UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gal KUŠAR

ZANESLJIVOST UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV Z ENOPARAMETRSKIMI FUNKCIJAMI IN STRATIFIKACIJO

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gal KUŠAR

ZANESLJIVOST UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV Z ENOPARAMETRSKIMI FUNKCIJAMI IN STRATIFIKACIJO

DOKTORSKA DISERTACIJA

RELIABILITY OF TREE VOLUME AND STANDS GROWING STOCK ESTIMATES USING ONEPARAMETRICAL FUNCTIONS AND STRATIFICATION

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2007

Doktorska disertacije je zaključek podiplomskega študijskega programa bioloških in biotehniških znanosti na znanstvenem področju gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov.

Terenske raziskave doktorske disertacije so bile opravljene na raziskovalnih objektih v GGE Ravnik, Pokljuka, Poljane in Predmeja, analize pa na Oddelku za gozdne inventure in prostorsko informatiko Gozdarskega inštituta Slovenije v Ljubljani.

Na podlagi sklepa Senata Biotehniške fakultete in Senata Univerze v Ljubljani z dne 15.2.2005 je dekan Biotehniške fakultete prof. dr. Jože Osterc dne 7.3.2005 izdal odločbo št. 5–25/05 o odobritvi teme in naslova doktorske disertacije ter za mentorja imenoval prof. dr. Milana Hočevarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. David HLADNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Član: prof. dr. Milan HOČEVAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Član: doc. dr. Mario BOŽIĆ
Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za izmjeru i uredjivanje šuma.

Datum zagovora: 16.04.2007

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam, da se naloga v celoti objavi na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Gal KUŠAR

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

ŠD Dd
DK GDK 524--015(043.3)=863
KG tarife/volumen dreves/lesna zaloga/volumenske funkcije/zanesljivost/stratifikacija
KK
AV KUŠAR, Gal, univ. dipl. inž. gozdarstva
SA HOČEVAR, Milan (mentor)
KZ SI–1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI 2007
IN ZANESLJIVOST UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV Z ENOPARAMETRSKIMI FUNKCIJAMI IN STRATIFIKACIJO
TD Doktorska disertacija
OP XXI, 277 str., 52 pregl., 130 sl., 11 pril., 151 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI

Za ugotavljanje lesne zaloge sestojev v Sloveniji uporabljamo enovhodne volumenske funkcije – prilagojene enotne francoske (PEF) tarife. Namen disertacije je ugotoviti, kako zanesljive so enovhodne volumenske funkcije za ugotavljanje lesne zaloge sestojev, in raziskati možnosti njihove izboljšave s stratifikacijo. Na podlagi ocene pravega volumna dreves (v_n), izračunanega s pomočjo sekcijskih meritev (Newtonov obrazec), smo za drevesne vrste smreko, jelko in bukev izdelali regionalne trovhodne (prsni premer (d), višina drevesa (h) in premer na 7 metrih višine (d_7)), dvovhodne (d in h) in lokalne enovhodne (d) volumenske funkcije (tarife) ter preverili njihovo zanesljivost. Na primeru vzorčnih ploskev v dveh GGE smo drevesom izmerili vhodne parametre d, h in d_7 in s pomočjo regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij izračunali referenčne volumne dreves (v_r). Analizirali smo vpliv bonitete rastišča, razvojne faze, drevesne vrste in vpliv socialnega položaja na zanesljivost ocene volumna dreves. Iz referenčnih volumnov dreves smo izračunali regionalne dvovhodne volumenske funkcije (d in h). Z njimi smo izračunali volumne dreves (v_{rr}) in za posamezne stratume (drevesna vrsta, razvojna faza, rastišče) izračunali lokalne tarife (d). Preverili smo zanesljivost treh metod uporabe tarif. Po sedaj izbranih PEF tarifah ocena povprečnega volumna drevesa odstopa od referenčne povprečno za –5,7 % (–16,7 do 19,5 %). Če vrsto in razred PEF tarif izberemo optimalno, na podlagi lokalne tarife, ocena povprečnega volumna drevesa odstopa od referenčne povprečno za 0,1 % (–0,8 do 2,2 %). Ocena povprečnega volumna drevesa po lokalnih tarifah pa odstopa od referenčne povprečno za –0,1 % (–0,3 do 0,2). Tarife so dovolj zanesljive za izračun ocene lesne zaloge, če so pravilno izbrane za homogen rastiščni stratum. Sedanja ocena količine drevesne biomase temelji na nezanesljivo ocenjeni lesni zalogi in nepreverjenih konverzijskih/ekspanzijskih faktorjih.

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

DN Dd
DC FDC 524--015(043.3)=863
CX tariffs/tree volume/growing stock/volume functions/reliability/stratification
CC
AU KUŠAR, Gal
AA HOČEVAR, Milan (supervisor)
PP SI–1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY 2007
TI RELIABILITY OF TREE VOLUME AND STANDS GROWING STOCK ESTIMATES USING ONEPARAMETRICAL FUNCTIONS AND STRATIFICATION
DT Doctoral Dissertation
NO XXI, 277 p., 52 tab., 130 fig., 11 ann., 151 ref.
LA sl
AL sl/en
AB

In Slovenia one parametrical volume functions, adapted uniform French (AUF) tariffs, are used in order to determine stands growing stock. The purpose of the dissertation is to establish the reliability of tariffs for estimating stands growing stock and to investigate the possibilities of their improvement with stratification. On the basis of true tree volume estimates (v_n), calculated by means of section measurements (Newton method) regional three parametrical (diameter (d), tree height (h), diameter at 7 m tree height (d_7)), regional two parametrical (d and h), and local one parametrical (d) volume functions (tariffs) were created for the tree species of spruce, fir and beech. The reliability of the functions was also tested. Trees at sampling plots in two forest units were measured in terms of dendrometric parameters d, h, d_7 and later reference tree volumes (v_r) were calculated by means of regional three parametric volume functions. The influence of site condition, developmental stage, tree species and height class on the reliability of tree volume estimate was analyzed. From reference tree volumes regional two parametrical volume functions (d and h) were calculated for both locations and all three tree species. They were further used to calculate regional reference tree volumes (v_{rr}) and local tariffs (d) for individual strata (tree species, developmental stage, site). The reliability of three tariff application methods (existing, optimally selected and local tariffs) was examined. According to the existing AUF tariffs the mean tree volume estimate deviates from the reference by –5.7 % on average (from –16.7 to 19.5 %). According to the optimally selected AUF tariffs the mean tree volume estimate deviates from the reference by 0.1 % on average (from –0.8 to 2.2 %). On the other hand the mean tree volume estimate according to the local tariffs deviates from the reference by –0.1 % on average (from –0.3 to 0.2 %). Tariffs are therefore reliable enough for calculating growing stock estimates if they are suitably selected for a homogenous site stratum. The existing estimate of biomass quantity is unreliable due to its grounds in unreliable growing stock estimates and unconfirmed conversion/expansion factors.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija (KDI) III

Key words documentation (KWD) IV

Kazalo vsebine V

Kazalo preglednic VIII

Kazalo slik X

Seznam prilog XVIII

Okrajšave in simboli XIX

1 UVOD 1

2 OPREDELITEV PROBLEMA 2

2.1 ZANESLJIVOST OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV _____ 2
2.1.1 Volumen dreves in lesna zaloga sestojev _____ 2
2.1.2 Ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev _____ 2
2.2 ZANESLJIVOST ENOVHODNIH VOLUMENSKIH FUNKCIJ _____ 4
2.2.1 Enovhodne volumenske funkcije _____ 4
2.2.2 Prilagojene enotne francoske tarife _____ 5
2.2.3 Višina dreves _____ 9
2.2.4 Oblika dreves _____ 10
2.2.5 Boniteta rastišča _____ 10
2.3 ZANESLJIVOST UGOTAVLJANJA KOLIČINE DREVESNE BIOMASE _____ 11

3 DOSEDANJA RAZISKOVANJA IN PREGLED OBJAV 12

3.1 SEKCIJSKE METODE _____ 12
3.2 VOLUMENSKE FUNKCIJE _____ 14
3.3 TROVHODNE VOLUMENSKE FUNKCIJE IN OBLIKA DREVES _____ 15
3.3.1 Trovhodne volumenske funkcije _____ 15
3.3.2 Švicarske trovhodne volumenske funkcije _____ 16
3.3.3 Metode konične/oblične funkcije (*taper*) in funkcije zlepkov (*spline*) _____ 17
3.4 DVOVHODNE VOLUMENSKE FUNKCIJE _____ 18
3.4.1 Nemške dvovhodne deblovnice _____ 18
3.5 ENOVHODNE VOLUMENSKE FUNKCIJE – TARIFE _____ 20
3.5.1 Ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev pri nas _____ 20
3.5.2 Prilagojene enotne francoske tarife _____ 23
3.5.3 Švicarske tarife _____ 30
3.6 VIŠINA DREVES _____ 32
3.7 BONITETA RASTIŠČA _____ 35
3.8 STRATIFIKACIJA _____ 38
3.9 ZANESLJIVOST IN NAPAKE METOD IZRAČUNAVANJA OCEN _____ 39
3.9.1 Vrste napak _____ 39
3.9.2 Razlike med pravimi vrednostmi in izračunanimi vrednostmi s pomočjo prilagojenih funkcij _____ 40
3.9.3 Zanesljivost višinskih krivulj _____ 41
3.10 DREVESNA BIOMASA IN CO_2 _____ 42

4 CILJI RAZISKOVANJA IN DELOVNE HIPOTEZE 44

4.1 CILJI RAZISKOVANJA IN DELOVNE HIPOTEZE IZ POTRJENE DISPOZICIJE _____ 44
4.2 PODROBNI CILJI IN RAZISKOVALNA VPRAŠANJA _____ 45

5 MATERIALI IN METODE DELA 47

5.1 UGOTAVLJANJE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI V SLOVENIJI _____ 47
5.1.1 Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih ter gozdnogospodarski načrti gozdnogospodarskih enot _____ 47
5.1.2 Uporaba PEF tarif na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km _____ 47
5.1.3 Ujemanje PEF tarif z rastiščnim koeficientom (Rk) _____ 48
5.2 ANALIZA METOD UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES _____ 50
5.2.1 Ocena pravega volumna dreves – sekcijske metode _____ 50
5.2.2 Ocene zanesljivosti metod ugotavljanja volumna dreves _____ 56
5.3 ANALIZA VPLIVA DEJAVNIKOV NA ZANESLJIVOST OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI _____ 58
5.3.1 Meritve *d, h,* d_7 na drevesih na izbranih stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode _____ 58
5.4 UGOTAVLJANJE USTREZNE METODE ZA OCENO VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI _____ 65
5.4.1 Novi metodi ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enovhodnimi funkcijami _____ 65
5.4.2 Analiza zanesljivosti ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev, ugotovljene s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS), z optimalno izbranimi PEF tarifami (1V_O) in z lokalnimi tarifami (1V_L*)* _____ 66
5.4.3 Višina dreves in višinske krivulje _____ 66
5.4.4 Analiza faktorja oblike dreves (F) _____ 66
5.5 ANALIZA ZANESLJIVOSTI OCENE KOLIČINE DREVESNE BIOMASE IZ OCENE LESNE ZALOGE _____ 67
5.5.1 Zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji _____ 67
5.5.2 Zanesljivost metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za oceno količine drevesne biomase _____ 67
5.5.3 Zanesljivost ocene količine drevesne biomase in bilance CO_2 _____ 68
5.6 OPREMA IN STATISTIČNE METODE _____ 69
5.6.1 Oprema _____ 69
5.6.2 Statistične metode _____ 69

6 REZULTATI 71

6.1 DEFINICIJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV _____ 71
6.2 UGOTAVLJANJE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI V SLOVENIJI _____ 74
6.2.1 Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih in gozdnogospodarski načrti gozdnogospodarskih enot _____ 74
6.2.2 Uporaba PEF tarif na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km _____ 74
6.2.3 Ujemanje PEF tarif z rastiščnim koeficientom (Rk) _____ 80
6.3 ANALIZA METOD UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES _____ 83
6.3.1 Ocena pravega volumna dreves – sekcijske metode _____ 83
6.3.2 Ocena zanesljivosti metod ugotavljanja volumna dreves _____ 93
6.3.3 Prilagojene enotne francoske tarife _____ 123
6.3.4 Lokalne enovhodne volumenske funkcije – tarife s polinomsko in eksponentno funkcijo _____ 130
6.3.5 Zanesljivost tarif pri manjših premerih (10–30 cm) _____ 140
6.4 ANALIZA VPLIVA DEJAVNIKOV NA ZANESLJIVOST DOLOČANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI _____ 155
6.4.1 Meritve *d, h* in d_7 na drevesih na izbranih stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode _____ 155

6.5 UGOTAVLJANJE USTREZNE METODE ZA OCENO VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI _____ 162
6.5.1 Novi metodi ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enovhodnimi funkcijami _____ 162
6.5.2 Analiza zanesljivosti ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev, ugotovljene s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS), z optimalno izbranimi PEF tarifami (1V_O) in z lokalnimi tarifami (1V_L) _____ 178
6.5.3 Višina dreves in višinske krivulje _____ 186
6.5.4 Analiza faktorja oblike dreves (F) _____ 195
6.6 ANALIZA ZANESLJIVOSTI OCENE KOLIČINE DREVESNE BIOMASE IZ OCENE LESNE ZALOGE _____ 198
6.6.1 Zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji _____ 198
6.6.2 Zanesljivost metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za oceno količine drevesne biomase _____ 198
6.6.3 Zanesljivost ocene količine drevesne biomase in bilance CO_2 _____ 199

7 RAZPRAVA IN SKLEPI 201

7.1 UGOTAVLJANJE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV V SLOVENIJI _____ 201
7.1.1 CILJ: Ugotoviti metode ocenjevanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Sloveniji _____ 201
7.1.2 CILJ: Zanesljivost sedanjega ocenjevanja volumna dreves in lesne zaloge v Sloveniji _____ 202
7.2 ZANESLJIVOST METOD UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV _____ 205
7.2.1 CILJ: Ugotoviti oceno pravega volumna dreves _____ 205
7.2.2 CILJ: Ugotoviti nadomestne metode (volumenske funkcije) za izračun ocene pravega volumna dreves (reference) _____ 208
7.2.3 CILJ: Ugotoviti napake pri uporabi tarif in oceniti kolikšna je zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev _____ 215
7.2.4 CILJ: Ugotoviti zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s PEF tarifami, določenimi za odsek/rastiščni stratum _____ 219
7.3 VPLIV DEJAVNIKOV NA ZANESLJIVOST OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI _____ 221
7.3.1 CILJ: Analizirati vpliv dejavnikov na zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami _____ 221
7.4 UGOTOVITI USTREZNO METODO OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI ZA STRATUM _____ 222
7.4.1 CILJ: Z lokalnimi tarifami _____ 222
7.4.2 CILJ: Z ustrezno izbranimi (optimalnimi) PEF tarifami _____ 224
7.5 ANALIZIRATI ZANESLJIVOST OCENE KOLIČINE DREVESNE BIOMASE IZ OCENE LESNE ZALOGE _____ 225
7.5.1 CILJ: Zanesljivost ocene lesne zaloge oz. drevesne biomase na ravni države _____ 225
7.5.2 CILJ: Zanesljivost ocene količine drevesne biomase s pomočjo metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev _____ 225
7.5.3 CILJ: Zanesljivost konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za Slovenijo _____ 226
7.5.4 Zaključek _____ 226

8 POVZETEK 227

9 SUMMARY 231

10 VIRI 235

11 ZAHVALA 244

12 PRILOGE 245

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koeficienti originalnih švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij (Kaufmann, 2001) 16
Preglednica 2: Zanesljivost švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij (Kaufmann, 2001) 17
Preglednica 3: Delež posameznih delov drevesa glede na volumen deblovine (Kaufmann, 2001)..... 17
Preglednica 4: Koeficienti nemških dvovhodnih deblovnic (debeljad) za izbrane drevesne vrste (Puhek, 2003) 18
Preglednica 5: Koeficienti PEF tarif (Kotar, 2003: 44)..... 24
Preglednica 6: Schaefferjeve E tarife (Čokl, 1957; Kotar, 2003)..... 25
Preglednica 7: Alganove P tarife s korekcijo za premere pod 25 cm (Čokl, 1957; Kotar, 2003)..... 25
Preglednica 8: Čoklove V tarife (Čokl, 1959; Kotar, 2003)..... 26
Preglednica 9: Koeficienti za izbrane švicarske tarife (Kaufmann, 2000; 2001) 31
Preglednica 10: Zanesljivost švicarskih tarif (Kaufmann, 2001)..... 31
Preglednica 11: Različni zapisi vrst in razredov PEF tarif 48
Preglednica 12: Pregled nekaterih značilnosti in razlik med različnimi metodami (volumenskimi funkcijami) 73
Preglednica 13: Podatki o ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Pokljuka (l. 2004) 83
Preglednica 14: Podatki o vseh (N = 842), dominantnih (N = 105) in posekanih (N = 105) drevesih na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Pokljuka (l. 2004) 83
Preglednica 15: Podatki o ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)..... 84
Preglednica 16: Podatki o vseh drevesih (N = 246) na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)..... 84
Preglednica 17: Podatki o dominantnih drevesih (N = 105) na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003) 84
Preglednica 18: Podatki o posekanih (N = 74) drevesih na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)..... 85
Preglednica 19: Primerjava razlik povprečnih volumnov dreves (N = 157) glede na tri sekcijske metode, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88) 86
Preglednica 20: Statistični kazalci za oceno pravega volumna drevesa (v_n) po Newtonovi metodi (V_n). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 91
Preglednica 21: Delež posameznih delov drevesa v celotnem volumnu drevesa (v_n). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 92
Preglednica 22: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti metod (3V_CH, 2V_NE) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 93
Preglednica 23: Območja definiranosti regionalnih volumenskih funkcij. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 102
Preglednica 24: Regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 103
Preglednica 25: Regionalne dvovhodne deblovnice (2V_SI). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 104
Preglednica 26: Primerjava povprečnih volumnov dreves (3V_SI, 2V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 106
Preglednica 27: Primerjava razlik povprečnih volumnov dreves (3V_SI, 2V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 106
Preglednica 28: Primerjava zanesljivosti regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 107
Preglednica 29: Primerjava zanesljivosti regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (2V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 107
Preglednica 30: Izbrane vrste in razredi PEF tarif. Sekcijske meritve, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 123
Preglednica 31: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti PEF tarif (1V_ZGS, 1V_POP) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 124

Preglednica 32: Območja definiranosti lokalnih tarif. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 130
Preglednica 33: Lokalne tarife s polinomsko (1V_POL) volumensko funkcijo. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 130
Preglednica 34: Lokalne tarife z eksponentno (1V_EKS) volumensko funkcijo. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 130
Preglednica 35: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti lokalnih tarif (1V_POL, 1V_EKS) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88). 133
Preglednica 36: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 69) in za Pokljuko (l. 2004, N = 88). 141
Preglednica 37: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 69) in za Pokljuko (l. 2004, N = 98). 142
Preglednica 38: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 30 cm. Smreka (N = 60), sekcijske meritve za Pokljuko (l. 2004). 148
Preglednica 39: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 30 cm. Bukev (N = 19), sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003). 148
Preglednica 40: Razdelitev vzorčnih ploskev ($N_{ploskev}$ = 76) in dreves (N = 845) *d, h,* d_7 meritev po prvi kombinaciji faktorjev (KOM1). Poljane (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) in Predmeja (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494). 155
Preglednica 41: Analiza variance za primer smreke. Drevesa (N = 548) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005). 158
Preglednica 42: Analiza variance za primer bukve. Drevesa (N = 386) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005). 160
Preglednica 43: Regionalne dvovhodne deblovnice (2V_R, $N_{enačb}$ = 5). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 162
Preglednica 44: Območja definiranosti regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R, $N_{enačb}$ = 5). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 163
Preglednica 45: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R, $N_{enačb}$ = 5) med lokacijama in drevesnimi vrstami. Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 164
Preglednica 46: Razdelitev vzorčnih ploskev ($N_{ploskev}$ = 76) in dreves (N = 845) *d, h,* d_7 meritev po drugi kombinaciji faktorjev (KOM2). Poljane (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) in Predmeja (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494). 167
Preglednica 47: Območja definiranosti lokalnih tarif (1V_L, $N_{stratumov}$ = 18). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 168
Preglednica 48: Lokalne tarife (1V_L, $N_{stratumov}$ = 18). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 169
Preglednica 49: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti dveh vrst PEF tarif (1V_ZGS, 1V_O) in lokalnih tarif (1V_L) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 179
Preglednica 50: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti dveh vrst PEF tarif (1V_ZGS, 1V_O) in lokalnih tarif (1V_L) za lokaciji (Poljane, Predmeja), po drevesnih vrstah (smreka, jelka, bukev) in skupaj. Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 180
Preglednica 51: Višinske krivulje za izbrane stratume ($N_{stratumov}$ = 6) za lokaciji (Poljane, $N_{stratumov}$ = 2; Predmeja, $N_{stratumov}$ = 4). Izbrana drevesa (N = 544) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 230) in Predmeja (l. 2005, N = 314). 187
Preglednica 52: Primerjava odstopanj ocen srednjih sestojnih višin (H_m, H_m'), izračunanih kot aritmetična sredina pravih (*h*) in s pomočjo višinske krivulje izračunanih (*h'*) višin posameznih dreves po stratumih ($N_{stratumov}$ = 6) za lokaciji (Poljane, $N_{stratumov}$ = 2; Predmeja, $N_{stratumov}$ = 4). Izbrana drevesa (N = 544) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 230) in Predmeja (l. 2005, N = 314). 191

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz poteka vseh treh vrst PEF tarif, prikaz za 8. razred: E tarifa (zelena), P tarifa (modra) in V tarifa (rdeča)..... 26
Slika 2: Vzorčne ploskve v GGE Ravnik. Izbrane začasne vzorčne ploskve ($N_{ploskev}$ = 7), na katerih smo l. 2003 izmerili drevesa (N = 69) sekcijskih meritev. 51
Slika 3: Vzorčne ploskve v GGE Pokljuka. Izbrane začasne vzorčne ploskve ($N_{ploskev}$ = 7), na katerih smo l. 2004 izmerili drevesa (N = 88) sekcijskih meritev. 52
Slika 4: Razdelitev drevesa na sekcije pri Huberjevi metodi 55
Slika 5: Razdelitev drevesa na sekcije pri Smalianovi metodi 55
Slika 6: Razdelitev drevesa na sekcije pri Newtonovi metodi..... 55
Slika 7: Vzorčne ploskve v GGE Poljane (200 x 500 m). Izbrane stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode ($N_{ploskev}$ = 27) in ploskve posebne raziskave ($N_{ploskev}$ = 11), na katerih smo l. 2005 izmerili drevesa (N = 351) *d, h,* d_7 meritev. 59
Slika 8: Vzorčne ploskve v GGE Predmeja (250 x 250 m). Izbrane stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode ($N_{ploskev}$ = 38), na katerih smo l. 2005 izmerili drevesa (N = 494) *d, h,* d_7 meritev. 60
Slika 9: Razdelitev drevesa na posamezne dele (COST E43, 2005) 72
Slika 10: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za enodobne sestoje (Schaefferjeve tarife), 20 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 75
Slika 11: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za prebiralne sestoje (Alganove tarife), 20 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 75
Slika 12: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za raznodobne sestoje (Čoklove tarife), 20 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 75
Slika 13: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za enodobne sestoje (Schaefferjeve tarife), 10 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 76
Slika 14: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za prebiralne sestoje (Alganove tarife), 10 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 76
Slika 15: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za raznodobne sestoje (Čoklove tarife), 10 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 76
Slika 16: Prostorski prikaz bonitetnih skupin razredov PEF tarif za smreko. Zelo slaba rastišča (tarifni razred je 1–4, rumena), slaba rastišča (5–8, oranžna), dobra rastišča (9–12, rdeča), zelo dobra rastišča (13–16, zelena) in najboljša rastišča (17–20, modra), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 78
Slika 17: Prostorski prikaz bonitetnih skupin razredov PEF tarif za jelko. Zelo slaba rastišča (tarifni razred je 1–4, rumena), slaba rastišča (5–8, oranžna), dobra rastišča (9–12, rdeča), zelo dobra rastišča (13–16, zelena) in najboljša rastišča (17–20, modra), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 78
Slika 18: Prostorski prikaz bonitetnih skupin razredov PEF tarif za bukev. Zelo slaba rastišča (tarifni razred je 1–4, rumena), slaba rastišča (5–8, oranžna), dobra rastišča (9–12, rdeča), zelo dobra rastišča (13–16, zelena) in najboljša rastišča (17–20, modra), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 79
Slika 19: Karta gozdov po lesnoproizvodnem pomenu ... (Košir, 2000). Negozdno (bela), gozd: Rk 0 (rumena), Rk 1 (oranžna), Rk 3 (rjava), Rk 5 (rdeča), Rk 7 (svetlo zelena), Rk 9 (temno zelena), Rk 11–13 (modra) in Rk 14–17 (črna), stanje v Sloveniji (l. 1975). 80
Slika 20: Frekvenčna porazdelitev ploskev po skupinah Rk faktorjev, stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km 80
Slika 21: Razredi PEF tarif v odvisnosti od bonitete rastišča (Rk), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka. Stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km..... 81
Slika 22: Razredi PEF tarif v odvisnosti od bonitete rastišča (Rk), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), jelka. Stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 81

Slika 23: Razredi PEF tarif v odvisnosti od bonitete rastišča (Rk), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), bukev. Stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km. 82
Slika 24: Ocena pravega volumna dreves (v_n), sekcijske meritve (N = 157), po drevesnih vrstah, rastiščih in razvojnih fazah, za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88): Pokljuka smreka drogovnjak (oranžna, N = 61); Pokljuka smreka debeljak (rjava, N = 27); Ravnik, smreka (modra, N = 10), Ravnik jelka (zelena, N = 38) in Ravnik bukev (rdeča, N = 21)..... 85
Slika 25: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves (v_h), izračunanega po Huberjevi metodi (V_h) glede na Newtonovo metodo (V_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88)..... 87
Slika 26: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves (v_s), izračunanega po Smalianovi metodi (V_s) glede na Newtonovo metodo (V_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88)..... 88
Slika 27: Odstopanja volumna dreves (v_h), izračunanega po Huberjevi metodi (V_h) glede na Newtonovo metodo (V_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunano (v_h) po Huberjevi metodi (R^2 je 0,999863 za smreko, 0,999672 za jelko in 0,999142 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88)..... 89
Slika 28: Odstopanja volumna dreves (v_s), izračunanega po Smalianovi metodi (V_s) glede na Newtonovo metodo (V_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunano (v_s) po Smalianovi metodi (R^2 je 0,999948 za smreko, 0,999929 za jelko in 0,999828 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88)..... 90
Slika 29: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s švicarskimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_CH) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 95
Slika 30: Odstopanja volumna dreves, izračunanega s švicarskimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_CH) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,996596 za smreko, 0,987505 za jelko in 0,979739 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 96
Slika 31: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z nemškimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_NE) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 98
Slika 32: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z nemškimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_NE) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,983179 za smreko, 0,964316 za jelko in 0,960686 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88)..... 99
Slika 33: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 108

Slika 34: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_D, 3V_SI_SOC, 3V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 10) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 109
Slika 35: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 111
Slika 36: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_D, 2V_SI_SOC, 2V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 10) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 112
Slika 37: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997436 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 113
Slika 38: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_D) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997608 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 114
Slika 39: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_SOC) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997620 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 115
Slika 40: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997473 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 116
Slika 41: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,986830 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 118
Slika 42: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_D) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,986990 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 119

Slika 43: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_SOC) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,987087 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 120
Slika 44: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,922226 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 121
Slika 45: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 125
Slika 46: Odstopanja volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,968893 za smreko, 0,955482 za jelko in 0,949374 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 126
Slika 47: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z ažuriranimi PEF tarifami (1V_POP) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 127
Slika 48: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z ažuriranimi PEF tarifami (1V_POP) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,971690 za smreko, 0,953549 za jelko in 0,950485 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 128
Slika 49: Primerjava lokalnih tarif, izdelanih s polinomsko (1V_POL) volumensko funkcijo. Pokljuka smreka drogovnjak (oranžna, N = 61, R^2 je 0,903389); Pokljuka smreka debeljak (rjava, N = 27, R^2 je 0,908423); Ravnik, smreka (modra, N = 10, R^2 je 0,982772); Ravnik jelka (zelena, N = 38, R^2 je 0,953279) in Ravnik bukev (rdeča, N = 21, R^2 je 0,945627). Sekcijske meritev za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 131
Slika 50: Primerjava lokalnih tarif, izdelanih z eksponentno (1V_EKS) volumensko funkcijo. Pokljuka smreka drogovnjak (oranžna, N = 61, R^2 je 0,937659); Pokljuka smreka debeljak (rjava, N = 27, R^2 je 0,909589); Ravnik, smreka (modra, N = 10, R^2 je 0,981995); Ravnik jelka (zelena, N = 38, R^2 je 0,956895) in Ravnik bukev (rdeča, N = 21, R^2 je 0,946494). Sekcijske meritev za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 132
Slika 51: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_POL) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 134
Slika 52: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_POL) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,978577 za smreko, 0,955727 za jelko in 0,950293 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 135

Slika 53: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_EKS) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 137
Slika 54: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_EKS) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,978891 za smreko, 0,959347 za jelko in 0,951922 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88). 138
Slika 55: PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna; črtkana – zunaj območja veljavnosti), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98, R^2 je 0,965863) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21, R^2 je 0,945627), 10–90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004). 143
Slika 56: PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98, R^2 je 0,965863) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21, R^2 je 0,945627), 10–30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004). 143
Slika 57: PEF tarife: P (polna črta) in P_{kor} tarifa (črtkana črta), različni tarifni razredi (zelena – 2. razred, rdeča – 5. razred in modra – 8. razred). 144
Slika 58: Absolutno odstopanje (m^3). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004). 145
Slika 59: Absolutno odstopanje (m^3). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004). 145
Slika 60: Relativno odstopanje (%). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004). 146
Slika 61: Relativno odstopanje (%). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004). 146
Slika 62: Absolutno odstopanje (m^3) tarife V8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60). 149
Slika 63: Absolutno odstopanje (m^3) tarife P8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60). 149
Slika 64: Absolutno odstopanje (m^3) tarife $P8_{kor}$ od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60). 149
Slika 65: Absolutno odstopanje (m^3) tarife E8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60). 150
Slika 66: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_POL) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60). 150
Slika 67: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_EKS) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*),. Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60). 150
Slika 68: Absolutno odstopanje (m^3) tarife V8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19). 152
Slika 69: Absolutno odstopanje (m^3) tarife P8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19). 152
Slika 70: Absolutno odstopanje (m^3) tarife $P8_{kor}$ od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19). 152
Slika 71: Absolutno odstopanje (m^3) tarife E8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19). 153
Slika 72: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_POL) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19). 153
Slika 73: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_EKS) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19). 153
Slika 74: Vpliv bonitete rastišča za primer smreke, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 548) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in d, h, d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005). 158

Slika 75: Vpliv razvojne faze za primer smreke, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 548) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005). 159
Slika 76: Vpliv bonitete rastišča za primer bukve, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 386) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005). 160
Slika 77: Vpliv razvojne faze za primer bukve (N = 386), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005). 161
Slika 78: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_POLJ_SM) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka (N = 230), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005). 164
Slika 79: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_POLJ_JE), glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka (N = 30), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005). 165
Slika 80: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_POLJ_BU) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev (N = 91), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005). 165
Slika 81: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_PRED_SM) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka (N = 220), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005). 166
Slika 82: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_PRED_BU) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev (N = 274), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005). 166
Slika 83: Lokalne tarife za stratume ($N_{stratumov}$ = 9). Smreka (modra, $N_{stratumov}$ = 2), jelka (zelena, $N_{stratumov}$ = 3) in bukev (rdeča; $N_{stratumov}$ = 4). R^2 za stratum 1122 (N = 23) je 0,988649, za 1131 (N = 56) je 0,985540, za 1132 (N = 10) je 0,990426, za 1213 (N = 5) je 0,986153, za 1222 (N = 47) je 0,976054, za 1223 (N = 19) je 0,981647, za 1231 (N = 174) je 0,975024, za 1232 (N = 11) je 0,980047 in za 1233 (N = 6) je 0,992448. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) 170
Slika 84: Lokalne tarife za stratume ($N_{stratumov}$ = 9). Smreka (modra, $N_{stratumov}$ = 4) in bukev (rdeča, $N_{stratumov}$ = 5). R^2 za stratum 2112 (N = 47) je 0,955955, za 2121 (N = 48) je 0,875885, za 2122 (N = 28) je 0,961927, za 2211 (N = 50) je 0,963742, za 2212 (N = 73) je 0,956004, za 2221 (N = 90) je 0,979486, za 2222 (N = 101) je 0,985275, za 2231 (N = 32) je 0,901531 in za 2232 (N = 25) je 0,990311. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494). 170
Slika 85: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1122, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 23). 171
Slika 86: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 1131, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 56). 171
Slika 87: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1132, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 10). 171
Slika 88: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka, stratum 1213, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 5). 172
Slika 89: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1222, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 47). 172
Slika 90: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka, stratum 1223, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 19). 172
Slika 91: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 1231, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 147). 173
Slika 92: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1232, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 11). 173

Slika 93: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka, stratum 1233, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 6). 173
Slika 94: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2112, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 47). 174
Slika 95: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2121, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 48). 174
Slika 96: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2122, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 28). 174
Slika 97: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2211; drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 50). 175
Slika 98: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2212; drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 73). 175
Slika 99: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2221, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 90). 175
Slika 100: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2222, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 101). 176
Slika 101: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2231, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 32). 176
Slika 102: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2232, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 25). 176
Slika 103: Izbor optimalnega niza PEF tarif (1V_O), primer za stratum 2222 (rdeča), bukev, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 101). 177
Slika 104: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na referenčni volumen (v_r) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 181
Slika 105: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z optimalnimi PEF tarifami (1V_O) glede na referenčni volumen (v_r) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494). 181
Slika 106: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494)..... 182
Slika 107: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351). 183
Slika 108: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z optimalnimi PEF tarifami (1V_O) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351). 183
Slika 109: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351). 184
Slika 110: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494). 184

Slika 111: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z optimalnimi PEF tarifami (1V_O) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494). 185
Slika 112: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494). 185
Slika 113: Višinska krivulja za stratum 1131. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■, N = 40, R^2 je 0,76192) ter socialnega položaja 3 (□, N = 16, R^2 je 0,65561). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 56, R^2 je 0,76061). 188
Slika 114: Višinska krivulja za stratum 1231. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■, N = 148, R^2 je 0,84913) ter socialnega položaja 3 (□, N = 26, R^2 je 0,81198). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 174, R^2 je 0,89981). 188
Slika 115: Višinska krivulja za stratum 2211. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■, N = 42, R^2 je 0,60541) ter socialnega položaja 3 (□, N = 8, R^2 je 0,95212). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 50, R^2 je 0,81530). 189
Slika 116: Višinska krivulja za stratum 2221. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■,N = 76, R^2 je 0,76711) ter socialnega položaja 3 (□, N = 14, R^2 je 0,82512). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 90, R^2 je 0,84051). 189
Slika 117: Višinska krivulja za stratum 2212. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (●, N = 54, R^2 je 0,03666) ter socialnega položaja 3 (○, N = 19, R^2 je 0,13023). Bukev, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 73, R^2 je 0,43578). 190
Slika 118: Višinska krivulja za stratum 2222. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (●, N = 87, R^2 je 0,67644) ter socialnega položaja 3 (○, N = 14, R^2 je 0,82010). Bukev, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 101, R^2 je 0,76618). 190
Slika 119: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 1131, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 56). 192
Slika 120: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 1231, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 174). 192
Slika 121: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 2211, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 50). 193
Slika 122: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 2221, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 90). 193
Slika 123: Absolutno odstopanje višine dreves izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*), po socialnem položaju, stratum 2212, bukev. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 73). 194
Slika 124: Absolutno odstopanje višine dreves izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*), po socialnem položaju, stratum 2222, bukev. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 101). 194
Slika 125: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri smreki glede na dominantno višino (H_d), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*).. 195
Slika 126: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri smreki glede na deb. stopnje, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*).... 195
Slika 127: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri jelki glede na dominantno višino (H_d), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). 196
Slika 128: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri jelki glede na deb. stopnje, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). 196
Slika 129: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri bukvi glede na dominantno višino (H_d), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). 197
Slika 130: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri bukvi glede na deb. stopnje, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*).. ... 197

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Snemalni list sekcijskih meritev, ploskve in drevesa 245
Priloga B: Snemalni list sekcijskih meritev, posekana drevesa 246
Priloga C: Snemalni listi *d, h,* d_7 meritev, ploskve in drevesa 247
Priloga D: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, ploskve 248
Priloga E: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, vsa drevesa 249
Priloga F: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, sekcije posekanih dreves 250
Priloga G: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, volumni sekcij posekanih dreves 251
Priloga H: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, volumni sekcij po metodah 252
Priloga I: Osnovna datoteka *d, h,* d_7 meritev, ploskve 253
Priloga J: Osnovna datoteka *d, h,* d_7 meritev, drevesa 254
Priloga K: CD z datotekami podatkov 255

OKRAJŠAVE, SIMBOLI IN MERSKE ENOTE

- 1V – enovhodna volumenska funkcija, tarifa,
- 2V – dvovhodna volumenska funkcija, dvovhodna deblovnica,
- 3V – trovhodna volumenska funkcija,
- *AR* – *average residual*, srednja napaka odstopanj, povprečno odstopanje izraženo v % od srednjega volumna; v %,
- BEF – *biomass expansion factor*, biomasni ekspanzijski faktor,
- bu – bukev,
- C – ogljik,
- CC – *carbon conversion factor*, pretvorbeni faktor za izračun količine ogljika v biomasi,
- CH – Švica,
- CO_2 – ogljikov dioksid,
- COST – *European cooperation in the field of scientific and technical research*, Projekt evropskega sodelovanja na področji znanosti in raziskav,
- *d* – prsni premer, premer drevesa, merjen na višini 1,3 m; tudi $d_{1,3}$, DBH; v cm,
- $d_{0,3}$ – zgornji premer, premer drevesa, merjen na 30 % višine drevesa; v cm,
- $d_{0,5}$ – zgornji premer, premer drevesa, merjen na polovici (50 %) višine drevesa; v cm,
- d_7 – zgornji premer, premer drevesa, merjen na 7 m višine drevesa; v cm,
- DBR – dobro rastišče,
- D_d – dominantni premer; v cm,
- DEB – debeljak,
- DLR – *dead–live ratio*, razmerje za izračun količine odmrle biomase,
- D_m – srednji premer; v cm,
- D_p – srednji premer posekanih dreves; v cm,
- DRO – drogovnjak,
- DS – debelinska stopnja, število, (1. je od 0 do 5 cm, 2. je od 5 do 10 cm, 3. je od 10 do 15 cm, itd.),
- DS_m – debelinska stopnja, srednji premer; v cm, (npr. za 3. deb. stopnjo je to 12,5 cm),
- dv – drevesna vrsta,
- d_z – zgornji premer drevesa, merjen na višini *z*; v cm,
- d_{zg} – dodatni zgornji premer drevesa, merjen na višini *zg*; v cm,
- E tarife – Schaefferjeve PEF tarife za enodobne sestoje,
- *f*, F – faktor oblike drevesa,
- f – matematična funkcija,
- *g* – temeljnica drevesa, sestoja; v m^2,
- GFRA – *Global Forest Resources Assesment*, Globalna ocena gozdnih virov,
- GGE – gozdnogospodarska enota,
- GGO – gozdnogospodarsko območje,
- GPS – *Global Positioning System*, globalni satelitski navigacijski sistem,
- GR – gospodarski razred,
- GRE – gospodarski razred gozdnogospodarske enote,
- GRO – gospodarski razred gozdnogospodarskega območja,
- *h* – višina drevesa, merjena od tal do najvišjega poganjka drevesa; v m,

- H_d – dominantna višina; v m,
- *hf*, HF – oblikovna višina drevesa; v m,
- H_m – srednja višina; v m,
- IG – iglavci,
- je – jelka,
- KOM1 – kombinacija dejavnikov, prva razdelitev, glede na tarifne razrede,
- KOM2 – kombinacija dejavnikov, druga razdelitev, glede na boniteto rastišča (SI_{50}),
- KP – Kjotski (sporazum) protokol,
- *KV* – koeficient variacije; v %,
- L – lokalen, lokalna,
- li – listavci,
- *max* – največja (maksimalna) vrednost,
- MCPFE – *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe*; Ministrska konferenca o varovanju evropskih gozdov,
- *mean*, *m* – aritmetična sredina, povprečje,
- MG – mlad gozd,
- *min* – najmanjša (minimalna) vrednost,
- NE – Nemčija,
- NMV – nadmorska višina; v m,
- O – optimalen, optimalna,
- ODD – oddelek,
- ODS – odsek,
- P tarife – Alganove PEF tarife za prebiralne sestoje,
- PEF – prilagojene enotne francoske tarife,
- PL – zaporedna številka ploskve,
- PSGR – proizvodnja sposobnost gozdnih rastišč; v m^3/ha leto,
- PZGS – proizvodno zmogljivostjo gozdnih sestojev; v m^3/ha leto,
- R – *root–to–shoot ratio*, razmerje za izračun podzemne drevesne biomase,
- R^2 – determinacijski koeficient oz. kvadrat koeficienta korelacije (*R*),
- RAST – rastišče,
- RAZ – raznodobno,
- RFAZ – razvojna faza,
- Rk – rastiščni koeficient po Koširju,
- *SD* – standardni odklon,
- *SE* – standardna napaka ocene povprečne vrednosti; tudi *SEE* (*standard error of estimate*),
- SES – sestojni tip,
- SG – star gozd,
- SI – Slovenija,
- SI_{100} – rastiščni indeks (*site index*), izračunan za 100 let star sestoj,
- SI_{50} – rastiščni indeks (*site index*), izračunan za 50 let star sestoj,
- SI_n – rastiščni indeks (*site index*), izračunan za *n* let star sestoj,
- SLR – slabo rastišče,
- sm – smreka,
- SOC – socialni položaj,

- SR – *standard deviation of residuals*, standardni odklon odstopanj, izražen v % od srednjega volumna; v %,
- SRR – srednje dobro rastišče,
- STS– starost sestoja; v letih,
- TBFRA – *Temperate and Boreal Forest Resource Assessment*; Ocena gozdnih virov gozdov zmernega in borealnega pasu,
- TR_n – tarifni razred PEF tarif za skupino drevesnih vrst,
- UNFCCC – *United Nation Framework Convention on Climate Change*; Okvirna konvencija Združenih narodov o klimatskih spremembah,
- v – volumen, prostornina drevesa; v m^3,
- V tarife – Čoklove (vmesne) PEF tarife za raznodobne sestoje,
- v_h – volumen drevesa izračunan po Huberjevem obrazcu za sekcije; v m^3,
- v_n – volumen drevesa izračunan po Newtonovem obrazcu za sekcije; v m^3,
- v_r – referenčni volumen drevesa izračunan s trovhodnimi volumenskimi funkcijami; v m^3,
- v_{rr} – regionalni referenčni volumen drevesa izračunan z regionalnimi dvovhodnimi volumenskimi funkcijami; v m^3,
- v_s – volumen drevesa izračunan po Smalianovem obrazcu za sekcije; v m^3,
- WD – *wood density*, gostota drevesa (lesa), v ton/m^3 suhe snovi,
- ZGS – Zavod za gozdove Slovenije.

1 UVOD

Les iz gozdov je v Sloveniji poleg vode glavni naravni obnovljivi vir. Kljub temu da postajajo socialne in ekološke vloge gozdov vedno bolj pomembne, lesnoproizvodna vloga še vedno ohranja svoj pomen. Dohodek od lesa je lokalno pomemben za ohranitev poseljenosti podeželja in s tem tudi ohranjanja značilnih podob slovenskih krajin.

Struktura, stanje, prirastek, posek in spremembe lesne zaloge gozdov so pomembni kriteriji za preverjanje učinkovitosti gozdnogospodarskega načrtovanja ter tudi merila in kazalci trajnostnega gospodarjenja z gozdovi MCPFE (Improved ..., 2002). Gozdnogojitvene ukrepe (jakost redčenja, količina poseka) navadno načrtujemo in prikazujemo kot delež lesne zaloge in/ali prirastka.

Zaradi izpolnjevanja obveznosti Okvirne konvencije Združenih narodov o klimatskih spremembah (UNFCCC) in Kjotskega sporazuma (KP) o zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, za katerega se je naša država obvezala, postaja za Slovenijo zelo pomembna tudi vloga gozdov kot ponora CO_2. Količina vezanega ogljika v drevesih je v tesni povezavi z oceno količine drevesne biomase, ta pa je v tesni povezavi z oceno lesne zaloge. Iz ocene stanja in prirastka lesne zaloge lahko količinsko ovrednotimo vlogo gozdov v bilanci CO_2. Prav tako je zanesljiva ocena lesne zaloge na državni ravni pomembna za primerljivost in številna mednarodna poročanja, npr. TBFRA 2000 (Temporal ..., 2000), MCPFE 2002 (Improved ..., 2002) in GFRA 2005 (Global ..., 2006). Zanesljiva ocena količine drevesne biomase je pomembna tudi za izrabo le-te v energetske namene. Čedalje pomembnejša postaja tudi ocena količine odmrle drevesne biomase v gozdovih kot eden od ključnih kazalcev biodiverzitete gozdnih ekosistemov.

Ob hitrem razvoju metod daljinskega zaznavanja za ugotavljanje lesne zaloge, npr. LIDAR (Schardt in sod., 2000; Holmgren in sod., 2003; Lim in sod., 2003), fotogrametrične meritve (Biggs, 1991; Dean, 2003) ali satelitska klasifikacija (Holmgren in sod., 2000), pa za gozdarsko prakso (gozdno inventuro) še vedno ostajajo bistvene terenske meritve osnovnih dendrometrijskih elementov, kot so premer (*d*), višina (*h*) in faktor oblike drevesa (*f*) za izračun volumna dreves (*v*) in lesne zaloge sestojev.

Kljub dejstvu da poznavanje zanesljive ocene lesne zaloge še naprej ostaja pomembno tako za gozdarsko stroko kot tudi za širšo javnost, v Sloveniji do sedaj še ni bilo opravljene poglobljene raziskave o zanesljivostih prilagojenih enotnih francoskih (PEF) tarif, ki jih uporabljamo za ocenjevanje lesne zaloge. Od zanesljivosti PEF tarif oz. volumenskih funkcij je namreč bistveno odvisna zanesljivost ocene lesne zaloge.

Ključna problematika doktorske disertacije, kot izhaja iz naslova, je naslednja:

- zanesljivost (napaka) ocen volumna dreves in lesne zaloge sestojev,
- zanesljivost (napaka) enoparametrskih (enovhodnih) volumenskih funkcij – tarif,
- možnosti izboljšave zanesljivosti (napake) ocen lesne zaloge sestojev s stratifikacijo ob uporabi tarif.

2 OPREDELITEV PROBLEMA

2.1 ZANESLJIVOST OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV

2.1.1 Volumen dreves in lesna zaloga sestojev

V sklopu gozdne inventure za oceno stanja in razvoja gozdov zavzema pomembno vlogo ugotavljanje volumna dreves oz. lesne zaloge sestojev. Sedanje metode določanja volumna dreves, kot volumen drevesa večinoma upoštevajo le tehnološko izkoristljiv – uporaben del debla (les), iz česar sledi tudi izraz lesna zaloga. V zadnjem času postaja pomembna tudi celotna biomasa drevesa, npr. poročanje UNFCCC (Guidelines ..., 2004). Pri uporabi različnih metod (formule, tablice) izračuna volumna drevesa je zato treba biti pazljiv, kaj je rezultat oz. kateri posamezni deli drevesa so upoštevani v rezultatu – volumnu drevesa – ter če v volumen drevesa vključujemo tudi lubje ali ne.

Določanje volumna drevesa z meritvami pri gozdni inventuri je v statističnem smislu večfazno vzorčenje, saj neposredno ne merimo volumna drevesa, ampak merimo pomožne dendrometrijske podatke (premer, višina), s katerimi je volumen v tesni povezavi. Na podlagi poznavanja teh tesnih regresijskih povezav (volumenskih funkcij) lahko posredno izračunamo volumen drevesa.

Volumen drevesa (v_i) lahko izrazimo kot volumen geometrijskega telesa, ki se od volumna valja enake debeline/ploščine (g_i) in višine (h_i) razlikuje za faktor oblike drevesa (f_i), in to zapišemo kot matematično funkcijo $v_i = \mathrm{f}(g_i, h_i, f_i)$ oz. kot enačbo:

$$v_i = g_i \cdot h_i \cdot f_i \qquad \ldots (1)$$

Zanesljivost ocene volumna dreves (in s tem tudi lesne zaloge sestojev) je torej odvisna od zanesljivosti vseh treh parametrov enačbe (1).

Kriteriji, pomembni za oceno volumna drevesa in lesne zaloge sestojev, so:
- kaj štejemo pod volumen drevesa oz. katere posamezne dele drevesa upoštevamo,
- kakšen je merski prag za posamezne dele drevesa, da jih upoštevamo kot del volumna drevesa,
- kakšen je merski prag, da drevo sploh merimo in upoštevamo njegov volumen za oceno lesne zaloge,
- kolikšna je zanesljivost (napaka) meritve posameznih parametrov in kolikšna je zanesljivost (napaka) metode (modela), po kateri izračunamo volumen drevesa.

2.1.2 Ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev

Zelo zanesljivo in natančno lahko ugotovimo volumen dreves z naslednjimi metodami (Husch in sod., 2003):
- s ksilometriranjem (najnatančnejše, zelo drago in zahtevno),
- z debelnimi metodami sekcij,
- z metodami rotacijskih teles funkcij vzdolžnih oblik debla (*taper/spline* metode).

Natančne metode ugotavljanja volumna dreves so drage, zahtevajo veliko časa in jih je možno uporabiti večinoma le na podrtem drevju (ksilometriranje), na stoječem drevju pa jih je težko izvesti ali so manj zanesljive (sekcijske metode). Zato je potrebno najti

učinkovito metodo za oceno volumna stoječih dreves, ki bo uporabna v praksi (enostavna, hitra in poceni) in katere (statistična) zanesljivost bo znana ter v mejah dopustne napake.

Za določanje volumna stoječih dreves lahko uporabimo tri (Hočevar, 1995A: 61) oz. štiri (Wagner, 1982: 73) osnovne tipe volumenskih funkcij, ki se med seboj razlikujejo glede na vhodne podatke, spremenljivke (prsni premer (d), višina drevesa (h), zgornji premer (d_z) in dodatni zgornji premer (d_{zg})), ki jih upoštevajo pri izračunu:

- štirivhodne volumenske funkcije (spremenljivke: d, h, d_z in d_{zg}),
- trovhodne volumenske funkcije (spremenljivke: d, h in d_z),
- dvovhodne volumenske funkcije – deblovnice (spremenljivki: d in h),
- enovhodne volumenske funkcije – tarife (spremenljivka: d).

Lesno zalogo sestojev v Sloveniji ugotavljamo večinoma z enovhodnimi volumenskimi funkcijami – prilagojenimi enotnimi francoskimi tarifami, zanesljivost katerih pa slabo poznamo. Od dvovhodnih volumenskih funkcij, predvsem za ugotavljanje volumna dreves, ponekod uporabljamo lokalne slovenske in tuje – nemške dvovhodne deblovnice, katerih ustreznost v naših razmerah tudi še ni dovolj raziskana. Skupna značilnost obstoječih volumenskih funkcij je nepoznavanje statističnih parametrov, zanesljivosti in pričakovanih napak za oceno volumnov posameznih dreves in lesne zaloge sestojev.

Pred reorganizacijo gozdarstva v začetku devetdesetih let dvajsetega stoletja smo imeli povratne informacije o zanesljivosti ocen volumna stoječih dreves in s tem tudi PEF tarif, saj je bilo razmerje med lesno zalogo (stoječega) sestoja in volumnom posekanih dreves poznano, kar je omogočalo korekcije ocene lesne zaloge stoječega drevja oz. korekcijo tarif. Sedaj, ko se les prodaja na panju in so volumni posekanih dreves na kamionski cesti nedostopni (poslovna skrivnost izvajalskih podjetji), ni več kontrole nad tem, ali so PEF tarife, s katerimi ocenjujemo lesno zalogo prave, in kolikšna je razlika med volumnom stoječih in posekanih dreves.

Pomembno vprašanje je, katere metode ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev so dovolj učinkovite in zanesljive za oceno volumna dreves in katere so dovolj zanesljive za oceno lesne zaloge sestojev. Potrebno je razviti volumenske funkcije s poznanimi statističnimi parametri in zanesljivostjo.

Za oceno ustreznosti metod ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev je pomembno:

- kako zanesljivo lahko ocenimo volumen dreves in lesno zalogo sestojev in kolikšne so napake posameznih metod,
- kako zanesljiv je sedanji način ugotavljanja lesne zaloge s PEF tarifami,
- s kakšno napako je obremenjena današnja ocena lesne zaloge.

2.2 ZANESLJIVOST ENOVHODNIH VOLUMENSKIH FUNKCIJ

2.2.1 Enovhodne volumenske funkcije

Enovhodne volumenske funkcije, imenovane tudi tarife, navadno kot vhodni podatek uporabljajo premer drevesa. Tarife veljajo lokalno za ugotavljanje lesne zaloge sestoja, za katerega so izbrane. Za ugotavljanje volumna posameznega drevesa niso dovolj zanesljive. Tarife ponavadi delimo v skupine – razrede ali nize po dejavnikih, ki vplivajo na to, da ima drevo istega premera različen volumen. Ti dejavniki so lahko: drevesna vrsta, zgradba sestoja, sestojna in drevesna višina, socialni položaj, starost sestoja in boniteta rastišča (Kaufmann, 2000).

Tarife so manj zanesljive od dvovhodnih deblovnic, vendar so jih začeli uporabljati, ker so enostavnejše za uporabo in zahtevajo manj dragih in zamudnih meritev drevesnih višin kot dvovhodne deblovnice. Dejstvo je tudi, da temeljnica (kvadrat premera) bistveno bolj vpliva na volumen drevesa kot višina, ki vpliva linearno. Velikost volumna modelnega drevesa (npr. premer je 30 cm, višina je 30 m) se namreč poveča za enako vrednost, če se premer poveča za 1 cm ali pa se višina poveča za 1 m.

Matematično lahko tarifo zapišemo kot funkcijo $v_i = \mathrm{f}(d_i)$ oz. $v_i = \mathrm{f}(g_i)$. Pravilnost tarife (prava ocena volumna drevesa danega premera) je tako odvisna od spremenljivke d (izmerimo) ter matematične funkcije $\mathrm{f}(d_i)$, ki jo navadno na podlagi različnih kriterijev izberemo za določen sestoj in drevesno vrsto. Kot matematično funkcijo se za tarife uporablja različne tipe le-teh, kot so: polinomska, potenčna, eksponentna ali logaritemska. Te funkcije različno dobro predstavljajo zakonitosti naraščanja volumna drevesa s premerom. Formulo za odvisnost volumna drevesa od premera lahko zapišemo tudi kot enačbo (1). Za določen sestoj in drevesno vrsto, za katerega velja tarifa, lahko oblikovno višinsko funkcijo zapišemo kot funkcijo premera oz. enačbo:

$$\mathrm{k}_i = h_i \cdot f_i = \mathrm{f}(d_i) \qquad \ldots (2)$$

Tako lahko tarifno funkcijo zapišemo kot enačbo:

$$v_i = \mathrm{k}_i \cdot g_i + a_0 \qquad \ldots (3)$$

kjer je k_i oblikovno višinska funkcija (v odvisnosti od d), a_0 pa je konstanta. Pri izbiri tarif je torej glavni problem, kako za določeno drevesno vrsto, razvojno fazo, rastišče in sestojno obliko določiti k_i in a_0 oz. izbrati ustrezen tarifni niz (vrsto in razred tarif).

Težave pri ugotavljanju lesne zaloge sestojev s tarifami so naslednje:

- katero matematično funkcijo uporabiti za pravilno ponazoritev zakonitosti spreminjanja volumna dreves s premerom – tarife,
- kako določiti pravilne parametre matematične funkcije – tarife za določen sestoj,
- na podlagi katerih dejavnikov in kako razdeliti tarife, da bomo za vsak premer drevesa dobili čim boljšo oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev.

2.2.2 Prilagojene enotne francoske tarife

Za ugotavljanje lesne zaloge sestojev v sklopu gozdne inventure na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode v Sloveniji uporabljamo PEF tarife, ki veljajo za vse drevesne vrste (Čokl, 1980; Hočevar, 1990; 1991; 1995A).

PEF tarife so razdeljene na tri vrste glede na gozdnogojitveni tip oz. zgradbo sestoja (enodobni sestoji – E tarife, raznodobni sestoji – V tarife in prebiralni sestoji – P tarife) in na 10 oz. 20 bonitetnih razredov, kar dejansko pomeni 60 različnih tarifnih nizov – tarif. Nižje tarifne razrede uporabljamo za sestoje z nižjimi višinami – slabša rastišča, višje razrede pa za sestoje z višjimi višinami – boljša rastišča (Hočevar, 1995A: 115).

Prilagojene francoske tarife so enotne, kar pomeni, da veljajo za vse drevesne vrste enake tarife. Ista PEF tarifa za različne drevesne vrste torej pomeni isti volumen za vsa drevesa, ki imajo enak premer ne glede na drevesno vrsto. Zato je nujno določiti tarifne razrede za vsako drevesno vrsto (skupine drevesnih vrst) posebej, ne pa le določiti enoten tarifni razred za odsek.

Vpliv spremembe premera, višine in starosti na volumen drevesa določa razlike med vrstami PEF tarif. Prebiralni in enodobni sestoji se med seboj razlikujejo tako po svojih višinskih krivuljah kot tudi po volumenskih funkcijah (Čokl, 1956: 3; 1957: 170).

Za prebiralni tip sestojev in hitre P tarife je značilno, da pomeni tanjši premer nižjo višino, manjšo starost in manjši volumen drevesa. Ker višina in starost drevesa s premerom hitro naraščata, hitro narašča tudi volumen drevesa, zato so višinske in volumenske krivulje bolj strme (Čokl, 1956: 3; 1957: 170).

Za enodobne sestoje in počasne E tarife je značilno, da manjši premer pomeni enako staro, v rasti zaostalo, potegnjeno (bolj polnolesno) drevo manjšega volumna. Razlike v višini so med tanjšim in debelejšim drevjem manjše. Volumen dreves s premerom počasneje narašča, višinske in volumenske krivulje so bolj položne (Čokl, 1956: 3; 1957: 170). Za enodobne sestoje je značilen preskok tarifnih krivulj s starostjo, zato je potrebno E tarife ažurirati tekom razvoja sestoja.

V Sloveniji največ uporabljamo V tarife, ki so bile matematično določene tako, da ležijo med E in P tarifami. Vprašaje je, ali res ležijo med E in P tarifami. Prav tako je potrebno definirati, kaj so raznodobni sestoji in ugotoviti, kakšna je njihova značilna debelinska porazdelitev, kakšne so zakonitosti spreminjanja volumna s premerom (tarifa). Vprašanje ostaja tudi, kako se obnašajo V tarife glede na starost in razvoj sestoja. E in V tarife se tekom razvoja (s starostjo) sestoja spreminjajo in jih je potrebno ob ponovni gozdni inventuri preveriti oz. določiti na novo, P tarife pa se zaradi značilnosti prebiralnega tipa gozda in prebiralnega gospodarjenja ne bi smele spreminjati (Klepac, 1953; Čokl, 1956: 2; 1957: 184–191). Treba je proučiti odvisnost ocene lesne zaloge sestojev od razvojne faze sestoja. Kakšna je napaka zaradi uporabe istih PEF tarif tako za drogovnjake kot tudi za debeljake? Morda bi bila smiselna uporaba korigiranih (nižjih, višjih in srednjih) PEF tarif glede na razvojno fazo. Ponekod ta problem rešujejo z uporabo V tarif, ki naj bi dale v

mlajših razvojnih fazah istega sestoja previsoke ocene, v starejših sestojih pa prenizke ocene (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

Kljub temu da sta že Zabukovec (1957: 129) in Čokl (1959: 221) ugotovila, da je večji del slovenskih (kmečkih) gozdov raznodoben in predstavlja prehodno stanje med enodobno in prebiralno zgradbo, najslabše poznamo prav značilnosti in obnašanje tarif v raznodobnih sestojih. Pod imenom raznodobni sestoji razumemo naslednje gozdnogojitvene tipe: skupinsko raznodobni, posamično raznodobni in kmečko prebiralni sestojni tipi. Torej sestoje, kje se na razmeroma majhni površini (skupinska zmes in posamično) nahaja drevje različnih starosti, različnih debelin in različnih višin. V gozdarstvu sicer razlikujemo med pomenoma raznodoben/enodoben (starost) sestoj in raznomeren/enomeren (struktura) sestoj; vendar v tem delu uporabljamo izraz raznodoben kot sinonim za raznomerno sestojno zgradbo (strukturo). Raznodobne sestoje lahko opišemo kot skupek prostorsko razdrobljenih enodobnih sestojev različno velikih površin in različnih razvojnih faz (starosti). Od razmerja razvojnih faz in površin je odvisno, kakšna bo debelinska porazdelitev za tak sestoj. Če bo veliko mlajših razvojnih faz z velikim številom tankih dreves, bo zgradba (debelinska porazdelitev) zelo podobna prebiralni. Če pa bo veliko starejših faz, bo zgradba (debelinska porazdelitev) bolj ali manj desno asimetrična, normalna, enovršna in široka porazdelitev.

Z izborom vrste PEF tarif izberemo obliko in strmost tarifne krivulje, z izborom razreda pa lego tarifne krivulje. "Fiksiramo" vpliv, ki ga imajo na tarifo (volumen) struktura/tip sestoja, boniteta rastišča in sestojna višina. Neposredno ne upoštevamo ne starosti, ne drevesne vrste in niti ne socialnega položaja. Edina neodvisna spremenljivka ostane premer. Če se spremeni zgradba sestoja (tekom razvoja sestoja) ali rastišče, je potrebno preveriti tarife in po potrebi izbrati ustreznejše. Drugače povedano: z izborom vrste in razreda tarif izberemo oblikovno višinsko funkcijo, ki je odvisna od premera. Če se spremeni zgradba sestoja, se spremeni tudi oblikovno višinska funkcija.

Potek tarifnih nizov pri tanjšem drevju (manjši premeri) je nezanesljiv. Prav tako so tarifni nizi nezanesljivi pri zelo debelem drevju. Po Čoklovi (1957: 180–181) razlagi, s katero se ne moremo strinjati, naj bi to na skupno lesno zalogo sestoja vplivalo zanemarljivo, saj je običajno izredno debelih dreves v sestoju malo, kar je v skupni lesni zalogi sestoja skoraj zanemarljivo. Podobno naj bi bilo tudi z večjim številom zelo tankih dreves, ki naj tudi ne bi prinesla veliko k skupni lesni zalogi sestoja.

Ker daje tarifa v bistvu oceno volumna drevesa določene debeline, prihaja pri ocenah volumna posameznih dreves do napak in odstopanj, ki pa bi se morale ob pravilnem izboru tarifnega niza pri večjem številu dreves izravnati in dati dobro oceno lesne zaloge na sestojni ravni.

2.2.2.1 Ugotavljanje vrste in razreda PEF tarif

Ob predpostavki, da dobimo pri pravilno izbrani vrsti in razredu PEF tarif zanesljivo oceno lesne zaloge, je glavni problem, kako izbrati pravo vrsto in razred PEF tarif, torej kako izbrati točko vpenjanja tarifne krivulje za dani sestoj in drevesno vrsto.

Razlika med vrstami in razredi PEF tarif je v tem, kako se volumen drevesa spreminja z naraščanjem premera. Izbor vrste PEF tarif določa zgradba sestoja, ki jo lahko (ne)zanesljivo ugotovimo s pomočjo debelinske porazdelitve sestojev oz. jo v praksi določimo po občutku. Prebiralni sestoji imajo tipično J porazdelitev, enodobni sestoji imajo tipično normalno (zvonasto) porazdelitev, za raznodobne sestoje pa ne vemo, kakšna je njihova tipična porazdelitev. Debelinska porazdelitev je tudi nezanesljiv pokazatelji pri mladih, enodobnih sestojih na dobrih rastiščih, pa tudi pri večjepovršinskih, starejših, enodobnih sestojih, če niso enotni in so vanje zajete tudi površine z mladjem (dobimo tipično J krivuljo). Potrebno je razlikovati med zgradbo gozda (sestavljen iz več sestojev) in posameznega sestoja. Tarife so dovolj zanesljive le za posamezni sestoj.

Vrsta PEF tarif (oblika tarifne funkcije) se nanaša na razliko velikosti spremembe volumna z naraščanjem premera drevesa. Tarifni razred (lega tarifne funkcije) PEF tarif pa opredeljuje volumen drevesa danega premera. Tarifni razredi so določeni z vrednostjo v_{45} (volumni dreves s premerom 45 cm) oz. koeficientom k in imajo vrednosti od 1,143 m^3 (1. razred) do 2,954 m^3 (20. razred). Pri premeru 45 cm je torej določena točka vpenjanja tarifne krivulje. Višji je tarifni razred, večji volumen ima drevo enakega premera. Z izbiro vrste in razreda PEF tarif za dani sestoj in drevesno vrsto tako izberemo oblikovno višinsko funkcijo, ki je odvisna od premera. Zato v sestojih, kjer se višina dreves pri enakih premerih le malo spreminja, z uporabo PEF tarif dobimo dovolj zanesljive ocene. To do neke mere velja za enodobne, predvsem pa za rastiščno homogene sestoje. Zato bi bilo potrebno tarifni niz PEF tarif izbrati za rastiščno homogen stratum (drevesna vrsta, razvojna faza, boniteta rastišča).

Razred tarif ugotavljamo s pomočjo referenčnega volumna drevesa, ki ga izračunamo iz lokalnih deblovnic s pomočjo premera in višine.

Pri problematiki izbire vrste in razreda tarif se pojavljajo še naslednja vprašanja:

- koliko drevesnih višin je minimalno potrebno izmeriti v odseku/sestoju za zanesljivo določitev višine (višinske krivulje) za izbiro tarifnih razredov,
- kako izbrati drevesa za reprezentativni vzorec,
- zanesljivost nemških dvovhodnih deblovnic za izračun referenčnega volumna,
- kako izbrati PEF tarife za rastiščno in sestojno heterogen odsek,
- ali so razredi PEF tarif v dobri korelaciji z boniteto rastišča, ki je lahko definirana kot višina sestoja (sestojna ali dominantna).

2.2.2.2 Zanesljivost PEF tarif

Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) v 33. členu določa vzorčno napako ocene lesne zaloge, ki pri tveganju 5 % ne sme presegati 10 % na ravni gozdnogospodarske enote (GGE) oz. ne 15 % na ravni gozdnogospodarskega razreda (GR).

Statistična zanesljivost tarif ni poznana, zato je potrebno določiti merilo za ugotavljanje zanesljivosti (napake). Prav tako je za vsako metodo potrebno določiti velikost še dopustne napake ocene (zanesljivost) in ugotoviti ali je metoda dovolj zanesljiva za oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev.

Pri ugotavljanju zanesljivosti tarif nas zanima zanesljivost (napaka) na ravni:
- drevesa (volumen, m^3),
- ploskve/sestoja ali stratuma (lesna zaloga, m^3/ha).

Možne napake na ravni posameznega drevesa (volumen drevesa, v m^3) so (Hočevar, 1995A; Husch in sod., 2003):
- napaka metode ugotavljanja volumna dreves, ± odstopanja posameznih dreves do 22 % (povprečno 5–10 %),
- napaka zaradi meritev premera na cm natančno in zaokroževanje navzdol – sistematično podcenjena ocena volumna dreves,
- napaka zaradi ovalnosti debla (merimo samo en premer, ne dveh navzkrižno; ne merimo obsega), velikost napake je pri deformiranih drevesih lahko znatna,
- nezanesljivost tarif pri manjših premerih in pri zelo velikih premerih, velikost napake je lahko znatna,
- zamenjava med pojmi, ki opredeljujejo posamezne dele drevesa, ki jih vključuje volumen drevesa, kot npr. drevesnina, deblovina, debeljad; temu se izognemo s korektno uporabo.

