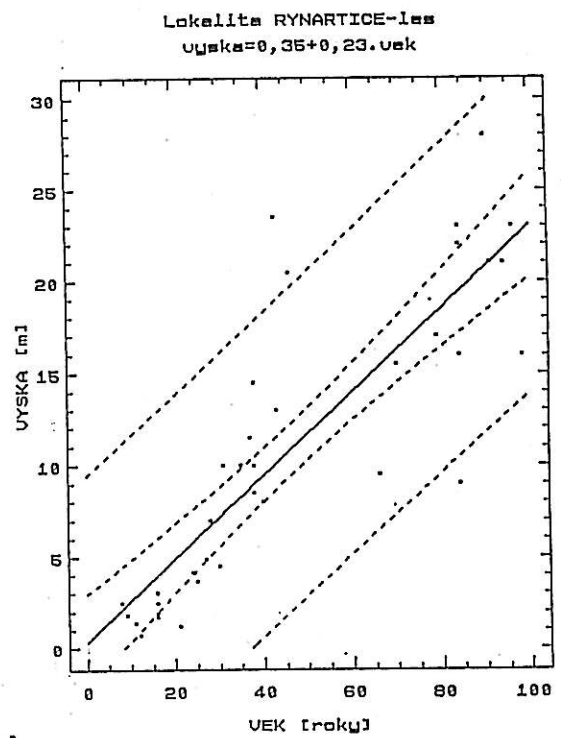
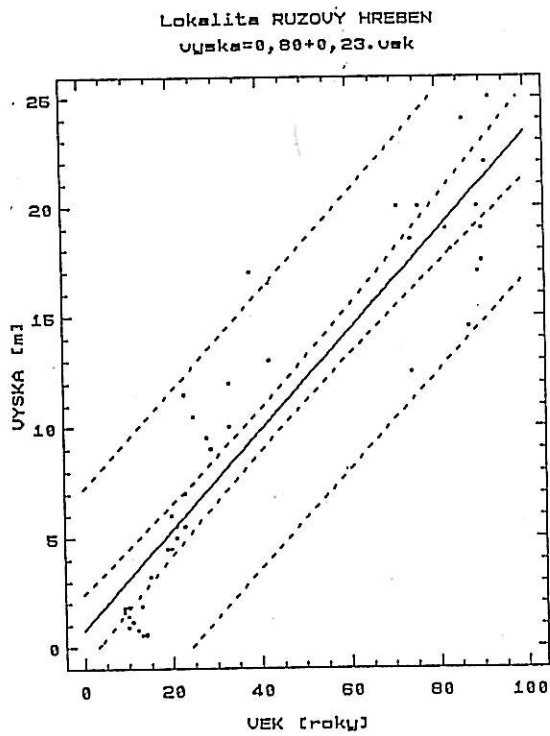
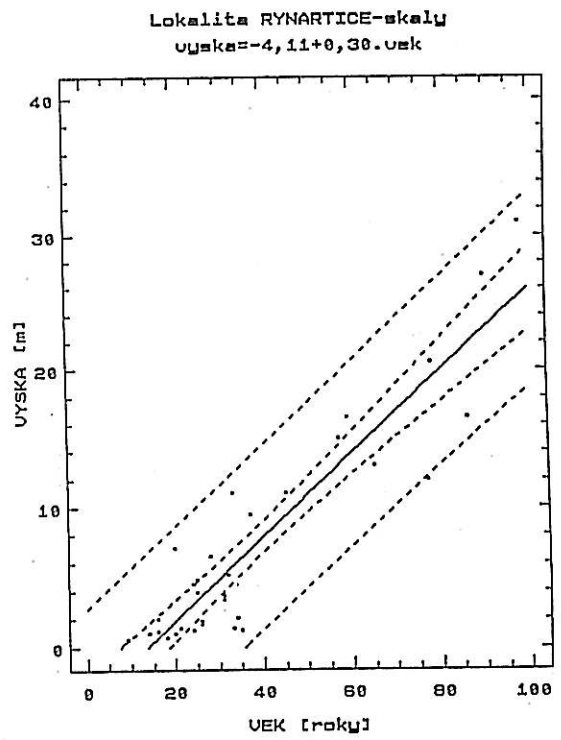
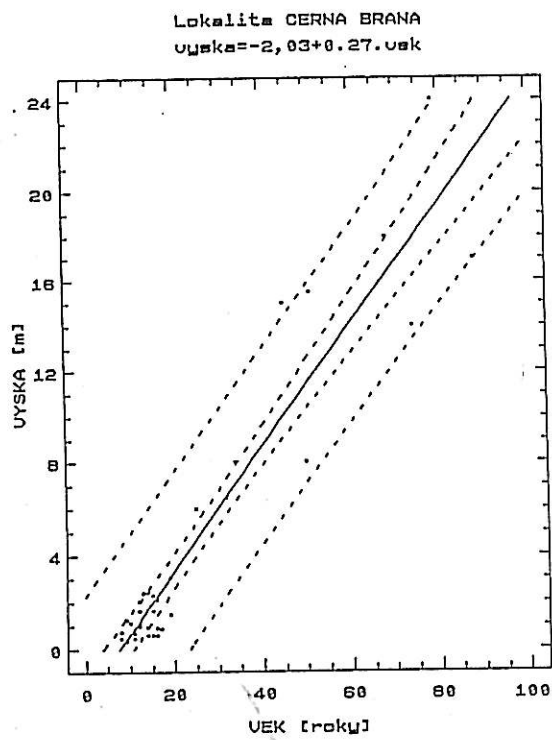
Lokalita RUZOVY HREBEN
 obvod u 20 cm = $4,22 + 1,30 \cdot vek$