Možne napake na ravni ploskve/sestoja ali stratuma (lesna zaloga, v m^3/ha) so (Hočevar, 1995A; Husch in sod., 2003):
- izbor neustrezne vrste PEF tarif glede na zgradbo sestoja,
- izbor neustreznega razreda PEF tarif glede na boniteto rastišča: pri napaki za en tarifni razred PEF tarif do 5 % (2,5 %) napaka. Možni vzroki za izbiro napačnega razreda PEF tarif zaradi:
    - metode: deb. stopnja, kjer se lesna zaloga razpolavlja (je res to pri 30 % števila dreves pri E, 20 % števila dreves pri P in 25 % števila dreves pri V tarifah?) oz. 9. deb. stopnja,
    - premajhnega števila dreves, pri katerih izmerimo in izračunamo srednjo sestojno višino – nereprezentativnost,
    - uporabe nemških dvovhodnih deblovnic (ki so izdelane za enodobne sestoje) za izračun referenčnega volumna drevesa srednje deb. stopnje (Čokl, 1962: 258),
- nezanesljivost PEF tarif pri zelo tankih in zelo debelih drevesih. Ali se ta odstopanja res izravnajo z večanjem števila dreves,

- uporaba stalnih PEF tarif za enodobne gozdove,
- uporaba istih PEF tarif za različne razvojne faze na istem rastišču (boniteti),
- izbor ene tarife (vrste in razreda PEF tarif) za odsek, ki je (lahko) sestavljen iz več različnih sestojnih tipov (razvojna faza, mešanost, sklep, zgradba), lahko tudi na različnih rastiščih.

K zmanjšanju napak lahko bistveno pripomore uporaba pravih deblovnic za ugotavljanje referenčnih volumnov ali vsaj pravilna raba in ugotavljanje (izbira) posameznih PEF tarif. Prav tako je pri izdelavi katerihkoli volumenskih funkcij pomembno, da so izračunane iz reprezentativnega vzorca dreves ter da poznamo in upoštevamo debelinski in višinski razpon, za katerega veljajo.

2.2.2.3 Stratifikacija in tarife

Dejavniki, ki vplivajo na zanesljivost (napako) tarif in po katerih bi lahko razdelili (stratificirali) drevesa oz. sestoje v homogenejše skupine z namenom izboljšanja zanesljivosti tarife, so lahko (Kaufmann, 2000):

- rastišče – boniteta (regija, nadmorska višina, rastiščni indeks),
- zgradba sestoja,
- starost oz. razvojna faza sestoja,
- drevesna vrsta,
- socialni položaj,
- posebne oblike (napake) dreves, npr. dvodebelnost.

Ti dejavniki vplivajo na to, da imajo drevesa istega premera različne h_i in f_i v enačbi (1) in s tem tudi volumen (v_i) oz. tarifo.

2.2.3 Višina dreves

Višina dreves (h) pomembno (vendar manj kot premer) vpliva na volumen dreves in zelo dobro prikazuje boniteto rastišča. Meritve višin dreves so zahtevnejše, manj zanesljive in dražje kot meritve premerov. PEF tarife višino dreves upoštevajo posredno z izborom vrste in predvsem razreda tarif kot oblikovno višinsko funkcijo: $\mathrm{k}_i = h_i \cdot f_i = \mathrm{f}(d_i)$ v enačbi (3). Razred PEF tarif izberemo na podlagi meritve višin dreves in nemških dvovhodnih deblovnic.

Glavna problema glede višin dreves sta kako določiti potrebno število meritev višin dreves za konstruiranje zanesljive višinske krivulje in izbor najustreznejše matematične funkcije za višinsko krivuljo.

Število meritev višin dreves se lahko zmanjša z uporabo enotnih višinskih krivulj, ki temeljijo na domeni, da imajo enako stari sestoji dreves iste drevesne vrste na rastiščih enake bonitete zelo podoben potek višinske krivulje. Tako lahko z izmero višin zelo majhnega števila dreves iz šopa krivulj poiščemo ustrezno sestojno višinsko krivuljo. Izbrana enotna višinska krivulja predstavlja sestojno višinsko krivuljo, iz katere lahko nato za vsako drevo, za katerega poznamo premer, zanesljivo izračunamo višino drevesa.

Vprašljiva pa je uporabnost in zanesljivost enotnih višinskih krivulj v raznovrstnih, raznomernih in raznodobnih sestojih, ki prevladujejo pri nas.

2.2.4 Oblika dreves

Faktor oblike dreves (*f*) po definiciji pomeni delež volumna drevesa v primerjavi z volumnom valja, ki bi imel enak premer (*d*) in višino (*h*). PEF tarife upoštevajo faktor oblike drevesa (*f*) posredno, kot oblikovno višinsko funkcijo: $\mathrm{k}_i = h_i \cdot f_i = \mathrm{f}(d_i)$ v enačbi (3). Faktor oblike drevesa (*f*) je od vseh treh spremenljivk v enačbi (1) pri drevesu možno najtežje in najmanj zanesljivo izmeriti.

Za ugotavljanje oblike drevesa si pomagamo z meritvami zgornjega premera na relativni ali na absolutni višini drevesa. Inštrumenti za meritev dodatnega premera so lahko zelo zahtevni (optični dendrometri) ali bolj preprosti (finska premerka, lestev). Problem meritve zgornjih premerov je v tem, da so zahtevne, zamudne, težavne (mlajši, gosti sestoji iglavcev), nezanesljive in drage.

Obliko debla oz. zgornji premer drevesa lahko ocenimo tudi s pomočjo funkcij obličnice drevesa (*spline/taper* funkcije), ki kot vhodne podatke navadno zahtevajo premer, višino in drevesno vrsto.

2.2.5 Boniteta rastišča

Boniteto rastišča navadno opredeljujemo z rastiščnim indeksom (*site index*, SI_n), ki je opredeljen kot dominantna višina sestoja pri določeni starosti *n*, npr. 50 let (EAFV, 1968) ali 100 let (Halaj in sod., 1987 cit. Kotar, 2003). V literaturi (Zingg, 1994; Hočevar, 1995A: 94–95; Sharma in sod., 2002) navajajo različne opredelitve (definicije) in izračune dominantne višine, ki smo jih podrobneje predstavili v pregledu literature. Za izračun SI_n je potrebno izračunati dominantno višino in določiti starost sestoja ter imeti ustrezne tablice.

Boniteto rastišča lahko ocenimo tudi glede na lesnoproizvodna sposobnost (gozdnih) rastišč (PSGR) ali tudi glede na rastiščne koeficiente (Rk) po Koširju (1992), s katerimi na podlagi rastlinskih združb ocenimo boniteto rastišča. PSGR in Rk naj bi bila v dobri korelaciji.

Na boljših rastiščih so drevesa višja in imajo zato SI_n večji, na slabših pa nižja in imajo zato SI_n manjši. Posledično torej velja, da so enako stara drevesa enakih premerov na boljših rastiščih višja, imajo večji volumen in s tem višjo tarifo (razred PEF tarif).

Ker je razred PEF tarif izbran glede na sestojno višino (boniteto rastišča), morajo biti tarifni razredi in rastiščni indeksi v dobri korelaciji. Opozoriti pa je treba, da je v primerih, ko gre pri ocenjevanju bonitete rastišč bolj za ocene potencialna (Rk, PSGR) in ne za ocene realne bonitete rastišča, torej dejanske višine danega sestoja, vprašljiva njegova korelacija z optimalnimi tarifnimi razredi ter možnost uporabe za določanje razredov PEF tarif. V tem primeru bi bila verjetno ustreznejša uporaba proizvodne zmogljivosti gozdnega sestoja (PZGS) kot ocene bonitete rastišča. PZGS nam da oceno bonitete konkretnega

sestoja na konkretnem rastišču za razliko od PSGR, ki nam poda samo oceno potenciala rastišča, ki pa ni nujno v polnosti izkoriščena.

Vrsto in razred PEF tarif bi morali izbirati glede na homogen sestojni tip (rastiščni stratum), ne pa za odsek, ki je pogosto sestavljen iz raznolikih sestojnih tipov, pa tudi boniteta rastišča se z reliefom spreminja (dna vrtač, grebeni …). Če leži odsek na pobočju in je tarifa določena za drevesa v sredini, potem je lesna zaloga za parcele/lastnike na vznožju, kjer je boljše rastišče, podcenjena, za parcele/lastnike, ki pa so na grebenu, pa precenjena (Furman, 2005).

Problematika, povezana z boniteto rastišča, je naslednja:
- kako vpliva sprememba bonitete rastišča (mikrorastiščne razmere, pobočje) znotraj odseka na zanesljivost PEF tarif,
- kako tesna je povezava med razredi PEF tarif in boniteto rastišča, ki jo določimo z različnimi ocenami
- ali je mogoča stratifikacija v homogene rastiščne stratume na podlagi ocene bonitete rastišča,
- kako oceniti boniteto rastišča, da bo možna uporaba za določanje tarifnih razredov oz. stratifikacijo.

2.3 ZANESLJIVOST UGOTAVLJANJA KOLIČINE DREVESNE BIOMASE

Spremembe drevesne biomase oz. lesne zaloge in spremembe z gozdno vegetacijo poraslih površin vplivajo na bilanco CO_2 v gozdu. Zato je zelo pomembna zanesljiva ocena stanja in sprememb lesne zaloge (m^3/ha) ter gozdnih površin (ha). Po ocenah je 62–78 % globalnega kopenskega ogljika shranjenega v gozdovih (vegetacija in tla). Okoli 68 % letne izmenjave CO_2 med atmosfero in kopensko biosfero poteka skozi gozdne ekosisteme (Watson in sod., 2001).

Pri ugotavljanju količine drevesne biomase z alometrijskimi/biomasnimi funkcijami in s pomočjo pomožnih dendrometrijskih podatkov (premer, višina, drevesna vrsta) je vprašljiva zanesljivost teh funkciji. Alometrijske/biomasne funkcije namreč večinoma izhajajo iz testnih študij, zaradi zahtevnosti in velikih stroškov pa so ponavadi izdelane na podlagi meritev majhnega števila dreves. Prav tako so zelo redke tudi ustrezne funkcije za tanko in (zelo) vejnato drevje, ki bi prišle v poštev predvsem na površinah v zaraščanju ali v mladovju.

Pri drugem pristopu, ko količino drevesne biomase ugotavljamo na podlagi ocen lesne zaloge, predstavlja prvi problem zanesljivost (časovna primerljivost) ocene lesne zaloge kot vhodnega podatka. Dodatno težavo povzroča še definicija volumna drevesa oz. kateri posamezni deli drevesa ter lubje so upoštevani v lesni zalogi. Naslednji problem je zanesljivost lokalnih konverzijskih in ekspanzijskih faktorjev, ki jih uporabljamo za pretvorbo lesne zaloge v količino drevesne biomase in ki so (za Slovenijo) ali nepoznani ali nepreverjeni.

Za Slovenijo torej nimamo niti alometrijskih/biomasnih funkcij niti preverjenih konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev.

3 DOSEDANJA RAZISKOVANJA IN PREGLED OBJAV

3.1 SEKCIJSKE METODE

Značilnost sekcijskih metod je, da so zahtevne, zamudne, drage, destruktivne (meritve na podrtem drevju) ali nezanesljive (na stoječem drevju). Če meritve izvajamo na drevju, ki je posekano v sklopu rednega odkazila, so lahko nereprezentativne (struktura dreves, subjektivni izbor dreves za posek, poškodovana ali kako drugače nenormalna drevesa).

Pri sekcijskih metodah lahko drevo razdelimo na sekcije absolutnih ali relativnih dolžin, volumen drevesa pa nato dobimo s seštevkom volumnov vseh sekcij drevesa. Za vsako sekcijo izračunamo volumen po eni od treh metod (Husch in sod, 2003):

- **Huber** (v_h): volumen sekcije izračunamo na podlagi premera sredi sekcij (valj) in dolžine sekcije po enačbi:

$$v_i = \frac{d_i^{\,2}}{4} \cdot \pi \cdot l_i = \frac{\pi \cdot l_i}{4} \cdot d_i^{\,2} \qquad \text{... (4)}$$

Volumen vrha in celotnega drevesa tako izračunamo po enačbah (5) in (6):

$$v_{vrh} = \frac{d_i^{\,2}}{12} \cdot \pi \cdot l_{vrh} \qquad \text{... (5)}$$

$$v_{drevesa} = \sum v_i + v_{vrh} \qquad \text{... (6)}$$

- **Smalian** (v_s): volumen sekcije izračunamo na podlagi premerov na obeh koncih sekcije (prisekan stožec) in dolžine sekcije po enačbi:

$$v_i = \left(\frac{d_{i-1}^2}{4} + \frac{d_{i+1}^2}{4} \right) \cdot \frac{\pi \cdot l_i}{2} = \left(d_{i-1}^2 + d_{i+1}^2 \right) \cdot \frac{\pi \cdot l_i}{8} = \frac{\pi \cdot l_i}{4} \cdot \left(\frac{d_{i-1}^2 + d_{i+1}^2}{2} \right) \qquad \text{... (7)}$$

Volumen vrha in celotnega drevesa izračunamo po enačbah (5) in (6).

- **Newton** (v_n): volumen sekcije izračunamo na podlagi premerov na obeh koncih sekcije, premera sredi sekcije in dolžine sekcije po enačbi:

$$v_i = \left(\frac{d_{i-1}^2}{4} + \frac{4 \cdot d_i^2}{4} + \frac{d_{i+1}^2}{4} \right) \cdot \frac{\pi \cdot l_i}{6} = \left(d_{i-1}^2 + 4 \cdot d_i^2 + d_{i+1}^2 \right) \cdot \frac{\pi \cdot l_i}{24} \qquad \text{... (8)}$$

Volumen vrha in celotnega drevesa izračunamo po enačbah (5) in (6).

Obrazci so različno zanesljivi za drevesa oz. dele dreves – sekcije, ki so bolj ali manj podobne različnim geometrijskim telesom.

Kelly in Beltz (1987) sta uporabila sekcijske metode in Smalianovo formulo za izračun ocene pravega volumna debla kot referenco v raziskavi primerjave različnih vrst regresijskih modelov za določanja volumna dreves pri gozdni inventuri. Prav tako so Zarnoch in sodelavci (2003) navedli uporabo modificirane sekcijske metode in Smalianove

formule za izračun ocene pravega volumna debla v raziskavi o primerjavi preteklih, sedanjih in prihodnjih metod določanja volumna v Tennesseeju, ZDA.

Yang in Kung (1998: 225) sta uporabila Smalianovo formulo za izračun ocene pravega volumna za prvo sekcijo med 0,0 in 0,3 m ter Huberjevo formulo za vse naslednje 0,5 m dolge sekcije. Wiant in sodelavci (1996) so navedli uporabo Smalianove formule za izračun ocene pravega volumna kot reference v raziskavi o primerjavi treh modernih metod za določanje volumna vzorčnih dreves z uporabo ene ali dveh meritev premera.

Biging (1988) je podrobno predstavil problematiko sekcijskih meritev. Navedel je, da je skupna napaka ocene volumna pri hlodih (deblih) sestavljena iz dveh komponent:
- napaka meritev (dolžina in koničnost sekcije, velikost premera),
- napaka modela (odstopanje debla od modelne oblike paraboloida).

Primerjava treh sekcijskih metod (Huber, Smalian, Newton) z referenčno metodo *spline* funkcije (glej poglavje 3.3.3) za jelko je pokazala, da so napake zaradi modela manjše kot so pričakovali in nastopajo zaradi oblike panja. Pri sekcijskem intervalu 6,1 m imajo vse štiri metode povprečno napako ocene volumna pod 7 %, in manj kot 5 % pri 4,9 m sekcijah. Pri sekcijah, krajših od 3,7 m, je napaka ocene volumna pod 3,5 %, manjša je pri Newtonovi in Huberjevi formuli. Pri Newtonovi se pojavi bias, če oblika debla začne odstopati od polinoma tretje stopnje. Huberjeva formula je boljša kot Smalianova. Napake ocene volumna dreves pri Smalianovi formuli so bile manjše od pričakovanih in so znašale v povprečju manj kot 5 % pri sekcijah dolgih 4,9 m. Kubična *spline* funkcija in Huberjeva formula se obnašata podobno, s tem da ima Huberjeva formula 90 % ali manj vrednosti napake *spline* funkcije. Napaka ocene volumna zaradi napake meritev (pod ali precenjevanje premera za 0,25 cm in dolžine sekcije (hloda) za 0,03 cm) znaša od 1–4 %. Tako znaša skupna napaka ocene volumna med 2–9 %, odvisno od metode, dolžine sekcij in doslednosti meritev. Zaključna ugotovitev je, da dajo vse štiri metode zanesljivo oceno volumna za hlode standardnih dolžin (Biging, 1998).

V delu Tree volume (2004) je kot standardna sekcijska metoda ugotavljanja volumna debel navedena Huberjeva metoda. Za sekcije se predpostavlja, da imajo obliko paraboloida druge stopnje. Vrh drevesa izračunajo po formuli za stožec. Huberjeva formula podcenjuje volumen, če je sekcija oblike neiloida (primer panja). Temu se lahko izognemo, če je razlika med začetnim in končnim premerom sekcije majhna, kar dosežemo s krajšo sekcijo. Kljub vsemu naj bodo sekcije krajše od 3 m, da se izognemo biasu. Napaka se pojavi tudi, če vrh drevesa, ki ga obravnavamo kot stožec, nima oblike stožca. Vendar je volumen vrha navadno majhen, tako da je ta napaka zanemarljiva. Kot zaključek je navedeno, da daje standardna sekcijska metoda z 1,5 m dolgimi sekcijami ocene zelo blizu grafičnim metodam določanja volumna.

V delu Stand bole volume (2004) je predstavljena razdelitev debel na sekcije, meritev premerov sekcij in dolžin. Predpostavljajo, da je oblika debla paraboloid druge stopnje in da ima vrh obliko stožca. Uporabljena je Huberjeva metoda meritve premerov sredine sekcij. Prevojna točka, kjer naj bi oblika debla prešla iz paraboloidne v stožčasto, naj bi bila pri 10 cm premera. Ocena volumna je nepopačena (brez biasa) ob predpostavki, da imajo sekcije obliko paraboloida in vrh obliko stožca ter vsaka točka meritev predstavlja

sekcijo. Negativna sistematična napaka (bias) zaradi neiloidne oblike panja je odvisna od koničnosti panja in prevojne točke na deblu, kjer neiloidna oblika preide v paraboloidno.

The South Australian Regional Volume Tables and Yield Regulation Tables so bile konstruirane na podlagi ocene volumnov s standardno sekcijsko metodo.

Ostala dela, ki obravnavajo sekcijske meritve, so: Altherr, 1960; 1963; Smaltschinski, 1989; Rebula, 1993; 1994; 1995; 1996A; B; Stahl in sod., 2001A; B; Dean, 2003 ter Husch in sod., 2003.

3.2 VOLUMENSKE FUNKCIJE

Za ugotavljanje referenčnih volumnov dreves navadno uporabljamo večvhodne volumenske funkcije. Pri trovhodnih volumenskih funkcijah (npr. Švica), ki so neodvisne od rastiščnih pogojev, upoštevamo kot vhodne podatke prsni premer (d), višino drevesa (h) in premer na višini 7 metrov (d_7), ki v volumenski enačbi dobro predstavlja obliko debla (Kaufmann, 2001; Lanz, 2004). Pri dvovhodnih volumenskih funkcijah ali deblovnicah (npr. Nemčija) upoštevamo kot vhodne podatke prsni premer (d) in višino drevesa (h), pri enovhodnih volumenskih funkcijah ali tarifah pa le še prsni premer (d).

V praksi lahko najbolj enostavno in natančno izmerimo premer, težje in manj natančno višino, še težje pa izmerimo obliko drevesa oz. zgornji premer. Teoretično so za oceno volumna dreves najbolj zanesljive trovhodne volumenske funkcije in nato dvovhodne deblovnice. Najmanj zanesljive pa so tarife, ki so dovolj zanesljive le za oceno lesne zaloge, za oceno volumna posameznega drevesa pa je napaka zaradi individualnih odstopanj za posamezno drevo prevelika. Za praktične meritve pa so najenostavnejše tarife, nato dvovhodne deblovnice in nazadnje trovhodne volumenske funkcije. Povprečna razlika volumnov dreves enakih premerov in višin, ki nastane zaradi različne oblike debla (f) oz. vzrasti je 5 %, za posamezna drevesa tudi do 15 % (Čokl, 1957: 169).

Večvhodne volumenske funkcije so torej bolj zanesljive, zahtevajo pa več meritev, dražje inštrumente ter bolj šolane in izkušene merilce in so zato stroškovno ter časovno manj primerne.

Različne evropske volumenske funkcije so zbrane v datoteki projekta COST E21 (2004), prav tako pa so predstavljene tudi v delu Zianisa in sodelavcev (2005).

Problematiko ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev ter volumenske funkcije lahko zasledimo v naslednjih objavah: Šušteršič, 1938; Badoux, 1961; Eh, 1961; Schmid in sod., 1971; Ferguson in Baldwin, 1995; Rebula, 1995; Laar in Akça, 1997; Kaufmann, 2000; 2001; Stahl in sod., 2001A; B; Socha, 2002; Dean, 2003; Schadauer in sod., 2004 in COST E43, 2005.

3.3 TROVHODNE VOLUMENSKE FUNKCIJE IN OBLIKA DREVES

3.3.1 Trovhodne volumenske funkcije

Trovhodne volumenske funkcije navadno kot vhodne podatke uporabljajo prsni premer (d), višino drevesa (h) in zgornji premer (d_z). Zgornji premer je lahko izmerjen relativno na tretjini ($d_{0,3}$) ali polovici ($d_{0,5}$) drevesne višine ali pa absolutno na 7 metrih drevesne višine (d_7). Merjenje zgornjega premera na relativni višini je zahtevnejše in zamudnejše kot merjenje na absolutni višini. Volumenske funkcije, ki upoštevajo zgornji premer, izmerjen na relativni višini, so zanesljivejše, saj upoštevanje zgornjega premera na absolutni višini lahko povzroči sistematične napake pri zelo nizkih ali zelo visokih drevesih (Winzeler, 1986).

Prednost trovhodnih volumenskih funkcij je v tem, da so zanesljive na širših območjih, saj se z meritvijo in uporabo drevesne višine (h) ter zgornjega premera (d_z) bistveno izboljša zanesljivost določitev volumna posameznega drevesa. Znano je, da meritev dodatnega premera pojasni velik delež variance volumna individualnih dreves (Kaufmann, 2001: 162). Te razlike so lahko posledica različnih rastiščnih dejavnikov ali pa tudi individualne raznolikosti dreves.

Rebula (1995: 406–407) je ugotovil, da z upoštevanjem zgornjih premerov ($d_{0,3}$, $d_{0,5}$) bistveno povečamo natančnost izračuna oblikovnega števila, saj prepolovimo napako ocene in z vsemi tremi parametri pojasnimo že 85–90 % variabilnosti. Kljub visokim korelacijam pa sta izračuna $d_{0,3}$ ali $d_{0,5}$ iz premera in višine drevesa razmeroma tvegana, saj prispeva višina zelo malo k natančnosti izračuna, napake pa so okoli 11 do 13 %, kar je razmeroma veliko.

Roiko-Jokela (1976) je za smreko na podlagi sekcijskih meritev 13.000 dreves razvil funkcije oblike drevesa (obličnice), na podlagi katerih lahko s pomočjo parametrov d, h in d_7 izračunamo premer na kateremkoli delu 40 m dolgega debla z zanesljivostjo 2 cm.

3.3.2 Švicarske trovhodne volumenske funkcije

V praksi trovhodne volumenske funkcije uporabljajo v Švici, kjer so jih za posamezne drevesne vrste izdelali na podlagi sekcijskih meritev več kot 38.000 dreves (Kaufmann, 2001; Lanz, 2004).

Švicarske trovhodne volumenske funkcije dajo volumen deblovine z lubjem (panj, deblo z vrhom) kot vhodne podatke pa zahtevajo prsni premer (d), drevesno višino (h) in zgornji premer drevesa na sedmih metrih (d_7). Volumen dreves izračunamo po naslednjih enačbah (Kaufmann, 2001: 163–165):

- smreka:

$$v = a_0 + a_1 \cdot d_7^{\,2} \cdot h + a_2 \cdot d^2 + a_3 \cdot d_7^{\,3} + a_4 \cdot h \quad \text{... (9)}$$

- jelka:

$$v = a_0 + a_1 \cdot d_7^{\,2} \cdot h + a_2 \cdot d + a_3 \cdot d^2 + a_4 \cdot d^3 \cdot h + a_5 \cdot h^4 \quad \text{... (10)}$$

- bukev:

$$v = a_0 + a_1 \cdot d_7^{\,2} \cdot h + a_2 \cdot d^2 + a_3 \cdot d_7^{\,3} + a_4 \cdot d^3 \cdot h \quad \text{... (11)}$$

- iglavci:

$$v = a_0 + a_1 \cdot d_7^{\,2} \cdot h + a_2 \cdot d^2 + a_3 \cdot d_7^{\,2} + a_4 \cdot d_7^{\,3} + a_5 \cdot d \cdot h^3 \quad \text{... (12)}$$

- listavci:

$$v = a_0 + a_1 \cdot d_7^{\,2} \cdot h + a_2 \cdot d + a_3 \cdot d^2 + a_4 \cdot d_7^{\,2} \quad \text{... (13)}$$

Regresijski koeficienti vseh funkcij so različni od nič pri 95 % zanesljivosti. Koeficiente prikazuje Preglednica 1.

Preglednica 1: Koeficienti originalnih švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij (Kaufmann, 2001)

DREVESNA VRSTA	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
SMREKA	0,029504	0,46756	2,43885	–5,74664	–0,001826	–
JELKA	0,039594	0,35832	–0,39142	3,75195	–0,013314	1,62E–07
BUKEV	0,002542	0,39466	2,56612	–3,67034	–0,03567	–
IGLAVCI	0,008486	0,5436	2,8898	–1,94043	–4,93601	1,33E–05
LISTAVCI	–0,021786	0,39992	0,28036	2.30656	–1,20368	–

Ugotovljeno zanesljivost švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij prikazuje Preglednica 2.

Preglednica 2: Zanesljivost švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij (Kaufmann, 2001)

DREVESNA VRSTA	SREDNJA NAPAKA (*AR*) v %		STANDARDNI ODKLON ODSTOPANJ (*SR*) v %		R^2
	SKUPAJ	PO DEB. STOPNJAH	SKUPAJ	PO DEB. STOPNJAH	
SMREKA	0,0	od –0,3 do 0,9	6,53	od 3,61 do 5,08	0,997
JELKA	0,0	od –0,3 do 1,4	7,15	od 3,89 do 5,18	0,996
BUKEV	0,0	od –2,7 do 0,2	11,29	od 5,06 do 9,50	0,987
IGLAVCI	0,0	od –1,0 do 0,5	8,17	od 4,26 do 5,87	0,995
LISTAVCI	0,0	od –4,6 do 0,9	10,88	od 5,14 do 9,03	0,989

Ugotovljen delež posameznih delov drevesa glede na volumen deblovine pa predstavlja Preglednica 3.

Preglednica 3: Delež posameznih delov drevesa glede na volumen deblovine (Kaufmann, 2001)

DREVESNA VRSTA	DEBLOVINA V LUBJU	ČISTA DEBLOVINA	DEBELJAD
	(z lubjem, deblo, panj in vrh)	(brez lubja, brez panja)	(brez lubja, brez panja, z vejami)
	%	%	%
SMREKA	100	86	86
JELKA	100	85	85
BUKEV	100	89	103

Problematiko trovhodnih volumenskih funkcij in oblike dreves, smo zasledili v naslednjih objavah: Schmid in sod., 1971; Roiko-Jokela, 1976; Wagner, 1982; Rebula, 1995 in Kaufmann, 2001.

3.3.3 Metode konične/oblične funkcije (*taper*) in funkcije zlepkov (*spline*)

Pri metodi z uporabo konične/oblične (*taper*) funkcije podobno kot pri metodi sekcij deblo razdelimo na čim manjše sekcije in s pomočjo vrtenine integralne funkcije (obličnice) izračunamo volumen debla (Husch in sod., 2003). Pomembno je, da konična funkcija čim bolje opiše obliko debla. Z uporabo konične funkcije lahko določimo (dodatni) premer debla na katerikoli višini.

Korak naprej je uporaba funkcije zlepkov ali *spline* funkcija (Kleinn, 1989). Za razliko od konične/oblične funkcije funkcija zlepkov poteka tako, da gre skozi vse izmerjene točke, na katerih poznamo premer (lahko sekcije). Med temi izmerjenimi točkami se funkcija čim bolje prilega obliki debla, na izmerjenih točkah pa funkcija ni lomljena, ampak gladko prilagojena. Celotna funkcija, s katero opišemo obliko debla, je tako sestavljena (zlepljena) iz funkcij posameznih sekcij.

Problematiko oblike dreves in oblikovnih funkcij (*taper, splin*) smo zasledili v naslednjih objavah: Tietze in Pofahl, 1979; Hradetzky, 1980; Liu, 1980; Saborowski in sod., 1981; Nagel in Athari, 1982; Amidon, 1984; Smaltschinski, 1984; Rebula, 1993; 1994; Reimer in sod., 1995; Sloboda in sod., 1998; Figueiredo-Filho in sod., 1996 ter Rojo in sod., 2005.

3.4 DVOVHODNE VOLUMENSKE FUNKCIJE

Dvovhodne volumenske funkcije oz. deblovnice navadno kot vhodna podatka uporabljajo prsni premer (*d*) in višino drevesa (*h*) in so zanesljive na točno določenih regionalnih območjih, za katere so izdelane. Dvovhodne deblovnice so manj zanesljive kot trovhodne volumenske funkcije, veljajo za ožja območja kot trovhodne in pri njih odpade zamudno merjenje zgornjega premera. Ker veljajo le za ožja območja, za katera so izdelana, je lahko vprašljiva uporabnost nemških dvovhodnih deblovnic v Sloveniji.

3.4.1 Nemške dvovhodne deblovnice

V slovenski gozdarski praksi so poznane nemške dvovhodne deblovnice (posebej za mlajše, do 60 let stare sestoje, in starejše, nad 60 let stare sestoje), ki so jih izdelali med leti 1880–1905, na podlagi sekcijskih meritev nekaj 10.000 dreves v enodobnih sestojih po vsej Nemčiji za vse glavne drevesne vrste (Čokl; 1962: 257):

- smreka, 1890, Bauer,
- rdeči bor, 1890, Schwappach,
- hrast, 1905, Schwappach,
- jelka, 1891, Schuberg,
- bukev, 1898, Grundner-Horn.

Pri izdelavi teh deblovnic so najprej iz ocen pravih volumnov dreves (sekcijske meritve) izračunali povprečna oblikovna števila, jih nato grafično izravnali ter iz tako izravnanih oblikovnih števil izračunali volumne dreves po premerih in višinah (Čokl, 1962: 257).

Nemške dvovhodne deblovnice dajo volumen debeljadi (panj, deblo in veje debelejše od 7 cm), kot vhodna podatka pa zahtevajo prsni premer (*d*) in višino drevesa (*h*). Volumen dreves lahko izračunamo po algoritmih, ki jih je z izravnavo tabličnih vrednosti Grundner-Schwappachovih dvovhodnih tablic priredil Puhek (2003). Za izravnavo je za vse drevesne vrste uporabil isto polinomsko funkcijo:

$$v = a_0 \cdot d \cdot h + a_1 \cdot d \cdot h^2 + a_2 \cdot d \cdot h^3 + a_3 \cdot d^2 \cdot h + a_4 \cdot d^2 \cdot h^2 + a_5 \cdot d^3 \cdot h + a_6 \cdot d^3 \cdot h^3 + a_7 \cdot d^4 \cdot h^2 + a_8 \cdot d^5 \cdot h^3 \quad \text{... (14)}$$

Koeficiente za izbrane drevesne vrste prikazuje Preglednica 4:

Preglednica 4: Koeficienti nemških dvovhodnih deblovnic (debeljad) za izbrane drevesne vrste (Puhek, 2003)

DREVESNA VRSTA	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	R^2
SMREKA	–0,2395044E+00	0,68976337E–02	–0,37308357E–05	0,59380420E–01	–0,30222736E–03	–0,43109400E–03	0,64316383E–08	0,90518929E–07	–0,90550376E–11	0,9996
JELKA	–0,22822880E+00	0,19664395E–01	–0,28041458E–03	0,44570362E–01	–0,14288404E–03	–0,11572040E–03	0,30996593E–07	0,37584951E–08	–0,18066064E–11	0,9998
BUKEV	–0,19403830E+00	0,58124245E–02	–0,30116138E–05	0,46951914E–01	–0,22621894E–03	–0,10182239E–03	0,43435806E–07	0,84446836E–07	–0,17618793E–10	0,9998

Zanesljivost nemških dvovhodnih deblovnic je ocenjena na 5–7 %, za posamezna drevesa 15 % (Čokl, 1980: 131). Emrović (1953A: 78) je ocenil napako nemških dvovhodnih tablic na približno 10–15 % za posamezno drevo. Poleg tega je opozoril še na sistematične napake, ki lahko nastanejo ob uporabi pri nas in ki so posledica razlik v zgradbi sestojev.

Čokl (1962) je na podlagi meritev modelnih dreves izdelal lokalne dvovhodne deblovnice za celjski okraj. Za izračun ocene pravih volumnov dreves je uporabil sekcijsko metodo

dvometrskih sekcij do debeline 7 cm in navzkrižnega merjenja premera sredi sekcij. K volumnu drevesa je prištel tudi volumen debelejših vej (od 7 cm), zlasti pri bukvi. Volumen drevesa je izračunal po Huberjevi enačbi. Meritvene ploskve so bile izbrane na podlagi sistematično razporejene vzorčne mreže, modelna drevesa na ploskvah pa s pomočjo Bitterlichovega relaskopa.

Za izračun volumenske funkcije je Čokl (1962: 260–262) uporabil naslednjo formulo:

$$v = d^a \cdot h^b \cdot c \quad oz. \quad \log(v) = a \cdot \log(d) + b \cdot \log(h) + c \qquad \ldots (15)$$

Enačba (15) predpostavlja, da tvorijo logaritemske vrednosti drevesnih volumnov različnih premerov (*d*) in različnih višin (*h*) ravno ploskev (linearna povezava), bolj ali manj nagnjeno k eni ali drugi koordinatni ravnini. To naj bi veljalo le za celotno deblovino, ne pa tudi za debeljad predvsem tanjših dreves do premera 15 cm. Lahko pa se ta formula uporablja tudi za debeljad, vendar je prej potrebno izločiti tanjša modelna drevesa (pri bukvi od 17 do 20 cm premera, še bolje pa od 25 cm navzdol).

Deblovnice so bile izdelane na podlagi sekcijskih meritev 2.468/1.915 (od 2.468 izmerjenih dreves, so pri izdelavi deblovnic uporabili 1.915 dreves) modelnih dreves in veljajo za smreko (996/789 dreves), jelko (296/230 dreves) in bukev (851/632 dreves) v razponu od 10 do 70 cm premera, za rdeči bor (325/264 dreves) pa za premere od 10 do 57 cm (Čokl, 1962: 262–263). Kljub temu, da odražajo te tablice rastiščne razmere na celjskem, je Čokl (1962: 258) ugotovil, da bi te tablice za slovenske razmere lahko bile boljše od nemških.

S povečanjem števila modelnih dreves natančnost volumenskih funkcij sprva močno narašča, pozneje pa porast natančnosti vse bolj pojema. Tako naj bi za izdelavo zanesljivih dvovhodnih deblovnic zadostovale meritve okoli 200 modelnih dreves (Schmitt-Schneider, 1959 v Čokl, 1962: 263). Seveda pa morajo drevesa dobro predstavljati sestoj in biti naključno ali sistematično izbrana. Pri raziskavi ni bilo opredeljene ciljne točnosti oz. dopustne napake izdelanih deblovnic.

V domačih raziskavah, npr. Kotar (1970) in Rebula (2002), so kot referenco, oceno pravega volumna debeljadi, uporabili nemške dvovhodne deblovnice v tabelarični ali v prilagojeni polinomski obliki (Puhek, 2003).

Ponekod, npr. na Brezovi rebri (Šušteršič, 1951), so za povečanje zanesljivosti lokalnih dvovhodnih deblovnic le-te razdelili po bonitetah rastišča na 3. bonitetne razrede (dobro, srednje, slabo).

Problematiko dvovhodnih volumenskih funkcij smo zasledili v naslednjih objavah: Kotar, 1993; Pollanschutz, 1976; Standing tree volume, 2002; Husch in sod., 2003; Cheynet, 2004 in Tree volumes, 2004.

3.5 ENOVHODNE VOLUMENSKE FUNKCIJE – TARIFE

3.5.1 Ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev pri nas

Pri podrobnem (zgodovinskem) pregledu dosedanjega raziskovanja smo se omejili predvsem na dosedanja raziskovanja ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev pri nas.

Takoj po koncu druge svetovne vojne se je pojavila potreba po ponovni oceni količine lesa (lesne zaloge) v slovenskih gozdovih. Pipan (1955: 281–285) je navedel, da so pred drugo svetovno vojno pri inventarizaciji (taksaciji) gozdov v Kraljevini Jugoslaviji za ocenjevanje lesne zaloge večinoma uporabljali okularne ocene, v Primorskem delu Slovenije pa so lesno zalogo ugotavljali s polno premerbo, volumne pa so obračunavali s pomočjo stalnih dvovhodnih deblovnic. Po l. 1948 so inventure opravljali s pomočjo metode primerjalnih krogov, mlajše in slabo zaraščene sestoje pa so le okularno ocenjevali. Nadalje je Pipan navedel (1955: 285), da so z l. 1952 metode ugotavljanja lesne zaloge skokovito napredovale. Okularne ocene so bile reducirane na minimum, prav tako metoda primerjalnih krogov, uveljavila pa se je polna premerba, ki je postajala sprejemljiva in uporabljana metoda za ocenjevanje lesne zaloge. Tako je ostalo do začetka osemdesetih let dvajsetega stoletja, ko so se z razvojem statističnih metod in računalniške tehnologije v gozdno inventuro začele pospešeno uvajati vzorčne metode in ocenjevanja (Hladnik, 2000).

Šurić (1953) je primerjal Laerove (oblikovne) in Spieckerjeve (volumenske) tablice s svojimi ter z Alganovimi tarifami. Za Laer-Spieckerjeve tablice je ugotovil, da teoretično niso konsistentne, saj so razlike med izračuni volumnov po obeh tablicah znašale do 6 %, odvisno od drevesne vrste. Motilo ga je, da imajo tablice preveč bonitetnih razredov, s premajhnimi razlikami med seboj ter da je konstanten absolutni, ne pa relativni razmik med razredi, kar bi zagotavljalo enako zanesljivost tablic pri vseh debelinah. Predlagal je tudi, da bi bilo bolje tablice razdeliti glede na obliko debla, in sicer za malolesno, srednje in polnolesno obliko. Ugotovil je, da so višinske in oblikovno višinske krivulje pri debelih drevesih prepoložne v primerjavi z njegovimi meritvami pri smreki in jelki. Pri primerjavi svojih in Laer-Spieckerjevih tablic z Alganovimi je pri svojih ugotovil majhno podcenjevanje, pri Laer-Spieckerjevim pa so razlike različno pozitivne in negativne ter večje. Sklenil je, da Laer-Spieckerjeve tablice zaradi prevelikih napak ne bi smeli uporabljati za stare, neredčene, prebiralne sestoje.

Klepac (1953) je predstavil metodo uporabe francoskih Alganovih tarif iz l. 1901 ter Schaefferjevih tarif iz l. 1949 ter jih po principu izdelave in zakonitostih primerjal z Laerovimi (temeljijo na oblikovni višini). Omenil je, da je Loetsch l. 1952 sestavil svoje tarife po podobnem principu in da je pri primerjavi z njimi ugotovil popolno ujemanje. Zaradi enostavnosti in praktičnosti francoskih tarif je predlagal preskus njihove širše uporabe v tedanji Jugoslaviji.

Emrović (1953B) je predstavil različne enovhodne tablice (tarife) in sicer enotne (Biolley, Algan in Schaeffer) in lokalne (Šurić, Eić, Šušteršič). Lokalne tablice so bile narejene po principu konstruiranja višinskih krivulj za pet bonitetnih razredov, nato pa so referenčne volumne, izračunane s pomočjo nemških dvovhodnih deblovnic, izravnali v lokalne tarife

ali pa oblikovno višinske tablice. Podrobno je predstavil metode izbora bonitetnega razreda s pomočjo ocene srednjega premera in srednje sestojne višine. Na primerih je ugotovil, da so lokalne tarife zelo podobne Alganovim tarifam. Za lokalne tarife, ki so konstruirane po njegovi metodi, je ugotovil, da dajejo boljše rezultate kot Šurićeve ali Laerove, pa tudi konstruiranje lokalnih tarif je ocenil kot lahko in enostavno. Posebno dobre rezultate naj bi dajale v prebiralnih in raznodobnih sestojih, če so za izračun referenčnih volumnov uporabili lokalne dvovhodne deblovnice. Metodo je Emrović (1954) dopolnil z metodo določanja enovhodnih tablic s pomočjo logaritemskega papirja, saj naj bi dal odnos med volumnom (v) in prsnim premerom (d) prikazan na dvojnem logaritemskem papirju, premico:

$$\log(v_i) = \mathrm{f}(\log(d_i)) \Rightarrow \log(v_i) = k_i \cdot \log(d_i) + n_i \quad \text{... (16)}$$

Mlinšek (1955) je predstavil različne praktične metode ugotavljanja lesne zaloge: nemške dvovhodne deblovnice, Šušteršičeve, Laerove in Loetschove tablice. Namesto v praksi običajnega, uporabljivega in točnega ter zamudnega in dragega načina obračunavanja lesne zaloge, ki temelji na izdelavi lokalnih, enovhodnih sestojnih deblovnic s pomočjo višinskih krivulj in nemških dvovhodnih deblovnic, je predlagal poenostavitev ugotavljanja lesne zaloge z uporabo francoskih tarif. S primerjavo lokalnih tablic in francoskih tarif je ugotovil, da so francoske tarife (Schaefferjeve, enodobne) zelo primerne za gozdove koroškega (slovenjegraškega) gozdnogospodarskega območja.

Čokl (1957: 166–167; 170–173) je navedel, da so se namesto lokalnih deblovnic uveljavile številne enotne tablice. Skupna lastnost različnih tablic drevesnih višin (Wiedemannove, Langove), oblikovnih višin (Laerove) ali volumnov – tarif (splošne Gurnaud-Biolleyeve tarife, Alganove in Schaefferjeve, Krutzsch-Loetschove, Krutzscheve, Prodanove tarife, Šušteršičeve deblovnice, Spieckerjeve volumenske tablice, Šurićeve in Eićeve tablice) je, da so veljavne za širša področja in so razdeljene na različne bonitetne razrede. Meritve višin so reducirane na mero, ki zadošča za ugotovitev bonitete oz. za določitev tabličnega razreda.

Nadalje je Čokl (1957: 167–168) navedel, da izdelavo enotnih tablic za enodobne sestoje olajšuje zlasti velika skladnost višinskih krivulj oz. njihov vzporedni potek pri različnih bonitetah, kot so dognali Wiedemann, Laer, Lang, Hohenadel in drugi. Krivulje se razlikujejo le po legi, s tem da so višine za slabše bonitete nižje, za boljše bonitete pa višje. Na podlagi tega dejstva so nekateri avtorji sestavili tablice (Wiedemannove in Langove tablice višin, Laerove tablice oblikovnih višin, Spieckerjeve volumenske tablice, Krutzsch-Loetschove tablice neto debeljadi), iz katerih je mogoče na podlagi izmere manjšega števila drevesnih višin (srednje sestojne višine) dognati višine, oblikovne višine ali volumen drevja za vse njegove premere. Pri prebiralnih sestojih ne moremo govoriti o vzporednosti višinskih krivulj, ker so le-te pri takih sestojih po svojem poteku podobne krivuljam višinske rasti posameznega drevesa.

Čokl (1957: 168) je navedel tri glavne tipe enotnih volumenskih tablic ali tarif:

- večdelne tarife, konstruirane na podlagi podatkov z različnih bonitet širšega ali ožjega področja. Razred tarif se določi na podlagi bonitete sestoja ali na podlagi drevesnih višin za karakteristične premere drevja. To so: Prodanove 5-delne tarife za prebiralne gozdove jelke in smreke za južno Nemčijo; Krutzscheve 10-delne tarife za raznodobne gozdove Nemčije; Šurićeve 5-delne tablice za kraške prebiralne gozdove in Waadtlandske 3-delne tarife za prebiralne gozdove Švice,
- francoske (Algan, Schaeffer) enotne tarife. Temeljijo na dognanju, da se pri vseh drevesnih vrstah in bonitetah sestojev volumen drevja z naraščanjem premera stopnjuje po nekem pravilu:
    - Algan, hitre, prebiralni sestoji, volumen s premerom hitreje narašča,
    - Schaeffer, počasne, enodobni sestoji, volumen s premerom počasneje narašča.

  Koeficient *k* pomeni lesno maso drevja (drevnino) pri premeru 45 cm, ki pa je različna glede na drevesno vrsto in boniteto rastišča (višino drevja), zato je potrebno večje število (10 oz. 20) tarifnih razredov. Vendar pa veljajo za različne drevesne vrste in bonitete iste tarife, če je volumen dreves s premerom 45 cm isti. Tarifni razred se določi po volumnu drevesa določenega premera, ta volumen pa se ugotovi z izmero višin nekaj dreves,
- splošne tarife (za prebiralne) gozdove. Predpostavljajo iste tarife za vse drevesne vrste in bonitete. To so: Gurnaud-Biolleyeve (neuenburške) tarife oz. *Tarif Conventionel Unique*; bernske, liechtensteinske tarife. Drevesnih višin sploh ne merimo, vrednosti tarifnih enot (*silva*) pa naknadno ugotovimo s primerjavo količine odkazanega in posekanega lesa.

Lastnosti dobrih sestojnih volumenskih tablic je Čokl (1957: 169–170) predstavil kot:

- uporabne (zanesljive) ob čim manjši izmeri drevesnih višin,
- pregledne in preproste za uporabo,
- tablice zagotavljajo minimalno potrebno natančnost (5 %), ki je namreč povprečna razlika volumnov dreves enakih premerov in enakih višin ter nastane zaradi različne oblike debla (oblikovnega števila),
- tablice dajejo pri vseh bonitetah, drevesnih vrstah in sestojnih tipih isto natančnost (zanesljivost),
- tablice upoštevajo različne zgradbe sestojev (prebiralne, enodobne, raznodobne),
- volumen drevja naj bo izražen v bruto debeljadi,
- tablični nizi naj si sledijo v relativno enakih presledkih (mejah med razredi), saj je le tako (relativna) napaka povsod enaka.

Čokl (1956: 1) je predstavil več vrst tarif, ki se med seboj razlikujejo po predpostavkah, na podlagi katerih so bile konstruirane:

- prve so zgrajene na spoznanju, da dobimo pri enaki drevesni vrsti, enaki boniteti in pri enaki zgradbi sestoja (prebiralni, enodobni) vselej tudi skoraj iste višinske krivulje in s tem tudi iste volumenske krivulje oz. deblovnice (npr. Šušteršičeve, Šurićeve in druge deblovnice za ožja ali širša področja),
- druge upoštevajo dejstvo, da imajo sestoji različnih drevesnih vrst pri isti srednji višini sestoja tudi približno isto volumensko krivuljo (npr. Krutsch-Loetschove tarife za jelko, smreko in bukev),

- tretja vrsta tarif predpostavlja za vse drevesne vrste in vse bonitete sestojev eno in isto volumensko krivuljo (npr. Biolleyeve tarife), in daje volumen v relativnih enotah (*silvah)* in ne v m^3,
- četrta vrsta tarif upošteva predvsem princip vseh volumenskih funkcij, da namreč z večanjem premera narašča volumen drevesa po nekem zakonitem (funkcijskem) redu (npr. francoske; Alganove in Schaefferjeve tarife).

Božić (2000) je na primeru ugotavljanja lesne zaloge jelke primerjal Špirančeve tarife z novimi lokalnimi tarifami, ki so bile izdelane na podlagi dvovhodnih deblovnic. Ugotovil je, da sta si obe vrsti tarif do premera 52,5 cm podobni, nato pa Špirančeve postanejo bistveno strmejše. Zato je skupna ocena lesne zaloge odvisna od debelinske strukture (več debelejših dreves pomeni večje razlike). Opozoril je na vprašljivo zanesljivost ocene lesne zaloge, izračunane na podlagi Špirančevih tarif, posebno v sestojih z velikim številom debelih dreves. Pri primerjavi Šurić-Panjićevih tarif je ugotovil, da se lokalne tarife dobro (premik do pol bonitetnega razreda) skladajo z njimi. Skupno odstopanje lesne zaloge, izračunane po obeh metodah, pa je odvisno od skladnosti sestojne višinske krivulje z višinsko krivuljo Šurić-Panjićevih bonitetnih razredov in razlikami dvovhodnih deblovnic, ki so osnova lokalnim tarifam.

3.5.2 Prilagojene enotne francoske tarife

V gozdarski praksi so poznane enotne francoske tarife, ki jih prilagojene uporabljamo tudi v Sloveniji. Kot matematično funkcijo uporabljajo polinom 2. stopnje:

$$v = a_0 \cdot d^2 + a_1 \cdot d + a_2 \qquad \ldots (17)$$

Izbor francoskih Alganovih in Schaefferjevih tarif za Slovenijo je Čokl (1956: 2; 1957: 173–174) utemeljil z njihovimi lastnostmi:

- niso vezane na neke regionalne razmere,
- temeljijo na zakonitosti stopnjevanja volumna drevesa z rastjo premera, kar velja za vse drevesne vrste in bonitete rastišč (načelno velja le za drevnino),
- konstruirane so posebej za prebiralne (Alganove) in enodobne (Schaefferjeve) sestoje,
- razdeljene so na 10 tarifnih (bonitetnih) razredov,
- so preproste za uporabo,
- je najlažja prilagoditev izvirnih tarif,
- so uporabne za ugotavljanje drevnine, debeljadi (deblovine) ali neto lesne mase sestoja.

Izvirne francoske (Algan, Schaeffer) tarife so bile prilagojene tako, da (Čokl: 1956: 2; 1957: 177–184; Hočevar, 1995A: 117):

- je osnova (razpon tarif) določen pri volumnu dreves pri 45 cm premera (izračunan s pomočjo dvovhodnih deblovnic Grundner-Schwappach),
- je 10 (20) tarifnih razredov, ki se stopnjujejo v relativno enakih 10 % (5 %), absolutno pa rastočih presledkih,
- se tarifni razredi stopnjujejo pri vseh bonitetah z isto relativno natančnost 5 % (2,5 %) glede na širino razreda,

- so reducirane z 20 tarifnih razredov na 10. Pri tem je povzročeno zmanjšanje natančnosti za 1 % (izvirne francoske tarife imajo 6 % napako, če so tarifni razredi določeni po dvovhodnih deblovnicah, ne pa po modelnih drevesih),
- je zagotovljena 7 % natančnost tarif pri vseh bonitetah, drevesnih vrstah in vrstah sestojev,
- veljajo tarife za debeljad,
- so tarife izračunane za dekadne debelinske stopnje s sredinami 12,5 cm (DS = 3), 17,5 cm (DS = 4), itd.,
- so bile izračunane vmesne tarife (V tarife) za raznodobne sestoje (Čokl, 1959).

Prilagojene enotne francoske (PEF) tarife dajo volumen debeljadi (panj, deblo in veje debelejše od 7 cm), kot vhodni podatek pa zahtevajo prsni premer (*d*) drevesa. Razdeljene so na tri vrste glede na zgradbo sestoja. Volumen debeljadi izračunamo po naslednjih formulah (Čokl, 1957; 1959; 1980; Kotar, 2003), Preglednica 5, Slika 1:

- enodobni sestoji, počasne Schaefferjeve **E tarife**, Preglednica 6

$$v = \frac{v_{45}}{1800} \cdot d \cdot (d-5) = \frac{v_{45}}{1800} \cdot \left(d^2 - 5 \cdot d\right) \quad \text{... (18)}$$

- prebiralni sestoji, hitre Alganove **P tarife**, Preglednica 7

$$v = \frac{v_{45}}{1400} \cdot (d-5) \cdot (d-10) = \frac{v_{45}}{1400} \cdot \left(d^2 - 15 \cdot d + 50\right) \quad \text{... (19)}$$

in za drevesa pod 25 cm premera po:

$$v = \frac{v_{45}}{1400} \cdot \left(-226{,}33 + 38{,}575 \cdot d - 1{,}9237 \cdot d^2 + 0{,}04876 \cdot d^3\right) \quad \text{... (20)}$$

- raznodobni sestoji, vmesne Čoklove **V tarife**, Preglednica 8

$$v = \frac{v_{45}}{1600} \cdot (d-2{,}5) \cdot (d-7{,}5) = \frac{v_{45}}{1600} \cdot \left(d^2 - 10 \cdot d + 18{,}75\right) \quad \text{... (21)}$$

Preglednica 5: Koeficienti PEF tarif (Kotar, 2003: 44)

	RAZRED TARIF do 10 (5)									
10 RAZREDOV		1		2		3		4		5
20 RAZREDOV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k = v_{45}$	1,143	1,200	1,263	1,326	1,396	1,466	1,543	1,620	1,706	1,791

	RAZRED TARIF do 20 (10)									
10 RAZREDOV		6		7		8		9		10
20 RAZREDOV	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$k = v_{45}$	1,885	1,979	2,084	2,188	2,303	2,418	2,546	2,673	2,814	2,954

Preglednica 6: Schaefferjeve E tarife (Čokl, 1957; Kotar, 2003)

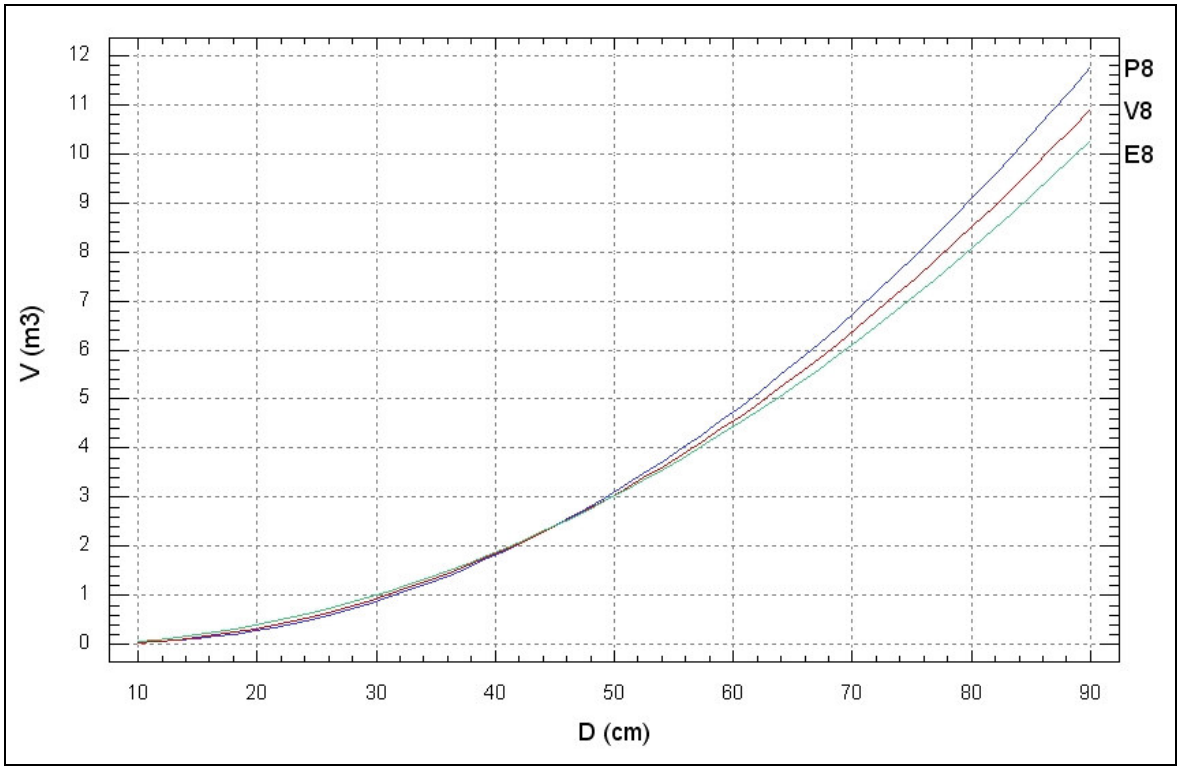
SCHAEFFERJEVE TARIFE, ENODOBNI SESTOJI, VOLUMEN DREVES											
		RAZRED (k in v_{45})									
DS_m	DS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1,200	1,326	1,466	1,620	1,791	1,979	2,188	2,418	2,673	2,954
cm		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
12,5	3	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15
17,5	4	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36
22,5	5	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	0,58	0,65
27,5	6	0,41	0,46	0,50	0,56	0,62	0,68	0,75	0,83	0,92	1,02
32,5	7	0,60	0,66	0,73	0,80	0,89	0,98	1,09	1,20	1,33	1,47
37,5	8	0,81	0,90	0,99	1,10	1,21	1,34	1,48	1,64	1,81	2,00
42,5	9	1,06	1,17	1,30	1,43	1,59	1,75	1,94	2,14	2,37	2,62
47,5	10	1,35	1,49	1,64	1,82	2,01	2,22	2,45	2,71	3,00	3,31
52,5	11	1,66	1,84	2,03	2,24	2,48	2,74	3,03	3,35	3,70	4,09
57,5	12	2,01	2,22	2,46	2,72	3,00	3,32	3,67	4,06	4,48	4,95
62,5	13	2,40	2,65	2,93	3,23	3,58	3,95	4,37	4,83	5,34	5,90
67,5	14	2,81	3,11	3,44	3,80	4,20	4,64	5,13	5,67	6,26	6,92
72,5	15	3,26	3,61	3,99	4,40	4,87	5,38	5,95	6,57	7,27	8,03
77,5	16	3,75	4,14	4,58	5,06	5,59	6,18	6,83	7,55	8,34	9,22
82,5	17	4,26	4,71	5,21	5,75	6,36	7,03	7,77	8,59	9,49	10,49
87,5	18	4,81	5,32	5,88	6,50	7,18	7,94	8,77	9,70	10,72	11,85
92,5	19	5,40	5,96	6,59	7,28	8,05	8,90	9,84	10,87	12,02	13,28
97,5	20	6,01	6,64	7,35	8,12	8,97	9,92	10,96	12,12	13,39	14,80

Preglednica 7: Alganove P tarife s korekcijo za premere pod 25 cm (Čokl, 1957; Kotar, 2003)

ALGANOVE TARIFE, PREBIRALNI SESTOJI, VOLUMEN DREVES											
		RAZRED (k in v_{45})									
DS_m	DS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1,200	1,326	1,466	1,620	1,791	1,979	2,188	2,418	2,673	2,954
cm		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
12,5	3	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
17,5	4	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26
22,5	5	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,47
27,5	6	0,34	0,37	0,41	0,46	0,50	0,56	0,62	0,68	0,75	0,83
32,5	7	0,53	0,59	0,65	0,72	0,79	0,87	0,97	1,07	1,18	1,31
37,5	8	0,77	0,85	0,94	1,03	1,14	1,26	1,40	1,54	1,71	1,89
42,5	9	1,04	1,15	1,28	1,41	1,56	1,72	1,90	2,10	2,33	2,57
47,5	10	1,37	1,51	1,67	1,84	2,04	2,25	2,49	2,75	3,04	3,36
52,5	11	1,73	1,91	2,11	2,34	2,58	2,85	3,16	3,49	3,85	4,26
57,5	12	2,14	2,36	2,61	2,89	3,19	3,53	3,90	4,31	4,76	5,26
62,5	13	2,59	2,86	3,16	3,49	3,86	4,27	4,72	5,21	5,76	6,37
67,5	14	3,08	3,40	3,76	4,16	4,60	5,08	5,62	6,21	6,86	7,58
72,5	15	3,62	4,00	4,42	4,88	5,40	5,96	6,59	7,29	8,05	8,90
77,5	16	4,19	4,64	5,12	5,66	6,26	6,92	7,65	8,45	9,34	10,33
82,5	17	4,82	5,32	5,88	6,50	7,19	7,94	8,78	9,70	10,73	11,86
87,5	18	5,48	6,06	6,70	7,40	8,18	9,04	9,99	11,04	12,21	13,49
92,5	19	6,19	6,84	7,56	8,35	9,23	10,20	11,28	12,47	13,78	15,23
97,5	20	6,94	7,67	8,48	9,37	10,35	11,44	12,65	13,98	15,45	17,08

Preglednica 8: Čoklove V tarife (Čokl, 1959; Kotar, 2003)

ČOKLOVE (VMESNE) TARIFE, RAZNODOBNI SESTOJI, VOLUMEN DREVES											
		RAZRED (k in v_{45})									
DS_m	DS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1,200	1,326	1,466	1,620	1,791	1,979	2,188	2,418	2,673	2,954
cm		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
12,5	3	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09
17,5	4	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28
22,5	5	0,23	0,25	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,45	0,50	0,55
27,5	6	0,38	0,41	0,46	0,51	0,56	0,62	0,68	0,76	0,84	0,92
32,5	7	0,56	0,62	0,69	0,76	0,84	0,93	1,03	1,13	1,25	1,38
37,5	8	0,79	0,87	0,96	1,06	1,18	1,30	1,44	1,59	1,75	1,94
42,5	9	1,05	1,16	1,28	1,42	1,57	1,73	1,91	2,12	2,34	2,58
47,5	10	1,35	1,49	1,65	1,82	2,01	2,23	2,46	2,72	3,01	3,32
52,5	11	1,69	1,86	2,06	2,28	2,52	2,78	3,08	3,40	3,76	4,15
57,5	12	2,06	2,28	2,52	2,78	3,08	3,40	3,76	4,16	4,59	5,08
62,5	13	2,48	2,73	3,02	3,34	3,69	4,08	4,51	4,99	5,51	6,09
67,5	14	2,93	3,23	3,57	3,95	4,37	4,82	5,33	5,89	6,52	7,20
72,5	15	3,41	3,77	4,17	4,61	5,09	5,63	6,22	6,88	7,60	8,40
77,5	16	3,94	4,35	4,81	5,32	5,88	6,49	7,18	7,93	8,77	9,69
82,5	17	4,50	4,97	5,50	6,08	6,72	7,42	8,21	9,07	10,02	11,08
87,5	18	5,10	5,64	6,23	6,89	7,61	8,41	9,30	10,28	11,36	12,55
92,5	19	5,74	6,34	7,01	7,75	8,56	9,46	10,46	11,56	12,78	14,12
97,5	20	6,41	7,09	7,83	8,66	9,57	10,58	11,69	12,92	14,28	15,79



Slika 1: Prikaz poteka vseh treh vrst PEF tarif, prikaz za 8. razred: E tarifa (zelena), P tarifa (modra) in V tarifa (rdeča)

Glede na zgradbo gozdov je Mlinšek (1955: 162) ugotovil, da Schaefferjeve počasne tarife ustrezajo enodobnim sestojem, ker počasneje naraščajo pri zgornjih deb. stopnjah, kar je v skladu z zgodnjo kulminacijo višinskega prirastka v teh sestojih. Tarife se niso nič slabše obnesle tudi v kmečko prebiralnih gozdovih. Za Alganove prebiralne hitre tarife pa je ugotovil, da so za sestojne zgradbe severno štajerskega in koroškega območja neuporabne, saj so tarife višjih deb. stopenj za »kmečko prebiralne gozdove« previsoke. Ustrezne naj bi bile le v pravih, zdravih jelovo prebiralnih gozdovih z izrazito prebiralno strukturo, torej v takratnih prebiralnih kompleksih državnih gozdov dolenjskega, kočevskega in postojnskega gozdnogospodarskega območja.

Pri primerjavi prilagojenih enotnih francoskih (PEF) tarif z lokalnimi tarifami raziskovalnih ploskev Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije (IGLG), ki so na nadpovprečno dobrih rastiščih (razredi tarif 5–10), je Čokl (1957: 180–181) ugotovil sistematično napako (prenizke vrednosti) Alganovih tarif pri 3. in 4. deb. stopnji, saj je spodnji del krivulje prestrm (krivulja seka absciso že pri 10 cm premera) in je zato predlagal popravek Alganovih tarif pri 3., 4. in 5. stopnji. Pri preskusu PEF tarif je Čokl (1957: 191–193) ugotovil, da odstopa napaka v lesni masi kot celoti glede na lesno maso po klasični metodi le tu in tam preko 5 % in s tem 7 % glede na ocenjeno pravo lesno maso. Tudi pri uporabi izvirnih francoskih tarif lahko pride do napake do 8 % glede na klasične metode. Pri glavnih deb. stopnjah z največ lesnimi masami se natančnost giblje med 0–10 %, razlike so večje pri skrajnih deb. stopnjah in nastajajo zaradi slabe številčne zastopanosti in nezanesljivosti podaljškov višinskih in volumenskih krivulj, ki se slabše prilegajo pravemu stanju. PEF tarife nimajo sistematične napake, ocene so previsoke in prenizke, tako da se odstopanja izničijo na ravni posamezne deb. stopnje in v celoti. Za enodobne gozdove so bolj uporabne prilagojene Schaefferjeve, za prebiralne pa prilagojene Alganove tarife. Čokl (1957: 192) je podal naslednje ugotovitve:

- ob uporabi PEF tarif je možno potrebno izmero drevesnih višin zmanjšati na 1/10 običajne izmere,
- število razredov (tarifnih nizov) je minimalno,
- PEF tarife zagotavljajo pri vseh bonitetah, drevesnih vrstah in zgradbah sestojev isto relativno točnost,
- PEF tarife izkazujejo kot vrednost volumne, ki jih je mogoče pri kubiciranju sestojev neposredno uporabiti,
- volumni so izraženi v m^3,
- z njimi je možno hkrati izračunati drevnino, debeljad in neto lesno maso,
- mogoče je preprosto bonitiranje in medsebojne primerjave sestojev.

Odločujoč argument pri vpeljavi prilagojenih enotnih francoskih tarif (PEF) v slovensko gozdarsko prakso v petdesetih in šestdesetih letih dvajsetega stoletja je bil, da uporaba PEF tarif zmanjša potrebno število meritev drevesnih višin na minimum, zanesljivost ocene lesne zaloge sestojev pa se le malenkost zmanjša, kar pa ni bilo empirično preverjeno (Čokl, 1956; 1957; 1959; 1962; Mlinšek, 1955; Zabukovec, 1957). Z uporabo tarif naj bi se pospešilo, poenostavilo in pocenilo terensko delo, kakor tudi kabinetno računsko delo, saj odpade izdelava višinskih krivulj in sestava lokalnih deblovnic (Čokl, 1956: 12; 1957: 166; Zabukovec, 1957: 129). Tako so te tarife zaradi svoje enostavnosti kljub manjši zanesljivosti hitro zamenjale razne lokalne tarife in dvovhodne deblovnice.

Ob uporabi in primerjavi prirejenih Alganovih in Schaefferjevih tarif z lokalnimi deblovnicami po Sloveniji so v praksi ugotovili, da obstaja veliko gozdov, kjer volumen drevesa od premera do premera ne narašča tako hitro, kot to predpostavljajo Alganove tarife, pa vendar hitreje kot to predpostavljajo Schaefferjeve tarife. To so predvsem raznodobni sestoji, po zgradbi nekje vmes med pravilno enodobno in pravilno prebiralno zgradbo, ki tvorijo večji del slovenskih gozdov (Zabukovec; 1957: 129; Čokl, 1959: 221). Zato je Čokl (1959) izdelal tako imenovane vmesne – V tarife, ki so bile izdelane na podobnih predpostavkah kot Alganove in Schaefferjeve tarife. Ležijo med njimi, 10 tarifnih razredov pa se stopnjuje v absolutno rastočih, relativno (odstotno) pa v enakih presledki.

Primerjava uporabe nemških dvovhodnih deblovnic in lokalnih tarif, ki jo je opravil Čokl (1962), kaže, da z zanesljivostjo in uporabnostjo čedalje bolj razširjenih prilagojenih enotnih francoskih tarif niso bili čisto zadovoljni in so iskali boljše metode. Prav tako pa so se zavedali, da za metodo določanja tarifnih razredov nujno potrebujejo dobre (lokalne ali regionalne) dvovhodne deblovnice. Čokl (1962: 257) je ugotovil, da so se prilagojene nemške dvovhodne deblovnice uveljavile v Sloveniji in se splošno uporabljajo v enodobnih (na podlagi katerih so bile narejene), pa tudi v prebiralnih sestojih. Navedel je pogosta neskladja med neto in bruto lesno maso, ugotovljeno na podlagi dvovhodnih deblovnic ter podvomil v njihovo uporabnost glede na naša rastišča in razmere, ki so drugačne od razmer, za katere so bile deblovnice konstruirane.