Lokalita RYNARTICE-lez
 obvod u 20 cm = $-8,87 + 1,58 \cdot vek$

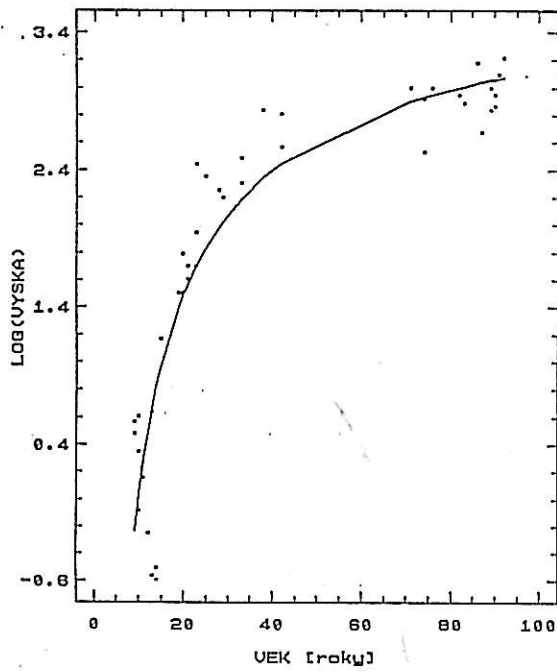


Obr.4 Grafy závislosti obvodu stromu v 20cm na věku.



Obr.5 Grafy závislosti výšky stromov na veku.

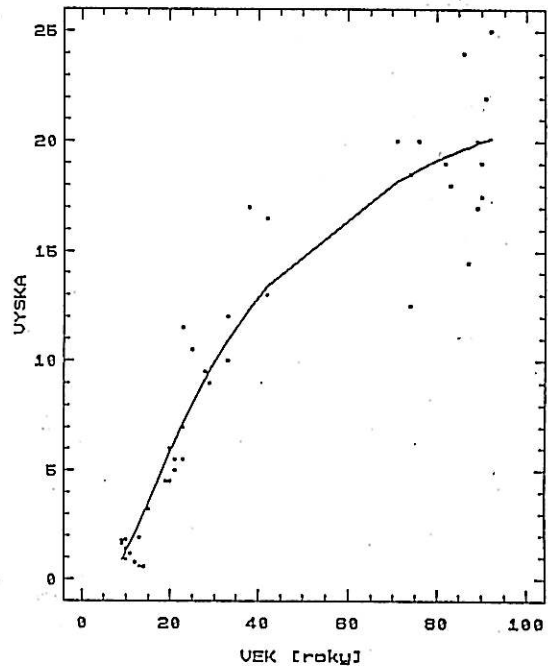
Lokalita RUZOUY HREBEN



Obr.6

Časť Korfovej krivky podľa rovnice uvádzanej v texte pre parametre $A=28.7$ $n=29.6$ $k=2$ ($R^2=0.91$)

Lokalita RUZOUY HREBEN



Obr.7

Časť Korfovej krivky v logaritmovanom tvare $\ln y = k/(1-n) \cdot x^{n-1} + c$ pre parametre $c=4$ $n=11.6$ $k=1.7$ ($R^2=0.84$)