Po l. 1962 v slovenski gozdarski strokovni literaturi dolgo časa ni zaslediti prispevkov na temo problematike določanja volumnov dreves; nove objave se pojavijo šele sredi devetdesetih let dvajsetega stoletja. Torej v času, ko so gozdarji drugod po Evropi izdelovali svoje lokalne (dvovhodne) deblovnice, ki naj bi izboljšale in povečale natančnost izmere lesne mase, je pri nas prišlo do zanemarjanja in opuščanja (lokalnih) dvovhodnih deblovnic. Rebula (1995: 403) je kot vzrok navedel uveljavljanje PEF tarif v petdesetih letih dvajsetega stoletja. Dejansko pa je bila prednostna naloga stroke v tem času razvoj in uveljavljanje novih inventurnih metod ob zavedanju pomanjkljivosti PEF tarif za določanje lesne zaloge sestojev. Ta pomanjkljivost tudi ni prihajala tako do izraza oz. so bile možne korekcije lesne zaloge po poseku, saj sta bili načrtovalska in izvajalska dejavnost gozdarstva še združeni znotraj gozdnih gospodarstev.

V zadnjem času se je v gozdarski praksi pojavilo vprašanje preverjanja ustreznosti metod ugotavljanja lesne zaloge sestojev s PEF tarifami, saj kljub splošni rabi le-teh ni podatkov o njihovi zanesljivosti (statističnih parametrov) in so bile ob uvedbi narejene večinoma le primerjave s tujimi, nemškimi dvovhodnimi deblovnicami, ne pa z rastiščno primernimi slovenskimi, ki pa jih razen redkih izjem ni.

Rebula (1996C: 486–492) je na vzorcu 284 dreves jelke primerjal volumen debeljadi, ki ga kažejo PEF tarife z volumnom bruto (volumen debla in lubja) ter neto deblovine oz. čiste lesne mase (volumen debla brez lubja), ki jo kažejo lokalne deblovnice za jelko. Analizo razlik je opravil za vse tri vrste PEF tarif in po deb. stopnjah.

Z razmahom gozdne inventure in meritev na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode se je pojavila potreba po razvoju operativne metode, ki bi na podlagi podatkov le-

teh meritev, omogočala korekcije PEF tarif tudi na ravni odseka (Kozorog in Černigoj, 2002: 243). Povratnih informacij s strani izvajalskih podjetji namreč ni, tako da ni možno primerjati lesne zaloge stoječih sestojev in realno lesno zalogo posekanega drevja ter po potrebi korigirati tarife. Aktualno je vprašanje pravilnosti in ažuriranja v preteklosti določenih PEF tarif (Škratek, 2005) ter zanesljivosti PEF tarif v rastiščno heterogenih odsekih (Furman, 2005). Vzrok za sedanjo netočnost v preteklosti izbranih tarif je lahko starostni preskok tarif v enodobnih, morda pa tudi raznodobnih sestojih. Drugi vzrok pa je lahko tudi povečanje (zgornjih) višin dreves zaradi povečanja proizvodnih sposobnosti rastišč, ki ga opažajo Kotar (1994; 2002), Spiecker in sodelavci (1996) ter Makkonen-Spiecker in Kotar (1999: 143).

3.5.2.1 Izbor vrste in razreda prilagojenih enotnih francoskih tarif

Izbor vrste in razreda PEF tarif za sestoj lahko opravimo po naslednjem postopku (Čokl, 1956: 2–4; 1957: 184–191):

- izbor **vrste tarif**, ugotovitev sestojne zgradbe (prebiralni, enodobni) s pomočjo grafa sestojne debelinske porazdelitve,
- izbor **razreda tarif**:
    - izbor karakteristične deb. stopnje:
        - centralni premer; premer, kjer se temeljnica sestoja razpolavlja,
        - srednji temeljnični premer,
        - Weisejev premer; od zgornje deb. stopnje odštejemo 40 % dreves,
        - Laer in Spiecker 30 %, Dijk 20 % od zgornje deb. stopnje odštetih dreves,
        - razpolavljanje lesne mase (predpostavlja najmanjšo napako, saj je tarifa dobro izbrana pri deb. stopnji, kjer je največ (lesne) mase),
            - 20 % dreves pri prebiralnih sestojih,
            - 25 % dreves pri raznodobnih sestojih,
            - 30 % dreves pri enodobnih sestojih, šteto od najdebelejših dreves navzdol.
    - izračun povprečnega volumna drevesa karakteristične deb. stopnje:
        - izmera višin 10–20 dreves te stopnje (na dm natančno, drevesa izbrana vzorčno),
        - določitev volumna drevesa po nemških dvovhodnih deblovnicah,
        - določitev razreda PEF tarif v tablicah iz volumna drevesa ali iz premera in višine drevesa.

Če je razred tarif izbran po drevnini drevesa srednje deb. stopnje, dajo PEF tarife tudi drevnino. Če pa ga izberemo po debeljadi ali po neto lesni masi, dobimo kot rezultat debeljad ali neto lesno maso (Čokl, 1956; Čokl, 1980: 133). Debeljadna krivulja poteka dokaj vzporedno z drevninsko (Čokl, 1957: 174). Čokl (1959: 222–223) je priporočil uporabo 10 namesto 20 razrednih tablic, saj se povprečna celotna napaka v lesni masi posameznega sestoja s tem ne zmanjša niti za 0,5 % te mase, pa tudi pri večjem številu sestojev se napake izravnajo ne glede na 10 ali 20 razredne tablice.

V raziskavi je Zabukovec (1957) na poskusnem gozdu k.o. Ljubnica, površine 225 ha, primerjal tri različne metode določanja tarifnega razreda, in sicer z iskanjem razreda:

- v izvirnih tarifah po 9. deb. stopnji, po metodi, kot jo je opisal Mlinšek (1955: 162),
- v izvirnih tarifah po stopnji z največjo lesno maso, določeno na podlagi števila dreves, po metodi, kot jo je opisal Čokl (1956),
- v prilagojenih enotnih francoskih tarifah po stopnji z največjo lesno maso, določeno na podlagi števila dreves, po metodi, kot jo je opisal Čokl (1956).

Pri prvi metodi izbire tarifnega razreda je Zabukovec (1957: 131–133) ugotovil, da v naših razmerah ni uporabna, saj daje prenizke ocene pri manjših deb. stopnjah in previsoke pri večjih deb. stopnjah. Napake so sistematično negativne. Skupno pa dajo tarife za –11,8 % manjšo lesno zalogo v primerjavi z nemškimi dvovhodnimi deblovnicami. Glede druge metode izbire tarifnega razreda je Zabukovec (1957: 133) ugotovil, da dajo tarife skupno po tej metodi le še za –2,7 % manjšo lesno zalogo v primerjavi z dvovhodnimi deblovnicami, kar je posledica odstranitve prve sistematične napake (meritve višin dreves pri napačni deb. stopnji). Napake po proučevanih odsekih so pozitivne in negativne, v povprečju znašajo –2,7 %, razlike pri 52 odsekih (90 %) od vseh 59 odsekov se gibljejo od 0–8 %. Napake nad 8 % ima le še 7 odsekov (11 %). Tretja metoda je po Zabukovcu (1957: 135) najboljša, saj dajo prilagojene Alganove tarife (prebiralni sestoji) po tej metodi le za 1,3 % večjo, prilagojene Schaefferjeve tarife (enodobni sestoji) pa le še za –0,58 % manjšo lesno zalogo v primerjavi z dvovhodnimi deblovnicami. Napake po proučevanih odsekih pri 56 odsekih (95 %) od vseh 59 odsekov se gibljejo od 0–6 %.

Rebula (1996C: 486) je v raziskavi ugotovil, da mejne višine (višine dreves na mejah tarifnih razredov), ki jih je uporabljal Čokl, ne ustrezajo resničnim višinam naše jelke in da je zato izbor tarifnih razredov lahko napačen.

3.5.3 Švicarske tarife

Kaufmann (2000; 2001) je predstavil nove švicarske tarife, izdelane na podlagi meritev pribl. 45.000 tarifnih dreves, ki so jim na posebnih prirastoslovnih ploskvah v l. 1983–85 izmerili parametre: d, h in d_7 ter jim na podlagi trovhodnih volumenskih funkcij izračunali referenčni volumen in iz njega konstruirali tarife. Švicarske tarife dajo volumen deblovine z lubjem (panj, deblo in vrh), kot vhodni podatek pa zahtevajo prsni premer (d) drevesa. Tarife so zapisane kot algoritmi in v tabelarični obliki. Kot matematično funkcijo so uporabili eksponentno funkcijo in jo zapisali kot:

$$v_k = \exp\left[b_{0k} + b_{1k} \cdot \ln(d) + b_{2k} \cdot \ln^4(d) + \sum_{j=3}^{7} b_{jk} \cdot B_j \right] \quad \text{... (22)}$$

Ustrezen niz (tarifo, npr. 204: smreka, Alpe) izberejo za:

- rastiščno območje (regija), (5 regij: Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen, Alpen-Sudseite) in
- drevesno vrsto (11 drevesnih vrst oz. skupin); (koeficienti b_0–b_7), Preglednica 9.

Lastnosti rastišča, sestoja, v tarifni enačbi upoštevajo posebej, in sicer v tabelaričnem prikazu tarif za vrednosti, navedene v oklepajih:

- boniteta rastišča (B_3), produkcijska sposobnost rastišča (slabo, 750–1.500; srednje, 1.500–3.000; dobro, 3.000–4.500 in zelo dobro, nad 4.500 kg suhe snovi na ha na leto oz. slabo 2.000 in dobro 4.500 kg suhe snovi na ha na leto),
- razvojna faza (B_4), definirana z dominantnim premerom (drogovnjak, D_d od 12 do 30 cm; debeljak I, D_d od 30 do 40 cm; debeljak II, D_d od 40 do 50 cm; debeljak III, D_d nad 50 cm oz. mlad gozd, D_d je 30 cm; star gozd, D_d je 50 cm),
- nadmorska višina (B_6), (kolinski pas, 500 m; gorski pas, 1.000 m in subalpinski pas, 1.500 m).

Lastnosti posameznega drevesa:

- oblika debla – dvodebelnost, viličastost (B_5), (da, ne),
- socialni položaj, sloj (B_7), (zgornji, spodnji).

Preglednica 9: Koeficienti za izbrane švicarske tarife (Kaufmann, 2000; 2001)

TARIFA	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
201	–9,693932900	2,875716200	–0,003608410	0,000023800	0,006454553	–0,354239960	–0,000190640	–0,293326920
202	–10,190717000	3,011815650	–0,004360030	0,000056600	0,005186263	0,000000000	–0,000050900	–0,124890260
203	–10,407620000	3,148954270	–0,004765140	0,000036700	0,005617423	–0,292850270	–0,000207830	–0,345357460
204	–11,225599000	3,432392990	–0,005889900	0,000033900	0,005502126	–0,283506330	–0,000226060	–0,372618460
205	–11,024619000	3,208716030	–0,005054300	0,000115564	0,003814261	–0,253676430	–0,000043700	–0,368829150
206	–11,141652000	3,390109590	–0,005383530	0,000000000	0,005589004	–0,087306010	–0,000157440	–0,285632800
207	–8,373972300	2,428760400	–0,002026460	0,000031300	0,005209507	0,000000000	0,000000000	–0,266245520
208	–9,127325000	2,735734820	–0,002371080	0,000025300	0,000000000	–0,221676140	–0,000057400	–0,228611930
209	–13,294965000	4,119043010	–0,007279780	0,000003690	0,005529859	–0,301906280	–0,000352370	0,000000000
216	–9,760576200	2,838556220	–0,003247860	0,000041500	0,006981857	–0,190014320	–0,000152510	–0,397608210
217	–10,869359000	3,209637640	–0,004539080	0,000058300	0,003261540	–0,088868470	0,000000000	–0,437208600
218	–10,596355000	3,112840730	–0,004627750	0,000047000	0,008531597	–0,289871840	–0,000150840	–0,278017060
219	–11,036856000	3,277674820	–0,005875060	0,000033500	0,014177976	–0,125906530	–0,000395280	–0,517794970
220	–8,115184300	2,171664110	–0,000869280	0,000000000	0,007345411	–0,220946840	0,000000000	–0,179818360

Ugotovljeno zanesljivost švicarskih tarif prikazuje Preglednica 10.

Preglednica 10: Zanesljivost švicarskih tarif (Kaufmann, 2001)

DREVESNA VRSTA	SREDNJA NAPAKA (*AR*) v %		STANDARDNI ODKLON ODSTOPANJ (*SR*) v %		R^2
	SKUPAJ	PO DEB. STOPNJAH	SKUPAJ	PO DEB. STOPNJAH	
SMREKA	–0,2	od –5,9 do 4,4	25,3	od 18,6 do 27,7	0,925
JELKA	–0,1	od –5,2 do 4,4	21,5	od 13,6 do 65,3	0,957
BUKEV	–0,6	od –8,5 do 8,1	27,7	od 17,5 do 27,9	0,946
IGLAVCI	–1,5	od –12,5 do 1,4	25,1	od 6,6 do 37,5	0,957
LISTAVCI	0,2	od –4,5 do 17,4	39,4	od 9,6 do 27,6	0,943

Lanz (2004) je objavil, da so (švicarske) tarife manj zanesljive (natančne) kot večvhodne volumenske funkcije, so pa nepopačene (brez biasa).

3.6 VIŠINA DREVES

Med višino (*h*) in premerom (*d*) dreves obstaja tesna funkcijska povezava (večji premer, večja višina), ki jo lahko ugotovimo z vzorčnimi meritvami, iz katerih konstruiramo višinsko krivuljo, na podlagi katere lahko zanesljivo ocenimo višino vsakega drevesa, ki mu izmerimo premer (Čokl, 1957: 167). Za krivuljo, ki najbolje predstavlja odvisnost višine od premera drevesa in se najbolje prilega množici točk, lahko izberemo različne tipe matematičnih funkcij; npr. prilagodimo parabolo drugega reda, hiperbolo, potenčno ali logaritemsko krivuljo (Čokl, 1957: 167).

V programu za izračun višinskih krivulj je Nagel (2000) uporabil naslednje tipe krivulj za prilagoditev sestojne višinske krivulje:

Polinomska: $$h = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2 \quad \text{... (23)}$$

Prodanova: $$h = \frac{d^2}{\left(a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2\right)} + 1{,}3 \quad \text{... (24)}$$

Pettersonova: $$h = \left(\frac{d}{a_0 + a_1 \cdot d}\right)^{3{,}0} + 1{,}3 \quad \text{... (25)}$$

Korsunova: $$h = e^{\left(a_0 + a_1 \cdot \ln(d) + a_2 \cdot \ln^2(d)\right)} \quad \text{... (26)}$$

Logaritemska: $$h = a_0 + a_1 \cdot \ln(d) \quad \text{... (27)}$$

Freesejeva: $$h = e^{(a_0 + a_1 \cdot \ln(d) + a_2 \cdot d)} \quad \text{... (28)}$$

Poleg naštetih velja omeniti še nekaj standardnih tipov in izpeljav višinskih krivulj (Laar in Akça, 1997):

Dvojno-logaritemska: $$\ln(h) = a_0 + a_1 \cdot \ln(d) \quad \text{... (29)}$$

Logaritemska-inverzna: $$\ln(h) = a_0 + a_1 \cdot \frac{1}{d} \quad \text{... (30)}$$

Mitcherlichova: $$h = a_0 \cdot \left(1\text{-}e^{-a_2 \cdot d}\right) \quad \text{... (31)}$$

V delu Stand height curve (2003) pa zasledimo naslednje tipe višinskih krivulj:

Inverzna: $$h = a_0 + a_1 \cdot \frac{1}{d} \quad \text{... (32)}$$

Potenčna: $$h = a_0 + d^{a_1} \quad \text{... (33)}$$

Eksponentna: $$h = a_0 + e^{\frac{a_1}{d}} \quad \text{... (34)}$$

Badoux (1961) je kot primerno funkcijo za višinske krivulje predlagal Prodanovo, enačba (24). Značilnost Prodanove (24) in Pettersonove (25) krivulje je v tem, da gresta skozi točko (*d* je 0 cm in *h* je 1,3 m). Pri Pettersonovi krivulji (25) se kot eksponent v literaturi pojavlja število 3,0 (Nagel, 2000), 2 ali 3 (Laar in Akça, 1997) in 2,5 Tree height curve (2003).

Bistveno za izbor ustreznega tipa funkcije je, kako se funkcija prilega na vsem območju definiranosti ter kakšna je povprečna napaka odstopanja pravih vrednosti od prilagojenih. Za zanesljivo določitev sestojne višinske krivulje pa je potrebno izmeriti višine določenemu (minimalnemu) številu dreves. Tako je Čokl (1959: 225) priporočil izmero višin pri drevju srednje deb. stopnje in pri nekaj stopnjah nad in pod, saj se s tem ognemo napaki, ki bi jo lahko zagrešili, če je višinska krivulja v območju srednje deb. stopnje manj zanesljiva. Predlagal je meritev 20 do 30 dreves; naključno izbranih z Bitterlichovim relaskopom. Če se da, naj se ognemo meritvam najdebelejših in najtanjših dreves, saj so ta močno oddaljena od srednje deb. stopnje in bi njihova višina negativno vplivala na pravi potek višinske krivulje.

Ločimo različne vrste sestojnih višin, med drugimi tudi:
- srednjo (sestojno) višino, H_m,
- zgornjo/dominantno (sestojno) višino, H_d.

Srednja sestojna višina (H_m), ki jo sedaj uporabljamo pri izboru razreda PEF tarif in ki jo izračunamo ali kot aritmetično sredino višin dreves v sestoju ali jo izračunamo s pomočjo višinske krivulje za drevo srednjega sestojnega premera (D_m), je slabši pokazatelj bonitete rastišč in je bolj odvisna od gozdnogojitvenih ukrepov (redčenja).

Zgornja/dominantna sestojna višina (H_d) je dober pokazatelj bonitete rastišča in je manj odvisna od gozdnogojitvenih ukrepov, npr. jakosti redčenja (Kotar, 1983; Božić in Čavlović, 2000). Uporablja se tudi za ocenjevanje bonitete rastišča, saj je rastiščni indeks (*site index*, SI_n) definiran kot dominantna višina dreves pri določeni starosti *n* let (EAFV, 1968; Halaj in sod., 1987 cit. po Kotar, 2003). Izračunamo jo lahko kot aritmetično sredino višin dominantnih dreves ali pa je to iz prilagojene višinske krivulje odčitana višina, ki ustreza drevesu dominantnega premera (Zingg, 1994).

Zgornja/dominantna višina je lahko opredeljena kot (Halaj in sod., 1987 cit. po Kotar, 2003; Zingg, 1994; Hočevar, 1995A: 94–95; Božić in Čavlović, 2000: 11; Sharma in sod, 2002):
- višina 10, 20 % najdebelejših dreves od celotnega števila dreves,
- višina 50, 100 ali 200 najdebelejših dreves na ha,
- Lorejeva višina (povprečna višina dreves po debelinskih razredih, tehtana s temeljnico teh razredov),
- višina drevesa s premerom srednjega sestojnega premera in standardnega odklona,
- Weisejeva višina (pet debelinskih razredov z enakim številom dreves; aritmetična sredina višine dreves razreda z najdebelejšimi drevesi),
- višina dominantnih in kodominantnih dreves.

Zingg (1994) je na švicarskih raziskovalnih ploskvah ugotavljal razlike med različnimi opredelitvami dominantnih višin pri enodobnih in mešanih raznodobnih sestojih. Ugotovil je, da pride lahko med različno opredeljenimi dominantnimi višinami, izračunanimi po različnih metodah (aritmetična sredina višin dominantnih dreves, iz višinske krivulje), predvsem pri mešanih raznodobnih in prebiralnih sestojih do značilnih razlik, zlasti pri bukvi. Pri smreki in jelki teh razlik ni odkril, saj sta obe drevesni vrsti prevladovali v skupini dreves za oceno zgornjih višin.

Tudi Hladnik (2004) je s sklicevanjem na članka (Zingg, 1994; Sharma in sod, 2002) opozoril na velike metodološke in vsebinske razlike pri oceni vloge in pomena debelih dreves v gozdnih sestojih, pri ocenjevanju in primerjavi gozdnih sestojev med seboj, na podlagi dominantnih, debelejših dreves.

Emrović (1953A) je opisal uporabo višinskih krivulj, ki jih določijo tako, da izmerijo višino centralno temeljničnega drevesa (10–20 dreves) in izberejo iz snopa krivulj ustrezno sestojno krivuljo. V članku je tudi podrobno predstavil različne metode konstruiranja enotnih višinskih krivulj.

3.7 BONITETA RASTIŠČA

Lloyd in Hafley (1977) sta proučevala vpliv širine razreda, starosti sestoja, osnovne starosti, za katero je določen rastiščni indeks in števila vzorčnih dreves, na zanesljivost klasifikacije rastišč na podlagi rastiščnega indeksa. Ugotovila sta, da imata največji vpliv na klasifikacijo sprememba širine razreda rastiščne enote in starost sestoja.

S problematiko določevanja bonitete gozdnih rastišč glede na fitocenološka kartiranje se je v Sloveniji ukvarjal Košir (1992; 2000; 2002). Vpeljal je metodo relativnih rastiščnih koeficientov (Rk), ki jih je označil od 17 (najboljša rastišča) do 1 (najslabša rastišča). Ugotovil je visoko korelacijo med proizvodno sposobnostjo gozdnih rastišč (PSGR), izraženo v absolutnih enotah (m^3/ha leto) in relativnimi rastiščnimi koeficienti (Rk).

Košir (1992) je določil rastiščne koeficiente, ki za vsako gozdno združbo definirajo boniteto rastišča. Tako so Rk na Karti gozdov po lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih danosti (2000) združeni po naslednjih skupinah:

1. gozdovi na najboljših rastiščih (I), Rk 17–15. Združbe (imena združb so zaradi konsistence zapisana po tedanjem sistemu): DA (*Dryopterido-Abietetum*, jelov gozd s praprotmi), BA (*Bazzanio trilobatae-Abietetum*, gozd jelke in smreke z viličastim mahom),
2. gozdovi na najboljših rastiščih (II), Rk 13–11. Združbe: AF (*Abieti-Fagetum dinaricum*, dinarski gorski gozd jelke in bukve), LA (*Luzulo albidae-Abietetum*, jelov gozd z belkasto bekico), RC (*(Querco) Robori-Carpinetum* in *Stellario bulbosae Carpinetum*, gozd doba, belega gabra (in ozkolistnega jesena)), QC_4 (*Hacquetio-Carpinetum Querco-Carpinetum var Epimedium alpinum*, preddinarski nižinski gozd gradna in belega gabra z vimekom), QC_5 (*Hacquetio-Carpinetum var. Carex pilosa*, predpanonski nižinski gozd gradna in belega gabra), QF (*Querco petraeae-Fagetum*, bukov gozd z gradnom),
3. gozdovi na dobrih rastiščih (III), Rk 9. Združbe: AFp (*Abieti-Fagetum praealpinum*, predalpski gozd jelke in bukve), QC_1 (*Hacquetio-Carpinetum var. Ruscus aculeatus*, primorski nižinski gozd gradna in belega gabra), QC_2 (*Hacquetio-Carpinetum var. Geranium nodosum*, dinarski nižinski gozd gradna in belega gabra), QC_3 (*Hacquetio-Carpinetum var. Anemone trifolia*, predalpski nižinski gozd gradna in belega gabra s trilistno vetrnico), EF (*(Dentario) Enneaphylli-Fagetum,* gorski bukov gozd), OrF (*(Lamio) Orvalae-Fagetum*, primorski gorski bukov gozd), SF (*Savensi-Fagetum*, preddinarski visokogorski bukov gozd), AdF_3 (*Adenostylo glabrae-Fagetum praealpinum*, predalpski visokogorski bukov gozd), HF_2 (*Hacquetio-Fagetum var. Geranium nodosum*, dinarski predgorski bukov gozd), HF_4 (*Hacquetio-Fagetum var. Ruscus hypoglossum*, preddinarski predgorski bukov gozd z lobodiko), BF (*Blechno-Fagetum*, acidofilni bukov gozd z rebrenjačo), BP (*Bazzanio trilobatae-Piceetum*, smrekov gozd z viličastim mahom), VP (*(Calamagrostido) Villosae-Piceetum subalpinum inverzionum*, dinarski mraziščni smrekov gozd),
4. gozdovi na dobrih rastiščih (IV), Rk 7. Združbe: HF_3 (*Hacquetio-Fagetum var. Anemone trifolia*, predalpski predgorski bukov gozd s trilistno vetrnico), LF (*Luzulo albidae-Fagetum*, bukov gozd z belkasto bekico), IF (*Isopyro-Fagetum*, preddinarski gozd bukve z javorjem in polžarko), AcF (*Aceri pseudoplatani-*

Fagetum dinaricum, dinarski gozd javorja in bukve), AnF (*Anemone trifoliae-Fagetum*, alpski bukov gozd), ArF (*Arunco-Fagetum*, bukov gozd s kresničevjem), OA (*(Lamio) Orvalae-Aceretum pseudoplatani*, primorski gozd gorskega javorja in bresta), DF (*Deschampsio flexuosae-Fagetum*, acidofilni bukov gozd z vijugasto masnico), SeF (*Seslerio autumnalis-Fagetum*, primorski bukov gozd), Ag (*Alnetea glutinosae*, logi črne jelše), F (*Aceri pseudoplatani-Fraxinetum (illyricum)*, ilirski gozd gorskega javorja in velikega jesena), MP_1 (*Vaccinio vitis-idaeae-Pinetum silvestris*, acidofilni borov gozd, 1),

5. gozdovi na slabih rastiščih (V), Rk 5. Združbe: TA (*Tilio cordatae-Aceretum platanoidi*, gozd lipovca in ostrolistnega javorja), UA (*Aceri pseudopletani-Ulmetum illyricum*, ilirski gozd gorskega javorja in bresta), OF (*Ostryo-Fagetum*, predalpski grmičav gozd gabrovca in kraškega jesena), AsP (Asplenio viridae-Piceetum, predalpski gozd smreke v skalovju), CP (*Carici albae-Piceetum*, predalpski gozd smreke na moreni), APs (*Adenostylo glabrae-Piceetum*, alpski smrekov gozd),
6. gozdovi na slabih rastiščih (VI), Rk 3. Združbe: LQ (*Lathyro nigri-Quercetum petraeae*, preddinarski bazovilni gradnov gozd), CaF (*Calamagrostidi variae-Fagetum*, bukov gozd s šašuljico), CF (*Carici albae-Fagetum var. Anemone trifolia*, predalpski termofilni bukov gozd), S (*Salicetea purpureae*, vrbovje), Ain (*Alnion glutinoso-incaneae*, logi sive jelše), SO (*Orno-Quercetum petraeae-pubescentis*, primorski gozd gradna, puhastega hrasta in kraškega jesena),
7. gozdovi v ekstremnih rastiščnih razmerah (VII), Rk 1. Združbe: OP (*Orno-Pinetum nigrae*, primorski borovi gozdovi), GP (*Genisto triangularis-Pinetum silvestris-nigrae*, ilirski bazofilni borov gozd), Psi (*Pinetum subillyricum*, predalpski bazofilno borov gozd), QO_4 (*Querco pubescenti-Ostryetum*, preddinarski bazofilni gozd puhastega hrasta z gabrovcem), MP_2 (*Vaccinio vitis-idaeae-Pinetum silvestris*, acidofilni borov gozd, 2),
8. grmovna vegetacija gozdnega drevja v ekstremnih rastiščih (VIII), Rk 0. Združbe: RR (*Rhodothamnio-Rhododendretum hirsuti*, alpsko ruševje), Pm (*Pinetum mughi (croaticum)*, dinarsko rušje), CO (*Cytisantho radiati-Ostryetum*, termofilna združba gabrovca in omelike), Fs (*Fagetum subalpinum dinaricum*, subalpinsko bukovje), OS (*Oxyccoco-Sphagneteta*, visokogorska šotna barja),
9. negozdno zemljišče: 99.

Pregled zgodovine, različnih definicij in metod ugotavljanja bonitete rastišča je predstavil Kotar (1983). Prav tako je predstavil tudi metodo ugotavljanja razlik med lesno proizvodno sposobnostjo rastišč (PSGR) in proizvodno zmogljivostjo gozdnih sestojev (PZGS).

Kotar (1994) je poudaril, da je bil z ugotavljanjem Rk za posamezne vegetacijske enote napravljen velik napredek pri ugotavljanju PSGR. Kot pomanjkljivost pa je ocenil, da metoda le rangira rastišča. Predstavil je in na primerih analiziral prednosti in slabosti dveh različnih metod določanja PSGR. Po prvi metodi določimo PSGR na podlagi celotne lesne produkcije (TVP), po drugi metodi pa na podlagi rastiščnega indeksa (SI_n). Ugotovil je, da metoda SI_{100} da dobre ocene PSGR tudi v bolj ali manj raznodobnih sestojih; priporoča pa starost sestojev nad 100 let. Podobno sta ugotovila tudi Kotar in Robič (2001) na primeru bukovih sestojev, da je razlika med oceno na podlagi TVP in oceno na podlagi SI_n, v 4/5 analiziranih rastišč manjša kot 10 %, kar potrjuje ustreznost ocenjevanja bonitete rastišča

na podlagi zgornje višine – SI_n. Predvsem to velja v sestojih, starejših od 90 let (upočasnitev višinskega priraščanja, kulminacija povprečnega volumenskega prirastka). Ugotovila sta tudi, da je smiselno ugotavljanje PSGR po rastiščnih enotah, ki jih predstavljajo skupine rastišč, pri katerih so individualne razlike v PSGR manjše od 2,5 m^3/ha leto.

Primer uporabe PSGR, ocenjene na podlagi Rk po Koširju, je predstavil Veselič (2002) pri izdelavi izhodišč za oblikovanje optimalnih modelov gozda za hipotetične (enovrstne) in realne (mešane) gozdove. Združil je ekološko in proizvodno podobna rastišča v 28 skupin gozdnih rastišč po osmih skupinah drevesnih vrst. Teh 28 skupin gozdnih rastišč naj bi predstavljalo okvirne območne gospodarske razrede.

Kotar (1994), Spiecker in sodelavci (1996) ter Makkonen-Spiecker in Kotar (1999: 143) so ugotovili, da se je rast dreves, ki tvorijo zgornjo višino, v zadnjih desetletjih v Evropi povečala, na podlagi česar je mogoče sklepati o večji proizvodni sposobnosti rastišč. Prav tako je Kotar (2002) ugotovil spremembe (povečanje) proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji v zadnjih desetletjih.

Lojo (2005) je predstavil metodo računskega ocenjevanja bonitete rastišča za prebiralne sestoje na osnovi drevesnih višin. In sicer tako, da da, na podlagi bonitete rastišča izbrani tarifni razred pri izračunu volumna drevesa najmanjšo napako.

Rebula in Kotar (2004) sta v raziskavi vpliva kakovosti rastišča za kazalec kakovosti rastišča vzela višino dreves (na boljših rastiščih je drevje višje, višji tarifni razredi). Ugotovila sta, da lahko rastišča po kakovosti razdelimo na podlagi tarifnih razredov:

- slabša lesnoproizvodna rastišča, tarifni razredi do vključno 5,
- srednja lesnoproizvodna rastišča, tarifni razredi 6 in 7,
- najboljša lesnoproizvodna rastišča, tarifni razredi od vključno 7,5 do 10.

3.8 STRATIFIKACIJA

Stratifikacija je metoda, s katero pri vzorčnih ocenah dosežemo povečanje zanesljivosti (zoženje intervala zaupanja) in konkretizacijo statističnih ocen ciljnih spremenljivk. Bistvo stratifikacije je razdelitev populacije na primerno število homogenih stratumov, katerih lastnost je čim manjša variabilnost znotraj njih in čim večja variabilnost med njimi. Tako dobimo točnejše statistične ocene tako za posamezni stratum (gospodarski razred, sestojni tip) kot tudi za celotno populacijo (GGE, gozdnogospodarsko območje (GGO)).

Hladnik in Hočevar (1989) sta predstavila primer stratifikacije na objektu Meja Hrastičje. Poststratifikacijo sta izvedla po razvojnih fazah, ugotovljenih s pomočjo sestojne karte. Stratifikacijo sta ocenila kot uspešno, saj se je pri opisani metodi, ob dopustni vzorčni napaki (*E*) pod 10 % (pri 5 % tveganju), število vzorčnih ploskev pri uporabi stratifikacije zmanjšalo na 52, v primerjavi z 78 pri nestratificiranem vzorčenju. Interval zaupanja ocene lesne zaloge se je ob 5 % tveganju z uporabo stratifikacije zožil iz od 258,1 do 310,4 m^3/ha na od 264,9 do 307,8 m^3/ha.

Čeprav na primeru Črnega vrha zaradi nedoslednosti v ujemanju sestojne karte in stalnih vzorčnih ploskev kontrolne vzorčne metode stratifikacija ni dala zaželenih rezultatov, je Kovač (2002: 35) ugotovil, da v splošnem lahko izboljšamo (zmanjšamo) s stratifikacijo standardno napako za 50 % in več glede na nestratificirano oceno, število vzorčnih ploskev pa za dva do trikrat.

Primer stratifikacije na podatkih stalnih vzorčnih ploskev kontrolne vzorčne metode v GGO Ljubljana je predstavil Žitnik (1996), za Pokljuko pa Zalokar (2003), ki je ugotovil, da je za natančno oceno velikosti sestojnih parametrov potrebno zadostno število vzorčnih ploskev (nad 20) v posameznem stratumu.

McClure in sodelavci (1987) so proučevali podmeno, da se volumenske tablice (regresijske enačbe) za dano drevesno vrsto razlikujejo glede na rastišče in regijsko območje. Ugotovili so statistično različne volumenske (regresijske) enačbe glede na rastišče in regijsko območje.

3.9 ZANESLJIVOST IN NAPAKE METOD IZRAČUNAVANJA OCEN

3.9.1 Vrste napak

Splošno lahko napake ocene razdelimo na (Hočevar, 1996: 201–202):

- vzorčne (*sampling error, E*), katerih vzrok je dejstvo, da iz izmere dela populacije (vzorca) prenašamo oceno na celoto. Z večanjem števila vzorcev se ta napaka zmanjšuje. Nanjo vplivamo s številom vzorcev in izborom ustrezne metode vzorčenja,
- sistematične (*bias*, *B*), katerih vzrok so lahko napake inštrumentov, meritvenih postopkov, metodologije izmere in obračunov ter površno delo.

Za oceno zanesljivosti nekega rezultata sta pomembna oba vira napak, saj iz teorije o prenosih napak vemo, da je točnost končnega rezultata odvisna od dominantne komponente z največjo napako, kar nam pojasni obrazec, ki simulira skupno oceno napake (Hočevar, 1996: 202):

$$E_T\% = \sqrt{E\%^2 + B\%^2} \qquad \ldots (35)$$

kjer pomeni:

- $E_T\%$ – skupna (totalna) napaka v %,
- $E\%$ – vzorčna napaka (sampling error) v %,
- $B\%$ – sistematična napaka (bias) v %.

Na velikost vzorčne napake ($E\%$) lahko vplivamo z velikostjo vzorca, sistematično napako ($B\%$) pa je potrebno ugotoviti na podlagi kontrolnih meritev.

3.9.2 Razlike med pravimi vrednostmi in izračunanimi vrednostmi s pomočjo prilagojenih funkcij

Zanesljivost ocene metod za izračun volumna dreves oz. zanesljivost volumenskih funkcij lahko ovrednotimo z dvema ocenama napake. Ta metoda upošteva vse napake (vzorčno, sistematično) in jo uporabljamo pri znanstvenih raziskavah. Poznati pa moramo (ocene) prave vrednosti.

Srednjo napako odstopanj (*AR*), *average residual*, izračunanih posameznih vrednosti (y'_i) od referenčnih (pravih) posameznih vrednosti (y_i), izraženo v % povprečne referenčne (prave) vrednosti (Y), izračunamo po obrazcu (Kaufmann, 2001):

$$AR = \frac{\left(\frac{\sum (y'_i - y_i)}{n}\right)}{Y} \cdot 100 \qquad \text{... (36)}$$

kjer pomeni:
- AR – srednja napaka odstopanj v % povprečne referenčne (prave) vrednosti (Y),
- y'_i – izračunana posamezna vrednost,
- y_i – referenčna (prava) posamezna vrednost,
- Y – povprečna referenčna (prava) vrednost,
- n – število vrednosti.

Srednja napaka odstopanj bi morala biti pri uporabi nepopačenih metod (brez sistematične napake) enaka ali zelo blizu vrednosti nič, saj naj bi se pri večjem številu meritev pozitivna in negativna odstopanja izenačila in bi dala pravo srednjo oceno.

Standardni odklon odstopanj (*SR*), *standard deviation of residuals*, izračunanih posameznih vrednosti (y'_i) od referenčnih (pravih) posameznih vrednosti (y_i), izražen v % povprečne referenčne (prave) vrednosti (Y), izračunamo po obrazcu (Kaufmann, 2001):

$$SR = \frac{\sqrt{\left(\frac{\sum (y'_i - y_i)^2}{n-1}\right)}}{Y} \cdot 100 \qquad \text{... (37)}$$

kjer pomeni:
- SR – standardni odklon odstopanj v % povprečne referenčne (prave) vrednosti (Y),
- y'_i – izračunana posamezna vrednost,
- y_i – referenčna (prava) posamezna vrednost,
- Y – povprečna referenčna (prava) vrednost,
- n – število vrednosti.

Standardni odklon odstopanj nam da oceno absolutne napake ocene srednje vrednosti, saj ne upošteva izničenja pozitivnih in negativnih odstopanj. Ocenjujemo, da je volumenska

funkcija dovolj zanesljiva za izračun referenčnega volumna drevesa, če znaša standardni odklon odstopanj ± 5 %.

Wagner (1982: 73) je za primerjavo funkcijskih modelov in njih zanesljivosti navedel naslednje možnosti: grafikon odstopanj, regresijski koeficient R^2, standardna napaka ocene povprečne vrednosti, izračunane s pomočjo regresijske funkcije, Durbin-Watsonov test in Furnivalov indeks prileganja.

3.9.3 Zanesljivost višinskih krivulj

Zanesljivost višinskih krivulj (polinoma 2. stopnje) in število dreves, ki jih je potrebno izmeriti ob želeni vzorčni napaki, lahko izračunamo po obrazcu (Naslund, 1929 cit. po Hočevar, 1995A: 114; Prodan, 1966: 177):

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-3} \cdot \sum (y_i - y_i')^2} \cong \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum (y_i - y_i')^2} \qquad \text{... (38)}$$

$$E = \pm t_{\alpha(n-3)} \cdot \frac{s_y}{\sqrt{n}} \qquad \text{... (39)}$$

oziroma

$$E_{y'} = \pm t_{\alpha(n-3)} \frac{1{,}3 \cdot s_y}{\sqrt{n}} \qquad \text{... (40)}$$

kjer pomeni:

s_y – standardni odklon,
y_i – referenčna posamezna vrednost,
y_i' – izračunana posamezna vrednost,
E – vzorčna napaka,
t – vrednost t,
n – število izmerjenih dreves.

Podoben obrazcu (38) je tudi naslednji obrazec za izračun standardnega odklona višinske krivulje (Kramer in Akça, 1987 cit. po Zingg,1994):

$$s_y = \pm \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_i')^2}{n\text{-}2}} \qquad \text{... (41)}$$

$$S_y = \frac{s_y}{\sqrt{n}} \qquad \text{... (42)}$$

kjer pomeni:

s_y – standardni odklon,
S_y – standardna napaka ocene,
y_i – referenčna posamezna vrednost,
y_i' – izračunana posamezna vrednost,
n – število izmerjenih dreves.

3.10 DREVESNA BIOMASA IN CO_2

Dokumenti in politični dogodki, ki določajo nacionalno politiko glede klimatskih sprememb oz. toplogrednih plinov so našteti v članku Podnebne razmere in slovenski gozdovi (Simončič in sod., 2001: 187–188). Eden od ključni prispevkov na tem področju je mednarodni *IPCC Special Report on Land Use; Land-Use Change and Forestry*, ki vsebuje navodila in metodologije za izračune (Watson in sod., 2001).

Za potrebe Kjotskega protokola in primerljivosti podatkov po posameznih državah, je *Intergovernmental Panel of Climate Changes IPCC* leta 2003 izdal *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* – Smernice dobre prakse za področja rabe tal in sprememb rabe tal v gozdarstvu (IPCC, 2003). Uporabo teh smernic (IPCC, 2003) je predlagal tudi FAO pri Popisu gozdnih virov GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005), kjer je bilo potrebno iz podatkov o lesnih zalogah izračunati količino drevesne biomase (nadzemna, podzemna, odmrla) ter jo pretvoriti v količino ogljika, glede na pet skladov (*poolov*) ogljika (ogljik v nadzemni drevesni biomasi, ogljik v podzemni drevesni biomasi, ogljik v odmrli drevesni biomasi, ogljik v opadu, ogljik v tleh). Prav tako te smernice (IPCC, 2003) upošteva COST E43 pri harmonizaciji podatkov gozdnih inventur.

Teme disertacije se dotika poglavje akumulacije ogljika v gozdovih na gozdnih zemljiščih, ki ostajajo gozdna zemljišča (*Forest Land Remaining Forest Land*). Smernice dobre prakse (IPCC, 2003) priporočajo dva pristopa oz. dve metodi:

- prirastek/posek; *default method* (upošteva prirastek in izgubo ogljika v drevesni biomasi za leto poročanja),
- sprememba stanja; *stock change method* (upošteva stanje ogljika v drevesni biomasi na začetku in koncu časovne periode).

Drevesno biomaso lahko ocenjujemo na dva načina (IPCC, 2003):

- prek biomasnih (alometrijskih) enačb z merjenjem dendrometrijskih parametrov (*d* in *h*),
- prek volumna dreves oz. lesne zaloge z uporabo ekspanzijskih in konverzijskih faktorjev (BEF).

Prvi način se uporablja pri lokalnem določanju biomase dreves in grmišč, npr. za energetsko rabo, ali v primerih, kjer imamo na voljo zanesljive vhodne (dendrometrijske) parametre. V principu gre za eno – dvo – ali večvhodne volumenske funkcije, ki so bile empirično ugotovljene z merjenjem volumnov oz. s tehtanjem (večjega) števila dreves. Za oceno količine drevesne biomase v volumenskih funkcijah uporabimo kot vhodne podatke različne osnovne dendrometrijske parametre (*d, h* in d_7).

Drugi način je v uporabi tam, kjer že imamo zanesljive podatke o lesni zalogo, ki je v tesni povezavi s količino drevesne biomase. Tako za pretvarjanje lesne zaloge v drevesno biomaso uporabljamo vrsto konverzijskih in ekspanzijskih metod, enačb in faktorjev. Od enostavnih enačb, pri katerih lesno zalogo le pomnožimo s koeficientom, do zelo zapletenih metod, ki upoštevajo različne drevesne vrste in večvhodne funkcije. Izraz »konverzijski« se nanaša na metode, kjer pretvarjamo količino snovi iz ene fizikalne oblike

v drugo (npr. konverzija volumna v maso s pomočjo gostote). Izraz »ekspanzijski« pa se nanaša na metode, kjer iz znane količine snovi izračunamo količino druge snovi, ki je s prvo v tesni povezavi (npr. izračun količine podzemne drevesne biomase iz količine nadzemne drevesne biomase). Potrebna je pazljivost pri uporabi in razlikovanje med različnimi termini, kot so lesna zaloga, drevnina, deblovina, vejevina, ki predstavljajo vhodne podatke v enačbah, saj obstajajo v Evropi nepoenotene definicije le-teh (COST E43, 2005).

Smernice dobre prakse (IPCC, 2003) vsebujejo priporočljive biomasne ekspanzijske faktorje *biomass expansion factors* (BEF) in osnovno gostoto lesa *basic wood density* (WD).

Primer poročanja UNFCCC/KP za Nizozemsko je delo Nabuursa in sodelavcev (2005). Poročilo je sestavljeno na podlagi priporočil Smernic dobre prakse (IPCC, 2003), pri pripravi poročila pa so večinoma uporabili srednjo zahtevnostno raven (*Tier 2*), ponekod pa tudi najvišjo zahtevnostno raven (*Tier 3*). Površino rabe tal so ugotovili iz topografskih kart (l. 1990, 2000). Biomaso so ugotovili na podlagi podatkov nacionalne gozdne inventure. S pomočjo alometrijskih enačb (*d* in *h*) so izračunali volumen drevesne biomase, ki so jo pretvorili v količino suhe drevesne biomase in v količino ogljika. Alometrijske enačbe so razvili na podlagi baze podatkov COST E21. Spremembe so izračunane na podlagi stanja v letu$_n$ in letu$_{n+10}$ (*Stock change method*).

Uporabo biomasnih enačb za izračun nadzemne drevesne biomase za potrebe ugotavljanja bilanc CO_2 v gozdarstvu so predstavili Gasparini in sodelavci (2005). Drevesno biomaso so razdelili na deblo in veje, vejice, odmrli del ter panj in na podlagi sekcijskih meritev 343 dreves izdelali enačbe za posamezne dele drevesa in za vse drevo. Enačbe so izdelali za glavne drevesne vrste (smreka, jelka, macesen, rdeči bor, črni bor, cemprin, bukev, črni gaber in pravi kostanj) severne Italije.

Somogyi in sodelavci (2005) so predstavili sistematični pregled glavnih tipov biomasnih enačb in konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev, ki so usklajene s Smernicami dobre prakse (IPCC, 2003), skupaj s priporočili za njihov izbor, razvoj in uporabo.

Zianis in sodelavci (2005) so pregledno in podrobno predstavili biomasne in volumenske funkcije, ki se uporabljajo v Evropi. Podobno so Jenkins in sodelavci (2004) pregledno predstavili enovhodne (premer) biomasne regresijske enačbe za severno ameriške drevesne vrste.

Na ISPRA seminarju (Improving ..., 2005) so za izbrane evropske države predstavili metode za izračun bilance CO_2 ter faktorje, ki jih uporabljajo.

4 CILJI RAZISKOVANJA IN DELOVNE HIPOTEZE

Ob prijavi teme doktorske disertacije smo zapisali cilje in delovne hipoteze, ki pa smo jih kasneje, tekom raziskav in izdelave naloge, bolje določili s podrobnimi cilji in raziskovalnimi vprašanji, ki so nas usmerjala pri izdelavi naloge.

4.1 CILJI RAZISKOVANJA IN DELOVNE HIPOTEZE IZ POTRJENE DISPOZICIJE

V dispozicijo smo zapisali naslednje cilje raziskovanja:

1. Pregledati uporabo metod za določanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Sloveniji.
2. Ugotoviti ustreznost in napake uporabe PEF tarif za oceno lesne zaloge sestojev v Sloveniji.
3. Primerjati ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev, ki jih dobimo s tarifami, dvovhodnimi deblovnicami in trovhodnimi volumenskimi funkcijami z ocenami pravih vrednosti.
4. Ugotoviti ustrezno racionalno, v praksi uporabno metodo za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev, ki bo dala ob pravem premeru (temeljnici) oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev v mejah dopustne napake.
5. Ugotoviti, ali je mogoč prenos določanja in uporabe PEF tarif iz odsečne ravni na višjo prostorsko raven, ki jo predstavlja rastiščno homogen GR. Kakšne napake pri tem nastanejo?
6. Ugotoviti, če se da preko rastiščnega indeksa (*site index*, SI_n), ugotovljenega iz starosti, drevesne vrste in dominantne višine, določiti vrsto in razred PEF tarif oz. bolje izbrati PEF tarifo kot z dosedanjim načinom merjenjem srednjih sestojnih višin.
7. Ugotoviti povezave med ponorom CO_2, drevesno biomaso in lesno zalogo.

In naslednje delovne hipoteze:

1. Tuje tarife, ki jih uporabljamo v Sloveniji za ocenjevanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev, niso dovolj zanesljive za ocenjevanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev oz. ne poznamo njihove zanesljivosti.
2. Zanesljivo oceno lesne zaloge sestojev s pomočjo PEF tarif dobimo, če sta vrsta in razred PEF tarif izbrana za dovolj homogen rastiščni razred.
3. Rastiščni indeks (*site index,* SI_n), izračunan za drevesno vrsto, je dober kazalec bonitete rastišča, na podlagi katerega lahko izberemo tudi ustrezno vrsto in razred PEF tarif.
4. Biomasa drevesa in sestoja sta v tesni korelacijski povezavi z volumnom dreves oz. oceno lesne zaloge. S tem je podana dobra osnova za bolj zanesljivo oceno akumulacije in ponora CO_2 v gozdu ter izračun (letnih) bilanc CO_2 na državni ravni.

4.2 PODROBNI CILJI IN RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Podrobni cilj in *raziskovalna vprašanja (v kurzivi)* doktorske disertacije so naslednji:

1. **Ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Sloveniji**
    a. Ugotoviti metode ocenjevanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Sloveniji
        i. *Za ocenjevanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev se v Sloveniji uporabljajo PEF tarife, ki so določene z gozdnogospodarskimi načrti gozdnogospodarskih enot na odsečni ravni za osem skupin drevesnih vrst*
    b. Zanesljivost sedanjega ocenjevanja volumna dreves in lesne zaloge v Sloveniji
        i. *Sedanji način določitve PEF tarif v Sloveniji ni dovolj zanesljiv*
        ii. *Pri uporabi sedaj določenih PEF tarif dobimo preveliko napako ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev*
2. **Zanesljivost metod ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev**
    a. Ugotoviti oceno pravega volumna dreves
        i. *Za izračun ocene pravega volumna dreves lahko uporabimo sekcijske metode (Huber, Smalian, Newton)*
    b. Ugotoviti nadomestne metode (volumenske funkcije) za izračun ocene pravega volumna dreves (reference)
        i. *Metoda (volumenska funkcija) je dovolj zanesljiva za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev, če ni obremenjena s sistematično napako, če je njena zanesljivost ±5 % in če je enako zanesljiva na vsem območju definiranosti*
        ii. *Kot nadomestno metodo za izračun ocene pravega volumna dreves (reference) lahko uporabimo:*
            1. *Švicarske trovhodne volumenske funkcije*
            2. *Nemške dvovhodne deblovnice*
            3. *Regionalne trovhodne volumenske funkcije*
            4. *Regionalne dvovhodne deblovnice*
    c. Ugotoviti napake pri uporabi tarif in oceniti kolikšna je zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev
        i. *Ob ustreznem izboru so tarife (PEF, lokalne) dovolj zanesljive za oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev*
    d. Ugotoviti zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s PEF tarifami, določenimi za odsek/rastiščni stratum
        i. *PEF tarifa, določena za odsek (homogen rastiščni stratum), je dovolj zanesljiva za oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev*

3. **Vpliv dejavnikov na zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami**
    a. Analizirati vpliv dejavnikov: drevesne vrste, razvojne faze – starosti in bonitete rastišča ter socialnega položaja na zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami
        i. *Dejavniki: drevesna vrsta, razvojna faza – starost in boniteta rastišča ter socialni položaj drevesa bistveno vplivajo na zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami in jih lahko uporabimo za stratifikacijo na homogene stratume*
4. **Ugotoviti ustrezno metodo ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami za stratum**
    a. Z lokalnimi tarifami:
        i. *Z meritvijo višin nekaj dreves lahko za stratum s pomočjo regionalnih dvovhodnih deblovnic izračunamo referenčne volumne dreves in jih izravnamo v lokalne tarife in z njimi izračunamo zanesljivo oceno lesne zaloge*
    b. Z ustrezno izbranimi (optimalnimi) PEF tarifami.
        i. *Tarifni niz (vrsto in razred) PEF tarif za stratum lahko optimalno izberemo s pomočjo lokalnih tarif. Z optimalno izbrani tarifnimi nizi lahko izračunamo zanesljivo oceno lesne zaloge*
5. **Analizirati zanesljivost ocene količine drevesne biomase iz ocene lesne zaloge**
    a. Zanesljivost ocene lesne zaloge oz. drevesne biomase na ravni države
        i. *Zanesljivost ocene lesne zaloge na ravni države zadošča za dobro osnovo za zanesljivo oceno količine drevesne biomase*
    b. Zanesljivost ocene količine drevesne biomase s pomočjo metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev
        i. *Metoda konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev je dovolj zanesljiva in primerna za oceno količine drevesne biomase v Sloveniji*
    c. Zanesljivost konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za Slovenijo
        i. *Konverzijski/ekspanzijski faktorji Smernic dobre prakse (IPCC, 2003) so dovolj zanesljivi za uporabo v Sloveniji*

5 MATERIALI IN METODE DELA

5.1 UGOTAVLJANJE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI V SLOVENIJI

5.1.1 Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih ter gozdnogospodarski načrti gozdnogospodarskih enot

S pregledom Pravilnika o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) in desetih gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot – Poljane (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004B), Predmeja (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004C), Litija-Šmartno (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003), Rodni vrh (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004D), Osankarica (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004A), Ljubljana (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004A), Leskova dolina (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005), Vzhodno Goričko (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006D), Stojna (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006C) in Luče (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006B) – smo analizirali, kako se ugotavlja volumen dreves in lesna zaloga sestojev v Sloveniji ter kako se v praksi določijo PEF tarife.

5.1.2 Uporaba PEF tarif na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km

Za hitro in statistično zanesljivo oceno pregleda PEF tarif, ki jih uporabljamo v Sloveniji, smo izbrali zbirko podatkov o koncentričnih stalnih vzorčnih ploskvah, ki jih uporabljamo za monitoring zdravstvenega stanja gozdov – projekt Popis propadanja gozdov za l. 2000 (Popis ..., 2001). Ploskve, ki predstavljajo sistematičen vzorec, ležijo na presečiščih koordinat mreže 4 krat 4 km, ki pokriva vso Slovenijo. Izbrane so le ploskve, ki ležijo v gozdu. Izmed vseh 712 ploskev smo za analizo izbrali 678 ploskev (95 %), ki vse vsebujejo podatke o PEF tarifah za smreko (TR_1), jelko (TR_2) in bukev (TR_4). PEF tarife so povzete iz aktualnih in veljavnih gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot, kjer so določene na ravni odseka.

Za lažjo računalniško obdelavo in analizo smo preštevilčili šifre PEF tarif, ki jih uporablja Zavod za gozdove Slovenije, v nadaljevanju ZGS, (1–60), ter jih zamenjali z novimi, po našem mnenju bolj logičnimi in razumljivimi trimestnimi šiframi. Prva cifra v šifri pomeni vrsto PEF tarif (1-Algan-P, 2-Čokl-V in 3-Schaeffer-E), drugi dve pa tarifni razred od 1 do 20. Tako npr. šifra 313 pomeni 13. razred Schaefferjevih tarif za enodobne sestoje; oznaka ZGS pa je 53 oz. E6/7, Preglednica 11.

Preglednica 11: Različni zapisi vrst in razredov PEF tarif

PRILAGOJENE ENOTNE FRANCOSKE (PEF) TARIFE ZA									
PREBIRALNE SESTOJE			RAZNODOBNE SESTOJE			ENODOBNE SESTOJE			KOEFICIENT
ALGAN, P = 100 + RAZRED			ČOKL, V = 200 + RAZRED			SCHAEFFER, E = 300 + RAZRED			v_{45}
ZGS	RAZRED	NOVA ŠIFRA	ZGS	RAZRED	NOVA ŠIFRA	ZGS	RAZRED	NOVA ŠIFRA	k
1		101	21		201	41		301	1,143
2	P1	102	22	V1	202	42	E1	302	1,200
3	P1/2	103	23	V1/2	203	43	E1/2	303	1,263
4	P2	104	24	V2	204	44	E2	304	1,326
5	P2/3	105	25	V2/3	205	45	E2/3	305	1,396
6	P3	106	26	V3	206	46	E3	306	1,466
7	P3/4	107	27	V3/4	207	47	E3/4	307	1,543
8	P4	108	28	V4	208	48	E4	308	1,620
9	P4/5	109	29	V4/5	209	49	E4/5	309	1,706
10	P5	110	30	V5	210	50	E5	310	1,791
11	P5/6	111	31	V5/6	211	51	E5/6	311	1,885
12	P6	112	32	V6	212	52	E6	312	1,979
13	P6/7	113	33	V6/7	213	53	E6/7	313	2,084
14	P7	114	34	V7	214	54	E7	314	2,188
15	P7/8	115	35	V7/8	215	55	E7/8	315	2,303
16	P8	116	36	V8	216	56	E8	316	2,418
17	P8/9	117	37	V8/9	217	57	E8/9	317	2,546
18	P9	118	38	V9	218	58	E9	318	2,673
19	P9/10	119	39	V9/10	219	59	E9/10	319	2,814
20	P10	120	40	V10	220	60	E10	320	2,954

S statističnimi metodami smo analizirali podatke in ugotavljali povprečja, razlike in medsebojne odvisnosti med vrstami in razredi PEF tarif.

Za predstavitev bonitete PEF tarif smo tarife po razredih združili v pet skupin:
- 1 - zelo slaba boniteta (tarifni razredi 1–4 pri razdelitvi na 20 tarifnih razredov, oz. 1 in 2 pri razdelitvi na 10 tarifnih razredov),
- 2 - slaba boniteta (tarifni razredi 5–8, oz. 3 in 4),
- 3 - dobra boniteta (tarifni razredi 9–12, oz. 5 in 6),
- 4 - zelo dobra boniteta (tarifni razredi13–16, oz. 7 in 8),
- 5 - najboljša boniteta (tarifni razredi 17–20, oz. 9 in 10).

Prikaz prostorske razporeditve bonitet PEF tarif za Slovenijo smo izdelali s pomočjo geografskega informacijskega sistema in jo predstavili ločeno po drevesnih vrstah.

5.1.3 Ujemanje PEF tarif z rastiščnim koeficientom (Rk)

S pomočjo geografskega informacijskega sistema smo naredili presek vseh 678 ploskev 4 krat 4 km mreže z digitalizirano Karto gozdov po lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih danosti, Rk faktorji po Koširju (Košir, 2000). Tako smo za vsako ploskev dobili vrednost Rk. Izkazalo pa se je, da je karta, izdelana l. 1975 v merilu 1:400.000, za analizo pregroba, zato smo namesto nje raje uporabili digitalizirano Gozdnovegetacijsko karto v merilu 1: 100.000 iz l. 1975 (Košir in sod., 2003). 678 ploskev mreže 4 krat 4 km, za katere imamo podatke o PEF tarifah za smreko, jelko in bukev, smo torej ponovno presekali, tokrat z gozdnovegetacijsko karto, in vsaki ploskvi pripisali ustrezno gozdno združbo. Za 525 ploskev smo dobili podatek o gozdnovegetacijski združbi, za 153 ploskev pa podatek, da ležijo na negozdnih površinah. Razlika je delno tudi posledica primerjave

starejše gozdnovegetacijske karte, ko je bila po navedbah Hočevarja in sodelavcev (2006) gozdnatost Slovenije 50 %, z današnjim stanjem gozdnatosti (63 %). Tako smo pri nadaljnji analizi upoštevali 525 ploskev, ki smo jim pripisali tarifne razrede (10 razredov) PEF tarif za smreko, jelko in bukev. Vsaki ploskvi smo glede na gozdnovegetacijsko združbo pripisali povprečni rastiščni faktor (Rk) in jo ustrezno uvrstili v eno od osmih skupin.

S statističnimi metodami smo analizirali podatke in ugotavljali povprečja, razlike in medsebojne odvisnosti med tarifnimi razredi in Rk faktorji.

5.2 ANALIZA METOD UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES

5.2.1 Ocena pravega volumna dreves – sekcijske metode

5.2.1.1 Raziskovalni objekti

Sekcijske meritve podrtih dreves ($N_{ploskev}$ = 14, N_{dreves} = 157) smo opravili na izbranih raziskovalnih objektih (začasnih krožnih vzorčnih ploskvah) v GGE Ravnik ($N_{ploskev}$ = 7, N_{dreves} = 69) in GGE Pokljuka ($N_{ploskev}$ = 7, N_{dreves} = 88). Meritve na Ravniku smo opravili l. 2003, na Pokljuki pa l. 2004.

GGE Ravnik se nahaja jugovzhodno od Logatca in obsega področje Ravnika, ki leži na osrednjem delu Logaške planote in Lanskega vrha, ki se dviguje severno nad Planinskim poljem. Povprečna nadmorska višina je med 500 in 550 m, matična podlaga pa je karbonatna (visoki kras), z rjavimi pokarbonatnimi tlemi. GGE Ravnik poraščajo jelovo bukovi gozdovi dinarskega tipa na robu svojega areala razširjenosti. Prevladujejo tri gozdne združbe: *Omphalodo-Fagetum dentarietosum sin. Abieti-Fagetum dinaricum dentarietosum* (dinarski gozd jelke in bukve s peterolistno mlajo), *Omphalodo-Fagetum typicum sin. Abieti-Fagetum dinaricum omphalodetosum* (dinarski gozd jelke in bukve s spomladansko torilnico) in *Omphalodo-Fagetum clematidetosum sin. Abieti-Fagetum dinaricum clematidetosum* (dinarski gozd jelke in bukve s srobotom). Odseki so razvrščeni v dva gospodarska razreda (GR): smrekovi nasadi (GR 1, 10042) in dinarski jelovo-bukovi gozdovi (GR 2, 13112). Skupna lesna zaloga enote znaša 324 m^3/ha, od tega predstavlja jelka 36 %, smreka 34 % in bukev 22 % delež. Tekoči letni prirastek je 7,00 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2002).

GGE Pokljuka leži na delu istoimenskega visokogorskega Alpskega platoja, ki ga omejujejo dolina Krme in greben z Debelo pečjo, reka Radovna, Sava Bohinjka in dolina Voje. Nadmorska višina je med 1.000 in 1.800 m, matična podlaga pa je bazično karbonatna. GGE Pokljuka poraščajo pretežno smrekovi gozdovi. Prevladujejo naslednje gozdne združbe: *Homogyno sylvestris-Fagetum sin. Abieti-Fagetum praealpinum* (predalpski gozd jelke in bukove), *Piceetum subalpinum* (subalpinski smrekov gozd), *Adenostylo glabre-Piceetum* (alpski gozd smreke z golim lepenom), *Adenostylo glabre-Fagetum praealpinum* (predalpski visokogorski bukov gozd z golim lepenom), *Anemone trifoliae-Fagetum* (alpski bukov gozd), *Galio rotundifolii-Abietetum sin. Dryopteridi-Abietetum* (gozdna združba jelke z borerjevo glistovnico) in *Rhodothamno-Pinetum mugo sin. Rhodothamno-Rhododendretum* (alpska združba rušja z dlakavim slečem in navadnim slečnikom). Odseki lesnoproizvodnih gozdov brez omejitev pri gospodarjenju so na podlagi rastiščnih danosti razvrščeni v šest gospodarskih razredov (GR):

- rastišča jelovega bukovja:
  - (tipična) predalpska jelova bukovja s pospeševano smreko (GR1, 401),
  - predalpska jelova bukovja na boljših tleh in jelovja (GR 2, 402),
- rastišča predalpskega smrečja:
  - predalpska smrečja v mraziščih na karbonatih in morenah (GR 3, 403),
  - predalpska smrečja na karbonatih v prisojnih legah (GR 4, 404),

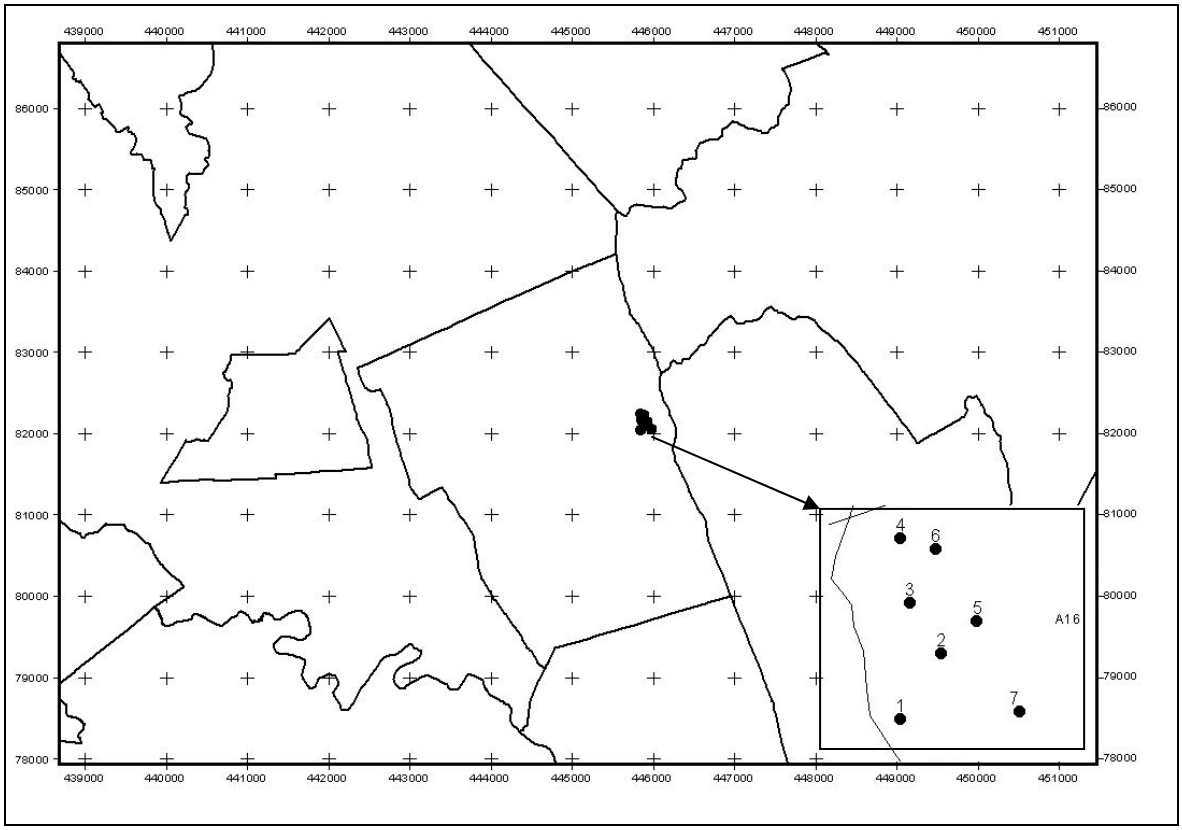
- rastišča triglavskega smrekovega gozda:
    - alpska smrečja v osrednjih ekoloških pogojih (GR 5, 405),
    - alpska smrečja na ekstremnih rastiščih (GR 6, 406).

Skupna lesna zaloga enote znaša 436 m^3/ha, od tega predstavljajo listavci le 1 % delež. Tekoči letni prirastek je 8,80 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

5.2.1.2 Izbor in velikosti ploskev

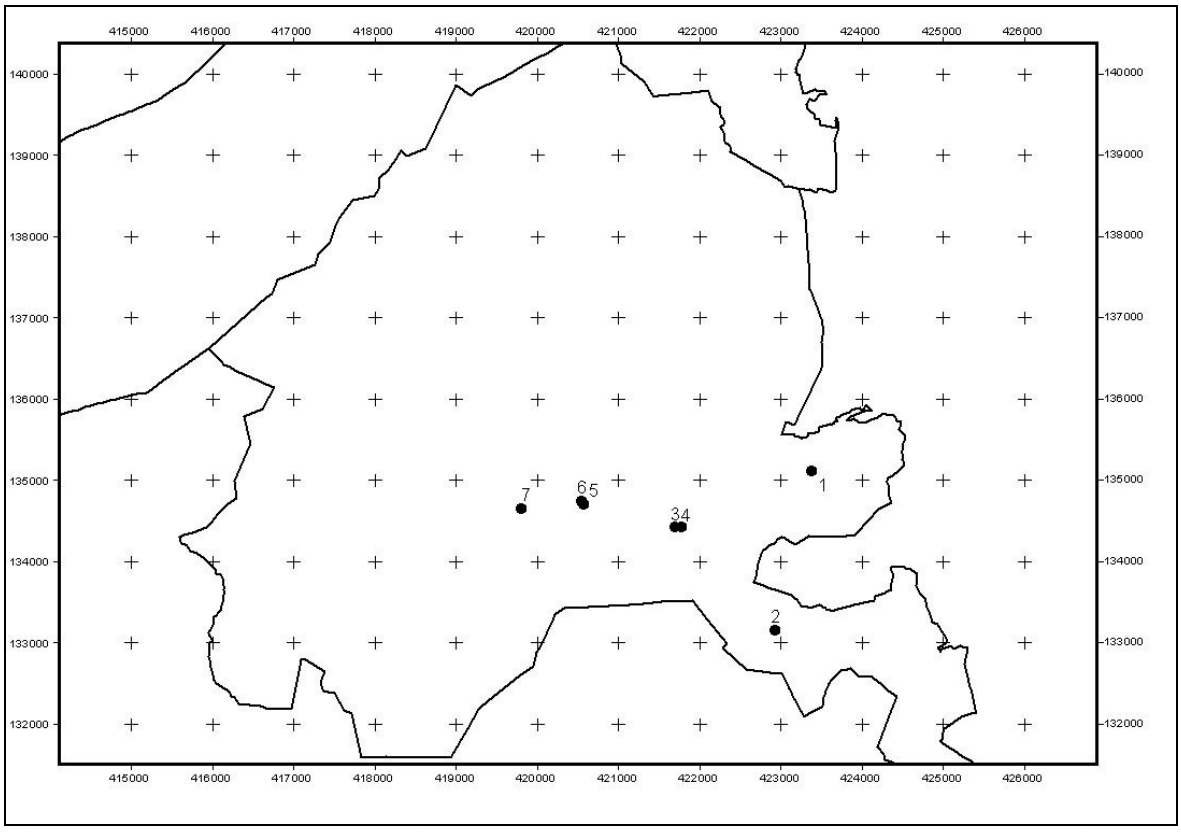
V sestojih, kjer so bila že odkazana drevesa za posek, smo zakoličili začasne krožne vzorčne ploskve, velikosti 0,28 ha (premer 30 m).

Na Ravniku ležijo vse ploskve ($N_{ploskev}$ = 7) v odseku 16 A na nadmorski višini okoli 550 m (razlika med posameznimi ploskvami je 40 m). Gozdna združba je *Omphalodo-Fagetum sin. Abieti-Fagetum dinaricum* (dinarski gozd jelke in bukve), gospodarski razred dinarsko jelovo-bukovi gozdovi, GR 2. Gre za raznodobne smrekovo-jelovo-bukove sestoje v obnovi z nadraslo jelko in deloma smreko, bukev pa se nahaja predvsem v spodnjem sloju. Za izračun lesne zaloge se za listavce uporablja 6. razred, za iglavce pa 7. razred vmesnih PEF tarif. Boniteta rastišča SI_{50}, ocenjena po posameznih ploskvah in drevesnih vrstah, znaša od 10 do 23. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišča znaša 9 m^3/ha, ocenjen prirastek pa je 6 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2002), Slika 2.



Slika 2: Vzorčne ploskve v GGE Ravnik. Izbrane začasne vzorčne ploskve ($N_{ploskev}$ = 7), na katerih smo l. 2003 izmerili drevesa (N = 69) sekcijskih meritev.

Pri ploskvah na Pokljuki gre za enodobne, enovrstne smrekove sestoje, v razvojnih fazah drogovnjaka (ploskve št. 1, 3 in 4) in debeljaka (2, 5, 6 in 7). V GR 1 se nahajata ploskvi št. 5 in 6, v GR 2 ploskev št. 1 in v GR 3 ploskve št. 2, 3, 4 in 7. Za izračun lesne zaloge se pri vseh ploskvah za smreko uporablja 7/8 razred vmesnih PEF tarif. Razlika v nadmorski višini med posameznimi ploskvami je 100 m, Slika 3.



Slika 3: Vzorčne ploskve v GGE Pokljuka. Izbrane začasne vzorčne ploskve ($N_{ploskev}$ = 7), na katerih smo l. 2004 izmerili drevesa (N = 88) sekcijskih meritev.

Ploskev št. 1 leži v odseku 58 C na nadmorski višini okoli 1.200 m. Gozdna združba je *Homogyno sylvestris-Fagetum sin. Abieti-Fagetum praealpinum* (predalpski jelovo bukov gozd), GR 2. Sestojni tip je drogovnjak smreke z gostim sklepom, star okoli 60 let. Boniteta rastišča SI_{50} znaša 25. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišča znaša 10,3 m^3/ha, ocenjen prirastek pa je 10,2 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

Ploskev št. 2 leži v odseku 39 A na nadmorski višini okoli 1.200 m. Gozdna združba je *Piceetum subalpinum* (subalpinski smrekov gozd), GR 3. Sestojni tip je debeljak smreke z vrzelastim sklepom, star okoli 150 let. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišča znaša 10,1 m^3/ha, ocenjen prirastek pa je 9,5 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

Ploskvi št. 3 in 4 ležita v odseku 53 A na nadmorski višini okoli 1.200 m. Gozdna združba je *Piceetum subalpinum* (subalpinski smrekov gozd), GR 3. Sestojni tip je drogovnjak smreke z normalnim sklepom, star okoli 75 let. Boniteta rastišča SI_{50} znaša 20. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišča znaša 10,1 m^3/ha, ocenjen prirastek pa je 9,5 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

Ploskvi št. 5 in 6 ležita v odseku 61 D na nadmorski višini okoli 1.300 m. Gozdna združba je *Homogyno sylvestris-Fagetum sin. Abieti-Fagetum praealpinum* (predalpski jelovo bukov gozd), GR 1. Sestojni tip je debeljak smreke z vrzelastim sklepom, star okoli 155 let. Boniteta rastišča SI_{50} znaša 20. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišča znaša 10,4 m^3/ha, ocenjen prirastek pa je 8,9 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

Ploskev št. 7 leži v odseku 39 A na nadmorski višini okoli 1.300 m. Gozdna združba je *Piceetum subalpinum* (subalpinski smrekov gozd), GR 3. Sestojni tip je debeljak smreke z normalnim sklepom, star okoli 140 let. Boniteta rastišča SI_{50} znaša 20. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišča znaša 10,1 m^3/ha, ocenjen prirastek pa je 9,5 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996).

5.2.1.3 Terenske meritve

5.2.1.3.1 Meritve na izbranih krožnih ploskvah in stoječem drevju

S količkom smo označili središče ploskve in opravili opis sečišča (ploskve) ter sestoja z naslednjimi podatki: lokacijske koordinate središča ploskve v Gauss-Kruegerjevem koordinatnem sistemu (D-48), oddelek, odsek, zaporedna številka ploskve, površina, premer ploskve, zgradba, poreklo, homogenost, sestojni tip, združba, starost ter relief, nadmorska višina, ekspozicija in nagib. Zapisali smo tudi datum snemanja in ime snemalca ter pomočnika, Priloga A.

Sestojni tip smo določili s trištevilčno šifro sestoja in sicer:

- x _ _, razvojna faza (1-mladovje, 2-ml. in 3-st. drogovnjak, 4-ml. in 5-st. debeljak, 6-debeljak v pomlajevanju in 7-raznomeren sestoj).
- _ x _, mešanost (1-iglavci nad 75 %, 2-mešano; iglavci/listavci od 24 do 74 %, 3-listavci nad 75 %).
- _ _ x, sklep (1-tesen, 2-normalen, 3-rahel, 4-vrzelast do pretrgan).

Na ploskvi smo upoštevali vsa drevesa nad merskim pragom 10 cm prsnega premera. Drevesom smo določili zaporedno številko, drevesno vrsto, socialni položaj, poškodovanost (vrha, koreničnika in debla) ter izmerili prsni premer. Dominantnim drevesom (15 najdebelejših na ploskvi) smo izmerili tudi višino, Priloga A. Na podlagi meritev višine 15 najdebelejših dreves na ploskvi (kar pomeni 54 najdebelejših dreves na ha) smo lahko konstruirali višinsko krivuljo, ki je dovolj zanesljiva v intervalu najdebelejših dreves. S pomočjo višinske krivulje smo tako lahko izračunali dominantno višino sestoja na podlagi izračuna dominantnega premera. Premer smo merili s premerko, ki je bila obrnjena proti središču ploskve, na cel cm natančno. Višino smo merili z višinomerom Vertex III, s šestimi odčitki višine na drevo, na dm natančno. Za izračun ocene prave višine smo izpustili odčitka z največjo in najmanjšo vrednostjo ter kot oceno prave višine drevesa vzeli aritmetično sredino preostalih štirih odčitkov.

Na stoječem, predhodno odkazanem drevesu, smo odmerili višino 1,3 m od tal, jo z zarezo (z zadiračem) označili na drevesu, nanj namestili oddajnik (za merjenje višin in razdalj) in zapisali (z zadiračem, kredo, z barvo v pršilki) na drevo zaporedno številko na obeh

straneh debla, (v smeri sever–jug). Prsna premera smo izmerili v dveh navzkrižnih smereh, in sicer v smeri sever–jug in smeri vzhod–zahod, na mm natančno. Drevesu smo izmerili tudi višino in v snemalni list zapisali naslednje podatke: številko ploskve – sečišča, datum snemanja, zaporedno številko drevesa, drevesno vrsto, prsna premera, socialni položaj, višino – šest odčitkov, razdaljo od mesta meritve do drevesa in morebitno poškodovanost. Pod opombe smo zapisali tudi tip oz. vrsto poškodovanosti (odlomljen vrh, odlomljen in ponovno zarasel vrh) in druge ugotovitve, Priloga B.

Nato so delavci izvajalskega podjetja drevo podrli in oklestili ter skrojili, niso pa opravili izvleka.

5.2.1.3.2 Meritve na podrtem drevju

Na panj podrtega drevesa smo zapisali zaporedno številko drevesa in prešteli letnice, s pomočjo katerih smo ocenili starost drevesa (upoštevajoč starost do višine panja) na 5 let natančno.

Podrto drevo smo razdelili na dvometrske sekcije in na sredini vsake izmerili navzkrižna premera. Za zadnjo popolno sekcijo, ko premer naslednje sekcije pade pod 7 cm, smo izmerili tudi premer na koncu te sekcije (1 m od sredine sekcije) ter dolžino zadnje sekcije (vrh) od konca zadnje popolne sekcije do vrha drevesa. Premere smo merili s premerko, na mm natančno. Pri prežaganih drevesih smo pri dolžini sekcije upoštevali, da so zaradi širine reza žage debla krajša za 1 cm za vsak rez žage.

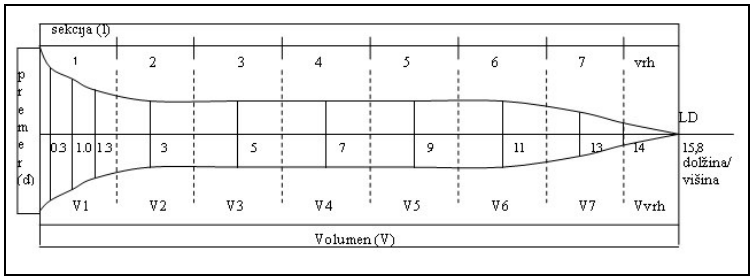
Z meritvami smo tako dobili premere drevesa na dolžinah 1 m, 3 m, 5 m, 7 m … Dodatno pa smo izmerili še premer na panju (0,3 m) in že na stoječem drevesu tudi na prsni višini (1,3 m). V snemalni list smo dodali še naslednje podatke: starost drevesa, premere po sekcijah, dolžino zadnje sekcije do vrha in skupno dolžino drevesa, Priloga B.

Vsako vejo, debelejšo od 7 cm smo izmerili po sekcijah enako kot samostojno drevo in jo tudi zapisali v posebno vrsto v snemalnem listu kot samostojno drevo. Na snemalnem listu pa smo pri drevesu, iz katerega raste veja, skicirali potek veje in zapisali višino mesta, na kateri iz drevesa izrašča veja.

5.2.1.4 Obračun podatkov

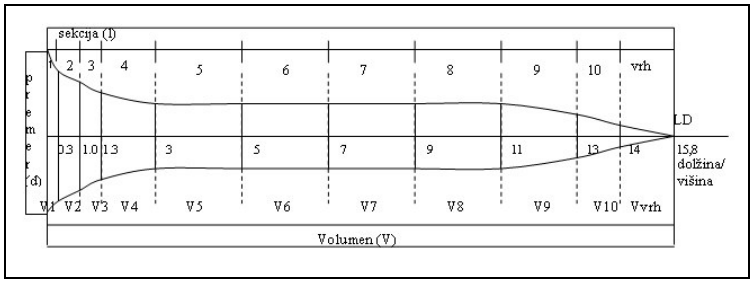
Za oceno pravega premera sekcije smo vzeli aritmetično sredino obeh navzkrižnih meritev, zaokroženo navzdol na cel mm. Celotni volumen debla smo dobili s seštevanjem volumnov posameznih sekcij. Za zadnjo sekcijo (vrh) smo volumen izračunali po formuli stožca. V primeru debelejših vej (nad 7 cm) smo prišteli k volumnu debla še volumen vej. Kot volumen drevesa smo torej upoštevali volumen debeljadi, ki jo sestavljajo: panj, deblo, vrh in debelejše veje.

Za vsa drevesa smo izračunali ocene pravih volumnov po treh standardnih obrazcih za sekcijske metode, predstavljenih v poglavju 3.1. Pri Huberjevi metodi smo upoštevali dolžino sekcije 2 m in premere na 1 m, 3 m, 5 m, itd., Slika 4.



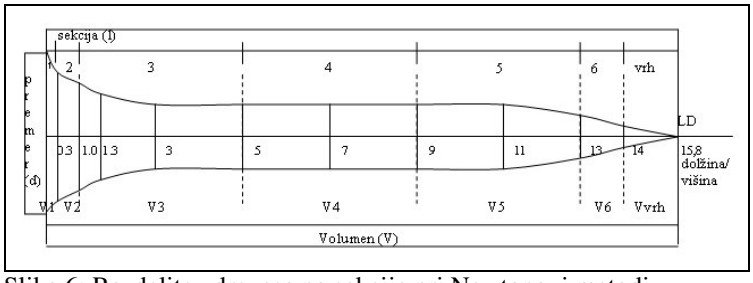
Slika 4: Razdelitev drevesa na sekcije pri Huberjevi metodi

Pri Smalianovi metodi smo volumen prve sekcije od 0 do 0,3 m izračunali po formuli za volumen valja s premerom, izmerjenim na 0,3 m (majhno sistematično podcenjevanje volumna prve sekcije). Druga sekcija leži med 0,3 in 1 m, tretja med 1 in 1,3 m (upoštevamo meritev prsnega premera), četrta pa med 1,3 in 3 m. Nato si sledijo sekcije po 2 metrskih razdaljah, Slika 5.



Slika 5: Razdelitev drevesa na sekcije pri Smalianovi metodi

Pri Newtonovi metodi smo volumen prve sekcije od 0 do 0,3 m izračunali po formuli za volumen valja, s premerom, izmerjenim na 0,3 m (majhno sistematično podcenjevanje volumna prve sekcije). Volumen druge sekcije od 0,3 do 1,0 m smo izračunali po formuli za prisekan paraboloid (Smalianova formula). Volumne nadaljnjih sekcij smo izračunali po Newtonovi formuli tako, da je bila dolžina ene sekcije 4 m (združeni dve dvometrski osnovni sekciji, da smo dobili premere na začetku, v sredi in na koncu sekcije). Tako je bila tretja sekcija pri drevesu od 1 do 5 metra, četrta od 5 do 9 m. Če je pred vrhom ostala še kakšna 2 metrska sekcija ali nepopolna 1 metrska, smo njen volumen določili po formuli za prisekan paraboloid (Smalianova formula), Slika 6.



Slika 6: Razdelitev drevesa na sekcije pri Newtonovi metodi

Podatke sekcijskih meritev smo vnesli v računalniško datoteko, Priloga D, Priloga E, Priloga F in Priloga G.

5.2.1.5 Analiza metod sekcijskih meritev

S statistično analizo primerjave volumnov dreves (v) smo analizirali vse tri sekcijske metode (Huber, Smalian, Newton) in poskušali odkriti razlike med njimi.

Za analizo smo podatke združili v naslednje skupine:
- Pokljuka: smreka drogovnjak (POK_SM_DRO), smreka debeljak (POK_SM_DEB) in smreka vse (POK_SM),
- Ravnik: posebej za smreko (RAV_SM), jelko (RAV_JE) in bukev (RAV_BU) ter za iglavce (RAV_IG);
- Pokljuka in Ravnik: smreka (SM), iglavci (IG) in vsa drevesa (SKUPAJ).

Analizirali smo absolutna in relativna odstopanja od referenčnih vrednosti. Primerjali smo rezultate po skupinah dreves in po deb. stopnjah. Zanesljivost metod za izračun volumna dreves in lesne zaloge sestojev smo ocenjevali z dvema ocenama napake po metodah, navedenih v poglavju 3.9.2.

Analizirali smo tudi delež volumna vrha, debla, panja in vej v volumnu vsega drevesa (debeljadi).

Oceno pravega volumna drevesa smo izračunali tudi preko *spline* funkcije (Nagel, 2000), vendar smo v nadaljevanju zaradi nezadovoljivih rezultatov to metodo opustili.

5.2.2 Ocene zanesljivosti metod ugotavljanja volumna dreves

Za 157 posekanih, normalnih dreves (izločili smo vsa dvodebelna ali dvovrhata drevesa in drevesa s poškodovanim/odlomljenim vrhom ali deformiranim deblom) v GGE Pokljuka ($N_{ploskev} = 7$, $N_{dreves} = 88$) in Ravnik ($N_{ploskev} = 7$, $N_{dreves} = 69$), za katere smo imeli podatke o ocenah pravih volumnov (v_n), smo analizirali zanesljivost posameznih metod ugotavljanja volumna dreves.

Podatke o volumnih dreves, izračunanih po posameznih metodah ugotavljanja volumna dreves, smo zapisali v datoteko, Priloga H. Analizirali smo po metodah, opisanih v poglavju 5.2.1.5.

Ker metod ugotavljanja volumna dreves nismo preverili na neodvisnih podatkih, ampak na podatkih, iz katerih smo predhodno izračunali parametre volumenskih funkcij, smo dobili boljše rezultate – manjša odstopanja.

5.2.2.1 Švicarske trovhodne volumenske funkcije (Kaufmann, 2001)

Preverili smo originalne švicarske trovhodne volumenske funkcije (3V_CH). Volumen dreves smo izračunali po formulah, navedenih v poglavju 3.3.2.

5.2.2.2 Nemške dvovhodne volumenske funkcije (Puhek, 2003)

Preverili smo nemške dvovhodne deblovnice (2V_NE). Volumen dreves smo izračunali po formulah, navedenih v poglavju 3.4.1.

5.2.2.3 Regionalne trovhodne volumenske funkcije in dvovhodne deblovnice

Na podlagi ocen pravih volumnov dreves (v_n), izračunanih s sekcijskimi meritvami (V_n), smo s pomočjo statistične metode multiple regresijske analize izdelali regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) in dvovhodne deblovnice (2V_SI) in jih preverili.

5.2.2.4 Enovhodne volumenske funkcije – tarife

5.2.2.4.1 Prilagojene enotne francoske tarife

Preverili smo sedanje PEF tarife (1V_ZGS) in PEF tarife, kjer smo popravili sedanji izbor vrste in razreda tarif (1V_POP). Volumen dreves smo izračunali po formulah, navedenih v poglavju 3.5.2.

5.2.2.4.2 Lokalne tarife

Na podlagi ocen pravih volumnov dreves (v_n), izračunanih s sekcijskimi meritvami (V_n), smo s pomočjo statističnih metod polinomske in nelinearne regresijske analize izdelali lokalne enovhodne volumenske funkcije – tarife s polinomsko (1V_POL), enačba (17), in z eksponentno (1V_EKS), prilagojena enačba (22), volumensko funkcijo in jih preverili.

5.2.2.4.3 Analiza zanesljivosti PEF tarif pri manjših premerih (10–30 cm)

Posebej smo proučili zanesljivost PEF tarif pri drevesih manjših premerov (10–30 cm), saj je znano, da naj bi bile predvsem tarife za prebiralne sestoje (P tarife) nezanesljive za drevesa manjših premerov. Kot primer smo izbrali tarifni razred 8 (16) ter izračunali volumen po:

- P tarifah (originalnih), P8,
- P tarifah korigiranih za območje 10–25 cm, $P8_{kor}$,
- V tarifah, V8 (referenca),
- E tarifah, E8,
- lokalni tarifi za smreko (POL_SM) in bukev (POL_BU).

Različne tarife (PEF in lokalne) smo primerjali med seboj. Primerjali smo absolutne (m^3) in relativne (%) razlike tarifnih krivulj; kot referenco smo vzeli vmesno PEF tarifo za raznodobne sestoje (tarifo V8). Prav tako smo po deb. stopnjah primerjali ocene pravih volumnov (v_n) dreves z volumni dreves izračunanimi po različnih tarifah.

5.3 ANALIZA VPLIVA DEJAVNIKOV NA ZANESLJIVOST OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI

5.3.1 Meritve *d, h,* d_7 na drevesih na izbranih stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode

5.3.1.1 Raziskovalni objekti

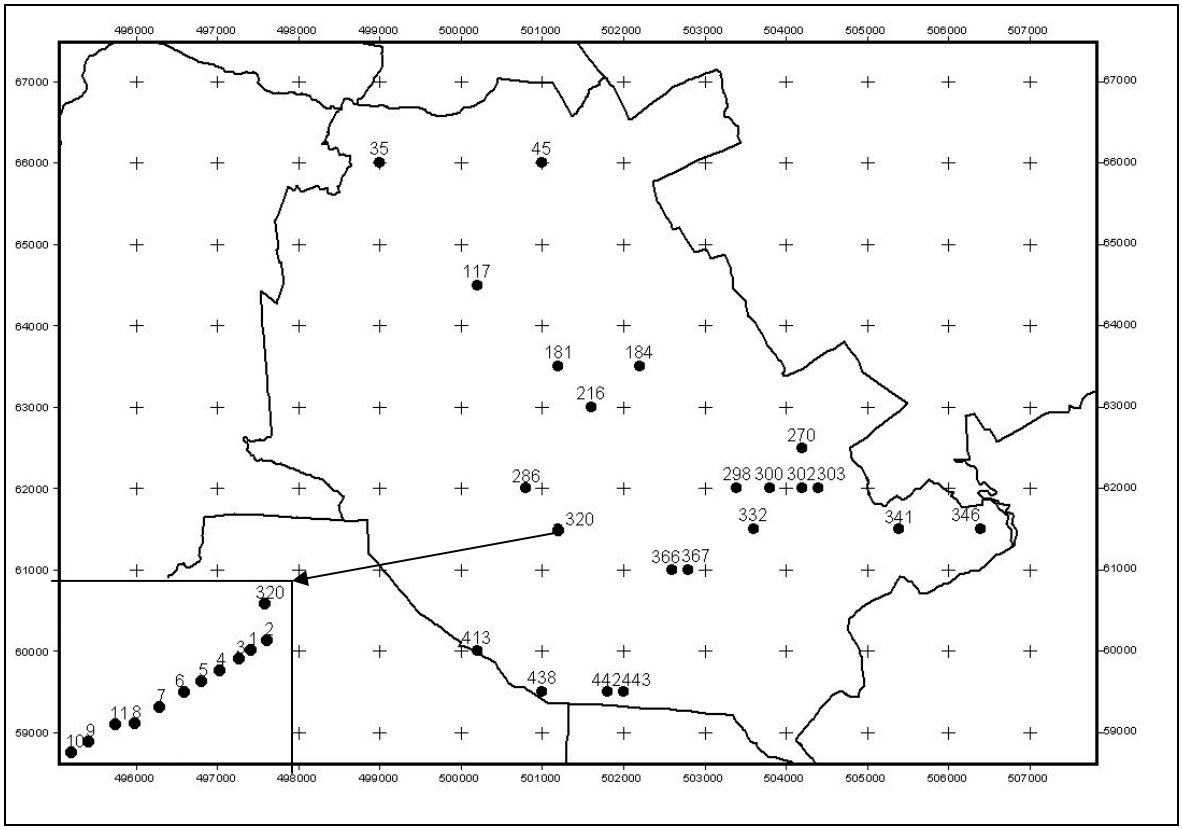
Za izbor raziskovalnih objektov (stalnih vzorčnih ploskev kontrolne vzorčne metode) smo izbrali GGE Poljane ($N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) in Predmeja ($N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494). Meritve smo opravili l. 2005.

GGE Poljane se nahaja jugozahodno od Dolenjskih Toplic in predstavlja strnjen kompleks gozdov na vzhodnih pobočjih roškega visokokraškega masiva. Reliefno je enota sestavljena iz dveh delov, in sicer vzhodni del predstavljajo strma pobočja z enakomernim padcem nad dolino Črmošnjice (najnižja točka enote na 190 m nadmorske višine) in zahodni, bolj izravnan del (od 600 do 800 m nadmorske višine), kjer je zelo razgiban, izrazit kraški svet (vrtače, brezna), ki se na posameznih delih povzpne tudi do nadmorske višine 1.100 m. Matična podlaga je večinoma karbonatna (apnenec), z rjavimi pokarbonatnimi tlemi. Vsa tla v enoti veljajo za visokoproduktivna. Sestoje gradijo tri glavne drevesne vrste, in sicer smreka, bukev in jelka, z 8 % deležem pa so primešani še plemeniti listavci. GGE Poljane poraščajo jelova bukovja, najpogostejša združba v enoti je *Omphalodo-Fagetum* (dinarski gozd bukve in jelke s spomladansko torilnico). Poleg jelovo bukovih rastišč zasledimo na vzhodnih pobočjih tudi montanska *(Lamio orvalae-Fagetum var. geogr. Dentaria polyphyllos)* in submontanska *(Hacquetio-Fagetum var. geogr. Ruscus Hypoglossum)* bukovja. Odseki večnamenskih gozdov so na podlagi rastiščnih danosti razvrščeni v dva gospodarska razreda (GR):

- gorski bukovi gozdovi (8,7 % delež v GGE), GR 1, 01600,
- dinarski jelovo bukovi gozdovi (90,2 % delež v GGE), GR 2, 01900.

Skupna lesna zaloga enote znaša 399 m^3/ha, od tega predstavlja smreka 37 %, bukev 32 % in jelka 22 % delež. Tekoči letni prirastek je 9,01 m^3/ha. Proizvodna sposobnost rastišč v enoti je 8,00 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004B).

Stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode so postavljene na vzorčni mreži 200 x 500 m. Analizirane ploskve ležijo večinoma v GR 2 (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004B), Slika 7.



Slika 7: Vzorčne ploskve v GGE Poljane (200 x 500 m). Izbrane stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode ($N_{ploskev}$ = 27) in ploskve posebne raziskave ($N_{ploskev}$ = 11), na katerih smo l. 2005 izmerili drevesa (N = 351) *d, h,* d_7 meritev.

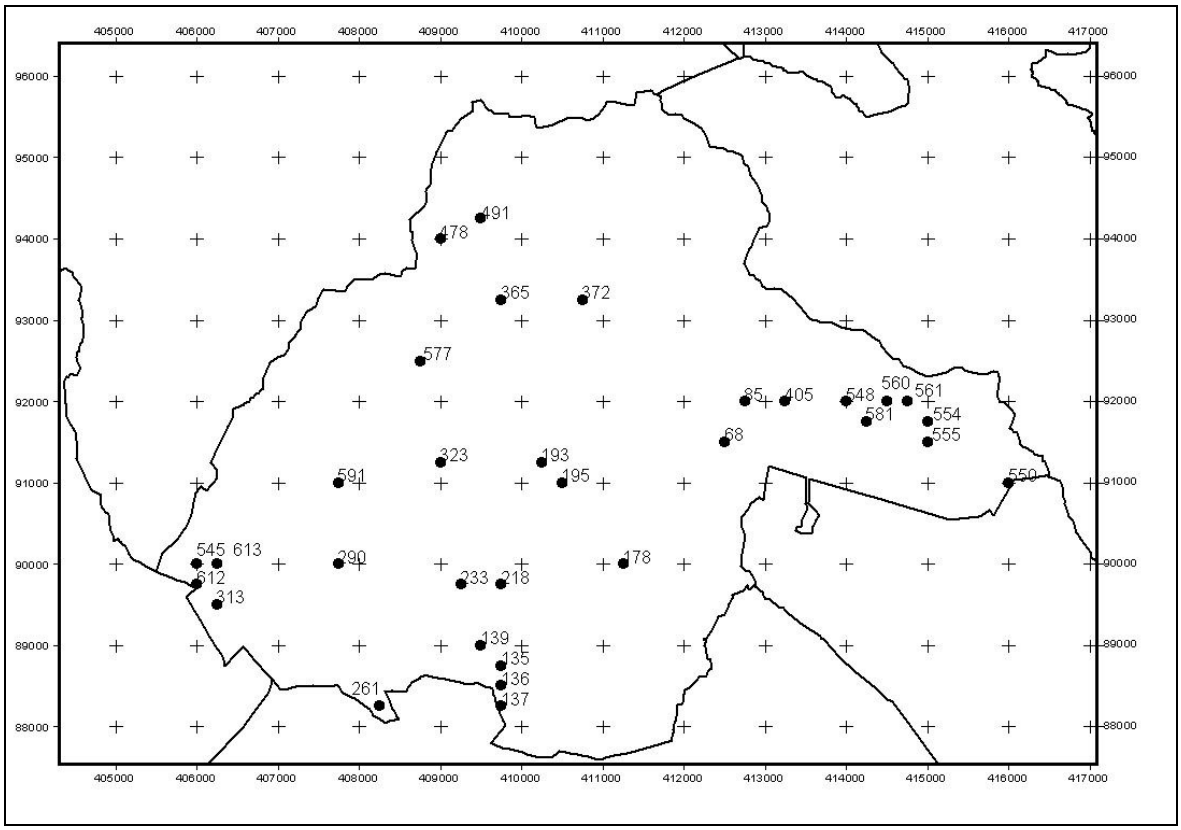
GGE Predmeja leži na Trnovski planoti vzhodno in zahodno od ceste Predmeja – Lokve ter zavzema velik del Trnovskega gozda. Trnovska planota je tipična visokokraška planota, ki se postopoma dviga od juga (najnižja točka enote je na 880 m nadmorske višine) proti severu (najvišja točka enote je na 1.495 m nadmorske višine). Relief je zelo razgiban, izrazito kraški, z večjimi vrtačami in depresijami (mrazišča) ter grebeni. Matična podlaga je večinoma karbonatna (apnenec), z rendzinami in rjavimi pokarbonatnimi tlemi. Sestoje gradijo tri glavne drevesne vrste, in sicer bukev, smreka in jelka. GGE Predmeja poraščajo jelova bukovja, najpogostejša združba v enoti je *Omphalodo-Fagetum* (dinarski gozd bukve in jelke), kjer so rastišča relativno homogena in zaradi vpliva alpske klime hladnejša. Druga najbolj zastopana gozdna združba je *Ranunculo platanifolii-Fagetum* (dinarski visokogorski gozd bukve), ki sega višje, nad jelova bukovja. Na najvišjih delih enote se pojavlja *Polysticho lonchitis-Fagetum sin. Fagetum subalpinum* (subalpinski bukov gozd) ter v mraziščnih vrtačah *Pinetum mugo s. lat.* (rušje). Na južnem in zahodnem obrobju enote najdemo združbe *Lamio orvalae-Fagetum* (primorski gorski bukov gozd) in *Seslerio-Fagetum* (primorski bukov gozd). Odseki večnamenskih gozdov so na podlagi rastiščnih danosti razvrščeni v sedem gospodarskih razredov (GR):

- primorska bukovja (6,8 % delež v GGE), GR 1, 30640,
- jelova bukovja dobrih rastišč, zabukovljena (10,2 % delež v GGE), GR 2, 33040,
- jelova bukovja dobrih rastišč, mešana z iglavci (28,8 % delež v GGE), GR 3, 33090,

- jelova bukovja sušnih rastišč, mešana z iglavci (12,6 % delež v GGE), GR 4, 33190,
- jelova bukovja hladnih leg, mešana z iglavci (10,9 % delež v GGE), GR 5, 33290,
- smrekovja (2,4 % delež v GGE), GR 6, 38210,
- visokogorska bukovja (9,8 % delež v GGE), GR 7, 34540.

Skupna lesna zaloga enote znaša 316 m^3/ha, od tega predstavlja bukev 55 %, smreka 27 % in jelka 12 % delež. Tekoči letni prirastek je 5,8 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004C).

Stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode so postavljene na vzorčni mreži 250 x 250 m (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004C), Slika 8.



Slika 8: Vzorčne ploskve v GGE Predmeja (250 x 250 m). Izbrane stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode ($N_{ploskev}$ = 38), na katerih smo l. 2005 izmerili drevesa (N = 494) *d, h,* d_7 meritev.

Stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode smo predhodno izbrali iz baze podatkov Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS). Ker nas je zanimal vpliv treh dejavnikov (starost oz. razvojna faza, boniteta rastišča in drevesne vrste) na zanesljivost tarif, in na podlagi katerih dejavnikov bi lahko v nadaljevanju izvedli stratifikacijo v homogene rastiščne stratume, smo potencialne stalne vzorčne ploskve izbrali po naslednjih kriterijih:

1. Razvojna faza (RFAZ):
   - 1XX, drogovnjak (DRO, MG), D_m je od 10 do 30 cm, (20 cm); šifra ZGS je 2,
   - 2XX, debeljak (DEB, SG), D_m je od 30 do 50 cm, (40 cm); šifra ZGS je 3.

2. Boniteta rastišča/tarifni razred (RAST), ne glede na vrsto PEF tarif:
   - X1X, slabo rastišče (SLR), tarife 2 in 3,
   - X2X, srednje rastišče (SRR) - tarife 5 in 6,
   - X3X, dobro rastišče (DBR) - tarife 8 in 9.
3. Drevesna vrsta (DV):
   - XX1, smreka (SM): šifra ZGS je 11,
   - XX2, bukev (BU): šifra ZGS je 41,
   - XX3, jelka (JE): šifra ZGS je 21.

Posamezni homogen rastiščni stratum naj bi torej sestavljala vsa drevesa na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode, ki imajo enako kombinacijo vseh treh dejavnikov, ki smo jo zapisali s trištevilčno šifro; kombinacija 1 (KOM1).

5.3.1.2 Izbor in velikost vzorčnih ploskev

Za vsako kombinacijo treh dejavnikov smo na vzorčni mreži stalnih vzorčnih ploskev kontrolne vzorčne metode ZGS izbrali vsaj 3 ploskve velikosti 0,05 ha (polmer je 12,62 m), na katerih je bilo skupaj najmanj 40 dreves. Potencialne vzorčne ploskve smo izbrali tako, da so dejavniki, ki vplivajo na homogenost rastiščnega stratuma (drevesna vrsta, boniteta rastišča, ocenjena s tarifnim razredom, razvojna faza) med vzorčnimi ploskvami (istega rastiščnega stratuma) čimbolj podobni. To smo poskušali zagotoviti s tem, da so izbrane vzorčne ploskve izhajale iz sestojev podobne sestojne zgradbe in podobnih bonitet rastišč (tarifni razredi) ter da so imele podobno debelinsko strukturo (aritmetična sredina, mediana premerov). Zaradi racionalizacije terenskih meritev (dostop z avtom, navezava pri iskanju ploskve iz ene na drugo) smo pri izbiri vzorčnih ploskev upoštevali tudi kriterij, da ležijo stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode iste kombinacije treh dejavnikov čimbližje ena drugi v prostoru, kar lahko do neke mere zagotavlja tudi podobnost rastišč. Vzorčne ploskve smo izbirali pretežno v enovrstnih in enodobnih sestojih. Lokacijo izbranih vzorčnih ploskev smo pred terenskimi meritvami preverili še na digitalnih ortofoto posnetkih, kjer smo preverili lego znotraj sestoja, homogenost vzorčne ploskve in dostopnost do nje. Za izbrane stalne vzorčne ploskve kontrolne vzorčne metode smo iztiskali snemalne liste s podatki predhodnih meritev in dostopne liste – karte dostopov. Vzorčne ploskve smo poiskali na terenu in opravili meritve.

5.3.1.3 Terenske meritve

5.3.1.3.1 Meritve na vzorčnih ploskvah

Lokacijo vzorčne ploskve smo določili in poiskali središče s pomočjo navigacije z ročnim GPS sprejemnikom, opisom dostopa s starega snemalnega lista in z ortofoto karto. Na ploskvi smo:
- ponovno izmerili lokacijo središča ploskve z ročnim GPS sprejemnikom,
- preverili in po potrebi popravili opis ploskve in sestoja,
- ocenili starost sestoja (s štetjem letnic na panju posekanih dreves in s štetjem vejnih vretenc pri iglavcih),
- opravili meritve na drevesih, Priloga C.

5.3.1.3.2 Meritve na drevesih

Opravili smo meritve vseh dreves znotraj kroga (površina 5 arov, horizontalna razdalja oz. polmer kroga je 12,62 m) s prsnim premerom, večjim od 10 cm. Drevesa pod 10 cm so v veliki večini primerov tudi nižja od 7 m, zato meritve d_7 in posledično izračun ocen pravega volumna s trovhodnimi volumenskimi funkcijami pri teh drevesih ne bi bile možne. Višine smo izmerili samo nepoškodovanim, enoosnim drevesom s celim vrhom. Vsakemu drevesu smo določili drevesno vrsto, socialni položaj in poškodovanost ter izmerili še:

- prsni premer drevesa (d) z aluminijasto premerko na cm natančno,
- višino drevesa (h) z višinomerom Vertex III na dm natančno; pri šestih odčitkih meritve višine drevesa nismo upoštevali odčitka z najmanjšo in največjo vrednostjo ter kot oceno prave višine drevesa vzeli aritmetično sredino preostalih štirih odčitkov,
- premer drevesa na 7 metrih (d_7) smo izmerili na cm natančno s pomočjo finske premerke na aluminijastem teleskopskem drogu na 7 m višine drevesa.

5.3.1.4 Obračun podatkov in analiza

Pri analizi smo upoštevali vsa normalna drevesa (izločili smo vsa dvodebelna ali dvovrhata drevesa in drevesa s poškodovanim/odlomljenim vrhom ali deformiranim deblom) na lokacijah Predmeja in Poljane, ki so imela izmerjene: d, h in d_7. Dodali smo tudi podatke iz meritev na 11 vzorčnih ploskvah, na katerih smo v GGE Poljane raziskovali vpliv mikrorastiščnih razmer na zanesljivost tarif (Kušar in Hočevar, 2006). Za lokacijo Poljane smo na 38 ploskvah izmerili 351 dreves, za lokacijo Predmeja pa na 38 ploskvah 494 dreves. Podatke smo zapisali v datoteko, ločeno za vzorčne ploskve ($N_{ploskev}$ = 76) in drevesa (N_{dreves} = 845), Priloga I in Priloga J.

5.3.1.4.1 Izračun sestojnih parametrov za vzorčne ploskve in drevesa

Na podlagi terenskih meritev smo za vsako vzorčno ploskev, ki je imela več kot tri merjena drevesa, izračunali sestojne parametre (število dreves, D_m, H_m, D_d, H_d) in podatke (starost, šifra sestoja) ter jih dodali v datoteko ploskev, Priloga I.

Dominantni premer (D_d) smo izračunali kot temeljnični srednji premer 100 najdebelejših dreves sestoja na ha (Hočevar, 1995A). Ker so vzorčne ploskve velike 5 arov, smo vzeli temeljnični srednji premer 5 najdebelejših dreves na ploskvi. V primeru, da je bilo na posamezni ploskvi manj dreves (zaradi poseka, sestoji s pretrganim sklepom), smo vzeli vsa (3 ali 4) drevesa, kar je seveda vplivalo na zanesljivost rezultatov (povečanje napake).

Na podlagi podatkov o višinah dreves smo s pomočjo statistične metode nelinearne regresijske analize za vsako ploskev izračunali višinsko krivuljo, kjer smo za obliko krivulje izbrali Pettersonovo funkcijo (25) po obrazcu predstavljenem v poglavju 3.6. Pettersonovo funkcijo smo izbrali zato, ker se je v testni raziskavi izkazala za najbolj primerno. S pomočjo višinske krivulje smo za vsako vzorčno ploskev iz D_d izračunali

dominantno višino H_d. Tako izračunane parametre smo za vsako ploskev vnesli v datoteko ploskev, Priloga J.

5.3.1.4.2 Določanje bonitete rastišča

Za isti sestoj oz. vsako ploskev smo ugotovili boniteto rastišča, ocenjeno na podlagi rastiščnega indeksa (SI_n), izračunanega na dva načina. Pri prvem načinu smo rastiščni indeks, definiran pri petdeset let starem sestoju (SI_{50}), ugotovili na podlagi poznavanja drevesne vrste, dominantne višine in starosti s pomočjo švicarskih tablic (EAFV, 1968). Pri drugem načinu pa smo podobno ugotovili rastiščni indeks, definiran pri sto let starem sestoju (SI_{100}), s pomočjo slovaških tablic (Halaj in sod., 1987 cit. po Kotar, 2003).

Boniteto rastišča smo ocenili tudi s pomočjo ocene tekočega prirastka sestoja s pomočjo švicarskih sestojnih tablic (EAFV, 1968). Izračunali smo tekoči prirastek konkretnega sestoja pri sedanji starosti (I_{v_tek}, v m^3 in v kg suhe snovi na hektar na leto) in tekoči prirastek sestoja, definiran pri 120 letih (I_{v_120let}, v m^3 in v kg suhe snovi na hektar na leto) in tudi te dve oceni uporabili za oceno produkcijske sposobnosti (bonitete) rastišča. Tekoči prirastek smo ocenili na dva načina zato, ker pri drugem načinu zaradi dosežene kulminacija prirastka napaka ocene starosti sestoja manj vpliva na zanesljivost ocene prirastka kot pri prvem načinu.

Podatke smo za vsako ploskev posebej dodali v datoteko ploskev, Priloga I.

5.3.1.4.3 Izračun referenčnega volumna dreves

Za vsako normalno drevo (N_{dreves} = 845) smo izračunali referenčni volumen (v_r) s pomočjo trovhodnih volumenskih funkcij. Za smreko in jelko smo uporabili regionalni trovhodni volumenski funkciji (3V_SI), ki smo ju konstruirali na podlagi sekcijskih meritev (Pokljuka in Ravnik) po metodi, opisani v poglavju 5.2.2.3. Za te volumenski funkciji menimo, da zaradi upoštevanja treh vhodnih podatkov (d, h in d_7), ki dobro pojasnijo individualne razlike v volumnih posameznih dreves, ustrezno upoštevata razlike zaradi rastiščnih pogojev in sta dovolj zanesljivi za oceno referenčnega volumna dreves tudi v GGE Predmeja in Poljane (rastišča na visokokraškem terenu). Za bukev konstrukcija regionalne trovhodne volumenske funkcije ni bila uspešna, saj smo imeli na razpolago podatke za premalo dreves. Za izdelavo zanesljive volumenske funkcije so manjkala predvsem debelejša drevesa. Tako smo za bukev uporabili originalno švicarsko trovhodno volumensko funkcijo (3V_CH) po metodi, opisani v poglavju 5.2.2.1.

5.3.1.4.4 Analiza vpliva dejavnikov na volumen drevesa

Namen analize je bil ugotoviti, kateri dejavniki (značilnosti drevesa, sestoja in rastišča) vplivajo na to, da ima drevo istega premera različen volumen, in kako vplivajo. Pri izbiri tarifnega razreda velja za vse drevesne vrste pravilo, da se izbere tarifni razred na podlagi poznavanja volumna srednjega sestojnega drevesa (premer drevesa, pri katerem se lesna zaloga sestoja razpolavlja). Sprememba volumenske funkcije $v = \mathrm{f}(d)$ je s tem določena za premere od 10–100 cm.

Dejavniki, ki lahko posredno vplivajo na to, da ima drevo istega premera različen volumen (tarifo), so:

- na ravni posameznega drevesa:
  - drevesna vrsta,
  - socialni položaj,
- na ravni sestoja/ploskve:
  - razvojna faza, ki je lahko definirana s starostjo ali z dominantnim premerom,
  - boniteta rastišča, ki je lahko definirana z rastiščnim indeksom.

S statistično metodo analize variance (večfaktorska ANOVA) smo na normalnih drevesih (N_{dreves} = 1.002) sekcijskih meritev (Pokljuka, Ravnik; N_{dreves} = 157) in *d, h,* d_7 meritev (Poljane, Predmeja; N_{dreves} = 845), za katera smo imeli dobre ocene pravega volumna dreves (v_r), testirali vpliv dejavnikov na volumen drevesa oz. možnost oblikovanja stratumov. Analizirana drevesa (N_{dreves} = 1.002) lahko razdelimo po naslednjih dejavnikih:

- lokacija:
  - Poljane (N_{dreves} = 351), oznaka 1,
  - Predmeja (N_{dreves} = 494), oznaka 2,
  - Ravnik (N_{dreves} = 69), oznaka 3,
  - Pokljuka (N_{dreves} = 88), oznaka 4,
- drevesna vrsta:
  - smreka (N_{dreves} = 548), oznaka 11,
  - jelka (N_{dreves} = 68), oznaka 21,
  - bukev (N_{dreves} = 386), oznaka 41,
- razvojna faza, definirana s starostjo (STS), razdeljena v dva razreda:
  - drogovnjak (N_{dreves} = 477), STS < 80 let, oznaka 1,
  - debeljak (N_{dreves} = 525), STS ≥ 80 let, oznaka 2,
- boniteta rastišča, definirana z rastiščnim indeksom (SI_{50}), razdeljena v tri razrede:
  - slabo (N_{dreves} = 193), $SI_{50} \leq 15$, oznaka 1,
  - srednje (N_{dreves} = 452), $16 \leq SI_{50} \leq 22$, oznaka 2,
  - dobro (N_{dreves} = 357), $SI_{50} \geq 23$, oznaka 3,
- socialni položaj:
  - nadraslo (N_{dreves} = 168), oznaka 1,
  - soraslo (N_{dreves} = 604), oznaka 2,
  - podraslo (N_{dreves} = 203), oznaka 3.

5.4 UGOTAVLJANJE USTREZNE METODE ZA OCENO VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI

5.4.1 Novi metodi ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enovhodnimi funkcijami

Primerjave smo opravili na vseh normalnih drevesih (N_{dreves} = 845) na ploskvah GGE Poljane ($N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) in Predmeja ($N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494), za katere smo imeli izmerjene parametre *d, h* in d_7. Podatkov sekcijskih meritev (Ravnik, Pokljuka), na podlagi katerih smo izračunali regionalne trovhodne volumenske funkcije, nismo vključili v to analizo, da smo zagotovili neodvisni vzorec.

5.4.1.1 Izračun regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R)

Ploskve smo razdelili glede na lokacijo (Predmeja in Poljane) in drevesno vrsto (smreka, jelka in bukev) ter za vsako tako skupino ploskev iz podatkov o referenčnih volumnih dreves (v_r) s pomočjo statistične metode multiple regresijske analize izračunali regionalne dvovhodne deblovnice (2V_R) in primerjali njihovo zanesljivost z referenčnimi volumni (v_r) po skupinah ploskev (lokacija, drevesna vrsta) in deb. stopnji.

5.4.1.2 Stratifikacija in izračun lokalnih tarif (1V_L)

Vzorčne ploskve ($N_{ploskev}$ = 76) smo po posameznih lokacijah (Predmeja, $N_{ploskev}$ = 38 in Poljane, $N_{ploskev}$ = 38) poststratificirali v stratume po naslednjih kriterijih, ki smo jih označili s kombinacijo 2 (KOM2):

1. Razvojna faza (RFAZ) – D_d:
   - 1XX, drogovnjak (DRO, MG), D_d je od 10 do 30 cm, (20 cm),
   - 2XX, debeljak (DEB, SG), D_d je od 30 do 50 cm, (40 cm).
2. Boniteta rastišča (RAST) – SI_{50}:
   - X1X, slabo rastišče (SLR), SI_{50} je manj kot 15,
   - X2X, srednje rastišče (SRR), SI_{50} je 16–22,
   - X3X, dobro rastišče (DBR), SI_{50} je več kot 23.
3. Drevesna vrsta (DV):
   - XX1, smreka (SM): šifra ZGS je 11,
   - XX2, bukev (BU): šifra ZGS je 41,
   - XX3, jelka (JE): šifra ZGS je 21.

Iz regionalnih referenčnih volumnov dreves (v_{rr}), izračunanih po regionalnih dvovhodnih deblovnicah (2V_R), smo za vsak stratum s pomočjo statistične metode nelinearne regresijske analize izdelali lokalno tarifo (1V_L). Uporabili smo prilagoditev eksponentne krivulje, prilagojena enačba (22).

5.4.1.3 Izbor optimalnega tarifnega niza PEF tarif

Potek krivulj lokalnih tarif (1V_L) smo na območju definiranosti na grafikonih primerjali s 60 nizi (krivuljami) PEF tarif in izbrali optimalni razred PEF tarif (1V_O).

5.4.2 Analiza zanesljivosti ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev, ugotovljene s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS), z optimalno izbranimi PEF tarifami (1V_O) in z lokalnimi tarifami (1V_L*)*

Izračunali smo volumen dreves (N_{dreves} = 845) *d, h,* d_7 meritev po treh različnih metodah enovhodnih volumenskih funkcij (1V_ZGS, 1V_O in 1V_L) ter primerjali zanesljivost glede na referenčni volumen (v_r), izračunan po trovhodnih volumenskih funkcijah. Zanesljivost smo primerjali na ravni:

- drevesnih vrst (smreka, N_{dreves} = 450; jelka, N_{dreves} = 30; bukev N_{dreves} = 365),
- lokacij (Poljane, N_{dreves} = 351; Predmeja, N_{dreves} = 494),
- stratumov ($N_{stratumov}$ = 18),
- ploskev ($N_{ploskev}$ = 76),
- deb. stopenj ($N_{deb.\ stopenj}$ = 15),
- posameznih dreves (N_{dreves} = 845).

5.4.3 Višina dreves in višinske krivulje

Za vsak stratum ($N_{stratumov}$ = 6) dreves (N_{dreves} = 543) *d, h,* d_7 meritev, kjer je bilo več kot 50 dreves, smo s pomočjo statistične metode nelinearne regresijske analize, izdelali višinsko krivuljo. Za prilagoditev višinske krivulje smo uporabili Pettersonovo funkcijo (25) po obrazcu, navedenem v poglavju 3.6. Primerjali smo razlike med ocenami pravih višin dreves (*h*) in višinami, izračunanimi po višinskih krivuljah (*h'*) po metodah, predstavljenih v poglavju 3.9.

Grafično smo primerjali višinske krivulje znotraj stratuma po socialnih položajih (skupaj soc. položaja 1 in 2, ter soc. položaj 3). Za posamezni stratum smo izračunali, koliko dreves bi morali izmeriti za zanesljivo konstruiranje višinske krivulje in izračun srednje sestojne višine ob dani vzorčni napaki (*E* je 10 %, 5 % in 1 %) ocene povprečne sestojne višine po metodi, navedeni v poglavju 3.9.3.

5.4.4 Analiza faktorja oblike dreves (F)

Z analizo faktorja oblike drevesa smo želeli ugotoviti, zakaj ne dajejo nemške dvovhodne deblovnice dobrih rezultatov. Glede na to, da sta vhodna podatka *d* in *h*, mora biti vzrok razlike v faktorju oblike drevesa (*f*).

Za vsa drevesa (N_{dreves} = 1.002) sekcijskih meritev (Pokljuka, Ravnik; N_{dreves} = 157) in *d, h,* d_7 meritev (Poljane, Predmeja; N_{dreves} = 845) smo izračunali oblikovno višino (HF) in faktor oblike drevesa (F), in sicer:

- HF_{ref} in F_{ref}, ki smo ju dobili tako, da smo oceno pravega volumna drevesa (v_r), delili s temeljnico drevesa (*g*) in višino drevesa (*h*),
- HF_{ne} in F_{ne}, ki smo ju dobil tako, da smo volumen drevesa, ki smo ga izračunali s pomočjo nemških dvovhodnih deblovnic (2V_NE) po formulah, navedenih v poglavju 3.4.1., delili s temeljnico drevesa (*g*) in višino drevesa (*h*).

Analizirali smo odstopanja F_{ne}/F_{ref} za posamezne drevesne vrste glede na H_d in po deb. stopnjah. Iz analize smo izločili drevesa (N_{dreves} = 6), ki so imela $F_{ref} \geq 1$. Gre za

nenormalne, zelo nizke, podstojne smreke, za katere trovhodne volumenske funkcije, na podlagi katerih smo izračunali ocene pravega volumna drevesa (v_r), niso dovolj zanesljive.

5.5 ANALIZA ZANESLJIVOSTI OCENE KOLIČINE DREVESNE BIOMASE IZ OCENE LESNE ZALOGE

5.5.1 Zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji

S pregledom dostopnih podatkov smo ugotovili zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji ter strukturo lesne zaloge po drevesnih vrstah kot dveh ključnih vhodnih podatkov za oceno količine drevesne biomase.

Pri ocenjevanju absolutnih vrednosti lesne zaloge (m^3) smo predpostavljali, da so ocene površine gozda in ocene spremembe gozdne površine korektne in zanesljive. Osredotočili smo se na oceno lesne zaloge za l. 2000.

5.5.2 Zanesljivost metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za oceno količine drevesne biomase

Z metodo ekspertne ocene smo ocenili zanesljivost metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za oceno količine drevesne biomase. Z metodo konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev, ki je usklajena z metodologijo Smernic dobre prakse (IPCC, 2003), je bila izvedena ocena količine drevesne biomase (in akumulacije ogljika), ki je podrobno opisana in navedena v GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005). Izračun poteka po naslednjih korakih:

- pretvorba lesne zaloge (volumen) v količino (suhe) biomase debla:
    - absolutne vrednosti lesne zaloge po posameznih drevesnih vrstah pomnožimo z gostoto lesa WD (*wood density*), s katero količino lesne zaloge (m^3) pretvorimo v količino suhe biomase debla (kg). Podatke o gostoti lesa WD za posamezne drevesne vrste izberemo v *Guidelines for country report to FRA 2005; Appendix 5, Table 5.2,* GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005).
- pretvorba količine biomase debla v količino nadzemne drevesne biomase:
    - količino suhe biomase debla po posameznih drevesnih vrstah pomnožimo z biomasnimi ekspanzijskimi faktorji BEF (*biomass expansion factors*). Podatke o biomasnih ekspanzijskih faktorjih BEF za skupine drevesnih vrst (iglavci, listavci) izberemo v *Guidelines for country report to FRA 2005; Appendix 5, Table 5.5,* GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005), in sicer za Slovenijo za iglavce 1,35 in za listavce 1,30.
- pretvorba količine nadzemne drevesne biomase v količino podzemne drevesne biomase:
    - količino nadzemne drevesne biomase po posameznih drevesnih vrstah pomnožimo s faktorjem R (*root–shoot ratio*). Podatke o faktorju R za skupine drevesnih vrst (iglavci, listavci) izberemo v *Guidelines for country report to FRA 2005; Appendix 5, Table 5.4,* GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005), in sicer za Slovenijo za iglavce 0,32 in za listavce 0,26.

- pretvorba količine žive drevesne biomase v količino odmrle drevesne biomase:
    - količino žive drevesne biomase po posameznih drevesnih vrstah pomnožimo s faktorjem DLR (*dead–live ratio*). Podatke o faktorju DLR za skupine drevesnih vrst (iglavci, listavci) izberemo v *Guidelines for country report to FRA 2005; Appendix 5, Table 5.5,* GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005), in sicer za Slovenijo za iglavce 0,20 in za listavce 0,14.
- pretvorba količine drevesne biomase v količino ogljika (C) oz. CO_2:
    - za pretvorbo količine drevesne biomase v količino ogljika (C) vzamemo splošno veljavni faktor 0,5 (IPCC, 2003). Za pretvorbo količine C v količino CO_2 pa uporabimo faktor 3,67, izračunan iz molskih mas plina CO_2 (44) in elementa C (12).

Po postopnih korakih smo pregledali tudi s strani Smernic dobre prakse (IPCC, 2003) priporočene konverzijske/ekspanzijske faktorje za pretvorbe. Za vsak korak smo ocenili zanesljivost faktorja in delnega rezultata ter proučili možnosti izboljšanja.

Zanesljivost posameznega postopka (koraka) oz. faktorja, ki sodeluje v postopku ocene količine drevesne biomase (in akumulacije ogljika), smo ocenili z ekspertno oceno po naslednji lestvici:
- odlična oz. zelo zanesljiva (++++),
- dobra oz. zanesljiva (+++),
- srednja oz. zadovoljiva z možnostjo izboljšave (++),
- slaba oz. nezadovoljiva (+).

5.5.3 Zanesljivost ocene količine drevesne biomase in bilance CO_2

Z ekspertno oceno smo ocenili zanesljivost ocene količine drevesne biomase na podlagi poznavanja naslednjih podatkov:
- zanesljivosti metod ocenjevanja lesne zaloge,
- zanesljivosti PEF tarif,
- zanesljivosti metode in pretvorbenih faktorjev za izračun količine drevesne biomase iz volumna dreves (lesne zaloge),
- zanesljivosti strukturiranja drevesne biomase po drevesnih vrstah,
- zanesljivosti strukturiranja drevesne biomase po vrsti (nadzemna, podzemna, odmrla).

5.6 OPREMA IN STATISTIČNE METODE

5.6.1 Oprema

Pri terenskih meritvah smo uporabili naslednjo opremo:
- ročni aparat GPS Spor Trex, Magellan,
- busolo, Haglof,
- inštrument Vertex III (višinomer, padomer in razdaljemer), Haglof,
- vzmetni sekaški meter, Spencer,
- dvometrski zložljivi mizarski meter,
- finsko premerko treh različnih velikosti (do 30 cm, do 40 cm, do 60 cm) na štiridelnem aluminijastem teleskopskem drogu dolžine sedmih metrov, Grube,
- aluminijasto premerko do 80 cm z mm skalo, Haglof,
- zadirač, krede in barvo v pršilki za označevanje dreves,
- ortofoto karte, temeljne topografske načrte v merilih 1:5.000 ali 1:10.000, arhivske snemalne liste,
- snemalne liste s podlogo in pisala.

Pri raziskavah in izdelavi naloge smo uporabili naslednjo programsko opremo:
- MS Office in Windows XP,
- ESRI ArcView 3.2,
- Statgraphics Plus 5.1.

5.6.2 Statistične metode

Statistične analize smo opravili s programom Statgraphics Plus 5.1. Uporabili smo statistične metode, ki so že navedene pri vsakem posameznem opisu metod dela. Na tem mestu smo jih navedli skupaj in predstavili njihove osnovne značilnosti in možnosti.

5.6.2.1 Izračun osnovnih statističnih parametrov (*Multiple–Variable Analysis*)

S to metodo uredimo podatke in izračunamo (*Summary Statistics*) osnovne statistične parametre (število, vsota, mediana, aritmetična sredina, modus, varianca, standardni odklon in koeficient variacije), ki jih uporabimo pri statističnih analizah. Izračunamo lahko intervale zaupanja (*Confidence intervals*), ki nam povedo zanesljivost srednje ocene vsake analizirane spremenljivke pri različni stopnji zaupanja (npr. 95 %). Korelacijske tabele (*Correlations*) nam prikazujejo medsebojna vplivanja posameznih spremenljivk. Pri parcialni korelaciji (*Partial Correlations*) analiziramo medsebojna vplivanja posameznih spremenljivk brez vpliva ostalih spremenljivk.

5.6.2.2 Metoda primerjave mnogih/parnih vzorcev (*Multiple/Paired–Sample Comparison*)

S to metodo medsebojno primerjamo vzorce ali vrednosti, izračunane po različnih metodah. Testiramo razlike v aritmetičnih sredinah (F – test, ANOVA) analiziranih vzorcev. Testiramo lahko tudi mediane analiziranih vzorcev (Kruskal–Wallisov test).

5.6.2.3 Metode regresijske analize (*Regression Analysis*)

Z metodo regresijske analize (*Regression Analysis*) ugotavljamo povezave med spremenljivkami. Lahko proučujemo dve spremenljivki (*Simple Regression*) ali več spremenljivk (*Multiple Regression*). Z ustreznim regresijskim modelom (regresijsko funkcijo) poskušamo pojasniti čim več odstopanj med odvisno in neodvisnimi spremenljivkami. Kot modelno funkcijo lahko uporabimo linearno, polinomsko ali nelinearno (*Linear, Polinomial, Nonlinear*) metodo. Pri analizi modela z več spremenljivkami lahko uporabimo metodo izločanja (*backward*) ali vključevanja (*forward*) signifikantnih spremenljivk v model. Tako lahko v končni model vključimo le spremenljivke, ki so signifikantne ali pa vse analizirane spremenljivke. Determinacijski koeficient (R^2) oz. kvadrat koeficienta korelacije (R) nam pove kolikšen delež (%) variabilnosti odvisne spremenljivke lahko pojasnimo z regresijskim modelom in nam s tem statistično pojasni ustreznost prilagojenega modela. Koeficient korelacije (R) nam pove, kako močna/šibka je povezava med spremenljivkami. Standardna napaka ocene povprečne vrednosti (*SEE*) nam pove standardni odklon odstopanj srednje ocene izračunane s prilagojeno regresijsko funkcijo. Srednja absolutna napaka (*MAE*) je aritmetična sredina (absolutnih) odstopanj. Preglednica pravih in izračunanih vrednosti (*Predicted Values*) nam prikazuje razlike med pravimi vrednostmi in izračunanimi vrednostmi pri določenih stopnjah zaupanja (npr. 95 %). Preglednica primerjave alternativnih modelov (*Comparison of Alternative Models*) nam prikazuje vrednosti prilagoditve drugih modelov (matematičnih funkcij), ki bi jih lahko uporabili v analizi. Grafikon odstopanj (*Residual Plot*) prikazuje odstopanja izračunanih vrednosti od pravih vrednosti; grafikon prave/izračunane (*Plot of Fitted Model*) pa odvisnost med pravimi vrednostmi in izračunanimi vrednostmi.

5.6.2.4 Analiza variance (*Analysis of Variance; One–Way/Multifactor ANOVA*)

Z metodo analiza variance (*Analysis of Variance*) ugotavljamo statistične razlike med skupinami podatkov/stratumi (faktorji). Postopek ANOVA razdeli varianco na dve komponenti. Na komponento variance med skupinami in znotraj skupin ter ugotavlja statistične razlike. Grafikon sredine ocene in odstopanj (*Means and Standard errors*) pa nam prikazuje sredine ocene in intervale odstopanj, ki jih omejujeta sredina (*mean;* ◊) ± standardna napaka (*SE*; ⊤, ⊥) po posameznih skupinah/stratumih. Če je v skupini samo en podatek, program standardno napako (*SE*) oceni na podlagi povprečne variance vseh analiziranih podatkov.

6 REZULTATI

6.1 DEFINICIJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV

V evropski gozdarski praksi uporabljamo pri gozdnih inventurah za ugotavljanje volumna dreves trovhodne volumenske funkcije, dvovhodne volumenske funkcije – deblovnice in enovhodne volumenske tablice – tarife (COST E21, 2004; COST E43, 2005).

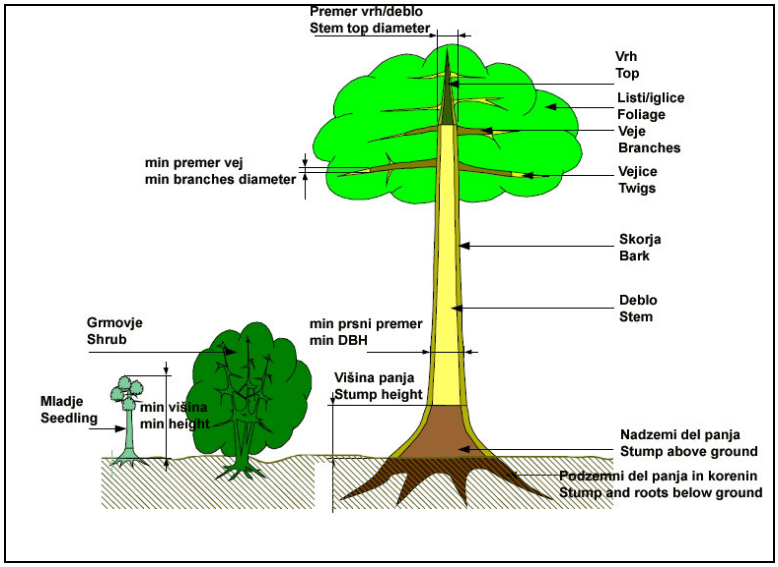
Iz pregleda zgodovine uporabe tarif na Slovenskem, ki smo ga predstavili v poglavju 3.5, lahko sklenemo, da so metode ugotavljanja volumna stoječih dreves in lesne zaloge sestojev neločljivo povezane z razvojem inventurnih metod, ki jih je pregledno predstavil Hladnik (2000); od polne premerbe, metod primerjalnih krogov, okularnih ocen, hitrih ocen lesne zaloge s pomočjo kotnoštevne metode do metod vzorčnih inventur s stalnimi vzorčnimi ploskvami kontrolne vzorčne metode. Zato so tudi različne metode ugotavljanja volumna dreves (tarife, dvovhodne deblovnice, trovhodne volumenske funkcije) izbrane predvsem glede na lastnosti, značilnosti in zahteve inventurnih (taksacijskih) metod pri urejanju gozdov. Seveda pa se z današnjega vidika ob razvoju računalniških tehnologij (osebnih računalnikov) posamezne zahteve, kot je npr. zahteva po zmanjšanju števila tarifnih razredov, zaradi nepreglednosti in težkega računanja ne zdijo več smiselne. V preteklosti so se podatki pri polni premerbi izvrednotili po 5 cm deb. stopnjah, sedaj pa se izvaja obračune za posamezna drevesa, izmerjena na cm natančno.

V Sloveniji volumen dreves in lesno zalogo sestojev ugotavljamo z meritvami na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode s polno premerbo ali z okularno oceno (Pravilnik ..., 1998). Oceno lesne zaloge sestojev, ki jo izrazimo absolutno v kubičnih metrih (m^3) ali relativno v kubičnih metrih na površino (m^3/ha), izračunamo na podlagi seštevanja ugotovljenih volumnov dreves (debelejših od 10 cm na višini 1,3 m od tal – prsni višini). Kot volumen drevesa štejemo volumen debeljadi s skorjo oz. lubjem vred, torej volumen debla (vključno s panjem) ter volumen vej, debelejših od 7 cm (COST E43, 2005: 9).

Na podlagi študija literature smo ugotovili, da lahko v smislu ugotavljanja volumna drevesa le-tega razdelimo na naslednje posamezne dele (Šušteršič, 1938; Čokl, 1980; Hočevar, 1995A; Kaufmann, 2000, 2001; Kralj, 2001; Puhek, 2003; Kotar, 2003; COST E21, 2005; COST E43, 2005):

- vrh (*ang: tree top, tip; nem: Giepfel, Wipfel*): od najvišjega poganjka drevesa do določene debeline debla (do 7 cm),
- deblo (*ang: stem; nem: Stamm, Schaft*): od meje za vrh drevesa do meje za panj drevesa; del drevesa, ki zavzema največji del volumna in tudi največ (tehnološko) zanimive lesne mase,
- panj/koreničnik/štor (*ang: stump; nem: Stock*): odebeljen spodnji del debla, običajno 30 cm (20–50 cm) od tal, ki ostane po sečnji drevesa na rastišču kot štor (panj),
- veja/veje (*ang: branch; nem: Ast, Astwerk*): debelejša veja do določene debeline (do 7 cm), ki izrašča iz debla,
- vejica/vejice (*ang: twig; nem: Reisig*): tanjše vejice, od določene debeline veje (pod 7 cm) do konca poganjkov,
- asimilacijski aparati (*ang: foliage; nem: Laub*): listi ali iglice, cvetovi in plodovi.

Večinoma se v evropskih državah kot volumen drevesa upošteva volumen debla (ponekod brez nadzemnega dela panja), glede upoštevanja vrha drevesa in debelejših vej ter merskega praga pa so že bistvene razlike (Schadauer in sod., 2004; COST E43, 2005). Razdelitev drevesa na posamezne dele prikazuje Slika 9.



Slika 9: Razdelitev drevesa na posamezne dele (COST E43, 2005)

Različne metode in enačbe za določanje volumna dreves lahko kljub ponavadi enako definiranim vhodnim podatkom (d, h, d_7) kot volumen drevesa upoštevajo različne posamezne dele drevesa, na kar je potrebno biti posebno pozoren (COST E21, 2005; COST E43, 2005). Tako npr. švicarske trovhodne volumenske funkcije ne upoštevajo volumna debelejših vej, kar pomeni podcenjevanje volumna lesne mase predvsem pri listavcih (Kaufmann, 2001). Pri nemških dvovhodnih deblovnicah pa ni čisto jasno, ali upoštevajo volumen panja ali ne, saj kot višino drevesa upoštevajo višino med vrhom panja in vrhom drevesa (Kotar, 2003: 42). Ker pa izkazujejo nemške dvovhodne deblovnice volumen debeljadi, lahko sklepamo, da vključujejo tudi volumen panja. Pri PEF tarifah je potrebno biti pozoren na definicijo volumna drevesa, na podlagi katerega je določen tarifni razred. Če je kot volumen drevesa upoštevana drevnina, dajo PEF tarife volumen drevnine, če pa debeljad, pa debeljadi (Čokl, 1980; Kotar, 2003), Preglednica 12.

Preglednica 12: Pregled nekaterih značilnosti in razlik med različnimi metodami (volumenskimi funkcijami)

METODA	SPREMENLJIVKE	VOLUMEN	POSAMEZNI DELI DREVESA	VIR
Švicarske trovhodne volumenske funkcije	d, h, d_7	deblovina	vrh deblo panj	Kaufmann, 2001
Nemške dvovhodne deblovnice	d, h – od vrha panja	drevnina (volumen drevesa)	vrh deblo veje vejice panj	Grunder-Schwappach, 1952 cit. po Puhek, 2003; Kotar, 2003
Nemške dvovhodne deblovnice	d, h – od vrha panja	debeljad (les nad 7 cm premera)	vrh deblo veje panj	Grunder-Schwappach, 1952 cit. po Puhek, 2003; Kotar, 2003
Švicarske tarife	d	deblovina	vrh deblo panj	Kaufmann, 2000
Prilagojene enotne francoske tarife	d	odvisno od vhodnih podatkov – debeljad (les nad 7 cm premera) (drevnina)	deblo veje panj (vejice, vrh)	Čokl, 1980; Kotar, 2003

Od tega, katere posamezne dele drevesa vključujejo posamezne metode (volumenske funkcije) v volumen drevesa, je seveda odvisna velikost rezultata. Kot **volumen drevesa** v tej nalogi upoštevamo volumen **debeljadi**, to je volumen **panja, debla z vrhom** in **vej** (debelejših od 7 cm), vključno z **lubjem**.

Na podlagi študija literature o volumnih dreves, bi ob upoštevanju različnih posameznih delov drevesa »volumne« drevesa po velikosti lahko razvrstili po naslednjem vrstnem redu: fitomasa drevesa = biomasa drevesa > lesna masa drevesa/drevesnine > lesna masa debeljadi > lesna masa deblovine > lesna masa oblovine > lesna masa hlodovine.

Izraz **tarifa** v nalogi uporabljamo za vse enovhodne (enoparametrske) volumenske funkcije, ki prikazujejo odvisnost volumna drevesa (v) od prsnega premera (d). Izraz (dvovhodne) **deblovnice** uporabljamo za vse dvovhodne volumenske funkcije, ki prikazujejo volumen drevesa (v) v odvisnosti od prsnega premera (d) in višine drevesa (h).

6.2 UGOTAVLJANJE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI V SLOVENIJI

6.2.1 Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih in gozdnogospodarski načrti gozdnogospodarskih enot

Ugotovili smo, na podlagi študija literature in pregleda Pravilnika o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998), da sta osnovni metodi določanja lesne zaloge meritve stalnih vzorčnih ploskev kontrolne vzorčne metode in okularna ocena. Metodologija ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Pravilniku o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) ni omenjena, v 31. členu je omenjeno samo to, da se v gozdnogospodarskih načrtih gozdnogospodarskih enot na ravni odseka navedejo tarife po skupinah drevesnih vrst. Iz tega lahko sklepamo, da se za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev uporabljajo tarife (PEF) in da so le-te določene (vrsta, razred) na ravni odseka.

Pri pregledu desetih gozdnogospodarskih načrtov naslednjih gozdnogospodarskih enot: Predmeja, Poljane, Litija-Šmartno, Osankarica, Rodni vrh, Ljubljana, Vzhodno Goričko, Leskova dolina, Stojna in Luče smo ugotovili, da:

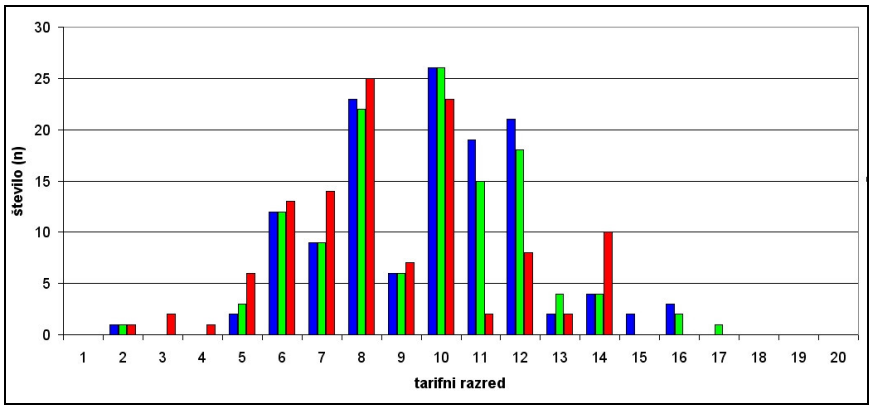
- sta vrsta in razred PEF tarif določena na ravni odseka po glavnih skupinah drevesnih vrst (8): smreka, jelka, bor, ostali iglavci, bukev, hrast, trdolesni listavci in mehkolesni listavci.
- se PEF tarife prepišejo iz preteklih urejevalskih načrtov in ostajajo nespremenjene; v redkih posameznih odsekih so izbor PEF tarif tudi popravili (ažurirali),
- v redkih primerih, kjer so PEF tarife ažurirali na podlagi meritev višin dreves, dajo novo izbrane PEF tarife v povprečju od 5–15 % višje ocene lesne zaloge.
- je način izbire primerne vrste PEF tarif subjektiven in v praksi ni jasno določen. Včasih namreč izberejo isto vrsto PEF tarif za celo ploskev, včasih na isti ploskvi uporabljajo različne vrste PEF tarif za različne drevesne vrste (npr. enodobne tarife za smreko, prebiralne za jelko),
- se pri enodobnih sestojih (E tarifah) ne upošteva preskoka tarif s starostjo oz. se PEF tarife ne preverijo vsakih 10 let (ob obnovi urejevalskih načrtov).

6.2.2 Uporaba PEF tarif na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km

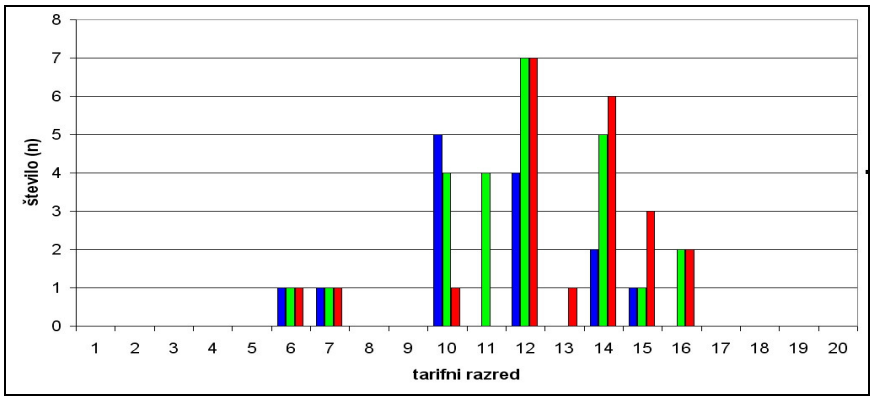
V Sloveniji se največ uporabljajo vmesne PEF tarife za raznodobne sestoje (530–542 ploskev oz. 78–80 %), nato PEF tarife za enodobne sestoje (114–130 ploskev oz. 17–19 %) in najmanj PEF tarife za prebiralne sestoje (14–25 ploskev oz. 2–4 %). Manjša razlika glede na drevesne vrste je posledica tega, da uporabljajo v nekaterih odsekih različne vrste PEF tarif za različne drevesne vrste. Takih ploskev z raznovrstnimi PEF tarifami je v našem primeru 51 oz. 7,5 %. Te ploskve se nahajajo predvsem v Prekmurju in na Kočevskem.

Frekvenčna porazdelitev razredov za posamezno vrsto PEF tarif prikazuje, katere tarifne razrede najpogosteje uporabljamo. Grafikoni prikazujejo frekvenčne porazdelitve glede na vrsto PEF tarif in drevesno vrsto. Analiza frekvenčne porazdelitve po 20 tarifnih razredih je pokazala, da je lihih tarifnih razredov (npr. 5, 7, 9, 11 in 13) bistveno manj kot sodih

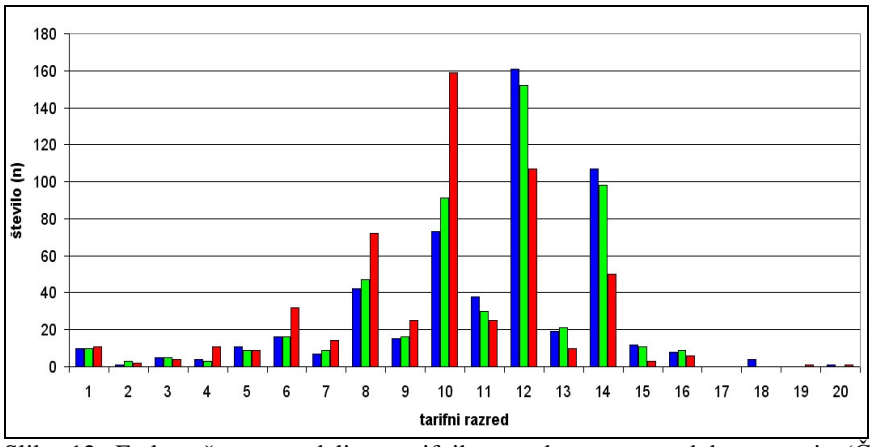
(npr. 6, 8, 10, 12 in 14), kar je posledica nedoslednosti pri določanju tarifnih nizov PEF tarif, Slika 10, Slika 11, Slika 12.



Slika 10: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za enodobne sestoje (Schaefferjeve tarife), 20 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

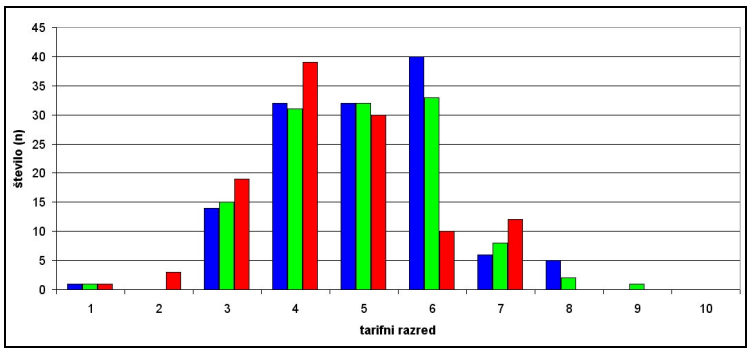


Slika 11: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za prebiralne sestoje (Alganove tarife), 20 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

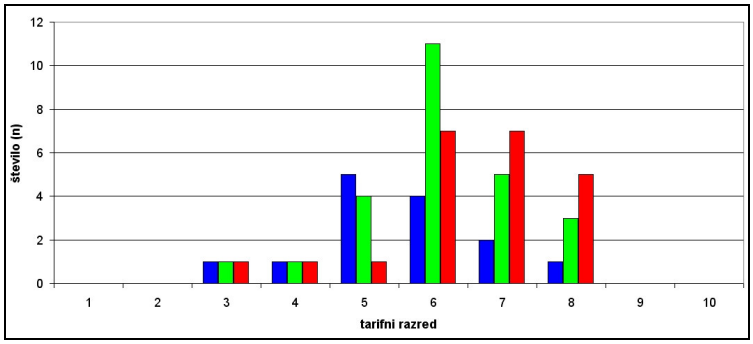


Slika 12: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za raznodobne sestoje (Čoklove tarife), 20 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

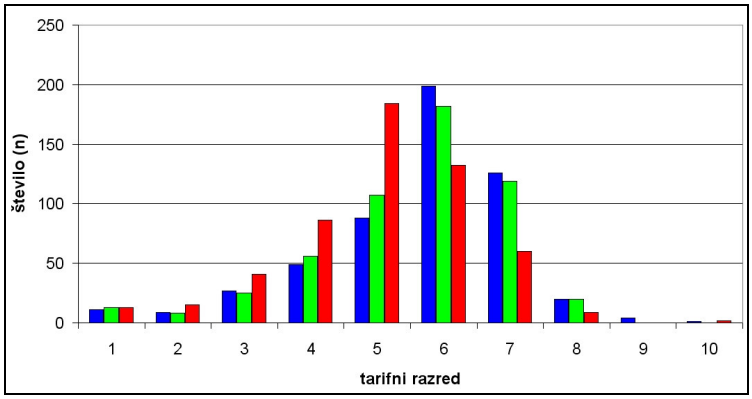
Nedoslednost sedanje določitve tarifnih razredov verjetno izhaja iz tega, da je ZGS iz prvotnih 10 tarifnih razredov prešel na uporabo 20 tarifnih razredov. Te pa so določili preprosto tako, da so večino starih tarifnih razredov pomnožili s številom 2 in tako dobili sode razrede. Le pri manjšem delu so določili nove lihe razrede. Zato smo za nadaljnje analize združili sosednje razrede spet skupaj v prvotnih 10 tarifnih razredov, Slika 13, Slika 14, Slika 15.



Slika 13: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za enodobne sestoje (Schaefferjeve tarife), 10 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.



Slika 14: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za prebiralne sestoje (Alganove tarife), 10 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.



Slika 15: Frekvenčna porazdelitev tarifnih razredov za raznodobne sestoje (Čoklove tarife), 10 razredov. Smreka (modra), jelka (zelena) in bukev (rdeča), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

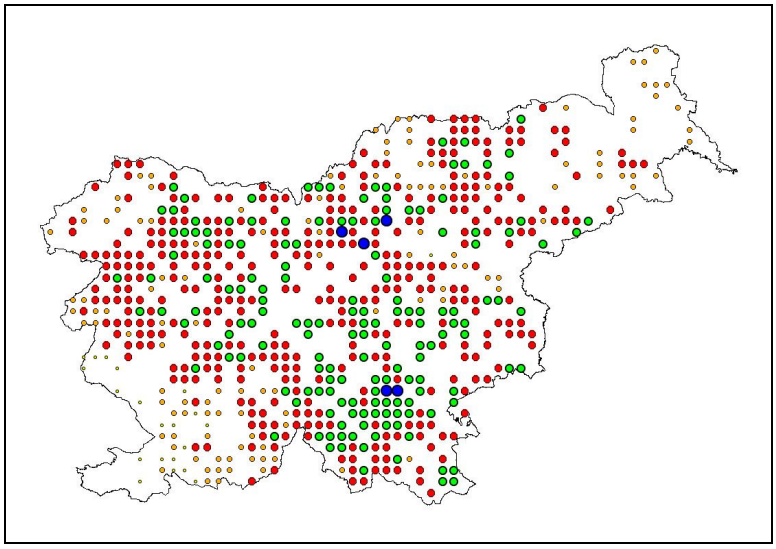
PEF tarife se znotraj intervala tarifnih razredov porazdeljujejo normalno, večinoma v 5., 6. in 7. razredu; tarifnih razredov pod 3 (slaba boniteta) in nad 8 (najboljša boniteta) je zelo malo.

Statistična analiza razredov PEF tarif je pokazala, da imata smreka in jelka enaka modusa, razred 12 (6), bukev pa dva razreda nižjega, torej razred 10 (5). Mediane razredov pa imajo drevesne vrste različne: smreka 12 (6), jelka 11 (5,5) in bukev 10 (5). Sklepamo lahko, da se povprečno za bukev uporabljajo nižje PEF tarife kot za smreko in jelko. Za smreko in jelko pa uporabljajo v povprečju isti tarifni razred.

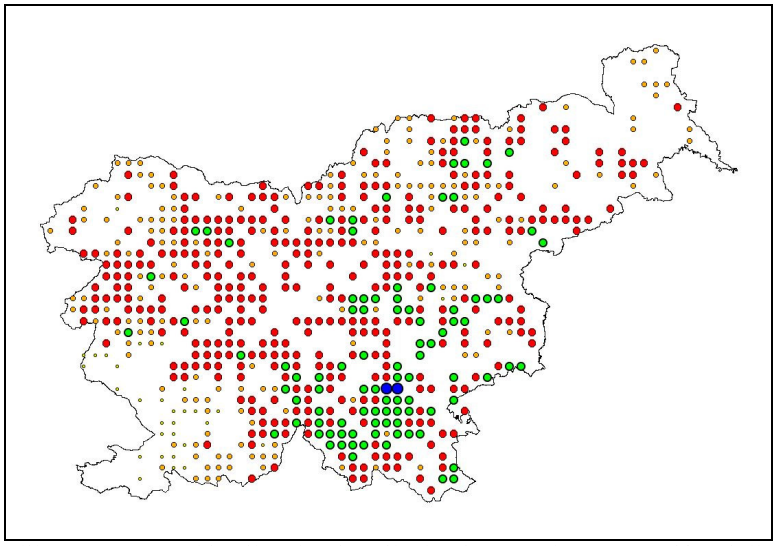
Smreka in jelka imata v večini ploskev isti tarifni razred in v večini ima bukev najnižji tarifni razred (za en razred) od vseh treh drevesnih vrst. To potrjuje tudi analiza korelacije, saj je med izbranimi tarifnimi razredi za smreko in jelko visoka korelacija (0,91), med smreko in bukvijo nižja (0,79), najnižja, pa vseeno še visoka, pa je med jelko in bukvijo (0,77). Visoka korelacija je sicer lahko tudi posledica tega, da je v praksi tarifni razred določen po principu: smreka in jelka imata enako PEF tarifo, bukev pa en tarifni razred manjšo.

Pri medsebojnih primerjavah in analizah smo ugotovili, da je ploskev, kjer je tarifni razred za smreko in jelko enak, kar 551 (81,3 %). Veliko je tudi ploskev, kjer je tarifni razred za smreko višji od razreda za bukev, 358 (52,8 %), ter ploskev, kjer je razred za jelko višji od razreda za bukev, 334 (49,3 %). Ploskev, kjer je tarifni razred za smreko višji od tarifnega razreda za jelko pa je 81 (11,9 %). Ploskev, kjer je razred za smreko enak razredu za jelko in razredu za bukev je samo 11 (1,6 %). Ploskev, kjer je razred za smreko enak razredu za bukev je 236 (34,8 %) in ploskev, kjer je razred za jelko enak razredu za bukev je 247 (36,4 %). Tarifni razred za jelko je od tarifnega razreda za smreko večji na 46 (6,8 %) ploskvah. Ploskev, kjer je tarifni razreda za bukev večji od tarifnega razreda za smreko je 84 (12,4 %) in ploskev, kjer je tarifni razred za bukev večji od tarifnega razreda za jelko je 97 (14,3 %). Iz teh primerjav lahko sklepamo, da imajo iglavci (smreke in jelke) pri enakem premeru večji volumen od listavcev (bukev), saj imajo na enakih rastiščih v povprečju višje tarifne razrede.

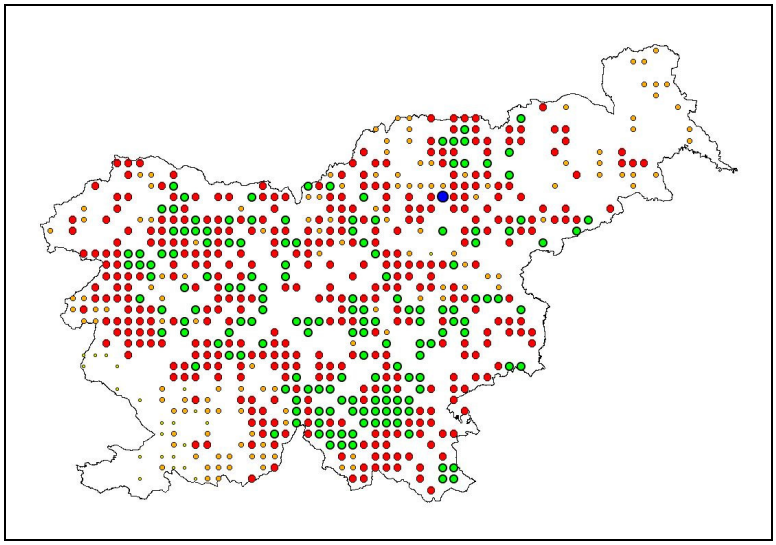
Z analizo prostorskega razporeda tarifnih razredov dobimo prikaz, kje so boljša in kje slabša rastišča. Svetlejša barva in manjši znaki pomenijo nižje tarifne razrede (slabša rastišča), temnejša barva in večji znaki pa višje tarifne razrede (boljša rastišča). Najboljša rastišča so na Kočevskem, Pohorju in Jelovici, ne glede na drevesno vrsto. Najslabša pa v Prekmurju, na Primorskem ter v višjih legah v Alpah, Slika 16, Slika 17, Slika 18.



Slika 16: Prostorski prikaz bonitetnih skupin razredov PEF tarif za smreko. Zelo slaba rastišča (tarifni razred je 1–4, rumena), slaba rastišča (5–8, oranžna), dobra rastišča (9–12, rdeča), zelo dobra rastišča (13–16, zelena) in najboljša rastišča (17–20, modra), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.



Slika 17: Prostorski prikaz bonitetnih skupin razredov PEF tarif za jelko. Zelo slaba rastišča (tarifni razred je 1–4, rumena), slaba rastišča (5–8, oranžna), dobra rastišča (9–12, rdeča), zelo dobra rastišča (13–16, zelena) in najboljša rastišča (17–20, modra), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

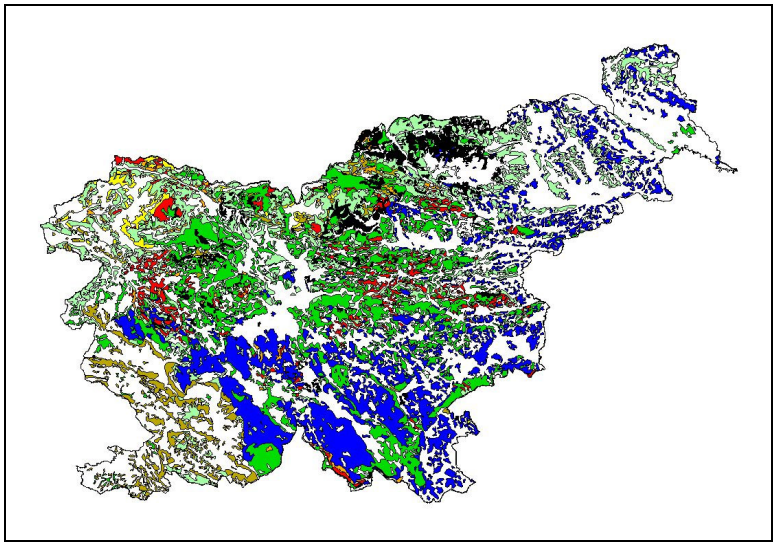


Slika 18: Prostorski prikaz bonitetnih skupin razredov PEF tarif za bukev. Zelo slaba rastišča (tarifni razred je 1–4, rumena), slaba rastišča (5–8, oranžna), dobra rastišča (9–12, rdeča), zelo dobra rastišča (13–16, zelena) in najboljša rastišča (17–20, modra), stanje v Sloveniji (l. 2000) na 678 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih bistvenih razlik v prostorski razporeditvi skupin tarifnih razredov.

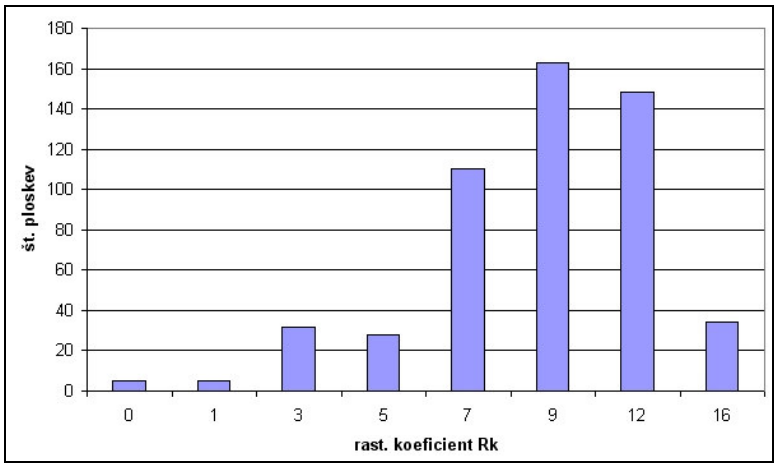
6.2.3 Ujemanje PEF tarif z rastiščnim koeficientom (Rk)

Prostorski razpored gozdov po lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih danosti prikazuje podobno sliko kot prikaz bonitetnih skupin tarifnih razredov PEF tarif. Najboljša rastišča so na Kočevskem, Pohorju in Jelovici, ne glede na drevesno vrsto. Najslabša pa v Prekmurju, na Primorskem ter v višjih legah v Alpah, Slika 19.



Slika 19: Karta gozdov po lesnoproizvodnem pomenu ... (Košir, 2000). Negozdno (bela), gozd: Rk 0 (rumena), Rk 1 (oranžna), Rk 3 (rjava), Rk 5 (rdeča), Rk 7 (svetlo zelena), Rk 9 (temno zelena), Rk 11–13 (modra) in Rk 14–17 (črna), stanje v Sloveniji (l. 1975).

Rezultati uvrstitve 525 ploskev vzorčne mreže 4 krat 4 km v skupine Rk faktorjev prikazuje Slika 20.

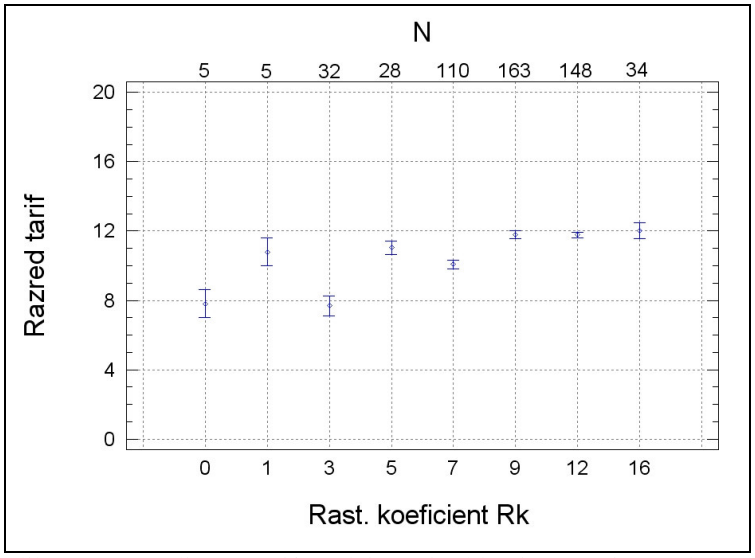


Slika 20: Frekvenčna porazdelitev ploskev po skupinah Rk faktorjev, stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km

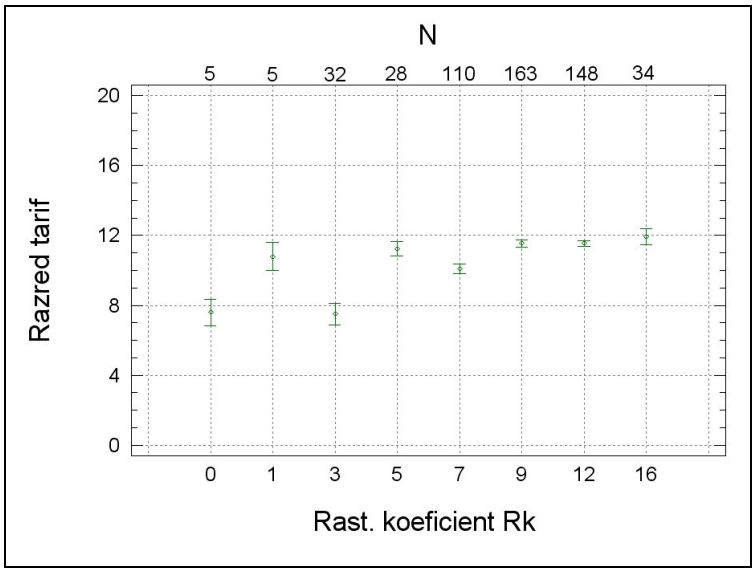
Analiza ploskev glede na boniteto rastišča, ocenjeno z Rk, pokaže največjo koncentracijo (421 ploskev oz. 80 %) na rastiščih z Rk med 7 in 12 (11–13), ki predstavljajo dobra do zelo dobra rastišča (razpon Rk je od 0 do 17). Porazdelitev se ujema s frekvenčno

porazdelitvijo tarifnih razredov, saj je tudi tam glavnina ploskev v razredih med 5 in 7, ki predstavljajo dobre do zelo dobre tarifne razrede (razpon tarifni razredov od 1 do 10).

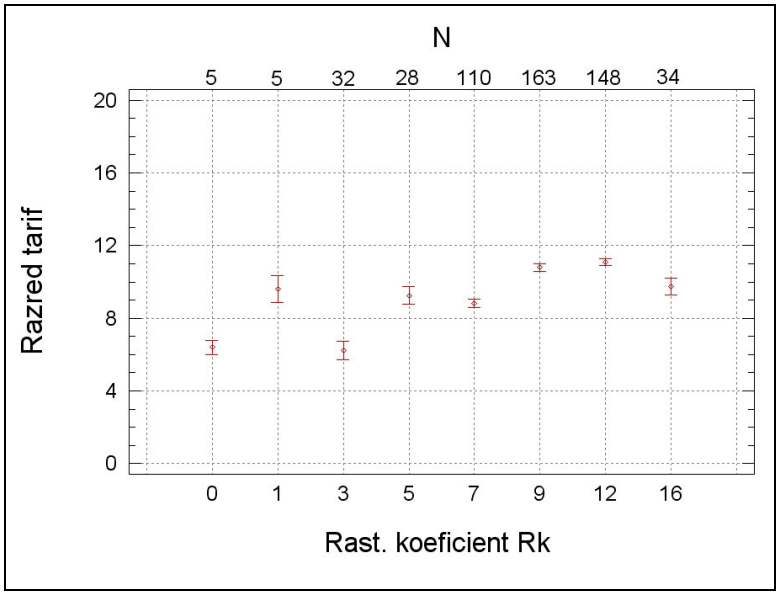
Korelacija med Rk in tarifnimi razredi pa je zelo nizka (0,31 do 0,33). Parcialna korelacija je še nižja. Aritmetične sredine tarifnih razredov sicer večinoma naraščajo z večanjem vrednosti rastiščnega koeficienta Rk ne glede na drevesno vrst. Vzrok je heterogenost (varianca) tarifnih razredov znotraj posameznega razreda rastiščnega koeficienta, Slika 21, Slika 22, Slika 23.



Slika 21: Razredi PEF tarif v odvisnosti od bonitete rastišča (Rk), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka. Stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.



Slika 22: Razredi PEF tarif v odvisnosti od bonitete rastišča (Rk), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), jelka. Stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.



Slika 23: Razredi PEF tarif v odvisnosti od bonitete rastišča (Rk), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), bukev. Stanje v Sloveniji (l. 2000) na 525 ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km.

Ugotovili smo majhno skladnost med rastiščnimi koeficienti (Rk) in tarifnimi razredi. Vzrok je lahko zastarelost kart, majhno merilo kartiranja ali nezanesljiva sedanja določitev tarifnih razredov. Sklenemo lahko, da uporabljena vegetacijska karta ni dovolj primerna za morebitno stratifikacijo po boniteti rastišč. Prav tako pa lahko neskladje izhaja iz neupoštevanja starosti analiziranih sestojev. Pri določanju tarifnih razredov je namreč potrebno upoštevati starost in preskok tarifnih nizov pri E in V tarifah oz. pri enodobnih in raznodobnih sestojih. Tako imajo lahko sestoji (enodobni, raznodobni) na rastiščih enake bonitete (enak Rk) pri mlajših razvojnih fazah čisto korektno izbrane nižje tarifne razrede, pri starejših razvojnih fazah pa višje.

6.3 ANALIZA METOD UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES

6.3.1 Ocena pravega volumna dreves – sekcijske metode

6.3.1.1 Ploskve sekcijskih meritev

Na 14 ploskvah v GGE Ravnik in Pokljuka smo izmerili 1.669 dreves, od tega 905 smrek, 449 bukev in 252 jelk ter 63 dreves ostalih drevesnih vrst, Preglednica 13, Preglednica 15.

Višine smo izmerili 431 drevesom (dominantna in posekana drevesa), od tega 290 smrekam, 26 bukvam in 115 jelkam, Preglednica 14, Preglednica 16, Preglednica 17.

Sekcijsko smo izmerili 179 posekanih dreves, od tega 119 smrek, 22 bukev in 38 jelk. Na pl. 2 na Pokljuki ni bilo izvedenega poseka, na pl. 5 pa je bilo posekano le eno drevo, Preglednica 14, Preglednica 18.

Preglednica 13: Podatki o ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Pokljuka (l. 2004)

PLOSKVE							
PL	ZDRUŽBA	NMV	SES. TIP*	ODSEK	ZGS TARIFE		SI_{50_sm}
		m			IGLAVCI	LISTAVCI	
1	*Homogyno sylvestris-Fagetum*	1243	311	58 C	V7/8	V5	25
2	*Piceetum subalpinum*	1207	614	39 A	V7/8	V4	-**
3	*Piceetum subalpinum*	1228	312	53 A	V7/8	V4	20
4	*Piceetum subalpinum*	1237	312	53 A	V7/8	V4	19
5	*Homogyno sylvestris-Fagetum*	1314	614	61 D	V7/8	V5	-**
6	*Homogyno sylvestris-Fagetum*	1324	614	61 D	V7/8	V5	20
7	*Piceetum subalpinum*	1304	512	64 A	V7/8	V4	20

* - ses. tip – šifra sestojnega tipa, za šifrant glej poglavje 5.2.1.3.1.
**- ni bilo opravljenega poseka (pl. 2) in posekano samo eno drevo (pl. 5).

Preglednica 14: Podatki o vseh (N = 842), dominantnih (N = 105) in posekanih (N = 105) drevesih na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Pokljuka (l. 2004)

	DREVESA								
	SKUPAJ		DOMINANTNA			POSEKANA			
PL	N	D_m	N	D_d	H_d	N	starost	D_p	H_p
		cm		cm	m		let	cm	m
1	216	26,7	15	48,7	32,3	32	57	21,5	20,0
2	27	51,5	15	56,5	34,5	0	-	-	-
3	194	31,6	15	48,9	32,9	19	71	22,9	23,3
4	215	29,1	15	46,9	31,8	27	75	23,1	22,1
5	46	44,3	15	56,5	34,3	1	155	54,0	33,2
6	86	48,7	15	64,4	38,0	11	156	51,5	34,3
7	58	46,1	15	55,4	36,0	15	139	43,7	32,7
SKUPAJ	842	33,8	105	53,9	34,2	105	87	28,8	24,6

Preglednica 15: Podatki o ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)

PLOSKVE									
PL	ZDRUŽBA	NMV	SES. TIP*	ODSEK	ZGS TARIFE		SI_{50_sm}	SI_{50_je}	SI_{50_bu}
		m			IGLAVCI	LISTAVCI			
1	*Omphalodo-Fagetum*	535	522	16 A	V7	V6	17	12	18
2	*Omphalodo-Fagetum*	566	522	16 A	V7	V6	-	12	20
3	*Omphalodo-Fagetum*	549	522	16 A	V7	V6	-	13	23
4	*Omphalodo-Fagetum*	538	522	16 A	V7	V6	13	11	-
5	*Omphalodo-Fagetum*	549	522	16 A	V7	V6	-	13	23
6	*Omphalodo-Fagetum*	545	522	16 A	V7	V6	17	10	-
7	*Omphalodo-Fagetum*	574	522	16 A	V7	V6	14	13	-

* - ses. tip – šifra sestojnega tipa, za šifrant glej poglavje 5.2.1.3.1.

Preglednica 16: Podatki o vseh drevesih (N = 246) na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)

VSA DREVESA								
	SMREKA		JELKA		BUKEV		SKUPAJ	
PL	N	D_m	N	D_m	N	D_m	N	D_m
		cm		cm		cm		cm
1	4	36,0	46	45,1	57	19,2	107	31,0
2	2	40,5	42	45,2	63	18,3	107	29,3
3	0	-	51	45,8	65	18,6	116	30,6
4	17	36,0	35	46,0	56	21,4	108	31,8
5	9	36,3	30	50,9	69	23,2	108	32,0
6	13	42,4	23	49,6	67	20,9	103	30,0
7	18	36,6	19	53,5	70	20,1	107	30,1
SKUPAJ	63	37,7	246	47,2	447	20,6	756	30,7

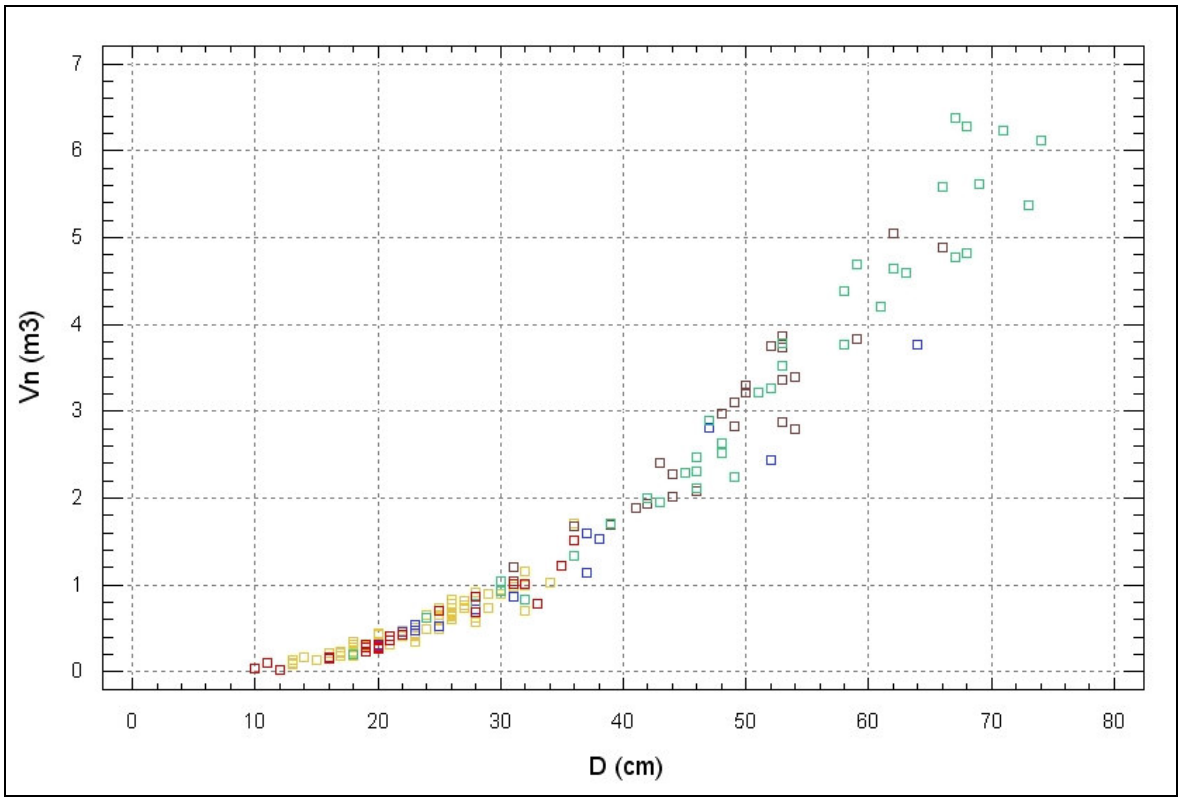
Preglednica 17: Podatki o dominantnih drevesih (N = 105) na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)

DOMINANTNA DREVESA												
	SMREKA			JELKA			BUKEV			SKUPAJ		
PL	N	D_d	H_d	N	D_d	H_d	N	D_d	H_d	N	D_d	H_d
		cm	m		cm	m		cm	m		cm	m
1	0	-	-	15	60,9	34,3	0	-	-	15	60,9	34,3
2	0	-	-	14	59,3	33,2	1	50,0	33,5	15	58,7	33,2
3	0	-	-	15	64,1	33,6	0	-	-	15	64,1	33,6
4	2	61,0	34,2	13	63,5	33,2	0	-	-	15	63,1	33,3
5	1	78,0	38,4	13	66,5	35,5	1	-	-	15	66,7	35,6
6	4	59,0	31,5	10	62,5	32,4	1	57,0	33,6	15	61,1	32,0
7	3	57,7	35,4	12	62,4	33,3	0	-	-	15	61,5	33,7
SKUPAJ	10	60,9	33,9	92	62,7	33,7	3	54,0	32,3	105	62,3	33,7

Preglednica 18: Podatki o posekanih (N = 74) drevesih na ploskvah ($N_{ploskev}$ = 7) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003)

POSEKANA DREVESA																
	SMREKA				JELKA				BUKEV				SKUPAJ			
PL	N	starost	D_p	H_p	N	starost	D_p	H_p	N	starost	D_p	H_p	N	starost	D_p	H_p
		let	cm	m		let	cm	m		let	cm	m		let	cm	m
1	3	112	34,3	28,9	6	143	48,5	31,0	4	69	18,8	23,2	13	113	36,1	28,1
2	1	100	52,0	31,2	5	160	44,8	30,6	4	60	18,8	22,6	10	114	35,1	27,5
3	0	-	-	-	6	133	45,3	27,7	7	57	17,3	22,5	13	92	30,2	24,9
4	3	97	30,0	23,3	6	152	51,5	28,6	2	68	30,5	27,0	11	121	41,8	26,9
5	1	75	37,0	27,3	5	163	63,6	33,9	3	73	31,7	29,4	9	123	50,0	31,7
6	3	97	36,3	24,2	7	149	46,9	28,0	0	-	-	-	10	133	43,7	26,9
7	3	93	27,0	23,8	3	165	61,3	32,6	2	80	33,5	28,4	8	117	41,5	28,3
SKUPAJ	14	98	33,7	25,6	38	150	50,7	30,0	22	65	22,5	24,5	74	115	39,1	27,6

Volumni analiziranih (posekanih) dreves naraščajo s premerom. Pri tanjših drevesih so absolutne razlike med drevesi istih premerov manjše, pri debelejših večje. Pri drogovnjaku na Pokljuki imajo vsa drevesa premer pod 35 cm, pri debeljaku med 30 in 75 cm. Smreke na Ravniku imajo premer med 10 in 65 cm. Pri bukvah gre večinoma za drobnejša drevesa, ki imajo premer do 40 cm. V nasprotnem primeru pa so jelke nadstojne, debelejše, s premerom od 40 do 75 cm, Slika 24.



Slika 24: Ocena pravega volumna dreves (v_n), sekcijske meritve (N = 157), po drevesnih vrstah, rastiščih in razvojnih fazah, za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88): Pokljuka smreka drogovnjak (oranžna, N = 61); Pokljuka smreka debeljak (rjava, N = 27); Ravnik, smreka (modra, N = 10), Ravnik jelka (zelena, N = 38) in Ravnik bukev (rdeča, N = 21).

6.3.1.2 Izbor podatkov

Izmed vseh dreves (N_{dreves} = 179) sekcijskih meritev (redna sečnja) smo izločili vsa nenormalna drevesa (dvodebelna ali dvovrhata drevesa in drevesa s poškodovanim/odlomljenim vrhom):

- 21 smrek (večinoma na Pokljuki),
- 1 bukev.

Skupaj smo pri analizi tako upoštevali 157 normalnih dreves:

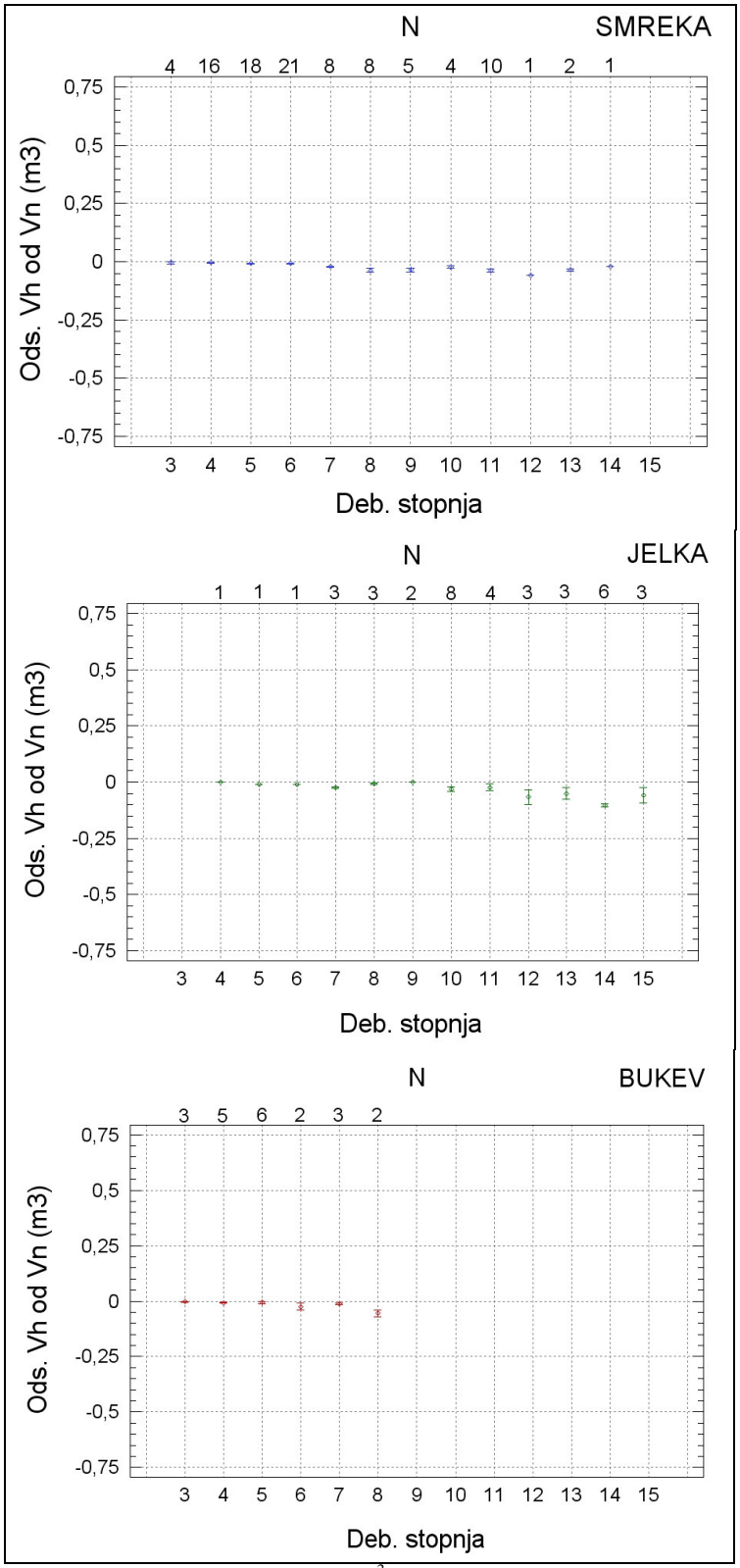
- 98 smrek,
- 38 jelk,
- 21 bukev.

6.3.1.3 Primerjave med sekcijskimi metodami

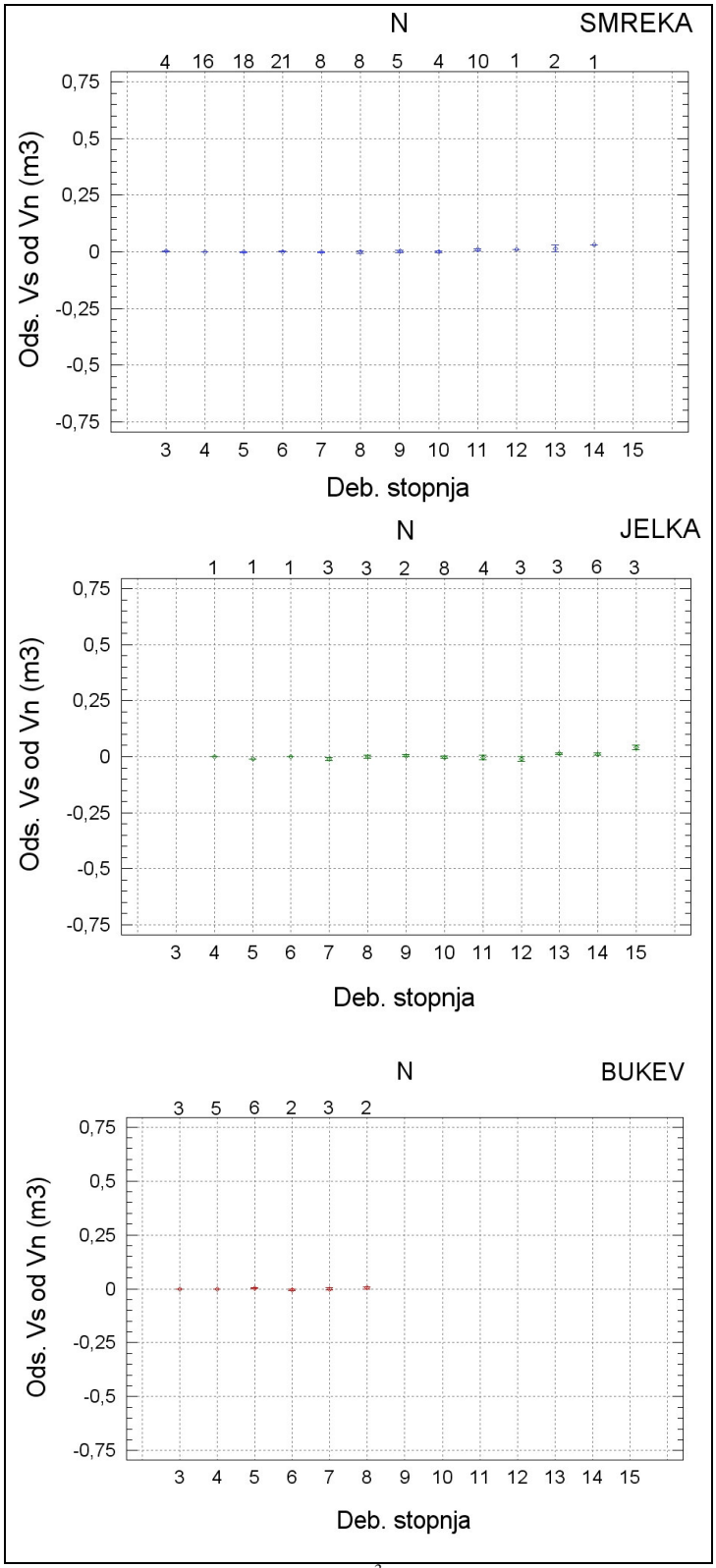
Z medsebojno primerjavo med posameznimi sekcijskimi metodami smo poiskali metodo, ki nam da najboljšo oceno pravega volumna drevesa. Povprečno najmanjše vrednosti dobimo po Huberjevi metodi (V_h), srednje po Newtonovi (V_n) in največje po Smalianovi (V_s). Pri statistični analizi so se razlike med metodami izkazale za neznačilne (p = 0,05). Vrednosti po Smalianovi in Newtonovi metodi se med seboj zanemarljivo malo razlikujejo (od 0,0 do 0,2 %, v povprečju le 0,1 %). Po Huberjevi metodi, ki sistematično podcenjuje volumen, pa dobimo povprečno za –1,4 % (od –2,7 do –1,3 %) manjši povprečni volumen dreves. Pri tanjših drevesih so večja odstopanja kot pri debelejših. Od drevesnih vrst so največja odstopanja med metodami ugotovljena pri tanjših smrekah in pri bukvah, kar si v našem primeru lahko razložimo z zelo raznoliko obliko debel tanjših dreves in listavcev. Oblika drevesa (debla) je lahko odvisna od starosti, socialnega položaja (svetloba) in drevesne vrste (genetsko pogojeno), Preglednica 19, Slika 25, Slika 26, Slika 27, Slika 28.

Preglednica 19: Primerjava razlik povprečnih volumnov dreves (N = 157) glede na tri sekcijske metode, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88)

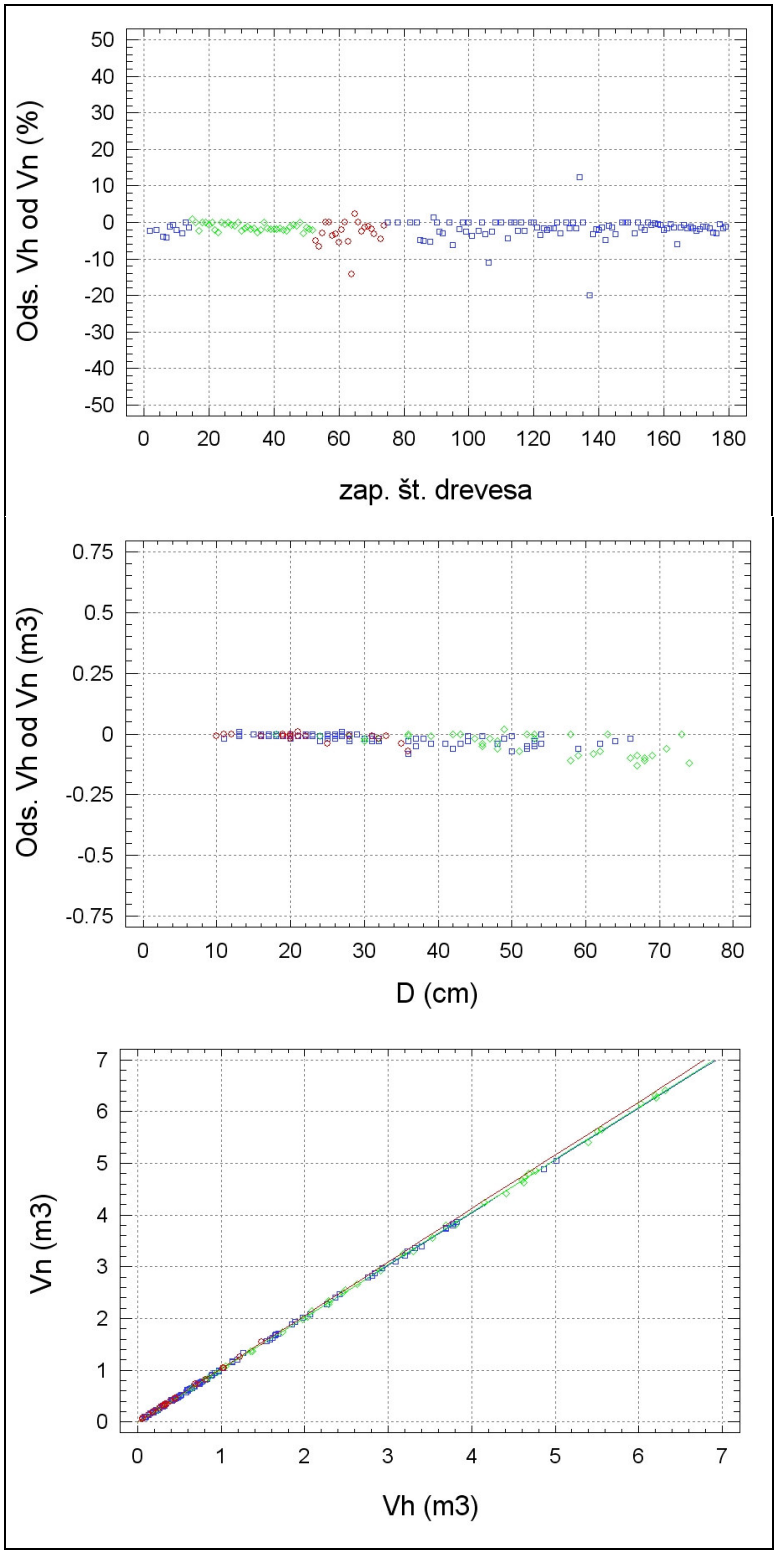
SEKCIJE		POVPREČNI VOLUMEN			POVPREČNE RAZLIKE			
	N	Huber	Smalian	Newton	Huber – Newton		Smalian – Newton	
SKUPINA		v_h	v_s	v_n	$v_h - v_n$		$v_s - v_n$	
		m^3	m^3	m^3	m^3	%	m^3	%
POK_SM_DRO	61	0,498	0,506	0,506	–0,008	–1,6	0,000	0,0
POK_SM_DEB	27	2,710	2,751	2,746	–0,036	–1,3	0,005	0,2
POK_SM	88	1,177	1,195	1,193	–0,016	–1,3	0,002	0,2
RAV_SM	10	1,339	1,365	1,363	–0,024	–1,8	0,002	0,1
RAV_JE	38	3,239	3,284	3,281	–0,042	–1,3	0,003	0,1
RAV_BU	21	0,510	0,525	0,524	–0,014	–2,7	0,001	0,2
RAV_IG	48	2,843	2,885	2,881	–0,038	–1,3	0,004	0,1
SM	98	1,194	1,212	1,211	–0,017	–1,4	0,001	0,1
IG	136	1,765	1,791	1,789	–0,024	–1,3	0,002	0,1
SKUPAJ	157	1,597	1,622	1,620	–0,023	–1,4	0,002	0,1



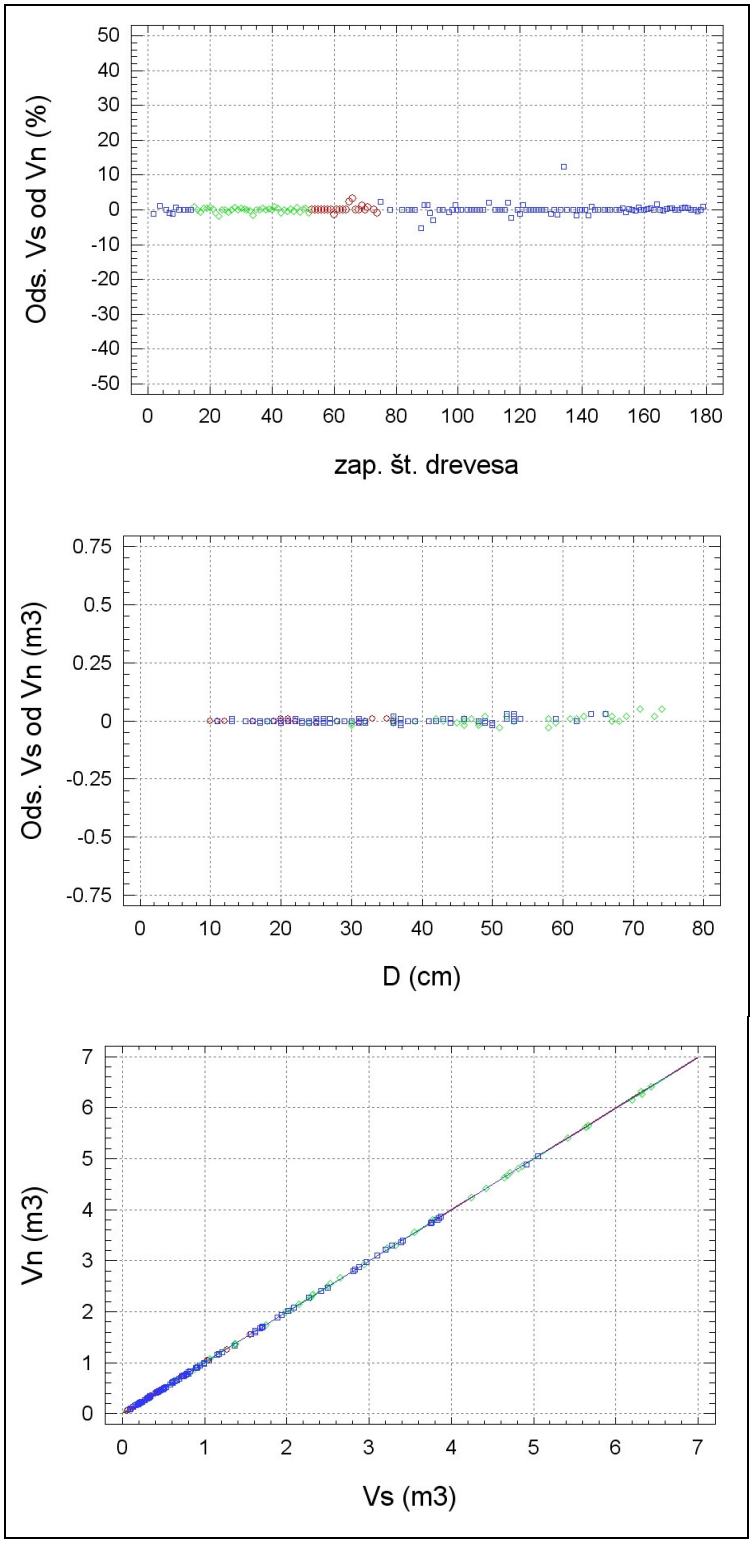
Slika 25: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves (v_h), izračunanega po Huberjevi metodi (V_h) glede na Newtonovo metodo (V_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 26: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves (v_s), izračunanega po Smalianovi metodi (V_s) glede na Newtonovo metodo (V_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 27: Odstopanja volumna dreves (v_h), izračunanega po Huberjevi metodi (V_h) glede na Newtonovo metodo (V_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunano (v_h) po Huberjevi metodi (R^2 je 0,999863 za smreko, 0,999672 za jelko in 0,999142 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 28: Odstopanja volumna dreves (v_s), izračunanega po Smalianovi metodi (V_s) glede na Newtonovo metodo (V_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunano (v_s) po Smalianovi metodi (R^2 je 0,999948 za smreko, 0,999929 za jelko in 0,999828 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Pri obeh metodah se absolutne razlike (m^3) povečujejo, relativne (%) pa zmanjšujejo z naraščanjem debeline dreves (deb. stopnje).

Huberjeva metoda sistematično podcenjuje volumen, Smalianova pa daje zelo podobne vrednosti kot Newtonova.

Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Pri Huberjevi metodi so absolutna odstopanja (m^3) sistematično negativna in večja kot pri Smalianovi metodi, kjer so manjša in pozitivna ter negativna. Smalianova metoda ima pri debelih drevesih (jelkah) sistematična pozitivna absolutna odstopanja (m^3).

Pri tanjših drevesih in pri Huberjevi metodi so relativna odstopanja (%) večja (negativna) kot pri debelejših drevesih. Pri Smalianovi metodi so relativna odstopanja (%) manjša (pozitivna in negativna) ter manj odvisna od debeline drevesa.

Kot oceno pravega volumna drevesa smo na podlagi ugotovljenih dejstev in študija literature vzeli volumen, izračunan po Newtonovi metodi (v_n).

Zaradi izbora terenskih raziskovalnih objektov (sestojnih tipov, kjer so debelejše jelke in tanjše bukve) ter dreves na njih ima največji povprečni volumen drevesa jelka (3,28 m^3), nato smreka (1,21 m^3) in najmanjšega bukev (0,54 m^3). Povprečni volumen za vsa analizirana drevesa pa je 1,62 m^3. Koeficient variacije (*KV%*) je največji pri smreki (99,1 %), kar je razumljivo, saj so v analizo vključena drevesa iz dveh lokacij in treh razvojnih faz, nato pri bukvi (78,4 %) in pri jelki (55,3 %). Velik *KV%* pri bukvi lahko pojasnimo z veliko raznolikostjo večinoma drobnejših dreves. Če vzamemo istovrstna drevesa in jih razdelimo glede na razvojno fazo (Pokljuka, drogovnjak in debeljak) se razumljivo *KV%* zmanjša, Preglednica 20.

Preglednica 20: Statistični kazalci za oceno pravega volumna drevesa (v_n) po Newtonovi metodi (V_n). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

SEKCIJE	OCENA PRAVEGA VOLUMNA DREVESA PO NEWTONOVI METODI (V_n)			
NEWTON	N	*MEAN*	*SD*	*KV*
SKUPINA		m^3	m^3	%
POK_SM_DRO	61	0,506	0,314	62,1
POK_SM_DEB	27	2,746	1,062	38,7
POK_SM	88	1,193	1,218	102,1
RAV_SM	10	1,363	1,077	79,0
RAV_JE	38	3,281	1,816	55,3
RAV_BU	21	0,524	0,411	78,4
SM	98	1,211	1,200	99,1

6.3.1.4 Analiza deležev posameznih delov drevesa v volumnu vsega drevesa

Pri analizi deleža vrha, panja, vej in debla glede na volumen (v_n) celotnega drevesa (debeljadi), ugotovljenega po Newtonovi sekcijski metodi (V_n), smo ugotovili, da znaša delež vrha dreves pod 1,0 %, največ pa do 1,9 %; odvisno od drevesne vrste in velikosti drevesa. Bukev (listavci) in manjša drevesa imajo večji delež. Delež panja drevesa znaša od 2,9 do 3,8 %; odvisno od drevesne vrste in velikosti drevesa. Bukev (listavci) in manjša drevesa imajo večji delež. Veje pri bukvi (listavcih) navadno predstavljajo pomemben delež volumna drevesa, v našem primeru pa zaradi tankih dreves le 0,9 %. Pri iglavcih, razen pri zelo debelih drevesih, veje niso tako pomembne. Delež debla je od 93,5 do 97,0 %, odvisno od drevesne vrste in velikosti drevesa. Bukev (listavci) in manjša drevesa imajo manjši delež, Preglednica 21.

Preglednica 21: Delež posameznih delov drevesa v celotnem volumnu drevesa (v_n). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

SEKCIJE		VRH		DEBLO		PANJ		VEJE		DREVO	
NEWTON	N	*MEAN*	DELEŽ	*MEAN*	DELEŽ	*MEAN*	DELEŽ	*MEAN*	DELEŽ	*MEAN*	DELEŽ
SKUPINA		m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%	m^3	%
POK_SM_DRO	61	0,003	0,6	0,485	95,8	0,019	3,8	0,000	0,0	0,506	100
POK_SM_DEB	27	0,001	0,0	2,663	97,0	0,081	2,9	0,000	0,0	2,746	100
POK_SM	88	0,002	0,2	1,153	96,6	0,038	3,2	0,000	0,0	1,193	100
RAV_SM	10	0,013	1,0	1,302	95,5	0,048	3,5	0,000	0,0	1,363	100
RAV_JE	38	0,025	0,8	3,152	96,1	0,102	3,1	0,003	0,1	3,281	100
RAV_BU	21	0,010	1,9	0,490	93,5	0,020	3,8	0,005	1,0	0,524	100

Upoštevanje ali neupoštevanje posameznih delov drevesa v skupnem volumnu drevesa lahko torej povzroči velike razlike v ocenah le-tega. Zato je pomembno, da vemo, katere posamezne dele drevesa upošteva rezultat, ki ga dobimo po posamezni metodi (volumenski funkciji) oz. kaj šteje kot volumen drevesa.

6.3.2 Ocena zanesljivosti metod ugotavljanja volumna dreves

6.3.2.1 Švicarske trovhodne volumenske funkcije in nemške dvovhodne deblovnice

Primerjali smo izračune volumnov dreves z uporabo dveh metod, in sicer:
- švicarskih trovhodnih volumenski funkcij (3V_CH) in
- nemških dvovhodnih deblovnic (2V_NE).

6.3.2.1.1 Ocena zanesljivosti švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_CH) in nemških dvovhodnih deblovnic (2V_NE)

Izračunali smo povprečni volumen drevesa, razliko od ocene pravega volumna drevesa (v_n) ter srednjo napako ocene (*AR*) in standardni odklon odstopanj (*SR*). Primerjavo med skupinami dreves prikazuje Preglednica 22, po deb. stopnjah in po posameznih drevesih pa Slika 29, Slika 30, Slika 31, Slika 32.

Preglednica 22: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti metod (3V_CH, 2V_NE) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

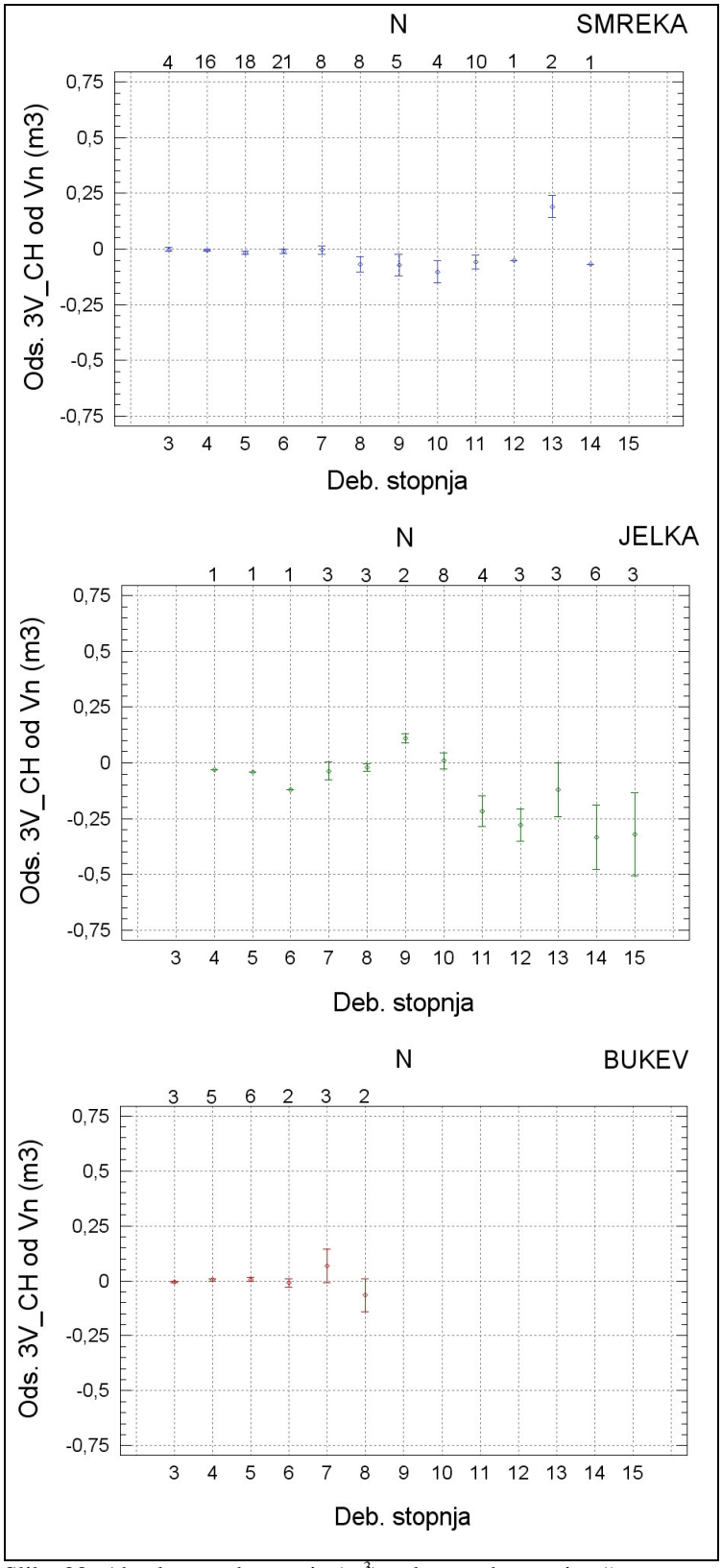
STANDARDNE		POVPREČNI VOLUMEN			RAZLIKA od V_n		ODSTOPANJE od V_n			
3V, 2V	N	V_n	3V_CH	2V_NE	3V_CH	2V_NE	3V_CH		2V_NE	
SKUPINA							*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%
POK_SM_DRO	61	0,506	0,500	0,508	–0,006	0,002	–1,2	6,5	0,4	11,1
POK_SM_DEB	27	2,746	2,683	2,687	–0,063	–0,059	–2,3	4,2	–2,1	9,3
POK_SM	88	1,193	1,170	1,177	–0,023	–0,016	–1,9	5,9	–1,4	12,5
RAV_SM	10	1,363	1,338	1,424	–0,025	0,061	–1,8	7,4	4,5	14,6
RAV_JE	38	3,281	3,147	3,293	–0,134	0,012	–4,1	8,0	0,4	10,6
RAV_BU	21	0,524	0,529	0,568	0,005	0,044	0,8	11,2	8,3	20,6
RAV_IG	48	2,881	2,770	2,904	–0,111	0,023	–3,9	8,2	0,8	11,2
SM	98	1,211	1,187	1,202	–0,024	–0,009	–1,9	6,1	–0,7	12,8
IG	136	1,789	1,735	1,786	–0,054	–0,003	–3,0	8,5	–0,1	12,7
SKUPAJ	157	1,620	1,573	1,623	–0,047	0,003	–2,9	8,8	0,2	13,2

Srednja napaka ocene (*AR*) nam pove napako metode, torej povprečno odstopanje od prave srednje vrednosti in ni toliko odvisna od števila vhodnih parametrov, ki jih posamezna volumenska funkcija upošteva. Standardni odklon odstopanj (*SR*) pa nam pove napako ocene srednje vrednosti, torej zanesljivost ocene povprečnega volumna drevesa. Zanesljivost ocene za posamezno drevo je bistveno odvisna tudi od števila vhodnih parametrov (d, h, d_7), ki jih posamezna volumenska funkcija upošteva.

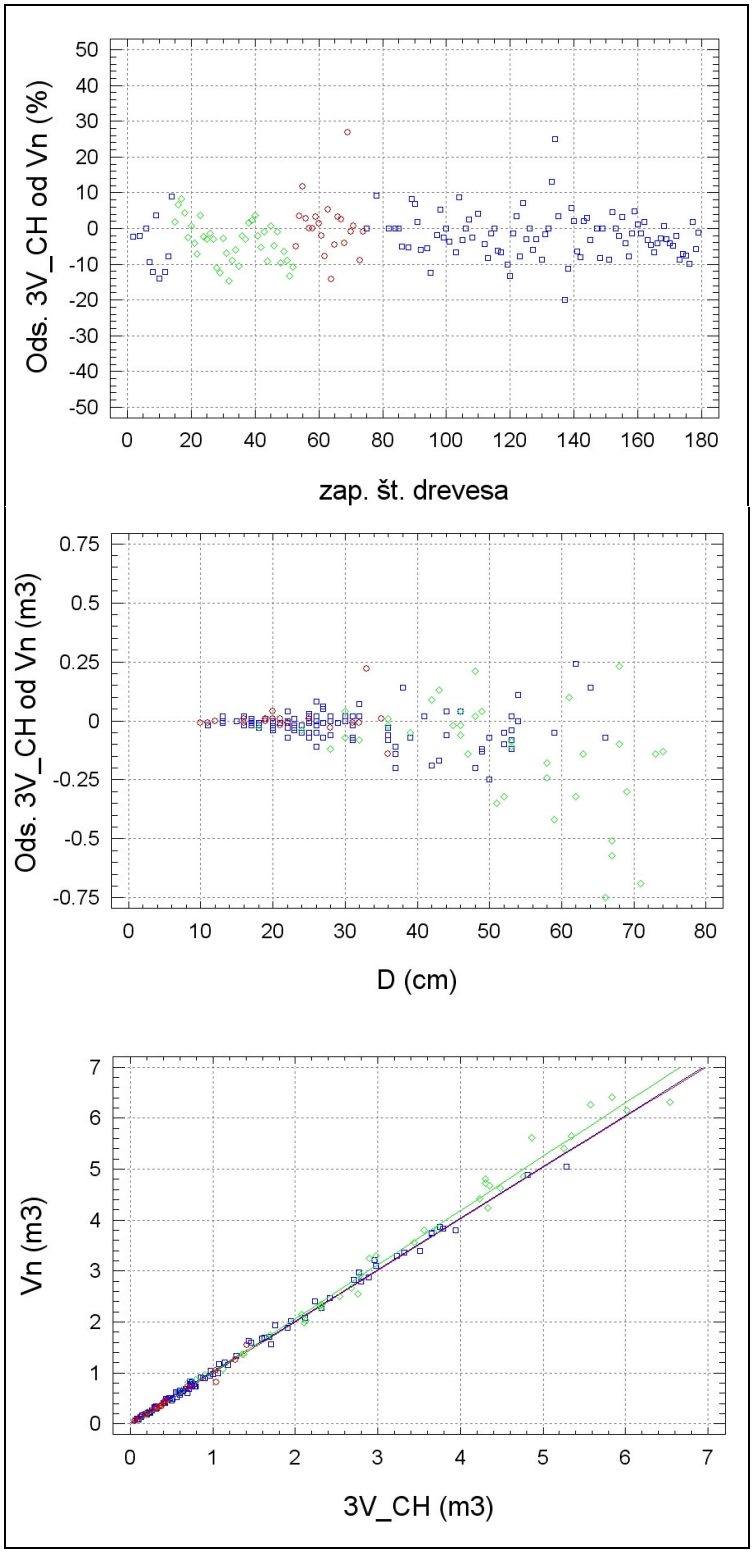
Švicarske trovhodne volumenske funkcije (3V_CH) imajo srednjo napako ocene od –4,1 do 0,8 %, standardni odklon odstopanj pa od 4,2 do 11,2 %. Standardni odklon odstopanj je pri tej metodi (3V_CH) manjši kot pri uporabi nemških dvovhodnih deblovnic (2V_NE), kar je razumljivo, saj kot vhodne podatke metoda upošteva vse tri parametre (d, h in d_7), ki ustrezno pojasnijo večino variabilnosti posameznih dreves.

Nemške dvovhodne deblovnice (2V_NE) imajo srednjo napako oceno od –2,1 do 8,3 %, standardni odklon odstopanj pa od 9,3 do 20,6 %. Za ploskve na Pokljuki dobimo prenizke, za ploskve na Ravniku pa previsoke ocene. Standardni odklon odstopanj je pri tej metodi (2V_NE) večji kot pri švicarskih trovhodnih volumenskih funkcijah (3V_CH), kar pojasnimo z neupoštevanjem parametra d_7, ki pojasni del variabilnosti volumna posameznih dreves. Metoda nemških dvovhodnih deblovnic (2V_NE) tako upošteva le vhodna podatka d in h. Velika srednja napaka ocene (8,3 %) v primeru bukve je lahko posledica tega, da so nemške dvovhodne deblovnice (2V_NE) konstruirane tako, da upoštevajo tudi debelejše veje; v našem primeru pa so bile bukve v povprečju drobne in delež debelejših vej ni bil velik. Če v takem primeru (bukev) nemške deblovnice uporabimo za izračun volumna drevesa pri iskanju tarifnega razreda, posledično lahko izberemo napačen razred tarif.

Za smreko ni opaziti biasa do 8. deb. stopnje, pri naslednjih stopnjah pa švicarske trovhodne volumenske funkcije (3V_CH) sistematično podcenjujejo volumen (manj dreves pri posamezni deb. stopnji). Za jelko opazimo velike razlike (malo dreves pri posamezni deb. stopnji), nezanesljivost, pri večini deb. stopenj sistematično podcenjujejo volumen. Za bukev so švicarske trovhodne volumenske funkcije zelo zanesljive do 7. deb. stopnje, pri naslednjih dveh pa so večja odstopanja, kar je posledica tega, da sta pri vsaki le po dve drevesi, Slika 29, Slika 30.



Slika 29: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s švicarskimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_CH) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

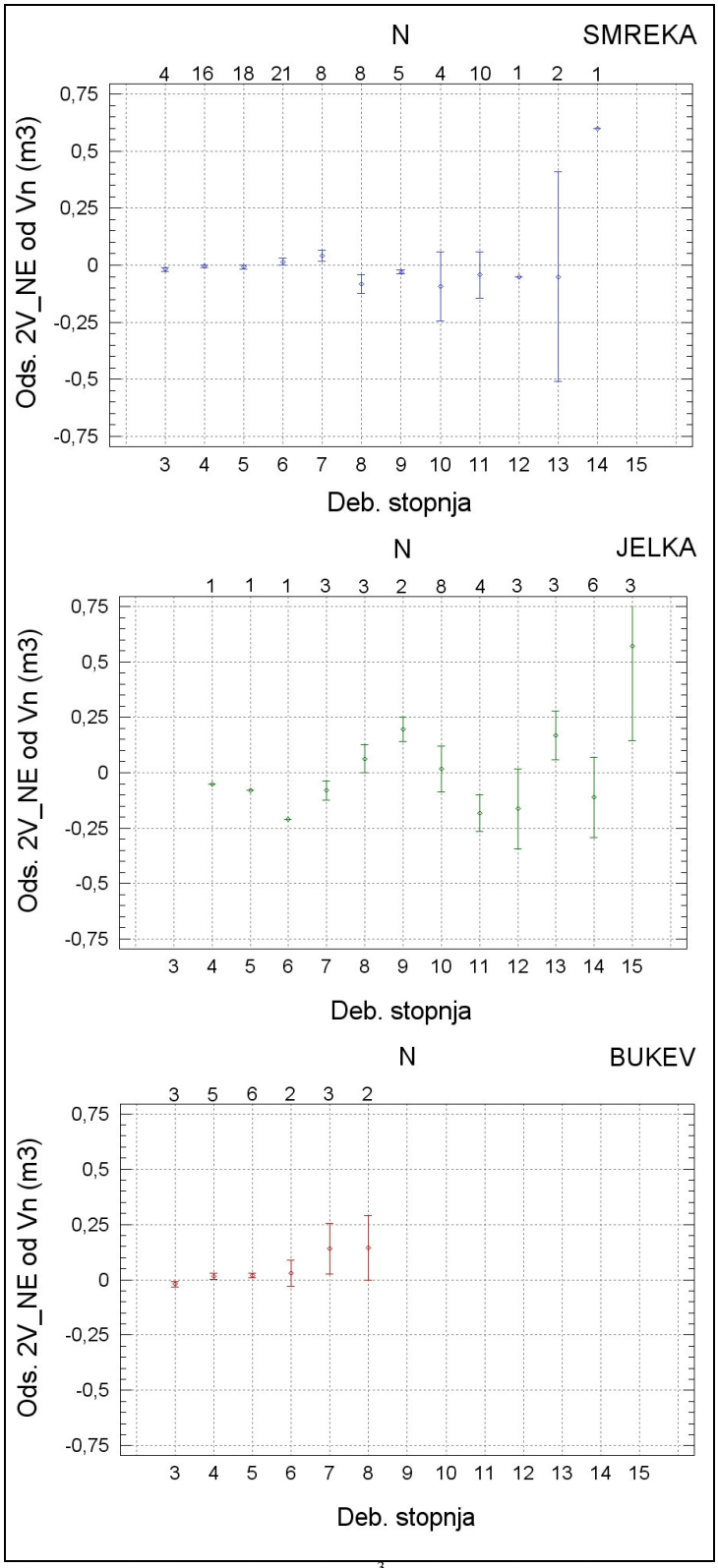


Slika 30: Odstopanja volumna dreves, izračunanega s švicarskimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_CH) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,996596 za smreko, 0,987505 za jelko in 0,979739 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

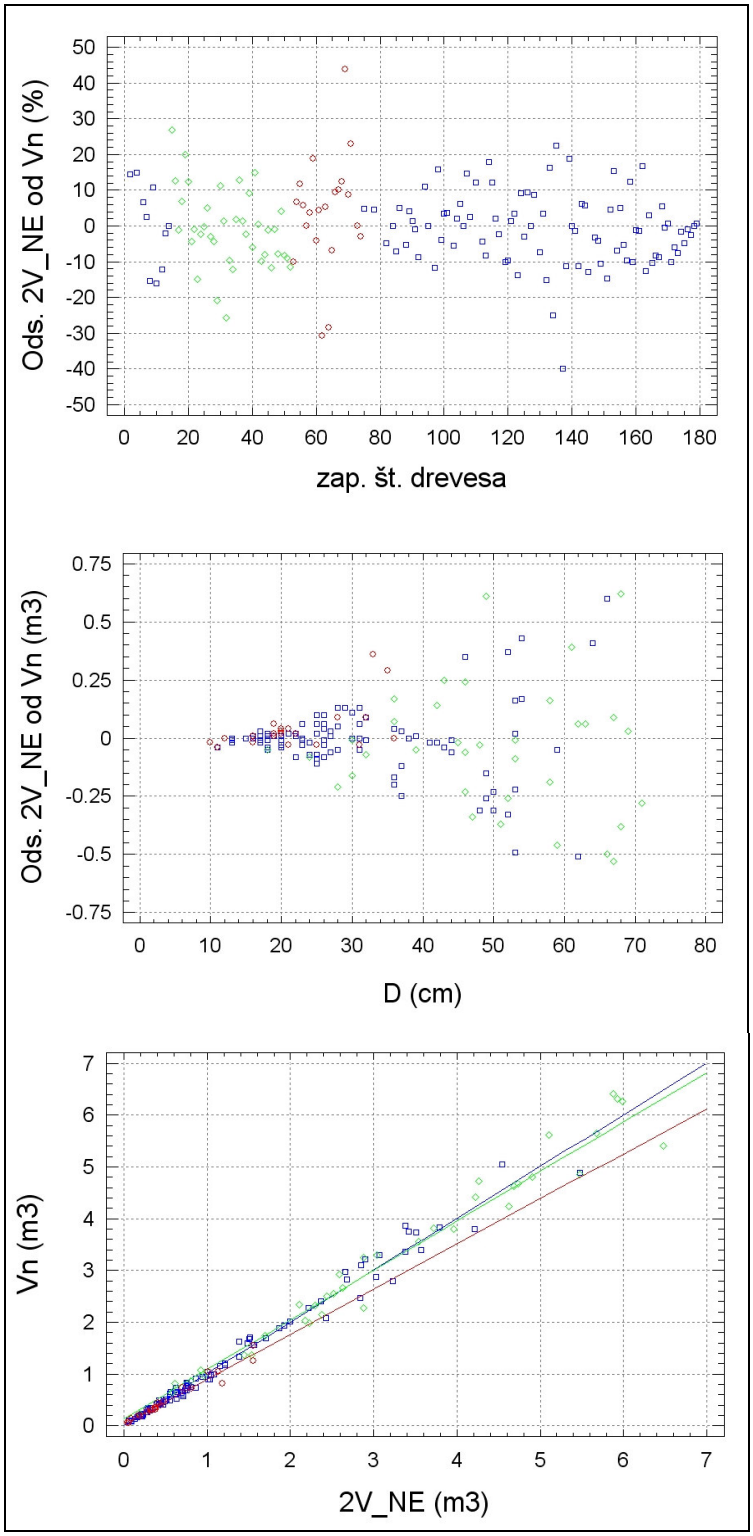
Absolutna odstopanja (m^3) švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_CH) so razen pri bukvi sistematično negativna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so sistematično negativna in za večino dreves v intervalu ±10 %. Glede vpliva lokacij (Ravnik, Pokljuka) in drevesnih vrst ni opaziti razlik. Tanjša drevesa imajo večja relativna odstopanja (%) volumna kot debelejša.

Ugotovljene so razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi vrednostmi volumna dreves (3V_CH). Razlike so tudi med drevesnimi vrstami. Iz tega lahko sklepamo, da švicarske trovhodne volumenske funkcije (3V_CH) pri naših podatkih (smreka, jelka) ne dajo dovolj zanesljivih ocen pravih volumnov dreves.

Pri nemških dvovhodnih deblovnicah (2V_NE) za smreko ni opaziti biasa do 6. deb. stopnje, pri naslednjih deb. stopnjah pa je sistematična napaka pozitivna, od 8. deb. stopnje naprej pa negativna. Za jelko so ugotovljene velike razlike (malo dreves pri posamezni deb. stopnji), nezanesljivost, nihajoča pozitivna in negativna odstopanja glede na posamezno deb. stopnjo. Za bukev je ugotovljena pozitivna sistematična napaka, ki narašča z deb. stopnjo, kar je verjetno posledica večanja deleža vej v celotnem volumnu drevesa pri debelejših bukvah, Slika 31, Slika 32.



Slika 31: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z nemškimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_NE) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 32: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z nemškimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_NE) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,983179 za smreko, 0,964316 za jelko in 0,960686 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Absolutna odstopanja (m^3) nemških dvovhodnih deblovnic (2V_NE) so enakomerna, le pri bukvi so sistematično pozitivna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so enakomerna, v intervalu ±20 %, le pri bukvi so sistematično pozitivna. Med lokacijama so ugotovljene razlike, saj na Pokljuki te deblovnice prikazujejo prenizke, na Ravniku pa previsoke ocene. Tanjša drevesa imajo sistematično negativna in večja relativna odstopanja (%) kot debelejša.

Ugotovljene so razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi (2V_NE) vrednostmi volumna dreves. Razlike so tudi med drevesnimi vrstami. Iz tega lahko sklepamo, da nemške dvovhodne deblovnice (2V_NE) pri naših podatkih ne dajo dovolj zanesljivih ocen pravih volumnov dreves.

Pri vseh analiziranih volumenskih funkcijah velja, da se absolutne razlike (m^3) povečujejo, relativne (%) pa zmanjšujejo z naraščanjem debeline dreves (deb. stopnje).

Glede na rezultate primerjav med skupinami dreves, deb. stopnjami in posameznimi drevesi lahko sklepamo, da sta obe metodi, tako švicarske trovhodne volumenske funkcije (3V_CH) kot tudi nemške dvovhodne deblovnice (2V_NE), obremenjene s sistematično napako in zato le pogojno uporabne v naših razmerah. Sistematične napake so lahko posledica različne vzrasti dreves, na podlagi katerih so bile funkcije izdelane in so posledica regionalnih rastiščnih razlik zaradi primerjave dreves z različnih lokacij (Ravnik, Pokljuka). Lahko pa so tudi posledica različnih definicij volumna dreves, ki jih posamezne metode (volumenske funkcije) v resnici dajejo.

6.3.2.2 Regionalne trovhodne volumenske funkcije in dvovhodne deblovnice

Ker smo ugotovili, da so švicarske trovhodne volumenske funkcije (3V_CH) in nemške dvovhodne deblovnice (2V_NE) obremenjene s sistematično napako, smo na podlagi ocen pravih volumnov normalnih dreves (v_n), izračunanih s sekcijskimi meritvami, izdelali lastne, regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) in dvovhodne deblovnice (2V_SI) za drevesne vrste smreko, jelko in bukev. Trovhodne volumenske funkcije za smreko in za jelko smo kasneje uporabili za izračun ocene referenčnih volumnov dreves (v_r) na podlagi meritev vhodnih podatkov (d, h in d_7). Prednost uporabe regionalnih volumenskih funkcij, izdelanih na podlagi ocen pravih volumnov dreves, ugotovljenih s sekcijskimi meritvami, je tudi v tem, da točno vemo, katere posamezne dele drevesa upoštevajo kot volumen. Dvovhodne deblovnice (2V_SI) smo izdelali z namenom, da smo lahko preverili zanesljivost dvovhodnih volumenskih funkcij (d, h), ne pa za nadaljnjo uporabo, saj smo upoštevali drevesa iz obeh lokacij (Ravnik, Pokljuka), kar pa za izdelavo dvovhodnih deblovnic, ki veljajo na ožji področjih ni sprejemljivo.

Obračune za regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) smo naredili za:

- smreko (_SM_, $N_{dreves} = 98$), jelko (_JE_, $N_{dreves} = 38$) in bukev (_BU_, $N_{dreves} = 21$),
- smreko, skupaj socialna položaja 1 in 2 (SOC_12, $N_{dreves} = 44$),
- smreko, socialni položaj 3 (SOC_3, $N_{dreves} = 54$),
- smreko, drogovnjak Pokljuka (RAZ_DRO, $N_{dreves} = 61$),
- smreko, debeljak Pokljuka (RAZ_DEB, $N_{dreves} = 27$),
- smreko, premer do 25 cm (D_25, $N_{dreves} = 44$),
- smreko, premer od 26 cm (D_26, $N_{dreves} = 54$).

Območje definiranosti volumenskih funkcij, torej interval, kjer je regionalna volumenska funkcija dovolj zanesljiva za uporabo ($p = 0{,}05$), smo izračunali s pomočjo srednjega premera in standardnega odklona, Preglednica 23.

Preglednica 23: Območja definiranosti regionalnih volumenskih funkcij. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

REGIONALNE	DEJAVNIKI RAZDELITEV						DEFINIRANOST FUNKCIJ									
							PREMER					VIŠINA				
									MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$				MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$			
OZNAKA ENAČBE	DREVESNA VRSTA	SOCIALNI POLOŽAJ	RAZVOJNA FAZA	PREMER	LOKACIJA	N	D_m	*SD*	*SD*·*t*	D_{min}	D_{max}	H_m	*SD*	*SD*·*t*	H_{min}	H_{max}
							cm	cm	cm	cm	cm	m	m	m	m	m
SM_D_25	smreka	vsi	vse	do 25 cm	vse	44	19,7	3,7	7,4	12	27	20,0	4,2	8,4	12	28
SM_D_26	smreka	vsi	vse	od 26 cm	vse	54	39,4	11,7	23,4	16	63	30,5	3,9	7,8	23	38
SM_SOC_12	smreka	1 in 2	vse	vsi	vse	44	39,6	13,0	26,0	14	66	30,5	4,4	8,8	22	39
SM_SOC_3	smreka	3	vse	vsi	vse	54	23,2	8,2	16,4	7	40	22,0	5,6	11,2	11	33
SM_RAZ_DRO	smreka	vsi	drogovnjak	vsi	Pokljuka	61	22,4	5,4	10,8	12	33	22,4	5,1	10,2	12	33
SM_RAZ_DEB	smreka	vsi	debeljak	vsi	Pokljuka	27	47,2	8,9	17,8	30	65	33,4	3,1	6,2	27	40
SM	smreka	vsi	vse	vsi	vse	98	30,6	13,4	26,8	4	57	25,8	6,6	13,2	13	39
JE	jelka	vsi	vse	vsi	vse	38	50,7	14,8	29,6	21	80	30,0	4,8	9,6	20	40
BU	bukev	vsi	vse	vsi	vse	21	22,2	7,7	15,4	7	38	24,3	4,7	9,4	15	34

Zaradi omejenega števila dreves, ki smo jih uporabili za konstrukcijo regionalnih volumenskih funkcij, so le-te zanesljive le na določenem intervalu debeline in višine dreves (meje zaupanja), kar je treba pri uporabi volumenskih funkcij in izvrednotenju rezultatov seveda upoštevati.

6.3.2.3 Izdelava regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI)

Pri izdelavi regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij s pomočjo statistične metode multiple regresijske analize smo upoštevali različne kombinacije spremenljivk (*d, h* in d_7), Preglednica 24.

Preglednica 24: Regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

REGIONALNE TROVHODNE OZNAKE ENAČB	N	ENAČBE	R^2	SE_v m^3	SE_v% %
SM_D_25	44	$v_n = 0{,}13283+0{,}0000336291 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}00121142 \cdot d^2-0{,}000188001 \cdot d_7^2+0{,}0000131084 \cdot d_7^3+0{,}0018205 \cdot h-0{,}0220074 \cdot d-7{,}75018e-7 \cdot d^3 \cdot h-1{,}47513e-7 \cdot h^4+4{,}54024e-7 \cdot d \cdot h^3$	0,979164	0,03	7,2
SM_D_26	54	$v_n = 0{,}453892+0{,}000023226 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}000383573 \cdot d^2+0{,}000845241 \cdot d_7^2-0{,}00000774173 \cdot d_7^3-0{,}0254388 \cdot h-0{,}00771129 \cdot d-8{,}11129e-8 \cdot d^3 \cdot h+2{,}26273e-7 \cdot h^4+2{,}98514e-7 \cdot d \cdot h^3$	0,995190	0,08	4,4
SM_SOC_12	44	$v_n = 0{,}832316+0{,}000016167 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}000689759 \cdot d^2+0{,}000991729 \cdot d_7^2-0{,}00000626768 \cdot d_7^3-0{,}0301905 \cdot h-0{,}0266231 \cdot d-1{,}60282e-7 \cdot d^3 \cdot h+1{,}31754e-7 \cdot h^4+5{,}42269e-7 \cdot d \cdot h^3$	0,995478	0,09	4,6
SM_SOC_3	54	$v_n = 0{,}0575923+0{,}0000675059 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}000166646 \cdot d^2+0{,}000109552 \cdot d_7^2-0{,}0000221425 \cdot d_7^3-0{,}00690806 \cdot h+0{,}00262805 \cdot d+1{,}64927e-7 \cdot d^3 \cdot h+2{,}95865e-7 \cdot h^4-5{,}10768e-7 \cdot d \cdot h^3$	0,995974	0,04	6,1
SM_RAZ_DRO	61	$v_n = -0{,}0287351-0{,}000067236 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}000643242 \cdot d^2+0{,}0000263496 \cdot d_7^2+0{,}0000794341 \cdot d_7^3+0{,}00653111 \cdot h-0{,}0060361 \cdot d-0{,}00000120599 \cdot d^3 \cdot h-9{,}79549e-7 \cdot h^4+0{,}00000272722 \cdot d \cdot h^3$	0,989207	0,03	6,4
SM_RAZ_DEB	27	$v_n = 0{,}491257+0{,}0000849574 \cdot d_7^2 \cdot h-0{,}000625518 \cdot d^2+0{,}00073323 \cdot d_7^2-0{,}0000365235 \cdot d_7^3-0{,}0754004 \cdot h+0{,}0529111 \cdot d+3{,}63234e-7 \cdot d^3 \cdot h+0{,}0000017951 \cdot h^4-0{,}00000183683 \cdot d \cdot h^3$	0,991479	0,10	3,6
SM	98	$v_n = 0{,}179251+0{,}0000275619 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}000450264 \cdot d^2+0{,}000612278 \cdot d_7^2-0{,}00000675919 \cdot d_7^3-0{,}00424606 \cdot h-0{,}0136479 \cdot d-1{,}14982e-7 \cdot d^3 \cdot h-2{,}32343e-7 \cdot h^4+5{,}63966e-7 \cdot d \cdot h^3$	0,997221	0,06	5,2
JE	38	$v_n = 1{,}05752+0{,}0000968861 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}00163996 \cdot d^2-0{,}000840175 \cdot d_7^2-0{,}0000153422 \cdot d_7^3-0{,}0193299 \cdot h-0{,}0539859 \cdot d-1{,}1786e-7 \cdot d^3 \cdot h+9{,}95636e-7 \cdot h^4-0{,}00000138169 \cdot d \cdot h^3$	0,987272	0,20	6,2
BU	21	$v_n = -0{,}666792+0{,}000060319 \cdot d_7^2 \cdot h+0{,}00140465 \cdot d^2-0{,}00618234 \cdot d_7^2+0{,}000161903 \cdot d_7^3+0{,}0715535 \cdot h-0{,}01671 \cdot d-0{,}00000325906 \cdot d^3 \cdot h-0{,}00000500445 \cdot h^4+0{,}00000700657 \cdot d \cdot h^3$	0,986157	0,05	9,2

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami, znaša od 3,6 do 9,2 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisnimi spremenljivkami *d, h* in d_7, je zelo velik; R^2 (determinacijski koeficient) je v vseh primerih večji od 0,9791.

Ker smo upoštevali enake spremenljivke in kombinacije spremenljivk, ki jih uporabljajo pri švicarskih trovhodnih volumenskih funkcijah (3V_CH), se je v posameznih primerih izkazalo, da bi iz enačbe pri naših podatkih zaradi statistične neznačilnosti lahko izpadla kakšna kombinacija spremenljivk, vendar smo kljub temu pri nadaljnjih izračunih (zaradi

lažje računalniške obdelave in primerjave z originalnimi švicarskimi koeficienti) uporabili enačbe z vsemi kombinacijami spremenljivk.

6.3.2.4 Izdelava regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_SI)

Pri izdelavi regionalnih dvovhodnih deblovnic s pomočjo statistične metode multiple regresijske analize smo upoštevali enake kombinacije spremenljivk (d in h), kot jih upoštevajo različne evropske dvovhodne deblovnice (Zianis in sod., 2005), Preglednica 25.

Preglednica 25: Regionalne dvovhodne deblovnice (2V_SI). Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

REGIONALNE DVOVHODNE OZNAKE ENAČB	N	ENAČBE	R^2	SE_v m^3	SE_v% %
SM_D_25	44	$v_n = 1{,}01515 - 0{,}000714779 \cdot d^2 \cdot h + 0{,}0000325576 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}00319186 \cdot d^2 + 0{,}0140084 \cdot d \cdot h - 0{,}0931586 \cdot h - 0{,}116207 \cdot d$	0,947504	0,04	11,5
SM_D_26	54	$v_n = 1{,}89938 + 0{,}000147617 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}00000630708 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}000549412 \cdot d^2 + 0{,}00092471 \cdot d \cdot h - 0{,}0504968 \cdot h - 0{,}0894377 \cdot d$	0,975008	0,19	10,1
SM_SOC_12	44	$v_n = 2{,}8078 + 0{,}000083079 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}00000437715 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}000961314 \cdot d^2 + 0{,}0036367 \cdot d \cdot h - 0{,}0959702 \cdot h - 0{,}130185 \cdot d$	0,974424	0,21	10,9
SM_SOC_3	54	$v_n = -0{,}278108 + 0{,}000122064 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}00000272667 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 - 0{,}0010361 \cdot d^2 - 0{,}00179451 \cdot d \cdot h + 0{,}0125933 \cdot h + 0{,}0352919 \cdot d$	0,992167	0,05	8,5
SM_RAZ_DRO	61	$v_n = 0{,}869018 - 0{,}000937538 \cdot d^2 \cdot h + 0{,}0000442262 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}00118125 \cdot d^2 + 0{,}0187455 \cdot d \cdot h - 0{,}138527 \cdot h - 0{,}0706647 \cdot d$	0,972715	0,05	10,2
SM_RAZ_DEB	27	$v_n = 25{,}102 - 0{,}000914626 \cdot d^2 \cdot h + 0{,}0000200597 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}0128316 \cdot d^2 + 0{,}0523833 \cdot d \cdot h - 0{,}96856 \cdot h - 1{,}17314 \cdot d$	0,942618	0,25	9,3
SM	98	$v_n = -0{,}407234 + 0{,}000282166 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}00000960917 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 - 0{,}000992344 \cdot d^2 - 0{,}00535171 \cdot d \cdot h + 0{,}0469938 \cdot h + 0{,}0379388 \cdot d$	0,985912	0,14	11,8
JE	38	$v_n = -6{,}80661 + 0{,}00132734 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}0000425453 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 - 0{,}00426496 \cdot d^2 - 0{,}0448107 \cdot d \cdot h + 0{,}606224 \cdot h + 0{,}374763 \cdot d$	0,969134	0,32	9,7
BU	21	$v_n = 0{,}342347 - 0{,}000149293 \cdot d^2 \cdot h + 0{,}00000729658 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}00112027 \cdot d^2 + 0{,}00369308 \cdot d \cdot h - 0{,}0228178 \cdot h - 0{,}0431183 \cdot d$	0,944690	0,10	18,4

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami, znaša od 8,5 do 18,4 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisnima spremenljivkama d in h, je manjši kot v primeru trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI), pa vendar še zelo velik; R^2 je v vseh primerih večji od 0,9426. Tudi tu se je izkazalo, da bi iz enačbe pri naših podatkih zaradi statistične neznačilnosti lahko izpadla kakšna kombinacija spremenljivk, vendar smo kljub temu zaradi primerljivosti koeficientov pri nadaljnjih izračunih uporabili enačbe z vsemi kombinacijami spremenljivk iz osnovnih enačb.

6.3.2.5 Ocena zanesljivosti regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI) in dvovhodnih deblovnic (2V_SI)

Izračunali smo povprečni volumen drevesa, razliko od ocene pravega volumna drevesa (v_n) ter srednjo napako ocene (*AR*) in standardni odklon odstopanj (*SR*). Primerjavo med različnimi regionalnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI, 2V_SI) in ocenami pravih volumnov dreves (v_n) med skupinami dreves prikazujejo Preglednica 26, Preglednica 27, Preglednica 28, Preglednica 29.

Odstopanja po deb. stopnjah in po posameznih drevesih za trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) prikazujejo Slika 33, Slika 34, Slika 37, Slika 38, Slika 39, Slika 40.

Za dvovhodne deblovnice (2V_SI) pa odstopanja po deb. stopnjah in po posameznih drevesih prikazujejo Slika 35, Slika 36, Slika 41, Slika 42, Slika 43, Slika 44.

Odstopanja od ocen pravega volumna dreves (v_n) so zelo majhna, povprečno pod 1,2 %. Med ploskvami na lokacijah Pokljuka in Ravnik ni ugotovljenih razlik prav tako ne med drevesnimi vrstami. Zanimivo je, da imajo regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) večjo srednjo napako (od –1,2 do 0,1 %) kot regionalne dvovhodne deblovnice (2V_SI), od –0,2 do 0,7 %. To pomeni, da so lahko tudi regionalne dvovhodne deblovnice (2V_SI) dovolj zanesljive za srednjo oceno volumna oz. lesne zaloge.

Standardni odklon odstopanj pa je pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah (3V_SI) manjši od 3,1 do 7,4 %, kot pa pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah (2V_SI) kjer znaša od 8,5 do 15,0 %. Rezultati so logični, saj vemo, da če v volumenski funkciji uporabimo več neodvisnih spremenljivk (d, h in d_7), le-ta bolje pojasni odstopanja volumnov posameznih dreves. Odstopanja so tako majhna tudi zato, ker smo iste podatke uporabili že za izdelavo regionalnih volumenskih funkcij.

Preglednica 26: Primerjava povprečnih volumnov dreves (3V_SI, 2V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

POVPREČNI VOLUMNI										
REGIONALNE			TROVHODNE				DVOVHODNE			
	N	V_n	3V_SI	3V_SI_D	3V_SI_SOC	3V_SI_RAZ	2V_SI	2V_SI_D	2V_SI_SOC	2V_SI_RAZ
ENAČBE			SM, JE, BU	SM; D_25, 26	SM; SOC_12, 3	SM; RAZ_DRO, DEB	SM, JE, BU	SM; D_25, 26	SM; SOC_12, 3	SM; RAZ_DRO, DEB
SKUPINA										
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
POK_SM_DRO	61	0,506	0,512	0,511	0,511	0,506	0,507	0,509	0,508	0,506
POK_SM_DEB	27	2,746	2,736	2,735	2,740	2,745	2,739	2,739	2,740	2,746
POK_SM	88	1,193	1,195	1,194	1,190	1,193	1,192	1,193	1,190	1,193
RAV_SM	10	1,363	1,358	1,361	1,360	1,407	1,372	1,367	1,360	1,987
RAV_JE	38	3,281	3,281	3,281	3,280	3,281	3,281	3,281	3,280	3,281
RAV_BU	21	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524
RAV_IG	48	2,881	2,880	2,881	2,880	2,890	2,883	2,882	2,880	3,011
SM	98	1,211	1,211	1,211	1,210	1,215	1,210	1,211	1,210	1,274
IG	136	1,789	1,790	1,789	1,790	1,792	1,789	1,789	1,790	1,835
SKUPAJ	157	1,620	1,620	1,620	1,620	1,622	1,620	1,620	1,620	1,660

Preglednica 27: Primerjava razlik povprečnih volumnov dreves (3V_SI, 2V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

RAZLIKE OD V_n									
REGIONALNE		TROVHODNE				DVOVHODNE			
	N	3V_SI	3V_SI_D	3V_SI_SOC	3V_SI_RAZ	2V_SI	2V_SI_25	2V_SI_SOC	2V_SI_RAZ
ENAČBE		SM, JE, BU	SM; D_25, 26	SM; SOC_12, 3	SM; RAZ_DRO, DEB	SM, JE, BU	SM; D_25, 26	SM; SOC_12, 3	SM; RAZ_DRO, DEB
SKUPINA									
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
POK_SM_DRO	61	0,006	0,005	0,005	0,000	0,001	0,003	0,002	0,000
POK_SM_DEB	27	–0,010	–0,011	–0,006	–0,001	–0,007	–0,007	–0,006	0,000
POK_SM	88	0,002	0,001	–0,003	0,000	–0,001	0,000	–0,003	0,000
RAV_SM	10	–0,005	–0,002	–0,003	0,044	0,009	0,004	–0,003	0,624
RAV_JE	38	0,000	0,000	–0,001	0,000	0,000	0,000	–0,001	0,000
RAV_BU	21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RAV_IG	48	–0,001	0,000	–0,001	0,009	0,002	0,001	–0,001	0,130
SM	98	0,000	0,000	–0,001	0,004	–0,001	0,000	–0,001	0,063
IG	136	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,046
SKUPAJ	157	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,040

Preglednica 28: Primerjava zanesljivosti regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

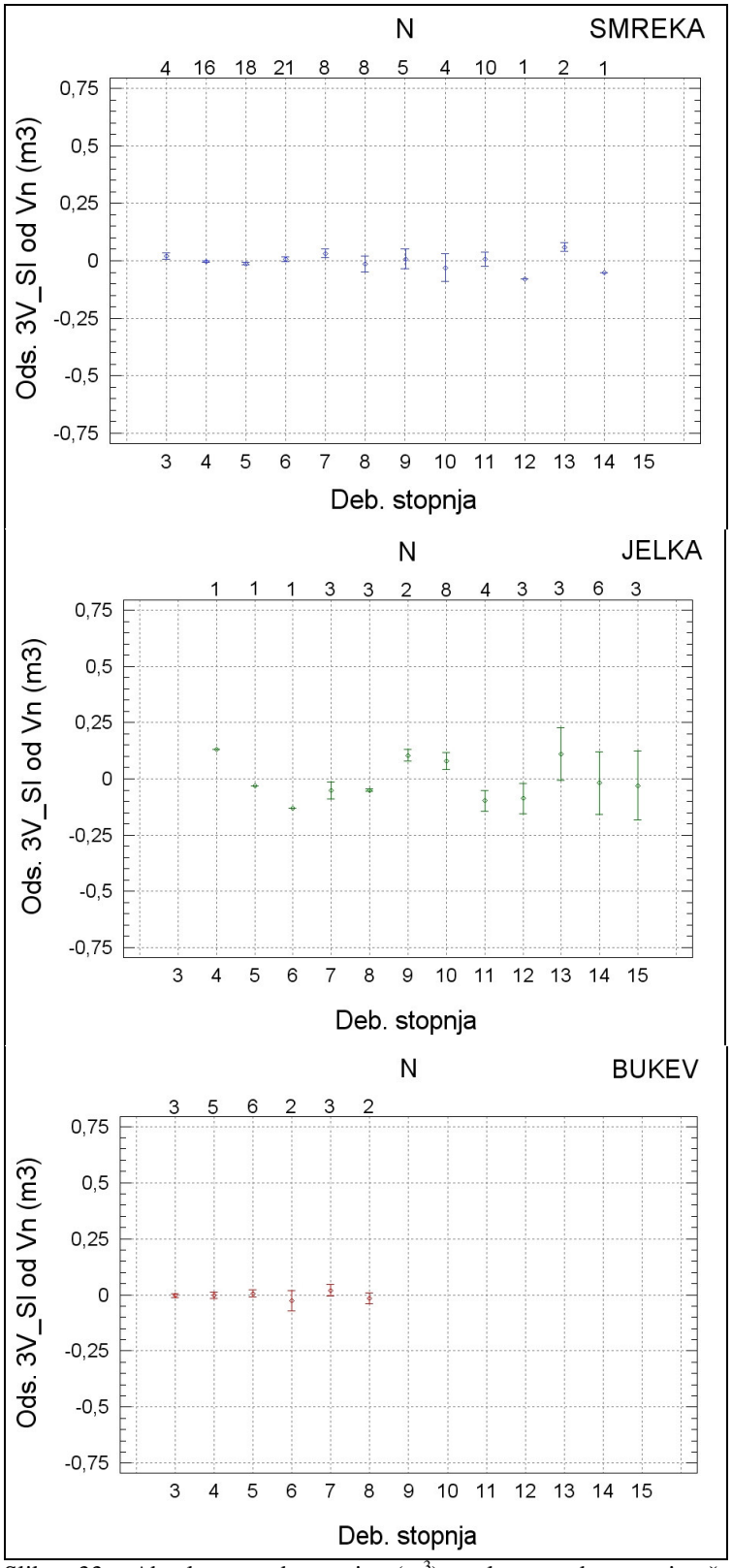
REGIONALNE		ODSTOPANJE od V_n							
TROVHODNE	N	3V_SI		3V_SI_D		3V_SI_SOC		3V_SI_RAZ	
ENAČBE		SM, JE, BU		SM; D_25, 26		SM; SOC_12, 3		SM; RAZ_DRO, DEB	
SKUPINA		*AR*	*SR*	*AR*	*SR*	*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
		%	%	%	%	%	%	%	%
POK_SM_DRO	61	1,2	7,4	1,0	6,9	0,9	7,0	–0,1	6,0
POK_SM_DEB	27	–0,4	3,1	–0,4	3,1	–0,3	3,1	0,0	2,8
POK_SM	88	0,1	4,8	0,0	4,6	0,0	4,6	0,0	4,1
RAV_SM	10	–0,4	6,3	–0,1	5,9	–0,1	5,9	3,2	8,8
RAV_JE	38	0,0	5,4	0,0	5,4	0,0	5,4	0,0	5,4
RAV_BU	21	0,0	6,5	0,0	6,5	0,0	6,5	0,0	6,5
RAV_IG	48	0,0	5,6	0,0	5,6	0,0	5,6	0,3	5,8
SM	98	0,1	5,0	0,0	4,8	0,0	4,8	0,3	5,0
IG	136	0,0	5,9	0,0	5,9	0,0	5,9	0,2	5,9
SKUPAJ	157	0,0	6,2	0,0	6,1	0,0	6,1	0,2	6,2

Preglednica 29: Primerjava zanesljivosti regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (2V_SI) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

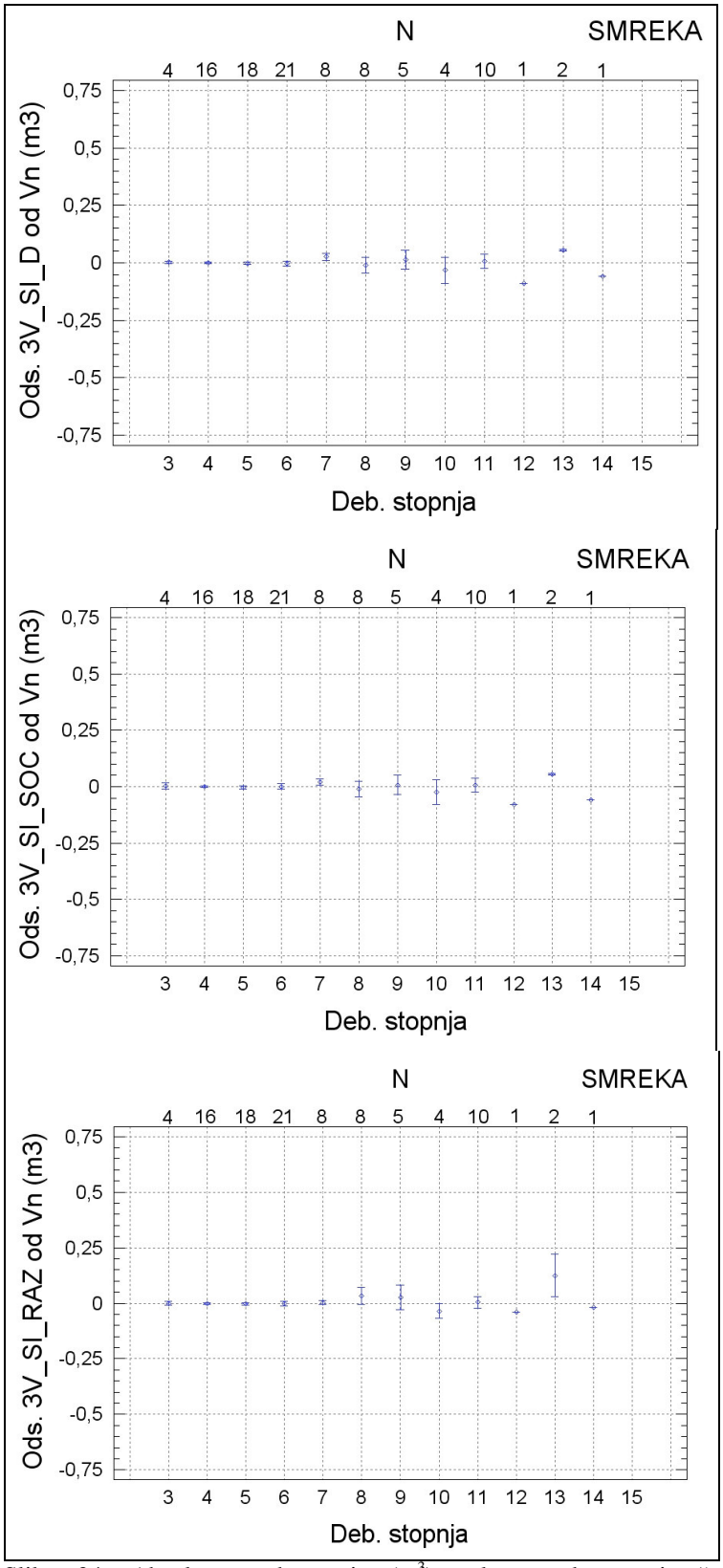
REGIONALNE		ODSTOPANJE od V_n							
DVOVHODNE	N	2V_SI		2V_SI_D		2V_SI_SOC		2V_SI_RAZ	
ENAČBE		SM, JE, BU		SM; D_25, 26		SM; SOC_12, 3		SM; RAZ_DRO, DEB	
SKUPINA		*AR*	*SR*	*AR*	*SR*	*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
		%	%	%	%	%	%	%	%
POK_SM_DRO	61	0,2	10,5	0,6	9,7	0,3	10,1	0,0	9,6
POK_SM_DEB	27	–0,2	8,5	–0,2	8,4	–0,1	8,3	0,0	8,0
POK_SM	88	–0,1	11,4	0,0	11,3	0,0	11,2	0,0	10,7
RAV_SM	10	0,7	10,5	0,3	11,1	0,0	11,1	45,8	74,3
RAV_JE	38	0,0	8,8	0,0	8,8	0,0	8,8	0,0	8,8
RAV_BU	21	–0,1	15,0	–0,1	15,0	–0,1	15,0	–0,1	15,0
RAV_IG	48	0,1	9,2	0,0	9,2	0,0	9,2	4,5	18,3
SM	98	0,0	11,3	0,0	11,3	0,0	11,2	5,3	28,5
IG	136	0,0	10,7	0,0	10,7	0,0	10,7	2,6	18,5
SKUPAJ	157	0,0	11,1	0,0	11,1	0,0	11,1	2,4	19,1

Za smreko pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah (3V_SI) ni opaziti biasa do 12. deb. stopnje, pri naslednjih deb. stopnjah je opazno sistematično podcenjevanje volumna (manj dreves pri posamezni deb. stopnji). Za jelko so ugotovljene velike razlike (malo dreves pri posamezni deb. stopnji), nezanesljivost, nihajoča pozitivna in negativna odstopanja glede na posamezno deb. stopnjo. Za bukev so te funkcije zelo zanesljive, vendar so podatki samo do 8. deb. stopnje, Slika 33, Slika 37.

Pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah prinese upoštevanje razdelitve volumenskih funkcij glede na debelino premera na primeru smreke izboljšanje zanesljivosti le pri 3. deb. stopnji. Upoštevanje razvojne faze prinese izboljšanje zanesljivosti, razen v primeru Ravnika, kjer da pokljuška formula za debeljak previsoke rezultate. Upoštevanje socialnega položaja prinese izboljšanje zanesljivosti, Slika 34, Slika 38, Slika 39, Slika 40.



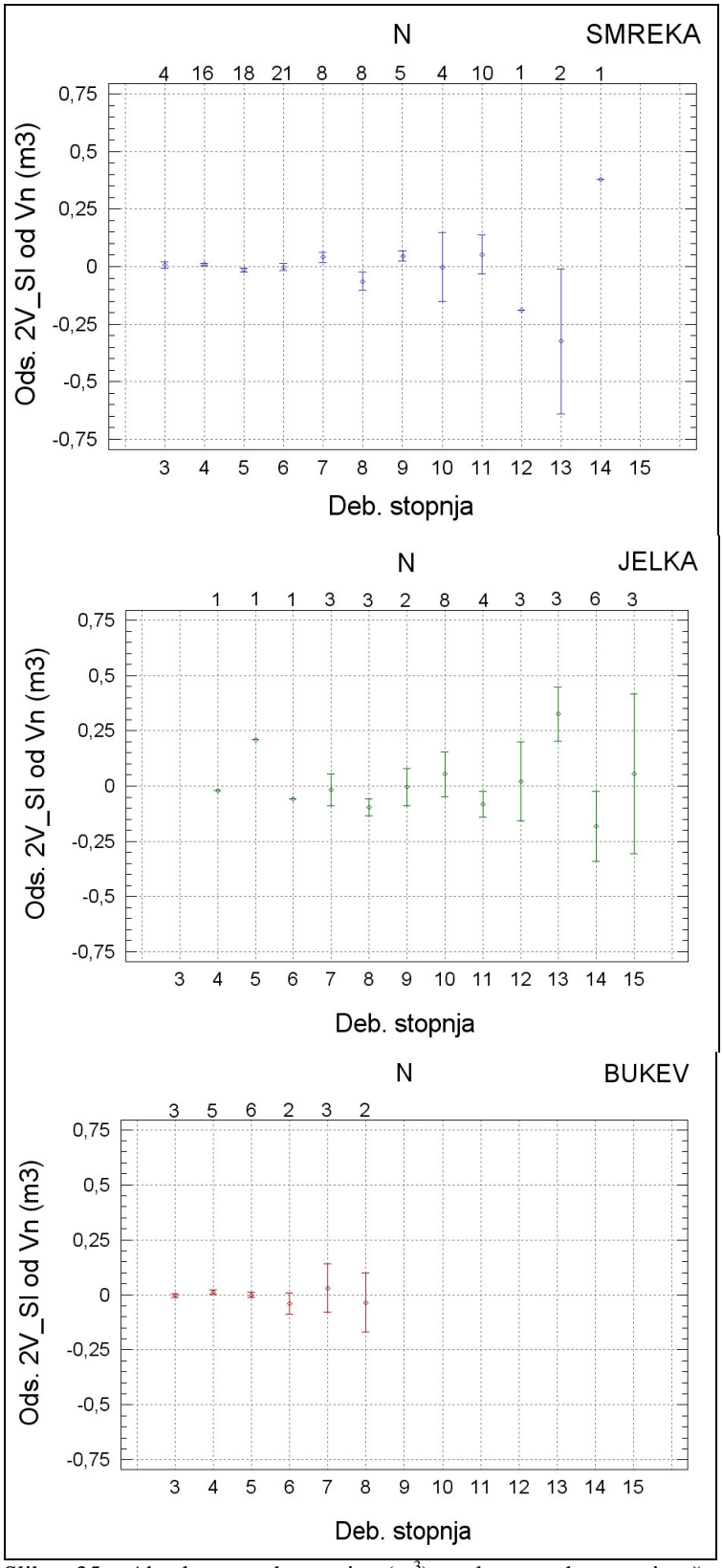
Slika 33: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



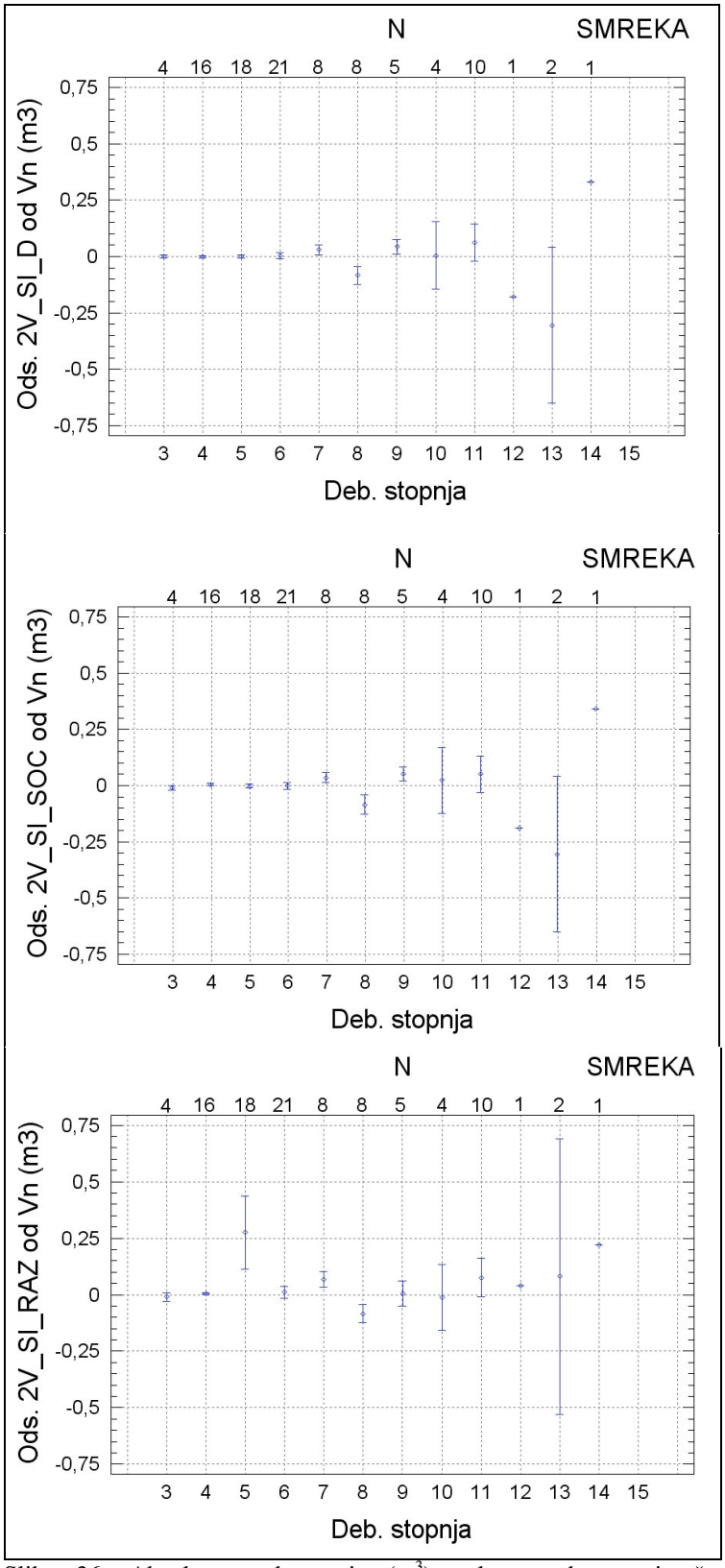
Slika 34: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_D, 3V_SI_SOC, 3V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 10) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah (2V_SI) so ugotovljene večje razlike kot pri trovhodnih volumenskih funkcijah. Za smreko je ugotovljeno sistematično precenjevanje do 7. deb. stopnje, nato pri 8. deb. stopnji podcenjevanje, in nato večje pozitivne in negativne razlike glede na posamezno deb. stopnjo. Za jelko so ugotovljene velike razlike (malo dreves pri posamezni deb. stopnji), nezanesljivost, nihajoča pozitivna in negativna odstopanja glede na posamezno deb. stopnjo. Za bukev so te funkcije zelo zanesljive, podatki pa so samo do 8. deb. stopnje, Slika 35.

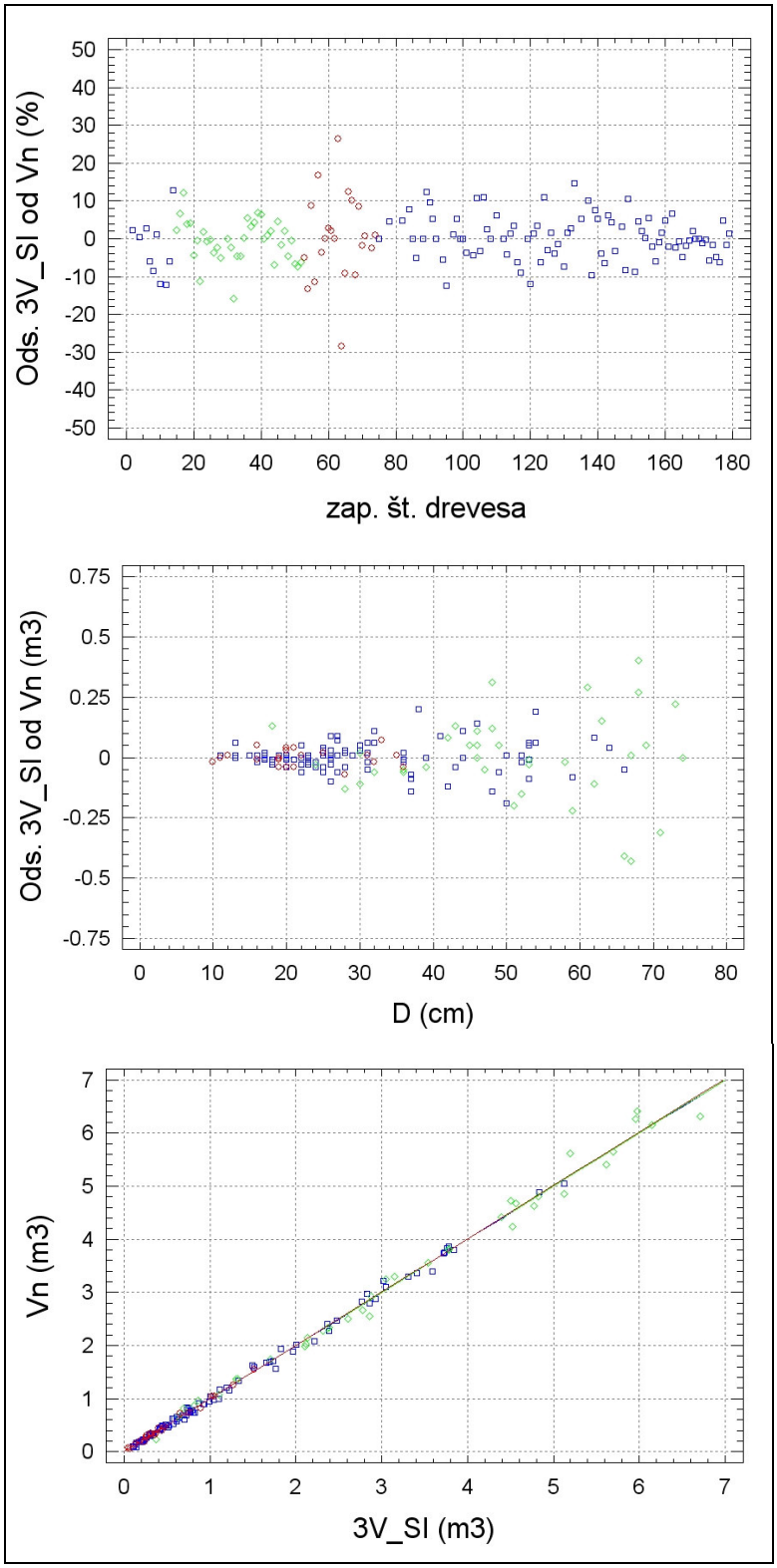
Upoštevanje razdelitve volumenskih funkcij glede na debelino premera prinese na primeru smreke izboljšanje le pri 4. deb. stopnji. Upoštevanje razvojne faze prinese izboljšanje, razen v primeru Ravnika, kjer da pokljuška formula za debeljak previsoke rezultate. Upoštevanje socialnega položaja prinese izboljšanje, Slika 36, Slika 41, Slika 42, Slika 43, Slika 44.



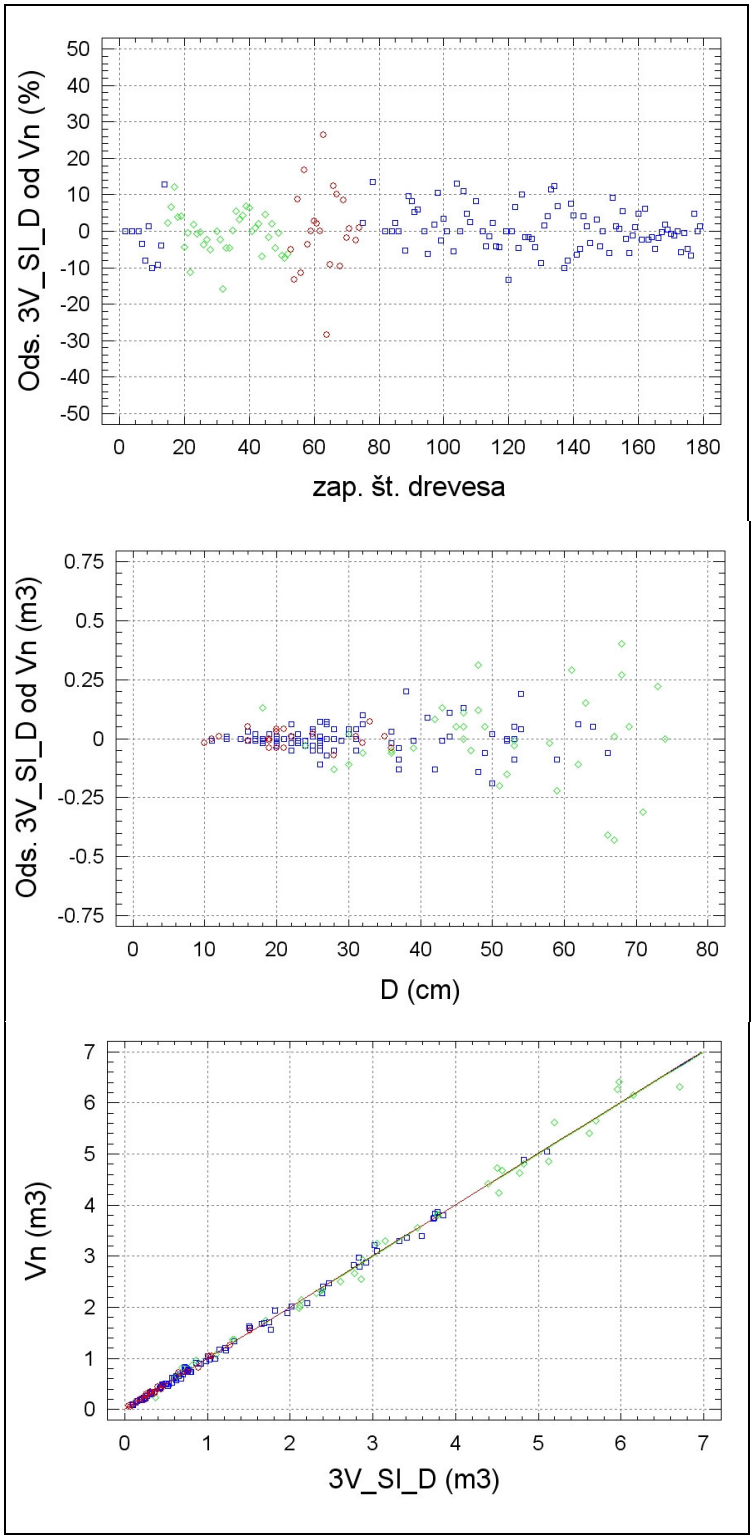
Slika 35: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



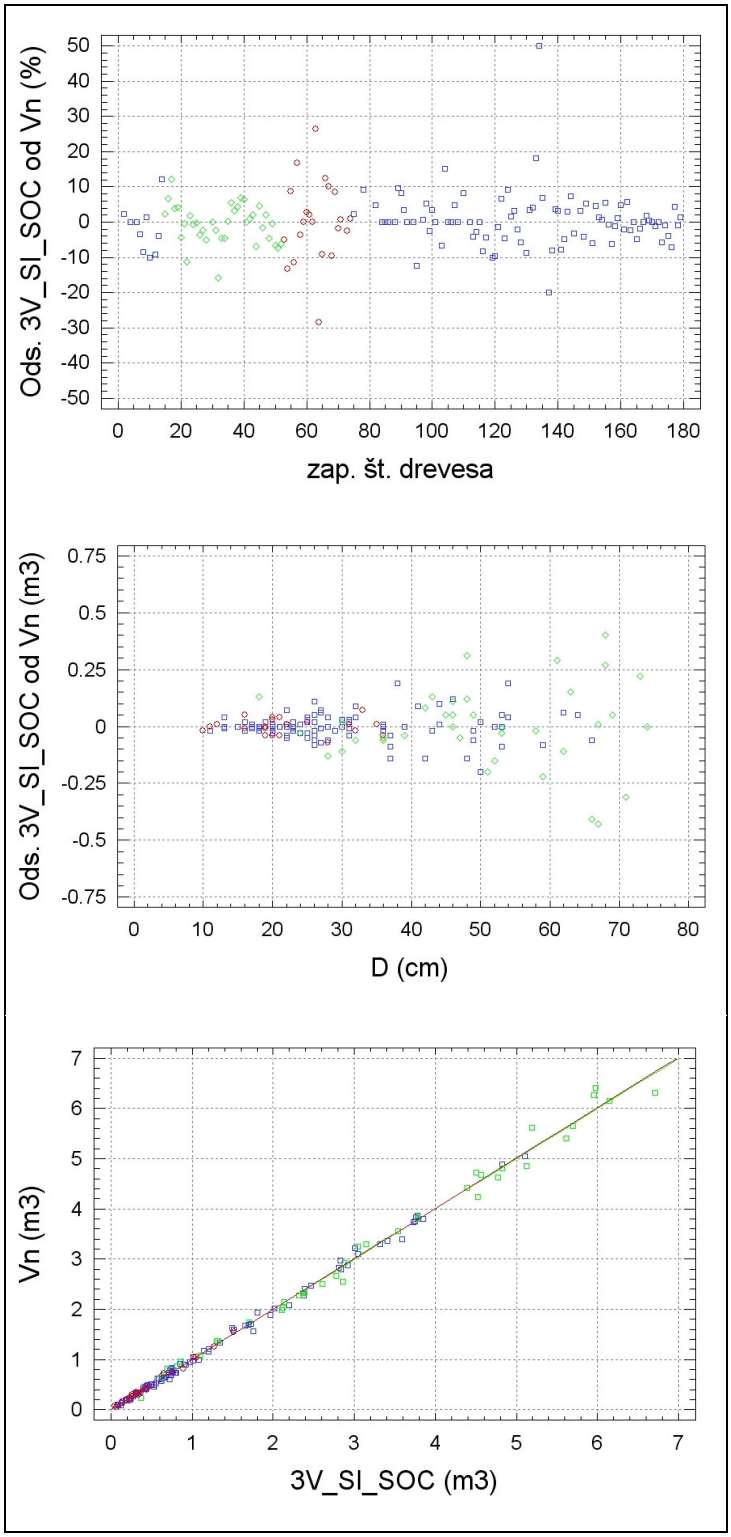
Slika 36: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_D, 2V_SI_SOC, 2V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 10) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



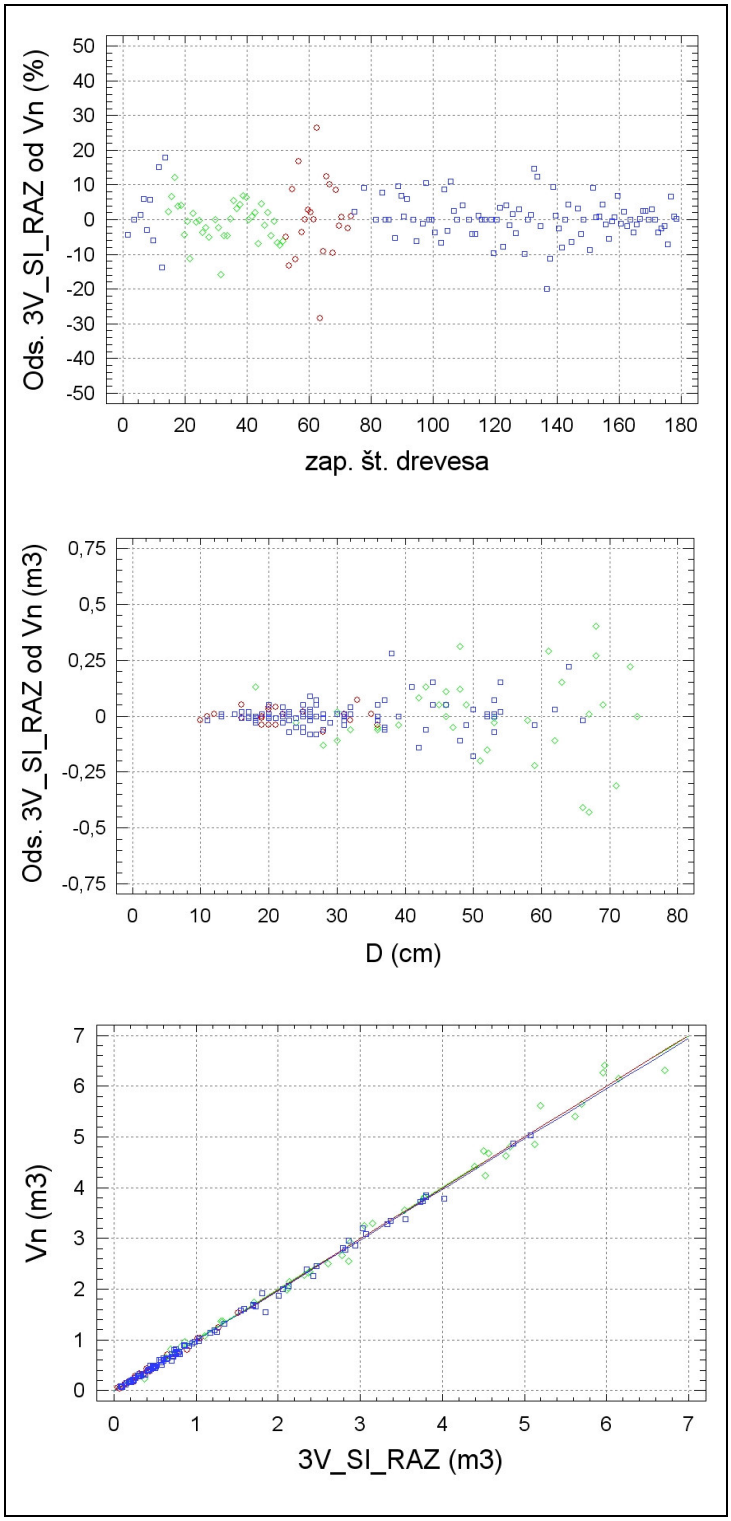
Slika 37: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997436 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 38: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_D) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997608 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



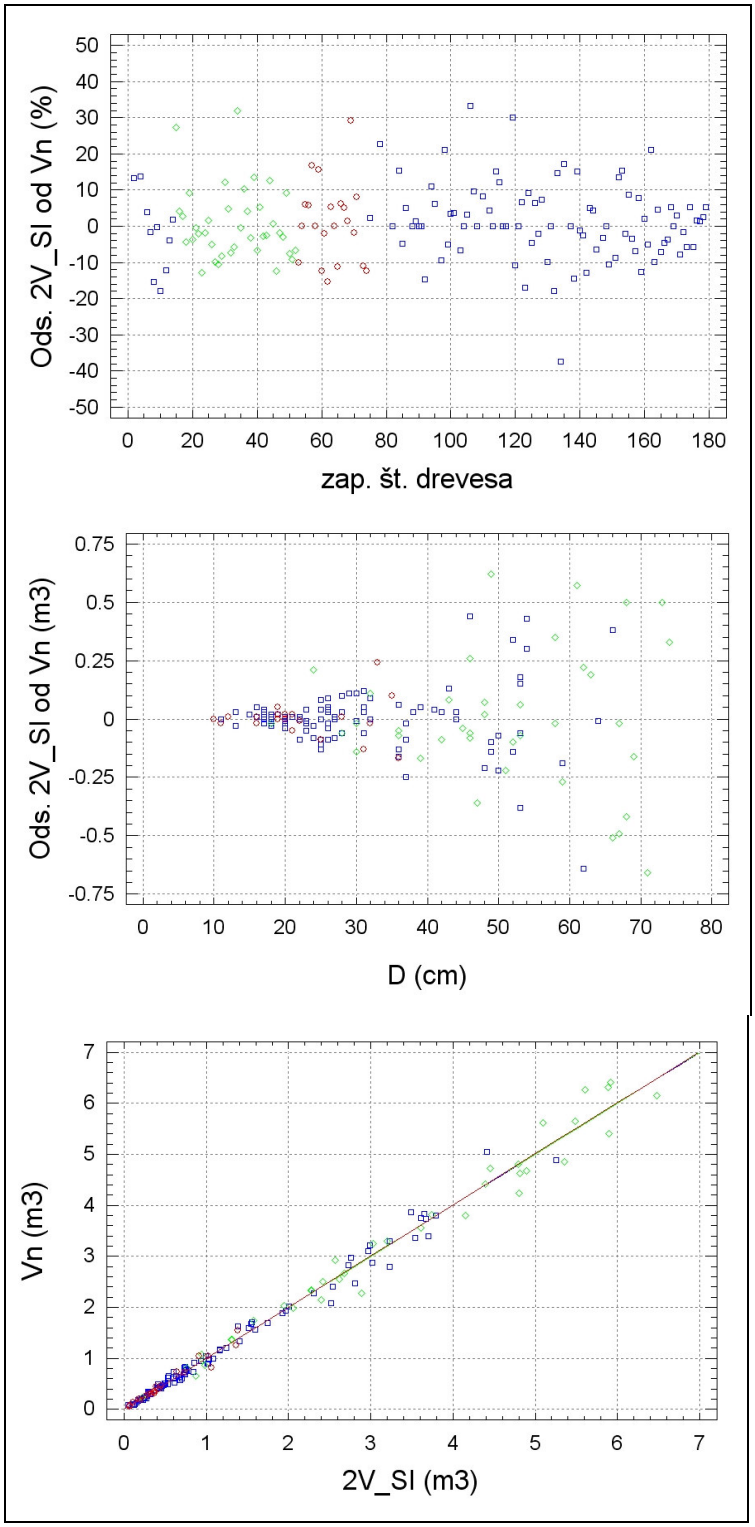
Slika 39: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_SOC) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997620 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



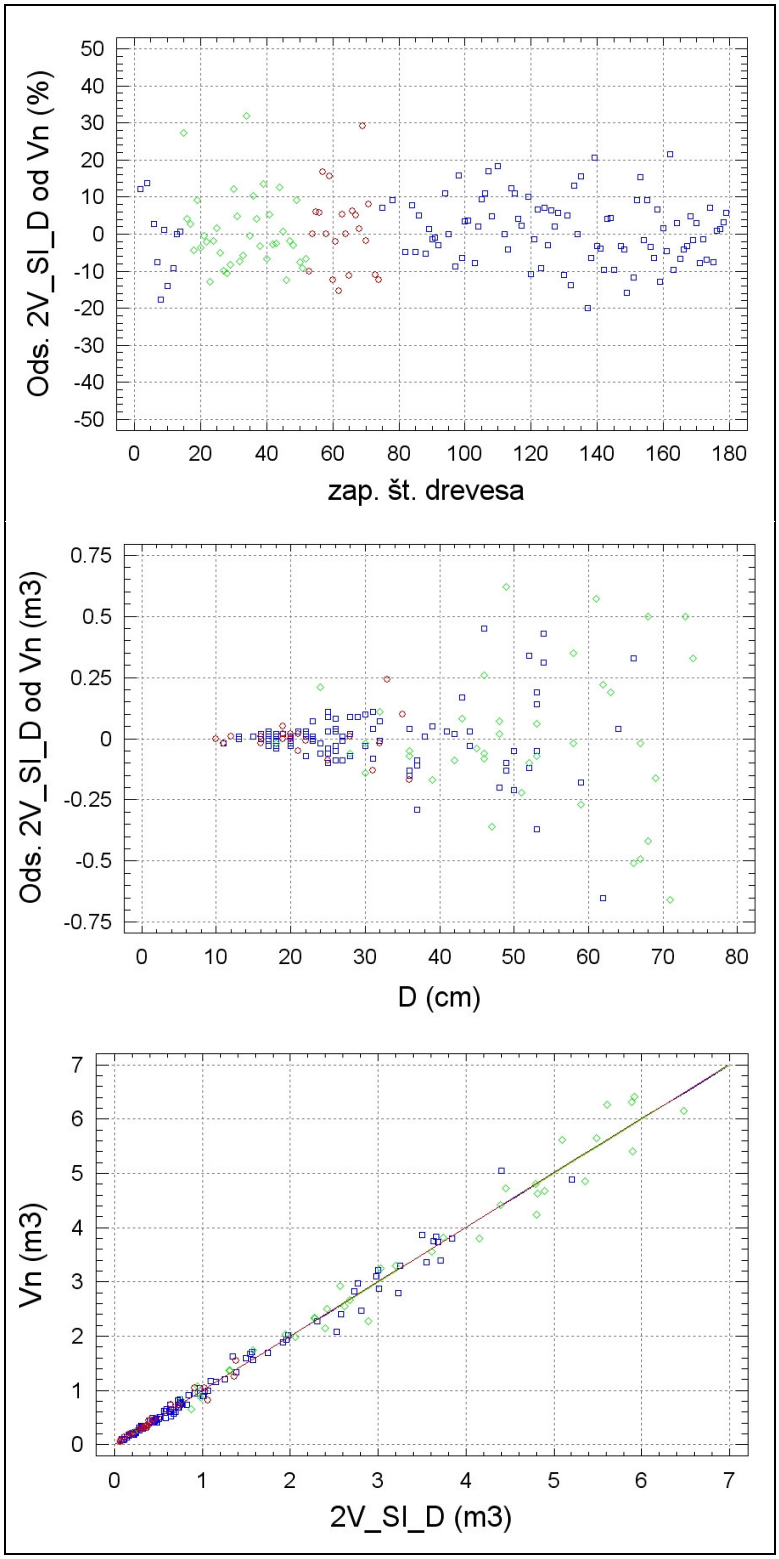
Slika 40: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami (3V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,997473 za smreko, 0,990337 za jelko in 0,992724 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Absolutna odstopanja (m^3) regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI) so enakomerna, le pri tanjših drevesih, drogovnjaku smreke, so sistematično pozitivna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so enakomerna, v intervalu ±10 %, le pri smrekovem drogovnjaku na Pokljuki so sistematično pozitivna. Tanjša drevesa imajo sistematično pozitivna in večja relativna odstopanja (%) kot debelejša.

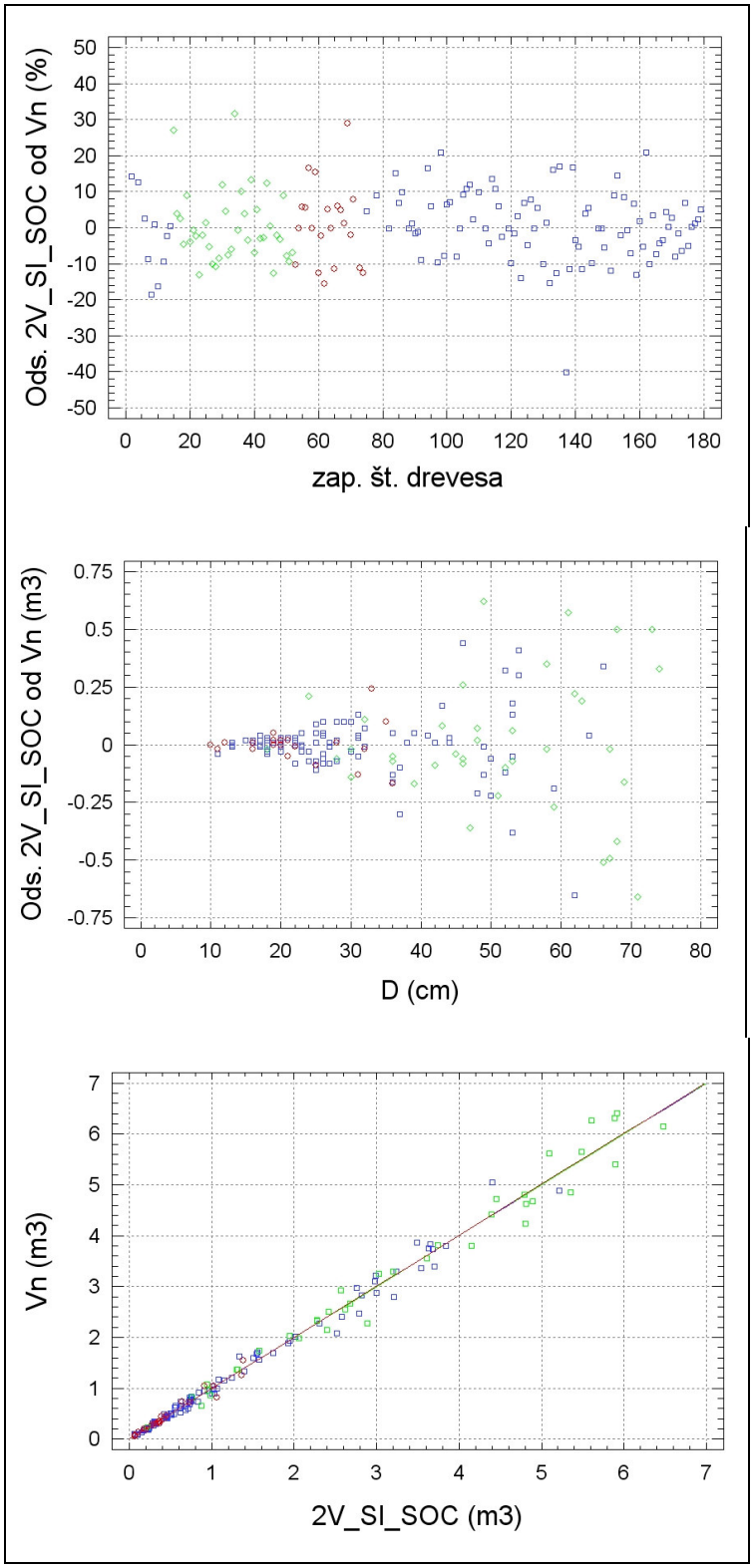
Razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi (3V_SI) vrednostmi volumna dreves so minimalne. Odstopanja so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) pri naših podatkih zanesljive (tudi zato, ker smo jih testirali na istih podatki, iz katerih so napravljene) ter nam dajo zanesljive ocene pravih volumnov dreves.



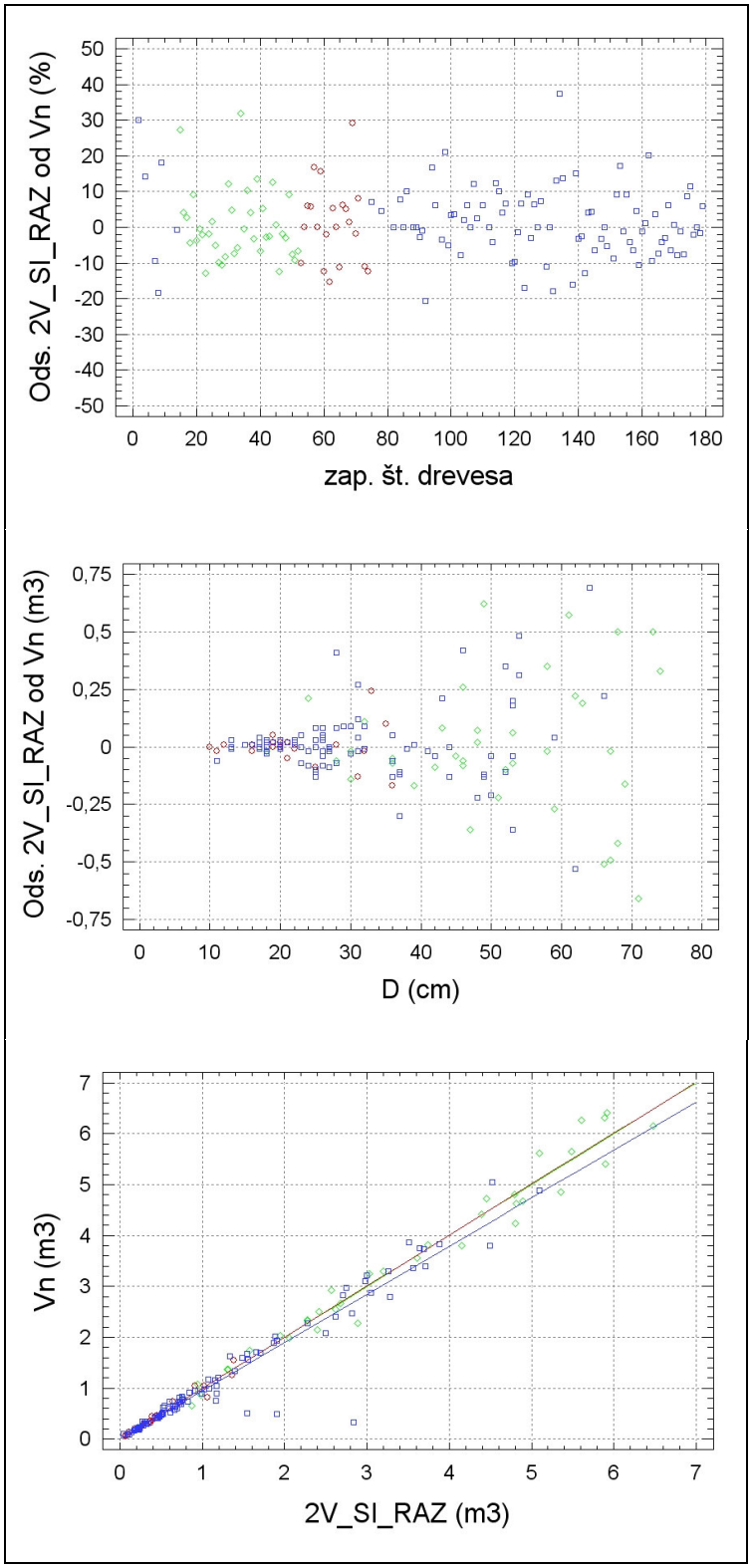
Slika 41: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,986830 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 42: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_D) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,986990 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 43: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_SOC) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,987087 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 44: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z dvovhodnimi deblovnicami (2V_SI_RAZ) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,922226 za smreko, 0,974188 za jelko in 0,961600 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Absolutna odstopanja (m^3) regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_SI) so enakomerna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so enakomerna, v intervalu ±15 %. Ni ugotovljenih razlik med lokacijama (Pokljuka, Ravnik), drevesnimi vrstami ali debelino drevja.

Razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi (2V_SI) vrednostmi volumna dreves so minimalne. Odstopanja, večja kot v primeru regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI), so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so regionalne dvovhodne deblovnice (2V_SI) pri naših podatkih zanesljive (tudi zato, ker smo jih testirali na istih podatkih, iz katerih so napravljene) ter nam dajo zanesljive (vendar manj kot regionalne trovhodne volumenske funkcije) ocene pravih volumnov dreves.

Kombinirana formula (ločeno do 25 cm in od 26 cm) pri smreki pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah (3V_SI_D) bistveno ne zmanjša odstopanj. Pri pokljuškem drogovnjaku npr. od 1,2 na 1,0 %. Tudi pri dvovhodnih deblovnicah (2V_SI_D) kombinirana formula ne prinese bistvene izboljšave. Razdelitev po socialnem položaju (3V_SI_SOC, 2V_SI_SOC) za primer smreke zmanjša odstopanja. Razdelitev po razvojni fazi (3V_SI_RAZ, 2V_SI_RAZ) za primer smreke pa za Pokljuko zmanjša odstopanja, pri Ravniku pa dobimo večja, saj smo volumne izračunali po formuli za Pokljuko – debeljak in dobimo prevelike vrednosti.

Glede na rezultate primerjav obeh metod tako med skupinami dreves kot tudi med deb. stopnjami in posameznimi drevesi lahko sklepamo, da je metoda regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij (3V_SI) na ravni posameznih dreves zanesljivejša, na ravni skupine dreves pa da tudi metoda regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_SI) zelo dobre rezultate.

Regionalne trovhodne volumenske funkcije (3V_SI) so dovolj zanesljive za oceno referenčnih volumnov dreves. Regionalne dvovhodne deblovnice (2V_SI) so pogojno dovolj zanesljive za oceno referenčnih volumnov dreves oz. lesne zaloge sestojev.

Za referenčno metodo, za izračun ocene referenčnega volumna (v_r) za drevesa, za katera imamo podatke o d, h in d_7, lahko vzamemo naslednje enačbe:

- smreka: 3V_SI (konstruirana iz vseh smrek sekcijskih meritev, $N_{dreves} = 98$),
- jelka: 3V_SI (konstruirana iz vseh jelk sekcijskih meritev, $N_{dreves} = 38$),
- bukev: 3V_CH (švicarske originalne; saj so se slovenske regionalne trovhodne volumenske funkcije za bukev pri preverjanju izkazale za nezanesljive na slabših rastiščih (Predmeja) in pri debelejših drevesih. Vzrok temu je premajhen in nereprezentativen vzorec dreves sekcijskih meritev).

Regionalne dvovhodne deblovnice (2V) so tudi dovolj zanesljive za uporabo, če jih izdelamo (uporabimo) ločeno za:

- drevesno vrsto (smreka, jelka, bukev),
- lokacijo (Pokljuka, Ravnik).

Te ugotovitve smo upoštevali pri nadaljnjih korakih, ko smo regionalne referenčne volumne dreves (v_{rr}) izračunali s pomočjo regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R).

6.3.3 Prilagojene enotne francoske tarife

Primerjali smo volumne dreves sekcijskih meritev (N_{dreves} = 157), izračunane z različnimi enovhodnimi volumenskimi funkcijami – tarifami. Volumne dreves smo izračunali s:

- prilagojenimi enotnimi francoskimi (PEF) tarifami, in sicer z izborom vrste in razreda:
    - kot so določene sedaj (1V_ZGS),
    - na novo določene, ažurirane (1V_POP), glede na odstopanje sedanjih tarif.

Izbrane vrste in razrede PEF tarif prikazuje Preglednica 30.

Preglednica 30: Izbrane vrste in razredi PEF tarif. Sekcijske meritve, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

LOKACIJA	DREVESNA VRSTA	RAZVOJNA FAZA	PEF TARIFE	
			1V_ZGS	1V_POP
Pokljuka	smreka	drogovnjak	V7/8	V8
Pokljuka	smreka	debeljak	V7/8	V8
Ravnik	smreka	raznodobno	V7	V7
Ravnik	jelka	raznodobno	V7	V7/8
Ravnik	bukev	raznodobno	V6	V8

Sedanji tarifni razredi (1V_ZGS) so pri ploskvah na Pokljuki višji kot na Ravniku, kar je posledica boljših rastišč na Pokljuki. Zanimivo je, da uporabljajo na Pokljuki, kjer so pretežno sestoji enodobne zgradbe, vmesne tarife za raznodobne sestoje. Na novo določene (ažurirane) PEF tarife (1V_POP) smo na podlagi meritev višin dreves povišali za pol tarifnega razreda pri ploskvah na Pokljuki in pri jelki na Ravniku. Tarifo za smreko pri ploskvah na Ravniku smo ohranili, za bukev pa smo jo povišali za dva tarifna razreda.

6.3.3.1 Ocena zanesljivosti prilagojenih enotnih francoskih tarif (1V_ZGS, 1V_POP)

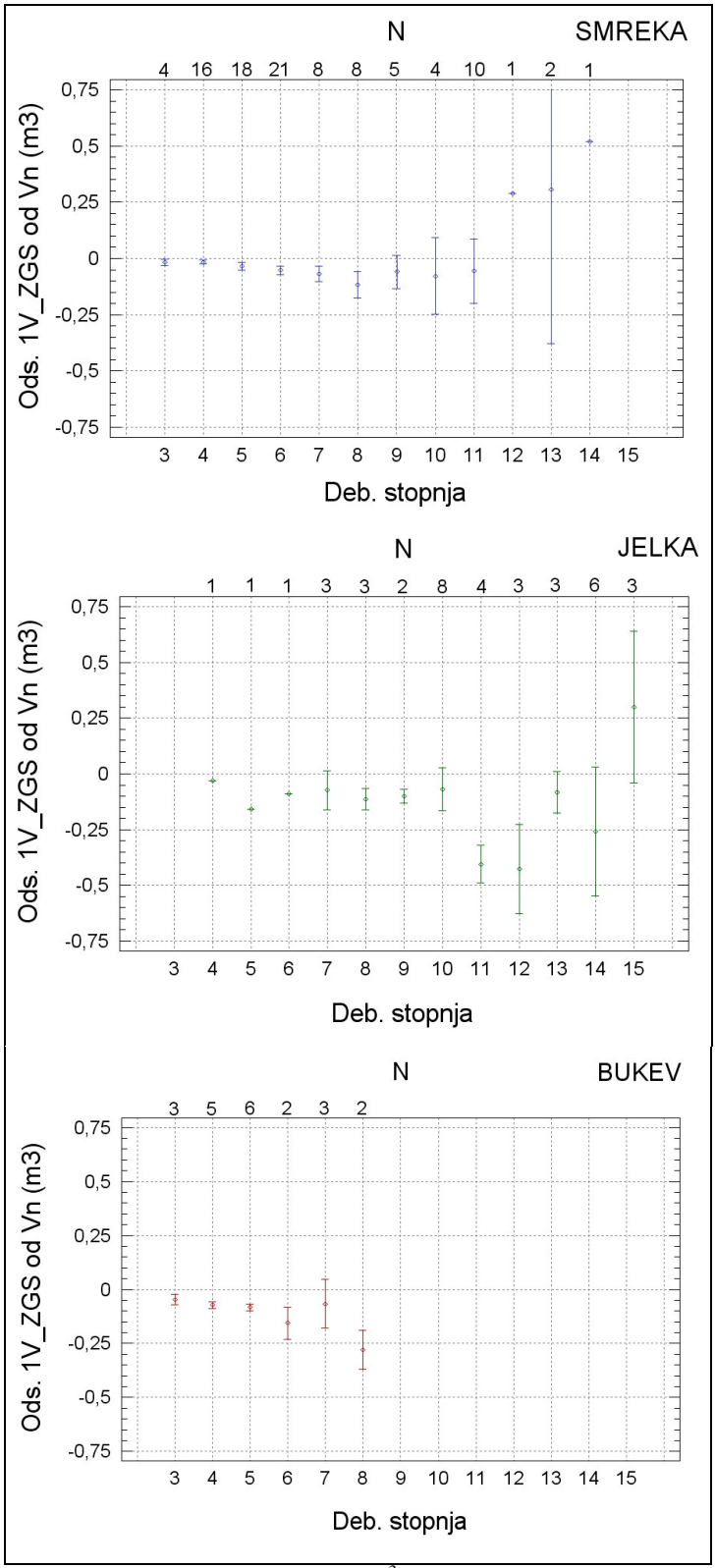
Izračunali smo povprečni volumen drevesa, razliko od ocene pravega volumna drevesa (v_n) ter srednjo napako ocene (*AR*) in standardni odklon odstopanj (*SR*). Primerjavo med skupinami dreves prikazuje Preglednica 31. Odstopanja po deb. stopnjah in po posameznih drevesih za PEF tarife (1V_ZGS, 1V_POP) prikazujejo Slika 45, Slika 46, Slika 47, Slika 48.

Preglednica 31: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti PEF tarif (1V_ZGS, 1V_POP) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

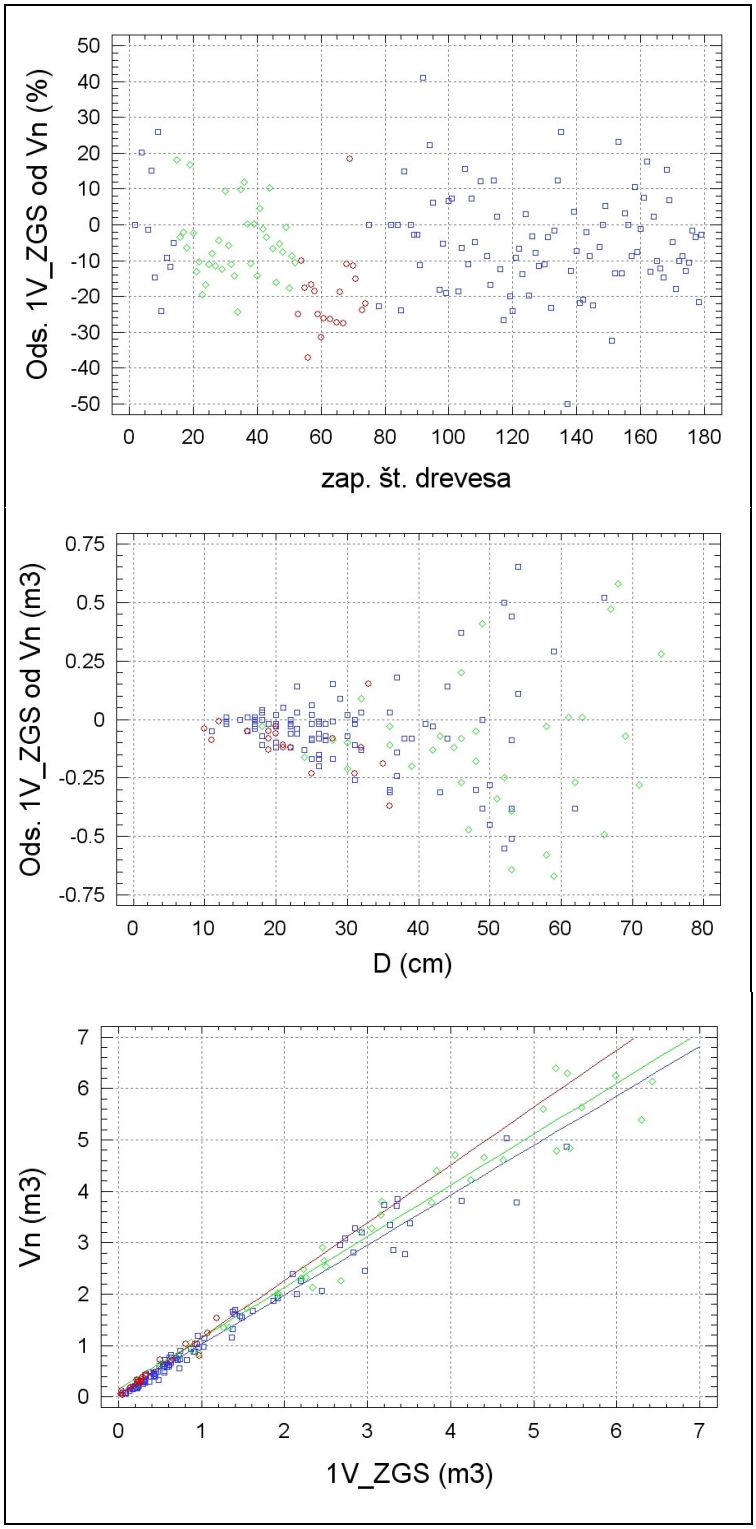
STANDARDNE		POVPREČNI VOLUMEN			RAZLIKA od V_n		ODSTOPANJE od V_n			
PEF tarife	N	V_n	1V_ZGS	1V_POP	1V_ZGS	1V_POP	1V_ZGS		1V_POP	
SKUPINA							*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%
POK_SM_DRO	61	0,506	0,469	0,494	–0,037	–0,012	–7,4	17,2	–2,5	15,7
POK_SM_DEB	27	2,746	2,668	2,798	–0,078	0,052	–2,8	11,8	1,9	12,1
POK_SM	88	1,193	1,143	1,201	–0,05	0,008	–4,2	16,2	0,6	16,4
RAV_SM	10	1,363	1,476	1,476	0,113	0,113	8,3	26,9	8,3	26,9
RAV_JE	38	3,281	3,139	3,299	–0,142	0,018	–4,3	12,3	0,6	12,3
RAV_BU	21	0,524	0,426	0,523	–0,098	–0,001	–18,8	26,7	–0,3	18,5
RAV_IG	48	2,881	2,792	2,920	–0,089	0,039	–3,1	13,8	1,3	13,7
SM	98	1,211	1,177	1,229	–0,034	0,018	–2,8	17,9	1,5	18,1
IG	136	1,789	1,725	1,807	–0,064	0,018	–3,6	15,8	1,0	15,8
SKUPAJ	157	1,620	1,551	1,636	–0,069	0,016	–4,2	16,5	1,0	16,4

Na novo določene (ažurirane) PEF tarife (1V_POP) dajo v povprečju zelo dobro oceno volumna dreves, sedanje tarife (1V_ZGS) pa povprečno podcenjujejo volumen za –4,2 % (v primeru bukve za –18,8 %).

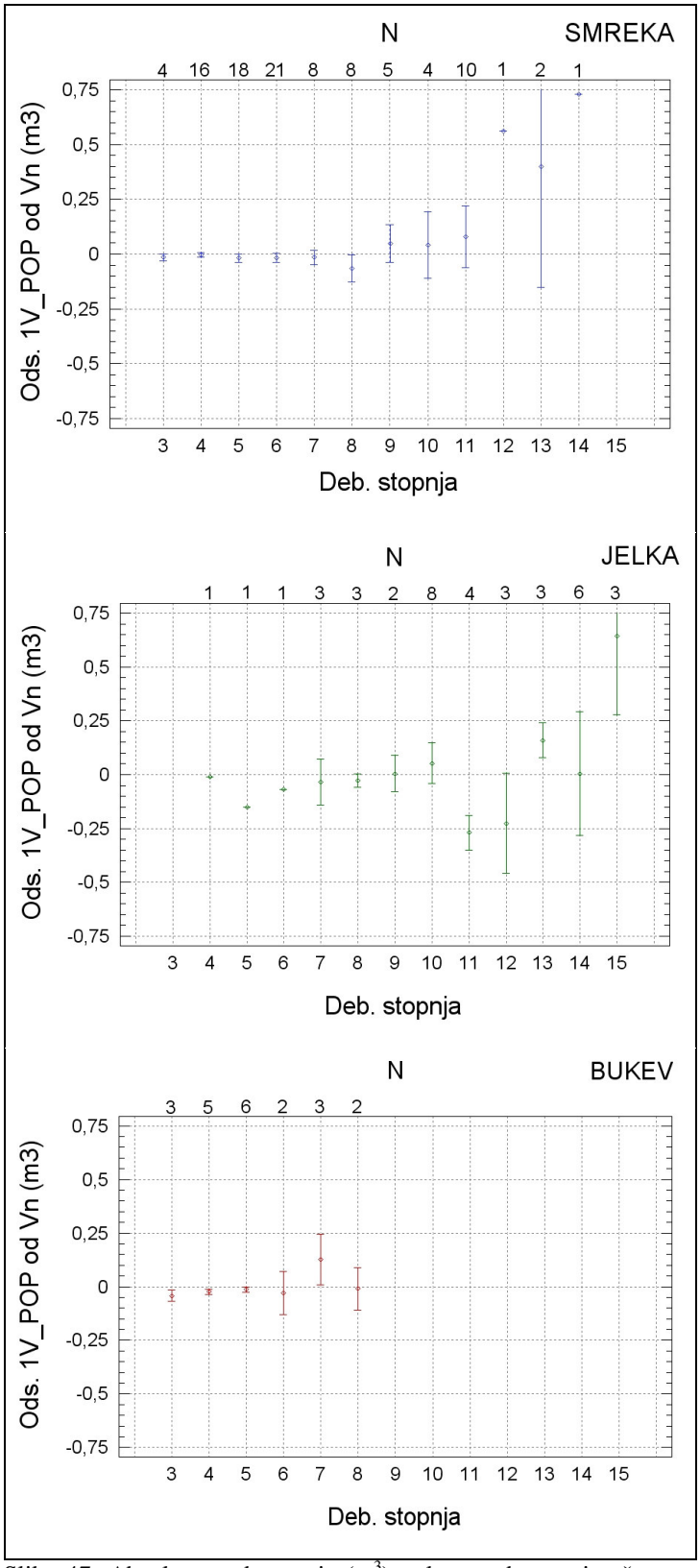
PEF tarife (1V_ZGS) imajo srednjo napako ocene od –7,4 do 8,3 % (bukev –18,8 %), standardni odklon odstopanj pa od 11,8 do 26,9 %. PEF tarife (1V_POP) imajo srednjo napako ocene od –2,5 do 8,3 %, standardni odklon odstopanj pa od 12,1 do 26,9 %.



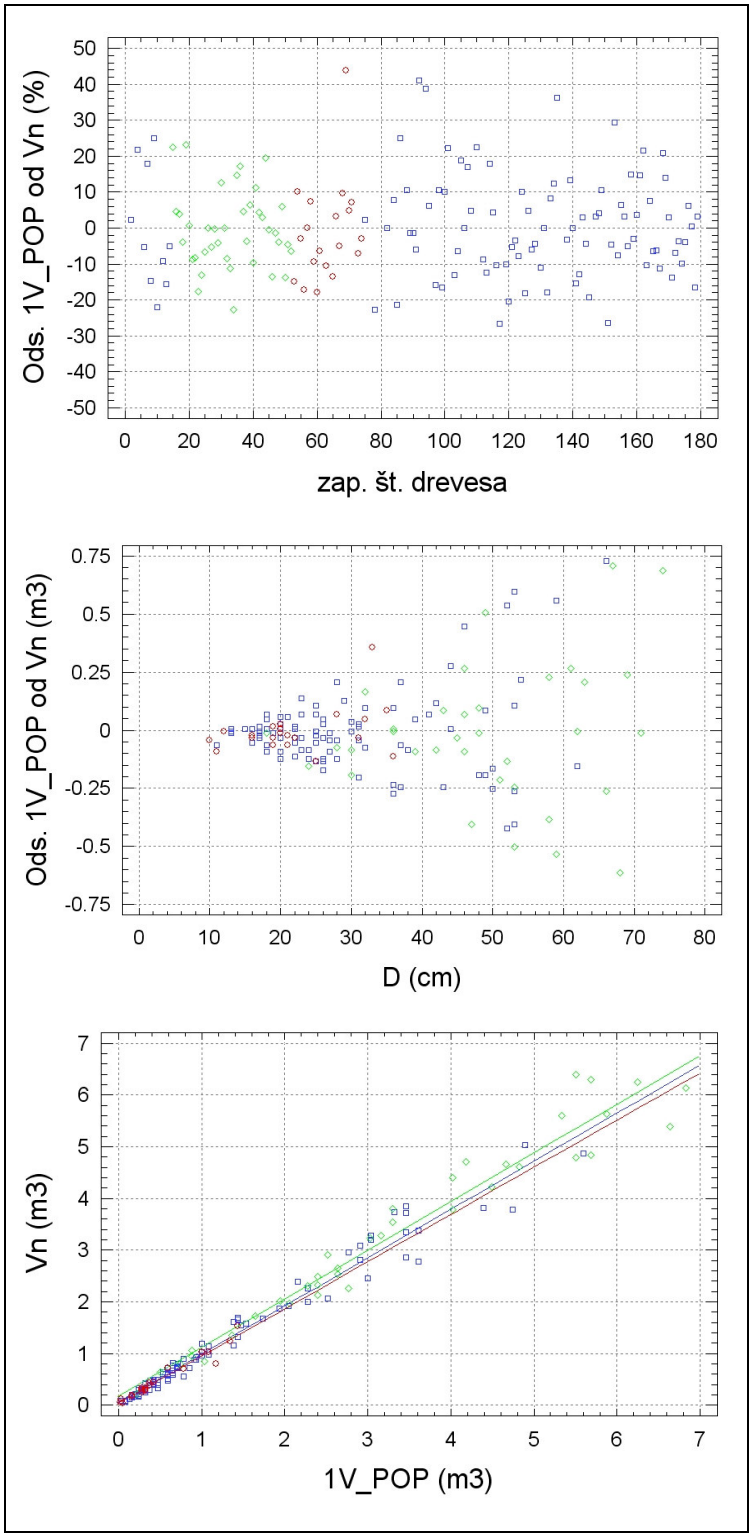
Slika 45: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 46: Odstopanja volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,968893 za smreko, 0,955482 za jelko in 0,949374 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 47: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z ažuriranimi PEF tarifami (1V_POP) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 48: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z ažuriranimi PEF tarifami (1V_POP) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,971690 za smreko, 0,953549 za jelko in 0,950485 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Absolutna odstopanja (m^3) sedanjih tarif (1V_ZGS) so sistematično negativna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so sistematično negativna in za večino dreves v intervalu ±25 %. Največja relativna odstopanja (%) so pri bukvi, nato pri jelki in smreki. Tanjša drevesa imajo večja relativna odstopanja kot debelejša.

Absolutna odstopanja (m^3) ažuriranih tarif (1V_POP) so enakomerna, razen pri debelejših smrekah so sistematično pozitivna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so enakomerna in za večino dreves v intervalu ±15 %. Glede vpliva lokacij (Pokljuka, Ravnik) in drevesnih vrst ni opaziti razlik. Pri najtanjših drevesih so ugotovljena večja negativna relativna odstopanja, pri najdebelejših pa pozitivna (do 25 %).

Razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi (1V_POP) vrednostmi volumna dreves niso velike. Odstopanja so predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so PEF tarife, če so pravilno izbrane (1V_POP), pri naših podatkih dovolj zanesljive za oceno lesne zaloge.

6.3.4 Lokalne enovhodne volumenske funkcije – tarife s polinomsko in eksponentno funkcijo

6.3.4.1 Lokalne enovhodne volumenske funkcije – tarife s polinomsko in eksponentno funkcijo

Iz ocen pravih volumnov dreves (v_n) sekcijskih meritev smo s pomočjo statistične metode regresijske analize izdelali lokalne enovhodne volumenske funkcije (tarife), in sicer z upoštevanjem enakih matematičnih funkcij, kot jih vsebujejo:

- PEF tarife, polinomska funkcija (1V_POL), enačba (17),
- Švicarske tarife, eksponenta funkcija (1V_EKS), enačba (22).

Območje definiranosti volumenskih funkcij, torej interval, kjer je lokalna tarifa dovolj zanesljiva za uporabo (p = 0,05), smo izračunali s pomočjo srednjega premera in standardnega odklona, Preglednica 32. Lokalne tarife prikazujeta Preglednica 33, Preglednica 34.

Preglednica 32: Območja definiranosti lokalnih tarif. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

LOKALNE	N	D_m	SD	MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$		
TARIFE				$SD \cdot t$	D_{min}	D_{max}
SKUPINA		cm	cm	cm	cm	cm
POK_SM_DRO	61	22,4	5,4	10,8	12	33
POK_SM_DEB	27	47,2	8,9	17,8	29	65
RAV_SM	10	35,2	13,9	27,8	7	63
RAV_JE	38	50,7	14,8	29,6	21	80
RAV_BU	21	22,2	7,7	15,4	7	38
SM	98	30,6	13,4	26,8	4	57

Preglednica 33: Lokalne tarife s polinomsko (1V_POL) volumensko funkcijo. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

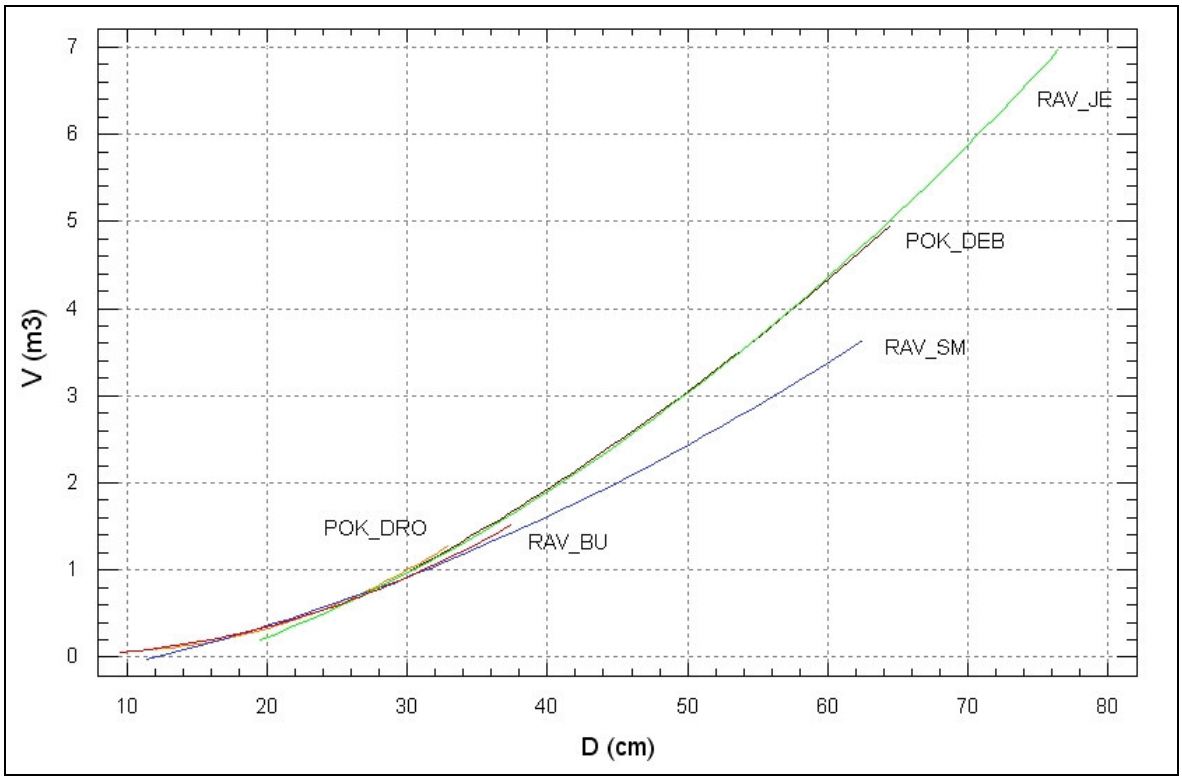
LOKALNE		ENAČBA	R^2	SE_v	SE_v%
POLINOMSKA	N			m^3	%
SKUPINA					
POK_SM_DRO	61	$v_n = 0{,}244481 - 0{,}0378456 \cdot d + 0{,}00209906 \cdot d^2$	0,903389	0,06	12,1
POK_SM_DEB	27	$v_n = -0{,}900519 + 0{,}0370905 \cdot d + 0{,}000821812 \cdot d^2$	0,908423	0,32	11,7
RAV_SM	10	$v_n = -0{,}371409 + 0{,}0235036 \cdot d + 0{,}0006415 \cdot d^2$	0,982772	0,14	10,4
RAV_JE	38	$v_n = -0{,}653426 + 0{,}0237642 \cdot d + 0{,}000981551 \cdot d^2$	0,953279	0,39	12,0
RAV_BU	21	$v_n = 0{,}0770595 - 0{,}014171 \cdot d + 0{,}00138729 \cdot d^2$	0,945627	0,10	18,3
SM	98	$v_n = -0{,}318614 + 0{,}0126642 \cdot d + 0{,}0010291 \cdot d^2$	0,965863	0,22	18,3

Preglednica 34: Lokalne tarife z eksponentno (1V_EKS) volumensko funkcijo. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

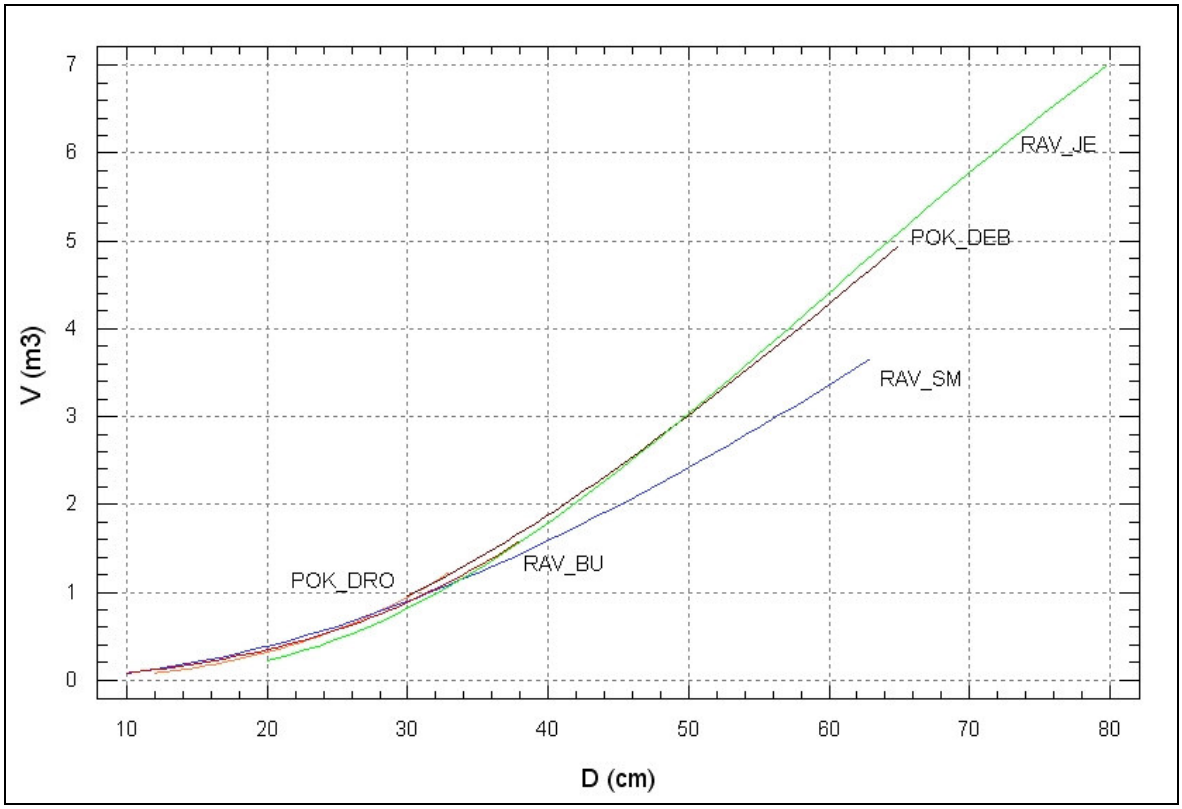
LOKALNE		ENAČBA	R^2	SE_v	SE_v%
EKSPONENTNA	N			m^3	%
SKUPINA					
POK_SM_DRO	61	$v_n = \exp(-7{,}81423 + 2{,}15538 \cdot \ln(d) + 0{,}00335063 \cdot \ln(d)^4)$	0,937659	0,08	15,5
POK_SM_DEB	27	$v_n = \exp(-10{,}7444 + 3{,}36712 \cdot \ln(d) - 0{,}00564515 \cdot \ln(d)^4)$	0,909589	0,32	11,6
RAV_SM	10	$v_n = \exp(-7{,}89437 + 2{,}37846 \cdot \ln(d) - 0{,}00224962 \cdot \ln(d)^4)$	0,981995	0,14	10,6
RAV_JE	38	$v_n = \exp(-13{,}7467 + 4{,}33037 \cdot \ln(d) - 0{,}00889597 \cdot \ln(d)^4)$	0,956895	0,38	11,5
RAV_BU	21	$v_n = \exp(-6{,}63499 + 1{,}75004 \cdot \ln(d) + 0{,}00418847 \cdot \ln(d)^4)$	0,946494	0,10	18,1
SM	98	$v_n = \exp(-11{,}2248 + 3{,}55931 \cdot \ln(d) - 0{,}00689276 \cdot \ln(d)^4)$	0,968216	0,21	17,7

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa, izračunanega z lokalnimi tarifami, znaša od 10,4 do 18,3 %. Velike vrednosti R^2 (med 0,90 in 0,98) nam povedo, da lahko tudi pri enovhodnih volumenskih funkcijah (polinomska, eksponentna) pojasnimo velik del variabilnost volumna posameznih dreves le z upoštevanjem ene spremenljivke – premera (d). Iz tega lahko sklepamo, da so enovhodne volumenske funkcije **–** tarife, če so izbrane za določen homogen sestoj, dovolj zanesljive za določanje srednjega volumna drevesa oz. lesne zaloge sestojev.

Med polinomsko in eksponentno funkcijo ni večjih razlik glede velikosti R^2 in potekov krivulj pri različnih skupinah dreves, Slika 49, Slika 50.



Slika 49: Primerjava lokalnih tarif, izdelanih s polinomsko (1V_POL) volumensko funkcijo. Pokljuka smreka drogovnjak (oranžna, N = 61, R^2 je 0,903389); Pokljuka smreka debeljak (rjava, N = 27, R^2 je 0,908423); Ravnik, smreka (modra, N = 10, R^2 je 0,982772); Ravnik jelka (zelena, N = 38, R^2 je 0,953279) in Ravnik bukev (rdeča, N = 21, R^2 je 0,945627). Sekcijske meritev za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 50: Primerjava lokalnih tarif, izdelanih z eksponentno (1V_EKS) volumensko funkcijo. Pokljuka smreka drogovnjak (oranžna, N = 61, R^2 je 0,937659); Pokljuka smreka debeljak (rjava, N = 27, R^2 je 0,909589); Ravnik, smreka (modra, N = 10, R^2 je 0,981995); Ravnik jelka (zelena, N = 38, R^2 je 0,956895) in Ravnik bukev (rdeča, N = 21, R^2 je 0,946494). Sekcijske meritev za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Med obema tipoma funkcij (polinomska, eksponentna) ni ugotovljenih bistvenih razlik. Tarifna krivulja za smrekov drogovnjak za Pokljuko se nadaljuje v tarifo za smrekov debeljak za Pokljuko in nato v tarifo za jelko za Ravnik. Tarifa za bukev za Ravnik se prekriva s tarifo za smrekov drogovnjak za Pokljuko. Edino tarifa za smreko za Ravnik odstopa (nezanesljiva zaradi majhnega vzorca 10 dreves). Tarife so (zaradi polinomske funkcije) napačne pri manjših premerih, saj dajo negativni volumen. Eksponentna funkcija za razliko od polinomske ohranja pozitivno vrednost pri tanjših premerih.

6.3.4.2 Ocena zanesljivosti lokalnih enovhodnih volumenskih funkcij – tarif s polinomsko (1V_POL) in eksponentno (1V_EKS) funkcijo

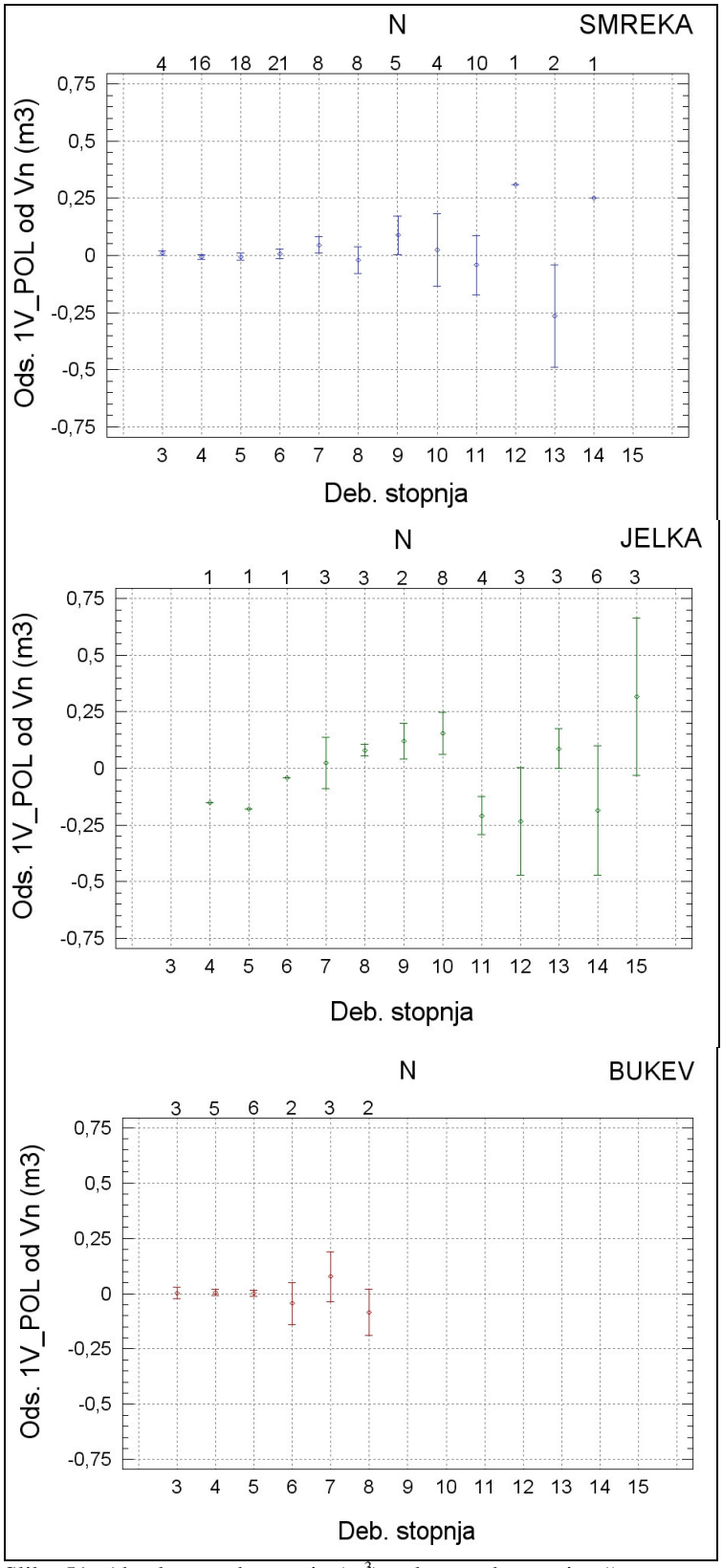
Izračunali smo povprečni volumen drevesa, razliko od ocen pravega volumna drevesa (v_n) ter srednjo napako ocene (*AR*) in standardni odklon odstopanj (*SR*). Primerjavo med lokalnimi enovhodnimi volumenskimi funkcijami – tarifami s polinomsko (1V_POL) in eksponentno (1V_EKS) funkcijo in ocenami pravih volumnov dreves (v_n) med skupinami dreves prikazuje Preglednica 35. Primerjali smo rezultate, ki jih dobimo pri uporabi lokalnih tarif, ki so bile konstruirane po drevesnih vrstah in rastiščih. Odstopanja po deb. stopnjah in po posameznih drevesih za lokalne tarife (1V_POL, 1V_EKS) prikazujejo Slika 51, Slika 52, Slika 53, Slika 54.

Preglednica 35: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti lokalnih tarif (1V_POL, 1V_EKS) med skupinami dreves. Vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev, Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuka (l. 2004, N = 88).

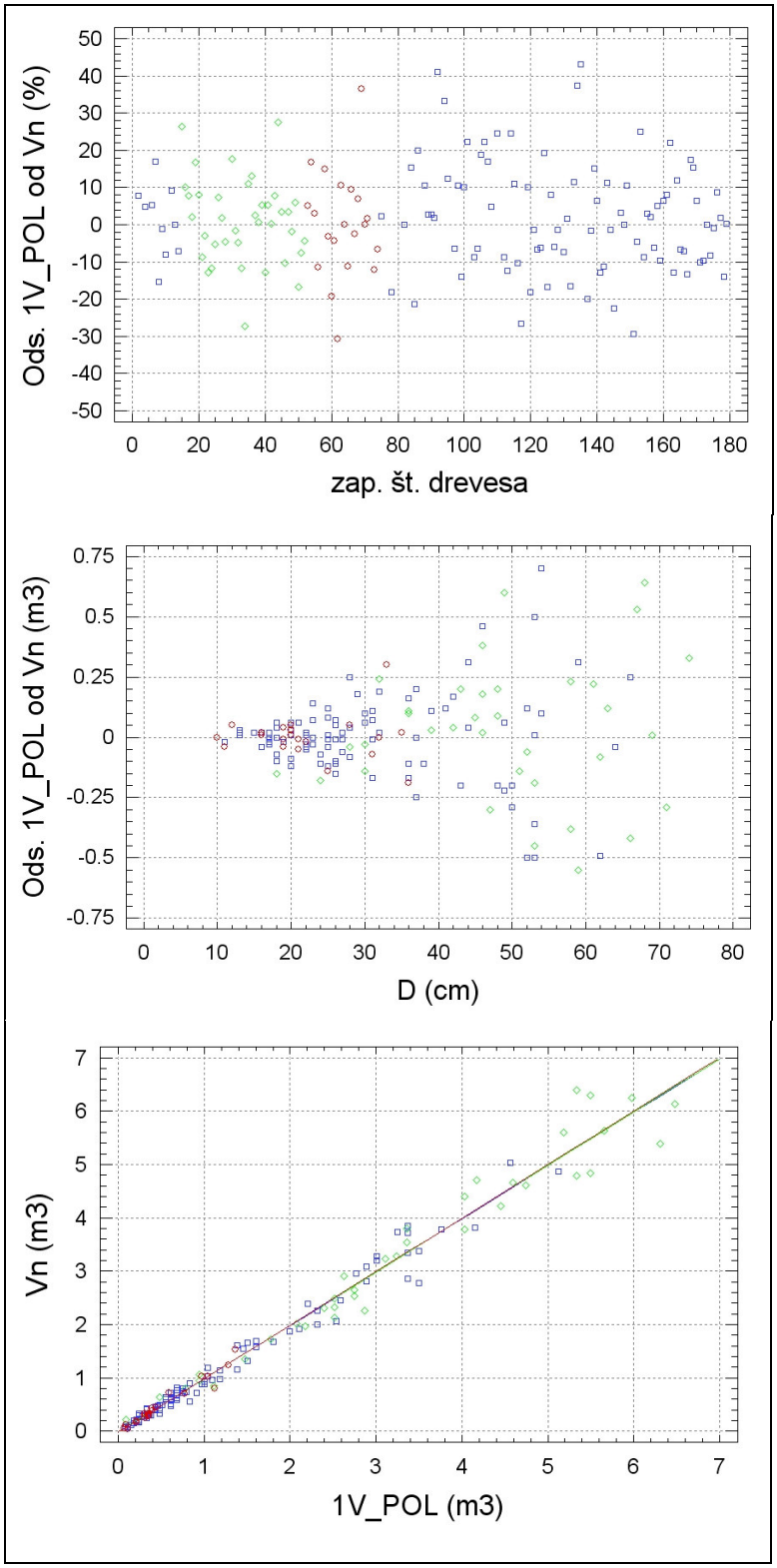
LOKALNE		POVPREČNI VOLUMEN			RAZLIKA od V_n		ODSTOPANJE od V_n			
POL, EKS	N	V_n	1V_POL	1V_EKS	1V_POL	1V_EKS	1V_POL		1V_EKS	
SKUPINA							*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%
POK_SM_DRO	61	0,506	0,511	0,507	0,005	0,001	1,0	15,5	0,2	15,0
POK_SM_DEB	27	2,746	2,745	2,745	–0,001	–0,001	0,0	11,0	0,0	11,0
POK_SM	88	1,193	1,197	1,939	0,004	0,746	0,3	15,1	0,0	15,0
RAV_SM	10	1,363	1,365	1,366	0,002	0,003	0,1	8,7	0,2	8,9
RAV_JE	38	3,281	3,280	3,270	–0,001	–0,011	0,0	11,5	–0,3	11,0
RAV_BU	21	0,524	0,525	0,527	0,001	0,003	0,1	17,1	0,5	16,8
RAV_IG	48	2,881	2,881	2,874	0,000	–0,007	0,0	11,8	–0,3	11,3
SM	98	1,211	1,214	1,211	0,003	0,000	0,3	14,4	0,1	14,3
IG	136	1,789	1,791	1,787	0,002	–0,002	0,1	13,9	–0,1	13,5
SKUPAJ	157	1,620	1,622	1,618	0,002	–0,002	0,1	14,4	–0,1	14,0

Obe vrsti lokalnih tarif (1V_POL, 1V_EKS) dasta v povprečju zelo dobre rezultate. Deloma tudi zato, ker smo jih testirali na istih podatkih, iz katerih smo jih konstruirali.

Lokalne tarife, izdelane s polinomsko (1V_POL) funkcijo, imajo srednjo napako ocene od 0,0 do 1,0 %, standardni odklon odstopanj pa od 8,7 do 17,1 %. Lokalne tarife, izdelane z eksponentno (1V_EKS) funkcijo, imajo srednjo napako ocene od –0,3 do 0,5 %, standardni odklon odstopanj pa od 8,9 do 16,8 %.



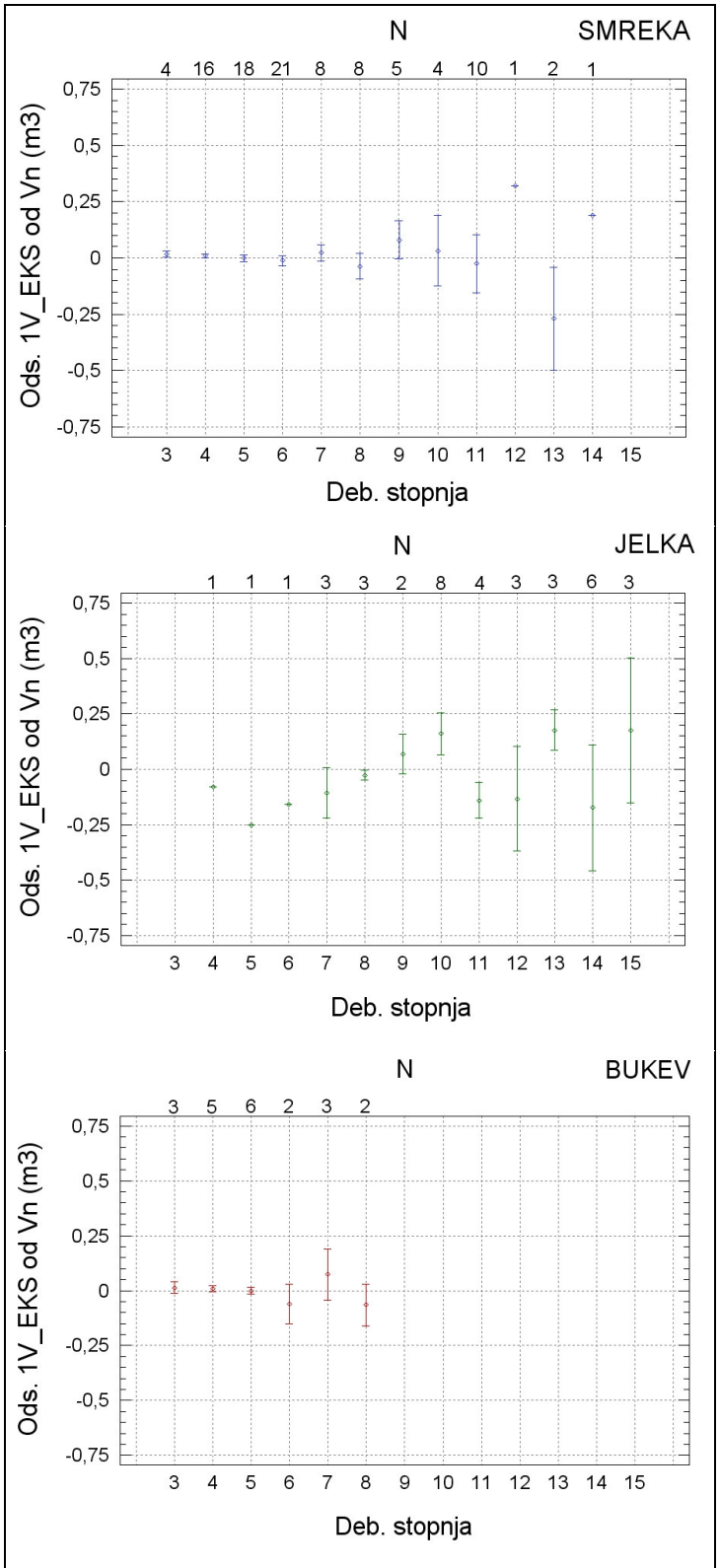
Slika 51: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_POL) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



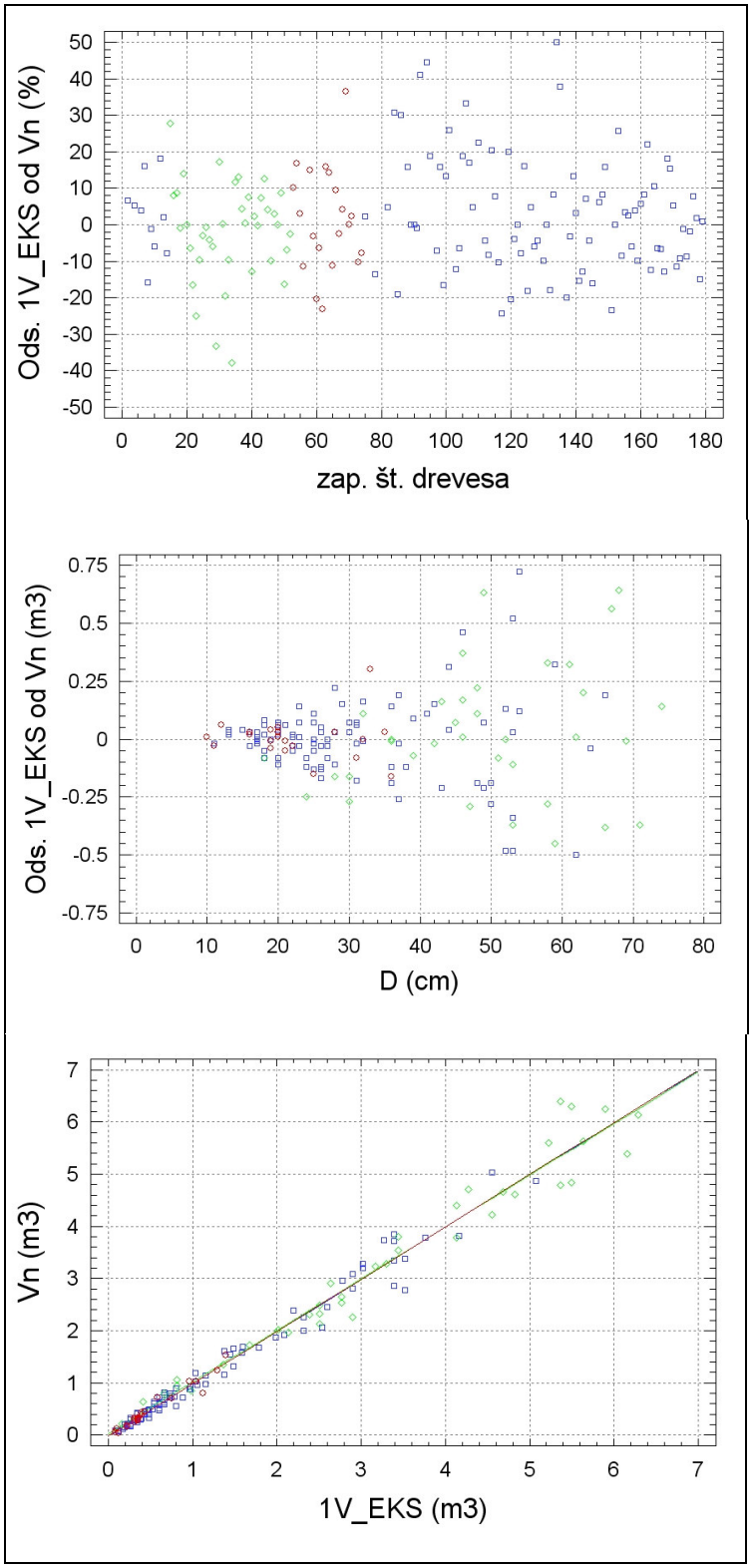
Slika 52: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_POL) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,978577 za smreko, 0,955727 za jelko in 0,950293 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Absolutna odstopanja (m^3) lokalnih tarif s polinomsko (1V_POL) volumensko funkcijo so enakomerna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so enakomerna in za večino dreves v intervalu ±20 %. Glede vpliva rastišča in drevesnih vrst ni opaziti razlik. Pri najtanjših drevesih so ugotovljena ekstremna relativna odstopanja.

Razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi (1V_POL) vrednostmi volumna dreves so minimalne. Odstopanja so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so lokalne tarife s polinomsko (1V_POL) volumensko funkcijo pri naših podatkih zanesljive (tudi zato, ker smo jih testirali na istih podatki, iz katerih so napravljene) ter nam lahko dajo dobre ocene srednjega volumna oz. lesne zaloge.



Slika 53: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_EKS) glede na oceno pravega volumna (v_n), po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*), smreka (N = 98), jelka (N = 38) in bukev (N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).



Slika 54: Odstopanja volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_EKS) glede na oceno pravega volumna (v_n). Relativno odstopanje (%) in primerjava lokacij; absolutno odstopanje (m^3) po premerih; ocena pravega volumna (v_n) v primerjavi z izračunanim (R^2 je 0,978891 za smreko, 0,959347 za jelko in 0,951922 za bukev). Ravnik (drevesa od 1 do 74), Pokljuka drogovnjak (75–152) in debeljak (153–179). Smreka (modra, N = 98), jelka (zelena, N = 38) in bukev (rdeča, N = 21). Za vsa drevesa (N = 157) sekcijskih meritev skupaj za Ravnik (l. 2003, N = 69) in Pokljuko (l. 2004, N = 88).

Absolutna odstopanja (m^3) lokalnih tarif z eksponentno (1V_EKS) volumensko funkcijo so enakomerna. Pri tanjših drevesih so absolutna odstopanja (m^3) manjša kot pri debelejših. Relativna odstopanja (%) so enakomerna in za večino dreves v intervalu ±20 %. Glede vpliva rastišča in drevesnih vrst ni opaziti razlik. Pri najtanjših drevesih so ugotovljena ekstremna relativna odstopanja.

Razlike med ocenami pravih (v_n) vrednosti in izračunanimi (1V_EKS) vrednostmi volumna dreves so minimalne. Odstopanja so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so lokalne tarife z eksponentno (1V_EKS) volumensko funkcijo pri naših podatkih zanesljive (tudi zato, ker smo jih testirali na istih podatkih, na podlagi katerih so napravljene) ter nam lahko dajo dobre ocene srednjega volumna oz. lesne zaloge.

6.3.5 Zanesljivost tarif pri manjših premerih (10–30 cm)

6.3.5.1 Zanesljivost tarifnih krivulj pri manjših premerih (10–30 cm)

Na primeru lokalnih tarif, izračunanih iz sekcijskih meritev, smo preverili zanesljivost PEF tarif pri manjših premerih (10–30 cm). Primerjali smo tarife za polinomsko (tudi grafično) in eksponentno (samo tabelarično) izravnavo za smrekov drogovnjak na Pokljuki (POK_SM_DRO, N_{dreves} = 60) in za bukev na Ravniku (RAV_BU, N_{dreves} = 19), ki so zanesljive predvsem pri manjših premerih, glej poglavje 6.3.4. Za grafično predstavitev tarif med 10 in 90 cm pa smo vzeli lokalne tarife za smreko (POL_SM, N_{dreves} = 98) in bukev (POL_BU, N_{dreves} = 21).

Za vse vrste PEF tarif in lokalne tarife smo izračunali volumne in absolutne ter relativne razlike v območju od 10 do 90 cm oz. območju definiranosti, Preglednica 36.

Posebej smo za vse vrste PEF tarif in lokalne tarife izračunali volumne in absolutne ter relativne razlike v območju od 10 do 30 cm, kjer smo ugotovili največje razlike, Preglednica 37.

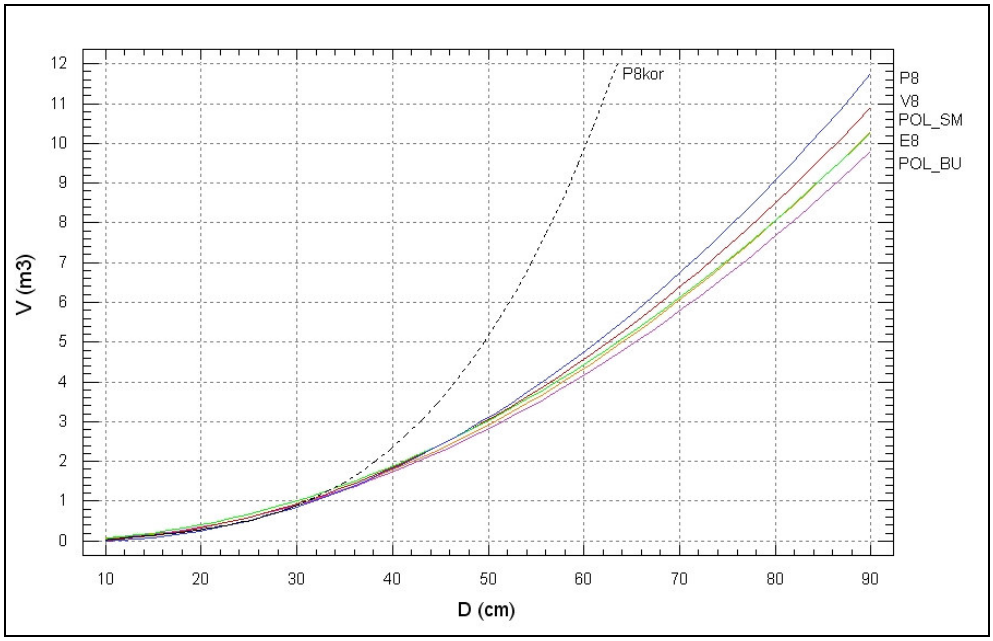
Rezultate smo ločeno prikazali za območje od 10 do 90 cm premera in tudi samo za ožje območje, od 10 do 30 cm premera, Slika 55, Slika 56.

Preglednica 36: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 69) in za Pokljuko (l. 2004, N = 88).

	PEF tarife				LOKALNE TARIFE				ABS. RAZLIKE od tarife V8							REL. RAZLIKE od tarife V8						
	RAZRED 8 (16), *k* = 2,418				POL		EKS		RAZ. 8			POL		EKS		RAZ. 8			POL		EKS	
D	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	BU	SM	BU	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	BU	SM	BU	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	BU	SM	BU
cm	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%	%	%	%
10	0,03	0,00	0,03	0,07	0,08	0,07	0,06	0,08	–0,03	0,00	0,04	0,05	0,04	0,03	0,05	–100,0	0,0	133,3	166,7	133,3	100,0	166,7
15	0,14	0,09	0,15	0,20	0,15	0,18	0,17	0,19	–0,05	0,01	0,06	0,01	0,04	0,03	0,05	–35,7	7,1	42,9	7,1	28,6	21,4	35,7
20	0,33	0,26	0,29	0,40	0,33	0,35	0,34	0,35	–0,07	–0,04	0,07	0,00	0,02	0,01	0,02	–21,2	–12,1	21,2	0,0	6,1	3,0	6,1
25	0,60	0,52	0,51	0,67	0,61	0,59	0,60	0,58	–0,08	–0,09	0,07	0,01	–0,01	0,00	–0,02	–13,3	–15,0	11,7	1,7	–1,7	0,0	–3,3
30	0,94	0,86	0,89	1,01	1,00	0,90	0,97	0,88	–0,08	–0,05	0,07	0,06	–0,04	0,03	–0,06	–8,5	–5,3	7,4	6,4	–4,3	3,2	–6,4
35	1,35	1,30	-	1,41	1,39	1,28	1,39	1,29	–0,05	-	0,06	0,04	–0,07	0,04	–0,06	–3,7	-	4,4	3,0	–5,2	3,0	–4,4
40	1,84	1,81	-	1,88	1,83	1,73	1,88	1,82	–0,03	-	0,04	–0,01	–0,11	0,04	–0,02	–1,6	-	2,2	–0,5	–6,0	2,2	–1,1
45	2,41	2,42	-	2,42	2,34	2,25	2,40	2,48	0,01	-	0,01	–0,07	–0,16	–0,01	0,07	0,4	-	0,4	–2,9	–6,6	–0,4	2,9
50	3,05	3,11	-	3,02	2,89	2,84	2,96	3,29	0,06	-	–0,03	–0,16	–0,21	–0,09	0,24	2,0	-	–1,0	–5,2	–6,9	–3,0	7,9
55	3,77	3,89	-	3,69	3,49	3,49	3,53	4,30	0,12	-	–0,08	–0,28	–0,28	–0,24	0,53	3,2	-	–2,1	–7,4	–7,4	–6,4	14,1
60	4,56	4,75	-	4,43	4,15	4,22	4,10	5,51	0,19	-	–0,13	–0,41	–0,34	–0,46	0,95	4,2	-	–2,9	–9,0	–7,5	–10,1	20,8
65	5,43	5,70	-	5,24	4,85	5,02	4,67	6,97	0,27	-	–0,19	–0,58	–0,41	–0,76	1,54	5,0	-	–3,5	–10,7	–7,6	–14,0	28,4
70	6,38	6,74	-	6,11	5,61	5,88	5,21	8,71	0,36	-	–0,27	–0,77	–0,50	–1,17	2,33	5,6	-	–4,2	–12,1	–7,8	–18,3	36,5
75	7,40	7,86	-	7,05	6,42	6,82	5,74	10,76	0,46	-	–0,35	–0,98	–0,58	–1,66	3,36	6,2	-	–4,7	–13,2	–7,8	–22,4	45,4
80	8,49	9,07	-	8,06	7,28	7,82	6,24	13,17	0,58	-	–0,43	–1,21	–0,67	–2,25	4,68	6,8	-	–5,1	–14,3	–7,9	–26,5	55,1
85	9,66	10,36	-	9,13	8,19	8,90	6,71	15,98	0,70	-	–0,53	–1,47	–0,76	–2,95	6,32	7,2	-	–5,5	–15,2	–7,9	–30,5	65,4
90	10,91	11,74	-	10,28	9,16	10,04	7,14	19,24	0,83	-	–0,63	–1,75	–0,87	–3,77	8,33	7,6	-	–5,8	–16,0	–8,0	–34,6	76,4

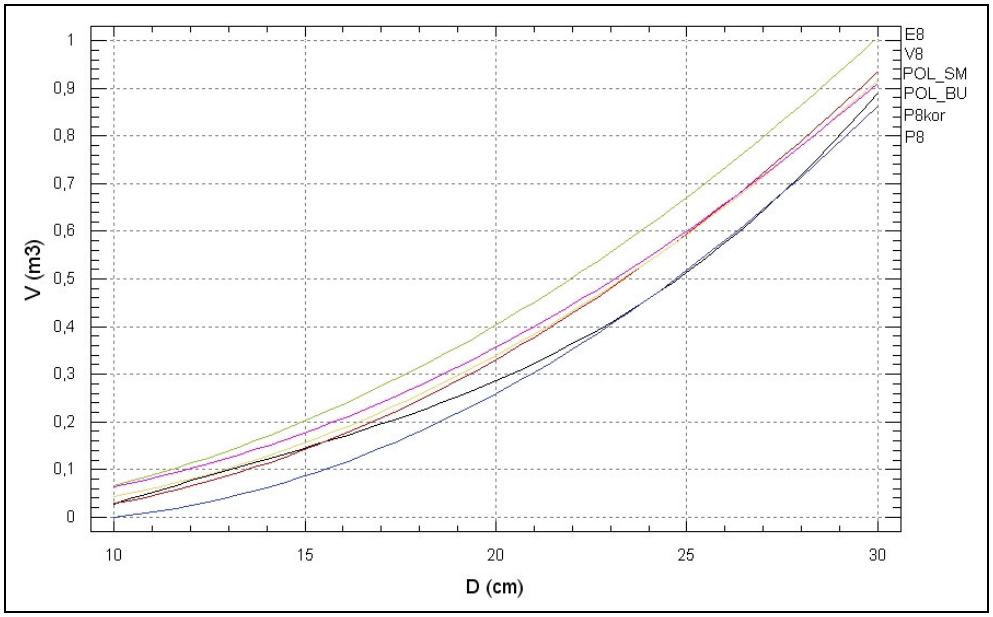
Preglednica 37: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003, N = 69) in za Pokljuko (l. 2004, N = 98).

	PEF tarife				LOKALNE TARIFE				ABS. RAZLIKE od tarife V8							REL. RAZLIKE od tarife V8						
	RAZRED 8 (16), *k* = 2,418				POL		EKS		RAZ. 8			POL		EKS		RAZ. 8			POL		EKS	
D	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	BU	SM	BU	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	BU	SM	BU	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	BU	SM	BU
cm	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%	%	%	%
10	0,03	0,00	0,03	0,07	0,08	0,07	0,06	0,08	–0,03	0,00	0,04	0,05	0,04	0,03	0,05	–100,0	0,0	133,3	166,7	133,3	100,0	166,7
11	0,04	0,01	0,05	0,09	0,08	0,09	0,08	0,10	–0,03	0,01	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	–75,0	25,0	125,0	100,0	125,0	100,0	150,0
12	0,06	0,02	0,08	0,11	0,09	0,11	0,10	0,12	–0,04	0,02	0,05	0,03	0,05	0,04	0,06	–66,7	33,3	83,3	50,0	83,3	66,7	100,0
13	0,09	0,04	0,10	0,14	0,11	0,13	0,12	0,14	–0,05	0,01	0,05	0,02	0,04	0,03	0,05	–55,6	11,1	55,6	22,2	44,4	33,3	55,6
14	0,11	0,06	0,12	0,17	0,13	0,15	0,14	0,16	–0,05	0,01	0,06	0,02	0,04	0,03	0,05	–45,5	9,1	54,5	18,2	36,4	27,3	45,5
15	0,14	0,09	0,15	0,20	0,15	0,18	0,17	0,19	–0,05	0,01	0,06	0,01	0,04	0,03	0,05	–35,7	7,1	42,9	7,1	28,6	21,4	35,7
16	0,17	0,11	0,17	0,24	0,18	0,21	0,19	0,22	–0,06	0,00	0,07	0,01	0,04	0,02	0,05	–35,3	0,0	41,2	5,9	23,5	11,8	29,4
17	0,21	0,15	0,20	0,27	0,21	0,24	0,22	0,24	–0,06	–0,01	0,06	0,00	0,03	0,01	0,03	–28,6	–4,8	28,6	0,0	14,3	4,8	14,3
18	0,25	0,18	0,22	0,31	0,24	0,27	0,26	0,28	–0,07	–0,03	0,06	–0,01	0,02	0,01	0,03	–28,0	–12,0	24,0	–4,0	8,0	4,0	12,0
19	0,29	0,22	0,25	0,36	0,28	0,31	0,30	0,31	–0,07	–0,04	0,07	–0,01	0,02	0,01	0,02	–24,1	–13,8	24,1	–3,4	6,9	3,4	6,9
20	0,33	0,26	0,29	0,40	0,33	0,35	0,34	0,35	–0,07	–0,04	0,07	0,00	0,02	0,01	0,02	–21,2	–12,1	21,2	0,0	6,1	3,0	6,1
21	0,38	0,30	0,32	0,45	0,38	0,39	0,38	0,39	–0,08	–0,06	0,07	0,00	0,01	0,00	0,01	–21,1	–15,8	18,4	0,0	2,6	0,0	2,6
22	0,43	0,35	0,36	0,50	0,43	0,44	0,43	0,43	–0,08	–0,07	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	–18,6	–16,3	16,3	0,0	2,3	0,0	0,0
23	0,48	0,40	0,41	0,56	0,48	0,49	0,48	0,48	–0,08	–0,07	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	–16,7	–14,6	16,7	0,0	2,1	0,0	0,0
24	0,54	0,46	0,46	0,61	0,55	0,54	0,54	0,52	–0,08	–0,08	0,07	0,01	0,00	0,00	–0,02	–14,8	–14,8	13,0	1,9	0,0	0,0	–3,7
25	0,60	0,52	0,51	0,67	0,61	0,59	0,60	0,58	–0,08	–0,09	0,07	0,01	–0,01	0,00	–0,02	–13,3	–15,0	11,7	1,7	–1,7	0,0	–3,3
26	0,66	0,58	0,58	0,73	0,68	0,65	0,66	0,63	–0,08	–0,08	0,07	0,02	–0,01	0,00	–0,03	–12,1	–12,1	10,6	3,0	–1,5	0,0	–4,5
27	0,72	0,65	0,64	0,80	0,75	0,71	0,73	0,69	–0,07	–0,08	0,08	0,03	–0,01	0,01	–0,03	–9,7	–11,1	11,1	4,2	–1,4	1,4	–4,2
28	0,79	0,72	0,72	0,87	0,83	0,77	0,80	0,75	–0,07	–0,07	0,08	0,04	–0,02	0,01	–0,04	–8,9	–8,9	10,1	5,1	–2,5	1,3	–5,1
29	0,86	0,79	0,80	0,93	0,91	0,83	0,88	0,82	–0,07	–0,06	0,07	0,05	–0,03	0,02	–0,04	–8,1	–7,0	8,1	5,8	–3,5	2,3	–4,7
30	0,94	0,86	0,89	1,01	1,00	0,90	0,97	0,88	–0,08	–0,05	0,07	0,06	–0,04	0,03	–0,06	–8,5	–5,3	7,4	6,4	–4,3	3,2	–6,4



Slika 55: PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna; črtkana – zunaj območja veljavnosti), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98, R^2 je 0,965863) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21, R^2 je 0,945627), 10–90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004).

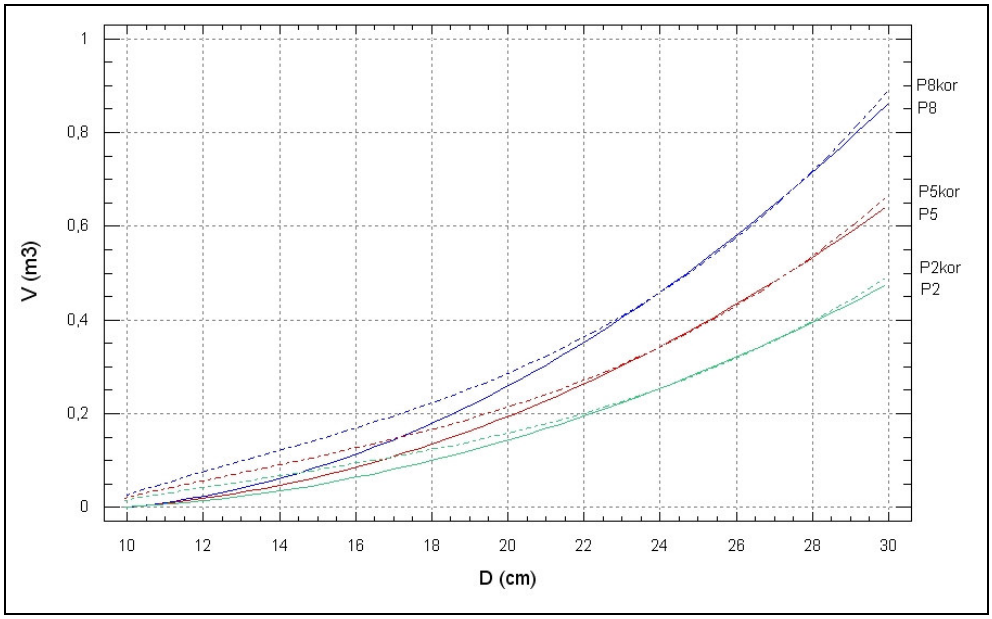
Pri PEF tarifah pride do križanja tarif pri 45 cm. Od tega premera dalje ima največjo vrednost tarifa P8, najmanjšo tarifa E8, tarifa V8 pa leži vmes. Do premera 45 cm pa leži najvišje tarifa E8, nato tarifa V8 in potem tarifa P8. Pri premeru 32 cm začne tarifa $P8_{kor}$ hitro naraščati (tudi po definiciji velja samo do 25 cm premera).



Slika 56: PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98, R^2 je 0,965863) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21, R^2 je 0,945627), 10–30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004).

Zanimivo je, da ležijo v območju od 10 do 30 cm PEF tarife skoraj vzporedno. Najvišje leži tarifa E8, najnižje tarifa P8, vmes pa tarifa V8. Tarifa $P8_{kor}$, ki ima višje vrednosti od tarife P8, se pri 30 cm dotakne tarife P8 in se pri 32 cm odcepi in postane nezanesljiva. Lokalni tarifi (POL_SM, POL_BU) ležita skoraj enako kot tarifa V8.

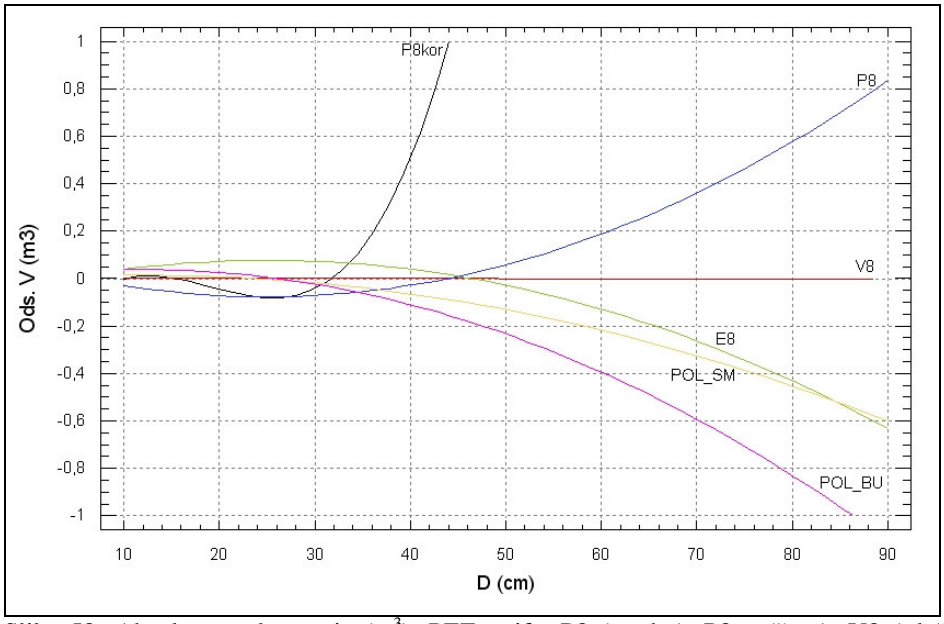
Ker so P tarife pod 25 cm nezanesljive, saj dajo prenizek volumen, jih je treba za območje od 10 do 25 cm premera korigirati po enačbi (20). Primerjavo med osnovnimi P tarifami in korigiranimi P_{kor} za tri različne tarifne razrede (2, 5 in 8) prikazuje Slika 57.



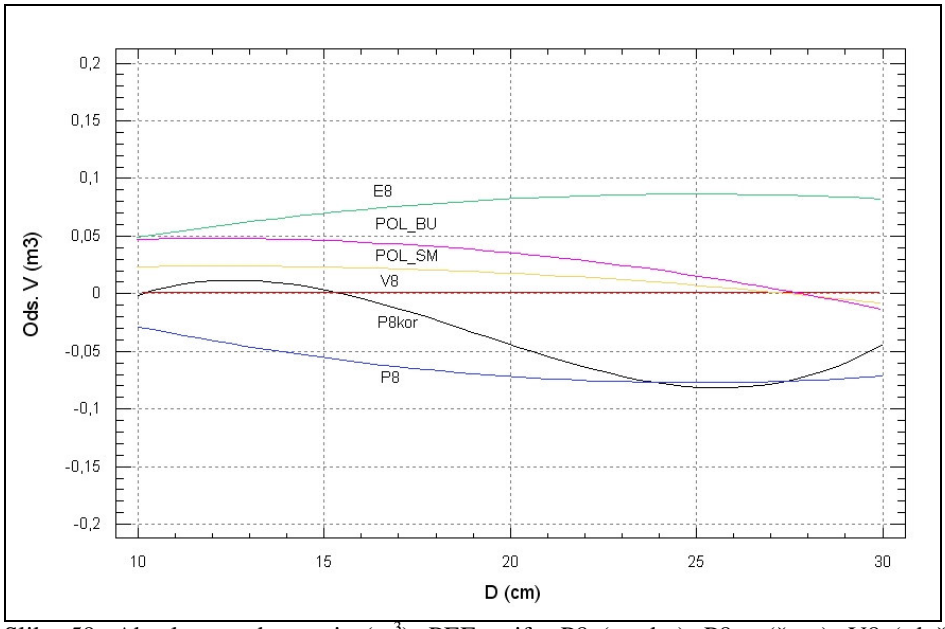
Slika 57: PEF tarife: P (polna črta) in P_{kor} tarifa (črtkana črta), različni tarifni razredi (zelena – 2. razred, rdeča – 5. razred in modra – 8. razred).

P in P_{kor} tarifi se združita pri 23 cm premera, nato potekata skupaj in se ponovno razdružita pri 28 cm premera ne glede na tarifni razred.

Pri izračunu absolutnih odstopanj smo za referenco vzeli tarifo V8 (ker naj bi bila konstruirana tako, da leži med tarifama E8 in P8) in jo primerjali z vsemi ostalimi tarifami, Slika 58, Slika 59.



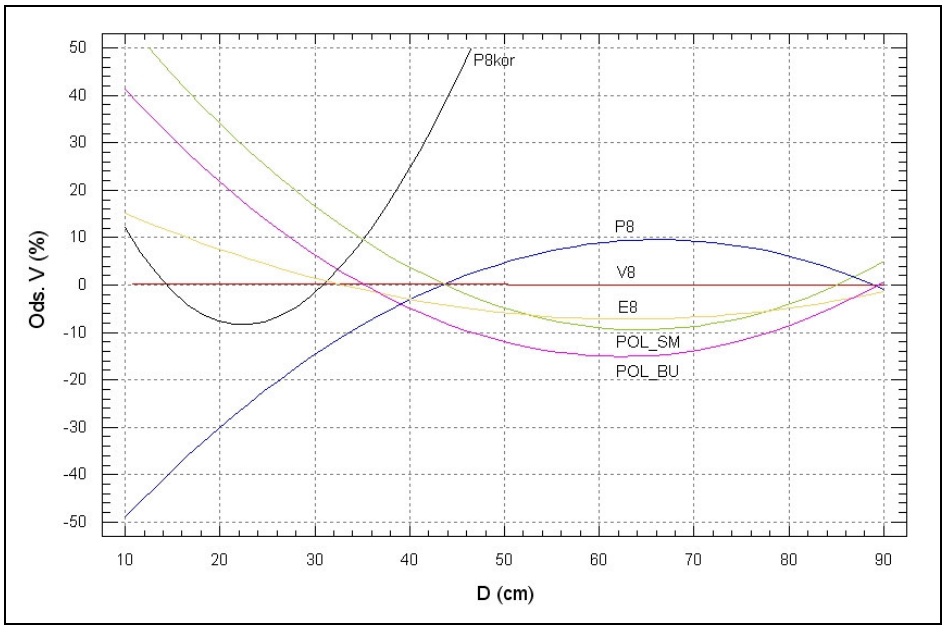
Slika 58: Absolutno odstopanje (m^3). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004).



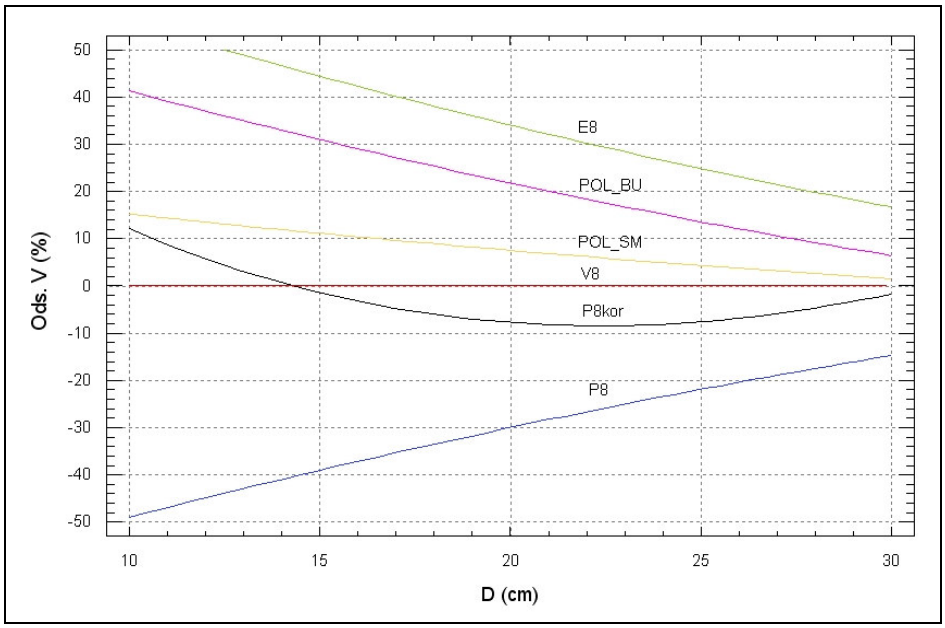
Slika 59: Absolutno odstopanje (m^3). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004).

Absolutna odstopanja so do 45 cm premera pri tarifi E8 pozitivna, pri tarifi P8 pa negativna. Pri 45 cm premera je točka, od katere dalje so odstopanja pri tarifi E8 negativna in pri tarifi P8 pozitivna. Tarifa $P8_{kor}$ ima manjša odstopanja od nekorigirane tarife P8. Absolutna odstopanja pri vseh PEF tarifah naraščajo do premera 25 cm, nato začnejo padati. Ko premer naraste nad 45 cm, se začnejo absolutna odstopanja PEF tarif spet povečevati. Lokalni tarifi (POL_SM, POL_BU) imata absolutna odstopanja podobna kot tarifa E8, le da prej (pri 28 cm premera) postanejo negativna.

Pri izračunu relativnih odstopanj smo za referenco vzeli tarifo V8 in jih primerjali z vsemi ostalimi tarifami, Slika 60, Slika 61.



Slika 60: Relativno odstopanje (%). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–90 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004).



Slika 61: Relativno odstopanje (%). PEF tarife: P8 (modra), $P8_{kor}$ (črna), V8 (rdeča) in E8 (zelena) ter lokalna tarifa POL_SM (oranžna, N = 98) in lokalna tarifa POL_BU (rožnata, N = 21), 10–30 cm. Sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003) in za Pokljuko (l. 2004).

Relativna odstopanja so največja pri 10 cm, nato se konstantno zmanjšujejo. Pri 45 cm premera je točka, od katere dalje so odstopanja pri tarifi E8 pozitivna in pri tarifi P8 negativna. Tarifa $P8_{kor}$ ima do 35 cm premera manjša odstopanja od nekorigirane tarife P8. Ko premer naraste nad 45 cm, začnejo relativna odstopanja PEF tarif spet naraščati do

premera 65 cm (±10 %), nato padajo. Lokalni tarifi (POL_SM, POL_BU) imata relativna odstopanja podobna kot tarifa E8, le da prej (pri 32 oz. 34 cm premera) postanejo negativna.

6.3.5.2 Zanesljivost ocen volumna dreves pri manjših premerih (10–30 cm)

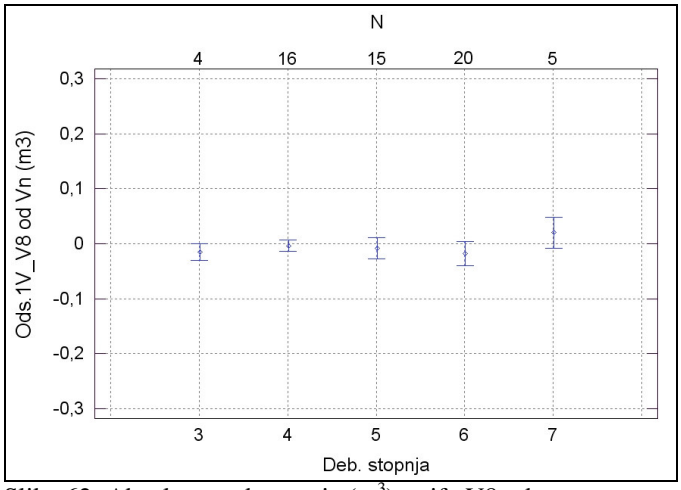
Primerjali smo podatke za smrekov drogovnjak na Pokljuki (POK_SM_DRO, N_{dreves} = 60) in za bukev na Ravniku (RAV_BU, N_{dreves} = 19), za lokalne tarife, ki so zanesljive tudi pri manjših premerih glej poglavje 6.3.4. Analizo smo opravili po deb. stopnjah. Rezultate smo predstavili posebej za smreko, Preglednica 38, Slika 62, Slika 63, Slika 64, Slika 65, Slika 66, Slika 67 in posebej za bukev, Preglednica 39, Slika 68, Slika 69, Slika 70, Slika 71, Slika 72, Slika 73.

Preglednica 38: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 30 cm. Smreka (N = 60), sekcijske meritve za Pokljuko (l. 2004).

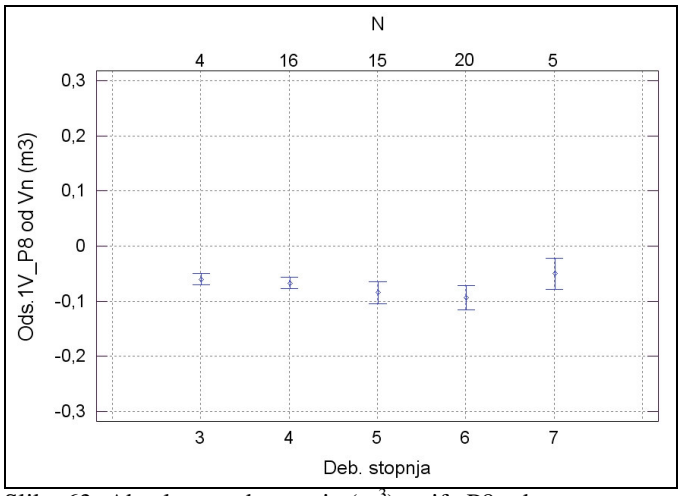
			Referenca	PEF tarife				LOKALNE TARIFE		ABS. RAZLIKE od V_{n_sm}						REL. RAZLIKE od V_{n_sm}					
			Newton	RAZRED 8 (16), k = 2,418				POL	EKS	RAZ. 8				POL	EKS	RAZ. 8				POL	EKS
DS	DS_m	N	V_{n_sm}	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	SM	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	SM	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	SM	SM
	cm		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%	%	%
3	12,5	4	0,093	0,076	0,032	0,087	0,126	0,099	0,107	–0,017	–0,061	–0,006	0,033	0,006	0,014	–18,3	–65,6	–6,5	35,5	6,5	15,1
4	17,5	16	0,222	0,227	0,162	0,209	0,294	0,225	0,242	0,005	–0,060	–0,013	0,072	0,003	0,020	2,3	–27,0	–5,9	32,4	1,4	9,0
5	22,5	15	0,426	0,453	0,378	0,385	0,529	0,456	0,455	0,027	–0,048	–0,041	0,103	0,030	0,029	6,3	–11,3	–9,6	24,2	7,0	6,8
6	27,5	20	0,695	0,756	0,680	0,680	0,831	0,791	0,766	0,061	–0,015	–0,015	0,136	0,096	0,071	8,8	–2,2	–2,2	19,6	13,8	10,2
7	32,5	5	0,994	1,133	1,069	1,156	1,201	1,232	1,199	0,139	0,075	0,162	0,207	0,238	0,205	14,0	7,5	16,3	20,8	23,9	20,6

Preglednica 39: Volumni, absolutne (m^3) in relativne (%) razlike med vrstami tarif od 10 do 30 cm. Bukev (N = 19), sekcijske meritve za Ravnik (l. 2003).

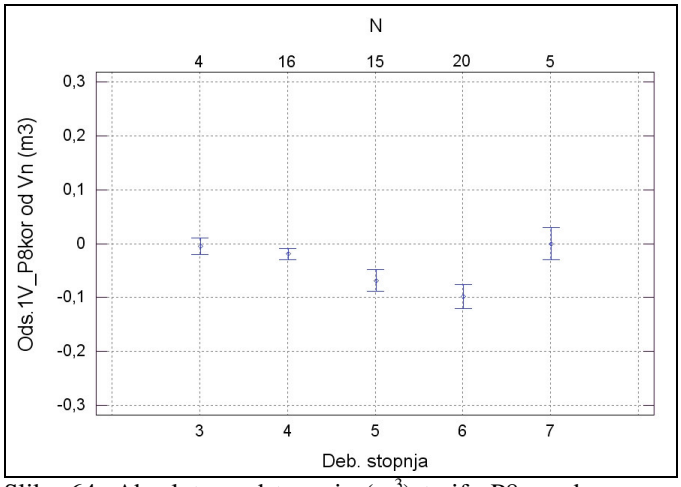
			Referenca	PEF tarife				LOKALNE TARIFE		ABS. RAZLIKE od V_{n_bu}						REL. RAZLIKE od V_{n_bu}					
			Newton	RAZRED 8 (16), k = 2,418				POL	EKS	RAZ. 8				POL	EKS	RAZ. 8				POL	EKS
DS	DS_m	N	V_{n_bu}	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	BU	BU	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	BU	BU	V8	P8	$P8_{kor}$	E8	BU	BU
	cm		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%	%	%
3	12,5	3	0,087	0,076	0,032	0,087	0,126	0,117	0,129	–0,011	–0,055	0,000	0,039	0,030	0,042	–12,6	–63,2	0,0	44,8	34,5	48,3
4	17,5	5	0,266	0,227	0,162	0,209	0,294	0,254	0,261	–0,039	–0,104	–0,057	0,028	–0,012	–0,005	–14,7	–39,1	–21,4	10,5	–4,5	–1,9
5	22,5	6	0,377	0,453	0,378	0,385	0,529	0,461	0,453	0,076	0,001	0,008	0,152	0,084	0,076	20,2	0,3	2,1	40,3	22,3	20,2
6	27,5	2	0,725	0,756	0,680	0,680	0,831	0,736	0,719	0,031	–0,045	–0,045	0,106	0,011	–0,006	4,3	–6,2	–6,2	14,6	1,5	–0,8
7	32,5	3	0,967	1,133	1,069	1,156	1,201	1,082	1,075	0,166	0,102	0,189	0,234	0,115	0,108	17,2	10,5	19,5	24,2	11,9	11,2



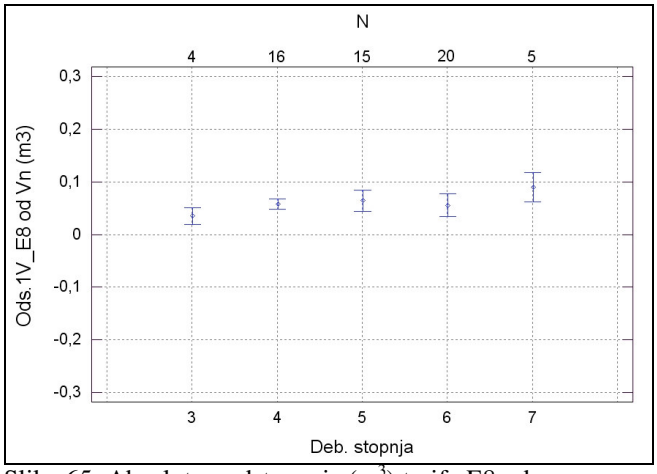
Slika 62: Absolutno odstopanje (m^3) tarife V8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60).



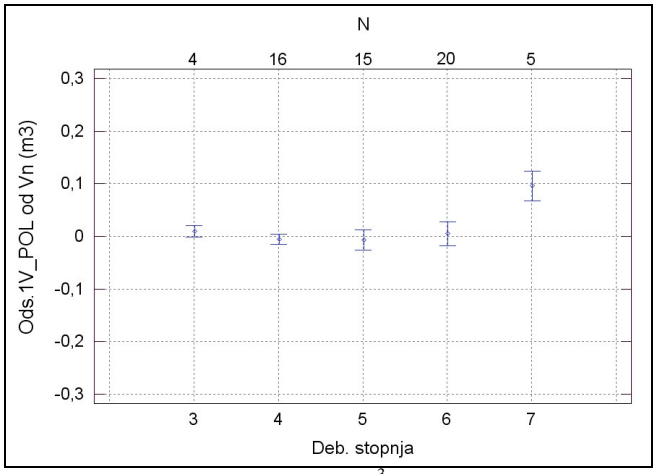
Slika 63: Absolutno odstopanje (m^3) tarife P8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60).



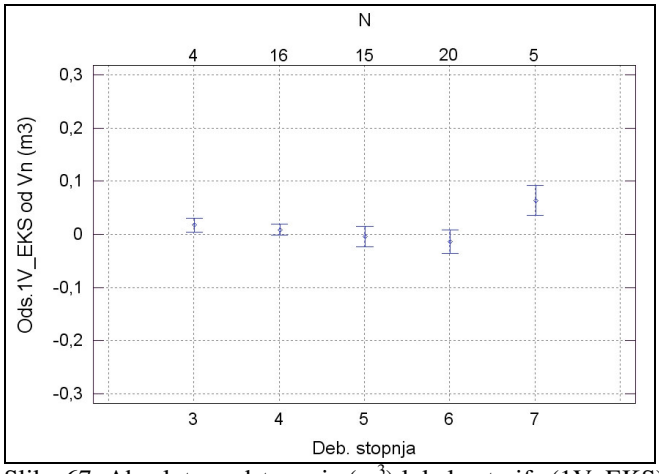
Slika 64: Absolutno odstopanje (m^3) tarife $P8_{kor}$ od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60).



Slika 65: Absolutno odstopanje (m^3) tarife E8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60).



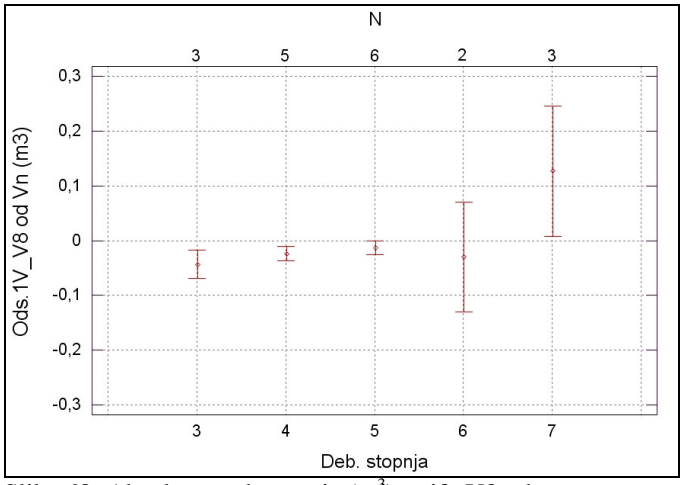
Slika 66: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_POL) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60).



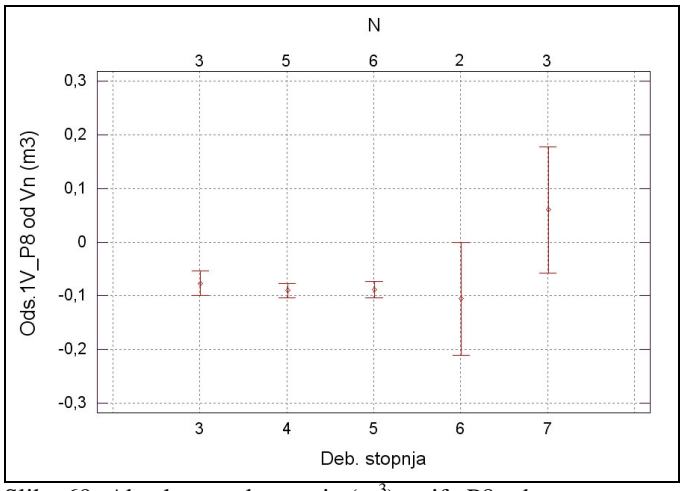
Slika 67: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_EKS) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*),. Smreka, drogovnjak, Pokljuka (l. 2004, N = 60).

Posamezne enovhodne funkcije se med seboj glede zanesljivosti razlikujejo. V našem primeru ima za smreko najmanjšo napako tarifa V8, odstopanja pri vseh deb. stopnjah so

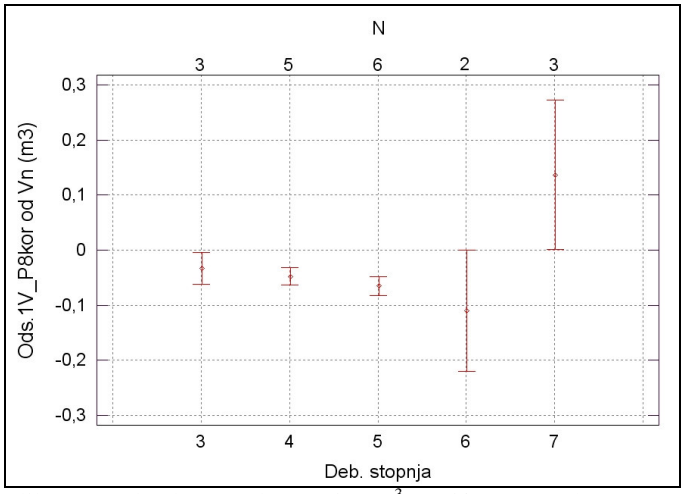
podobna in enaka nič (ni večje sistematične napake). Tarifa P8 ima negativno sistematično napako, ki se pri 3., 4., 5. in 6. deb stopnji povečuje, nato pa zmanjšuje. Tarifa $P8_{kor}$ ima podobno, vendar manjšo sistematično napako. Tarifa E8 ima pozitivno sistematično napako, ki pa je enakomerna pri vseh deb. stopnjah. Pri izboru tarife za en razred nižje (npr. E7/8) bi bila lahko odstopanja enaka nič. Pri izravnavi lokalnih tarif s polinomsko funkcijo (1V_POL) so odstopanja pri 3. deb. stopnji pozitivna, nato so blizu nič in pri 7. deb. stopnji spet pozitivna. Pri izravnavi lokalnih tarif z eksponentno funkcijo (1V_EKS) so odstopanja pri 3. in 4. deb. stopnji pozitivna, nato negativna in pri 7. deb. stopnji so spet pozitivna. Pri nižjih premerih se v tem primeru eksponentna funkcija izkaže za zanesljivejšo od polinomske.



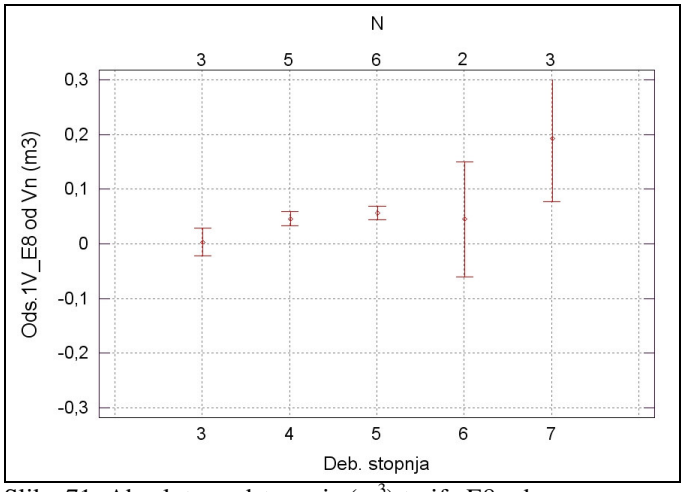
Slika 68: Absolutno odstopanje (m^3) tarife V8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19).



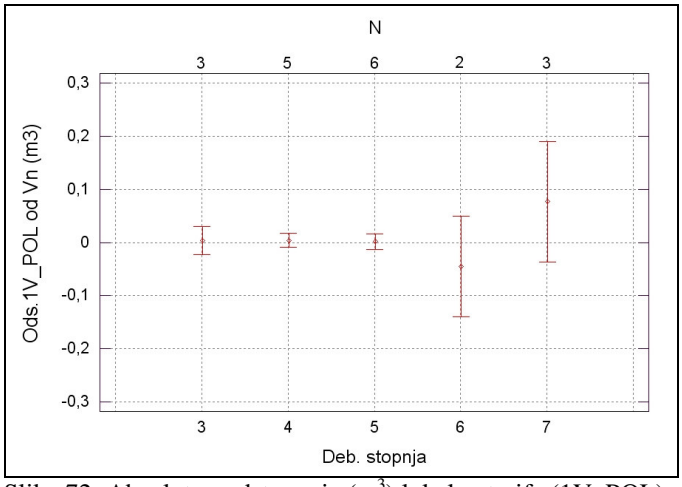
Slika 69: Absolutno odstopanje (m^3) tarife P8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19).



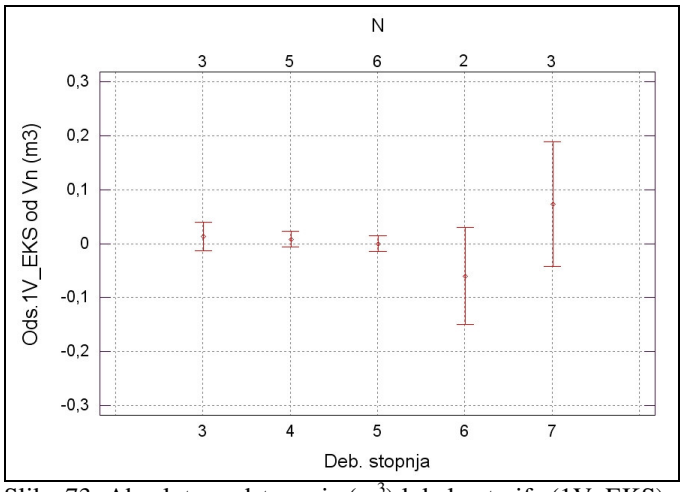
Slika 70: Absolutno odstopanje (m^3) tarife $P8_{kor}$ od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19).



Slika 71: Absolutno odstopanje (m^3) tarife E8 od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19).



Slika 72: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_POL) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19).



Slika 73: Absolutno odstopanje (m^3) lokalne tarife (1V_EKS) od ocene prave vrednosti (v_n) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, Ravnik, (l. 2003, N = 19).

Posamezne enovhodne funkcije se med seboj razlikujejo glede zanesljivosti. V našem primeru so za bukev rezultati pri 6. in 7. deb. stopnjo nezanesljivi, saj le-ti vsebujeta le dve oz. tri drevesa! Najboljši rezultat dobimo pri lokalnih tarifah ne glede na tip funkcije. Tu ni opaziti sistematične napake. Pri tarifi V8 je ugotovljena negativna sistematična napaka, ki pa se z deb. stopnjami zmanjšuje. Pri tarifi P8 pa se negativna sistematična napaka povečuje. Prav tako pri tarifi $P8_{kor}$, le da je tukaj napaka manjša. Tarifa E8 ima pozitivno sistematično napako, ki se povečuje.

Pravilna je uporaba korigiranih PEF tarif za premere pod 25 cm. Eksponentna funkcija je pri manjših premerih bolj zanesljiva kot polinomska.

6.4 ANALIZA VPLIVA DEJAVNIKOV NA ZANESLJIVOST DOLOČANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI

6.4.1 Meritve *d, h* in d_7 na drevesih na izbranih stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode

Na 76 vzorčnih ploskvah v GGE Predmeja ($N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494) in Poljane ($N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) smo izmerili 845 dreves. Nekatere ploskve, za katere se je na terenu izkazalo, da se nahajajo v mešanih sestojih, smo v raziskavi upoštevali dvakrat, torej kot ploskve, na katerih rastejo smreke, in kot ploskve, na katerih rastejo bukve, ali kot ploskve, na katerih rastejo jelke. Seveda, če je na njih raslo dovolj dreves različnih drevesnih vrst (smreka, jelka in bukev), da smo jih lahko upoštevali ločeno po drevesnih vrstah, Slika 7, Slika 8.

Razdelitve po prvi kombinaciji faktorjev (KOM1), ki upošteva za boniteto rastišča aktualni razred PEF tarif, prikazuje Preglednica 40.

Preglednica 40: Razdelitev vzorčnih ploskev ($N_{ploskev}$ = 76) in dreves (N = 845) *d, h,* d_7 meritev po prvi kombinaciji faktorjev (KOM1). Poljane (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) in Predmeja (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494).

LOKACIJA	FAKTORJI			KOM1	ŠTEVILO	
	RAZVOJNA FAZA	RASTIŠČE	DREVESNA VRSTA		PLOSKEV	DREVES
Poljane	drogovnjak	srednje	smreka	121	3	66
Poljane	drogovnjak	dobro	smreka	131	3	58
Poljane	drogovnjak	dobro	bukev	132	5	50
Poljane	debeljak	dobro	smreka	231	15	106
Poljane	debeljak	dobro	bukev	232	6	41
Poljane	debeljak	dobro	jelka	233	6	30
SKUPAJ					38	351
Predmeja	drogovnjak	slabo	smreka	111	5	63
Predmeja	drogovnjak	slabo	bukev	112	6	86
Predmeja	drogovnjak	srednje	smreka	121	2	32
Predmeja	drogovnjak	srednje	bukev	122	3	61
Predmeja	debeljak	slabo	smreka	211	6	64
Predmeja	debeljak	slabo	bukev	212	6	73
Predmeja	debeljak	srednje	smreka	221	5	61
Predmeja	debeljak	srednje	bukev	222	5	54
SKUPAJ					38	494
SKUPAJ					76	845

Pri naši raziskavi smo se osredotočili na:

- dve drevesni vrsti:
  - smreko (SM),
  - bukev (BU),
  - jelko (JE) pa smo obravnavali le tam, kjer se je slučajno pojavila,
- tri bonitete rastišča, ki izhajajo iz aktualne razdelitve PEF tarif:
  - slabo (SLR),
  - srednje (SRR),
  - dobro (DBR),
- dve razvojni fazi:
  - drogovnjak (DRO),
  - debeljak (DEB).

6.4.1.1 Obračun podatkov in analiza

6.4.1.1.1 Izračun sestojnih parametrov za ploskve

Za vsako ploskev ($N_{ploskev}$ = 76) posebej smo izračunali višinsko krivuljo, z njo pa na podlagi D_m in D_d tudi H_m in H_d. Za oceno bonitete rastišča smo izračunali SI_{50}, določen na podlagi švicarskih tablic (EAFV, 1968) in SI_{100}, določen na podlagi slovaških tablic (Halaj in sod., 1987 cit. po Kotar, 2003). Sestojne parametre smo pripisali datotekam s podatki o ploskvah in o drevesih.

6.4.1.2 Analiza vpliva dejavnikov na volumen drevesa

Različni dejavniki lahko različno vplivajo na zanesljivost ocene volumna drevesa. Če skupine dreves oz. vzorčne ploskve na podlagi teh dejavnikov razvrstimo v homogene skupine (rastiščne stratume), lahko izboljšamo zanesljivost ocene volumna drevesa.

S statistično metodo analize variance (večfaktorska ANOVA) smo testirali vpliv bonitete rastišča, starosti in socialnega položaja na volumen drevesa. Drevesa smo razdelili v naslednje skupine, s čimer smo zagotovili homogenost varianc med posameznimi skupinami:

- razvojna faza, definirana s starostjo (STS), razdeljena v dva razreda:
  - drogovnjak (N_{dreves} = 477), STS < 80 let, oznaka 1,
  - debeljak (N_{dreves} = 525), STS ≥ 80 let, oznaka 2,
- boniteta rastišča, definirana z rastiščnim indeksom (SI_{50}), razdeljena v tri razrede:
  - slabo (N_{dreves} = 193), $SI_{50} \leq 15$, oznaka 1,
  - srednje (N_{dreves} = 452), $16 \leq SI_{50} \leq 22$, oznaka 2,
  - dobro (N_{dreves} = 357), $SI_{50} \geq 23$, oznaka 3,
- socialni položaj:
  - nadraslo (N_{dreves} = 168), oznaka 1,
  - soraslo (N_{dreves} = 604), oznaka 2,
  - podraslo (N_{dreves} = 203), oznaka 3.

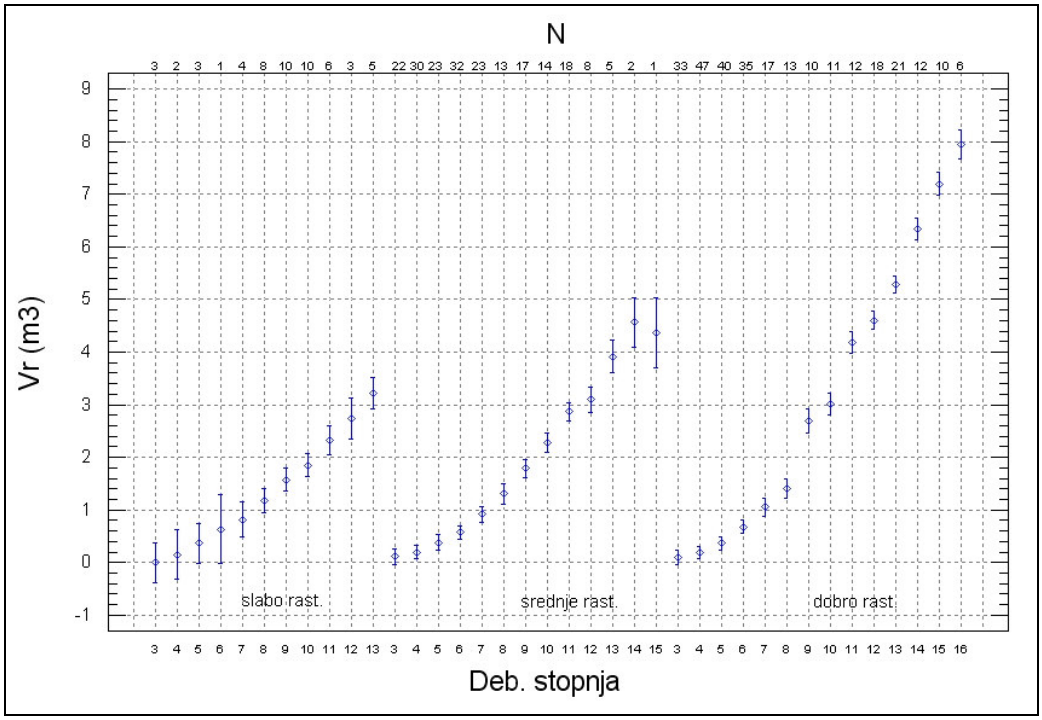
V model smo debelino drevesa (premer) vključili kot sospremenljivko (*covariate*). Analizirali smo drevesni vrsti smreko in bukev. Rezultate prikazujeta Preglednica 41, Preglednica 42.

Za boljši grafični prikaz vpliva analiziranih dejavnikov po skupinah, smo boniteto rastišča predstavili s kombinacijo BON_RAZxDS, to je treh bonitetnih razredov (določenih na podlagi SI_{50}) pomnoženih z deb. stopnjami. Razvojno fazo sestoja pa s kombinacijo STS_RAZxDS, to je dveh razredov razvojne faze (določenih na podlagi starosti sestoja, STS) pomnoženih z deb. stopnjami, Slika 74, Slika 75, Slika 76, Slika 77.

Preglednica 41: Analiza variance za primer smreke. Drevesa (N = 548) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

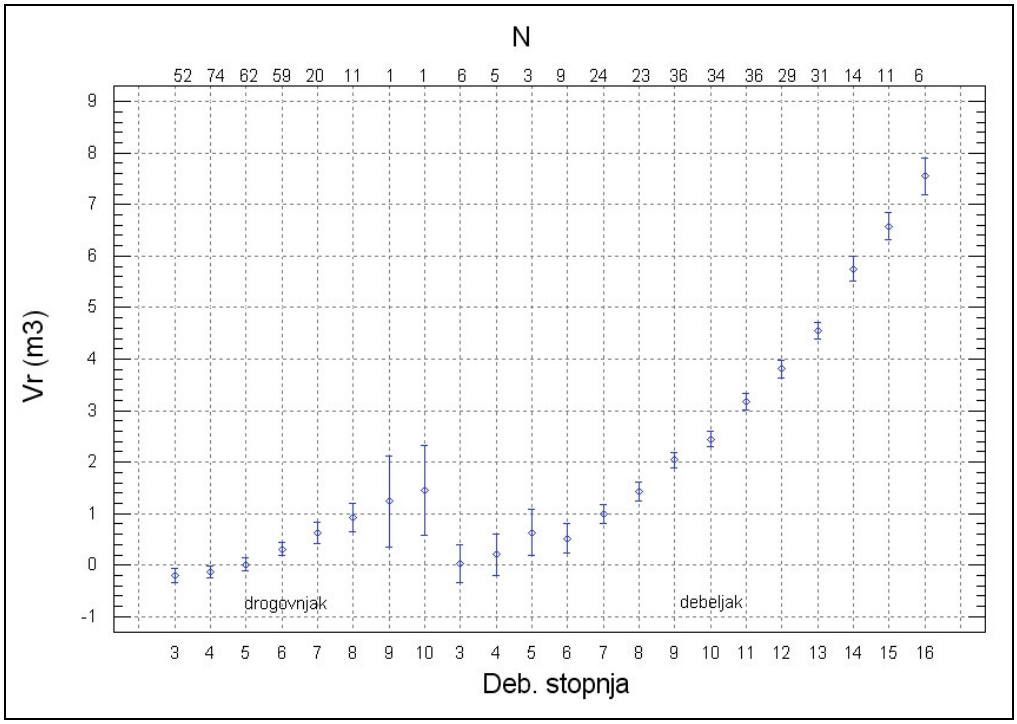
VIR VARIABILNOSTI	OZNAKA	VSOTA KVADRATOV ODSTOPANJ	STOPINJE PROSTOSTI	POVPREČEN KVADRAT	*F*	*P*-VREDNOST
		SS	*d. f.*	*MS*		
SOSPREMENLJIVKA						
premer	*D*	1846,53	1	1846,53	5242,58	0,0000
DEJAVNIKI						
boniteta rastišča	*BON_RAZ*	74,68	2	37,34	106,01	0,0000
razvojna faza	*STS_RAZ*	2,43	1	2,43	6,9	0,0089
socialni položaj	*SOC*	21,32	2	10,66	30,27	0,0000
OSTANEK		190,55	541	0,35		
SKUPAJ		2135,51	547			

Pri smreki je vpliv vseh treh testiranih dejavnikov (bonitete rastišča, razvojne faze in socialnega položaja) statistično značilen ($p = 0,05$).



Slika 74: Vpliv bonitete rastišča za primer smreke, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 548) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Boniteta rastišča vpliva na rast tarifne krivulje, na boljših rastiščih (večje višine dreves) je tarifna krivulja bolj strma in leži višje, torej volumen drevesa hitreje narašča.



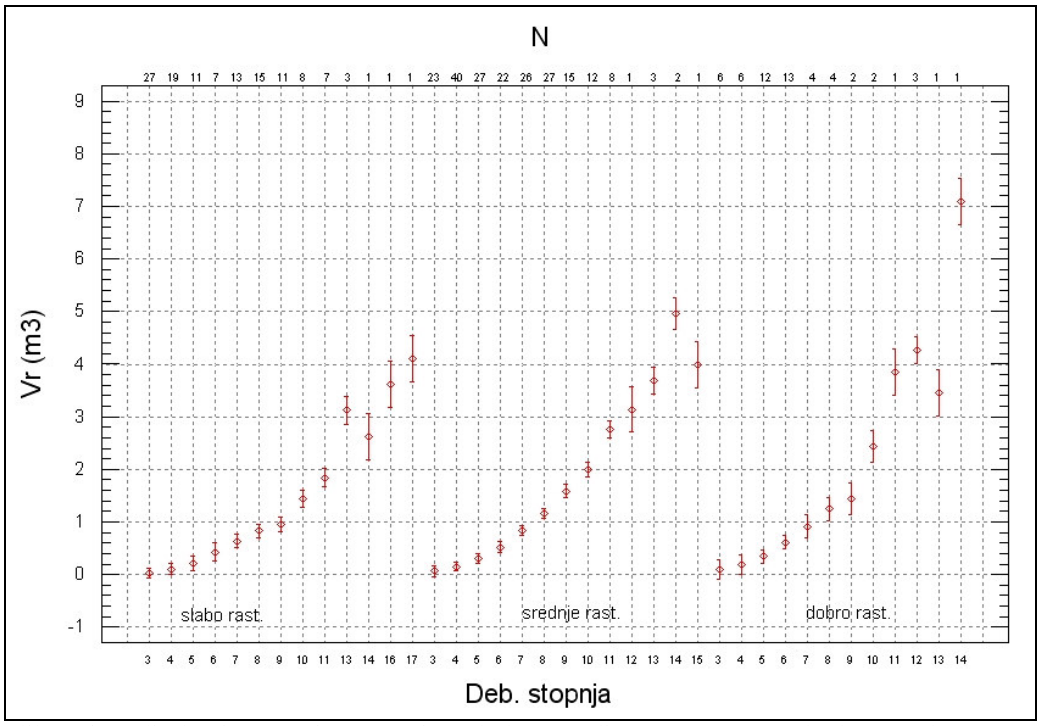
Slika 75: Vpliv razvojne faze za primer smreke, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 548) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Starost sestoja oz. razvojna faza vpliva na lego tarifne krivulje, pri starejših sestojih leži namreč tarifna krivulja višje, torej imajo enako debela drevesa pri starejših sestojih večji volumen (višjo tarifo) kot v mlajših sestojih.

Preglednica 42: Analiza variance za primer bukve. Drevesa (N = 386) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

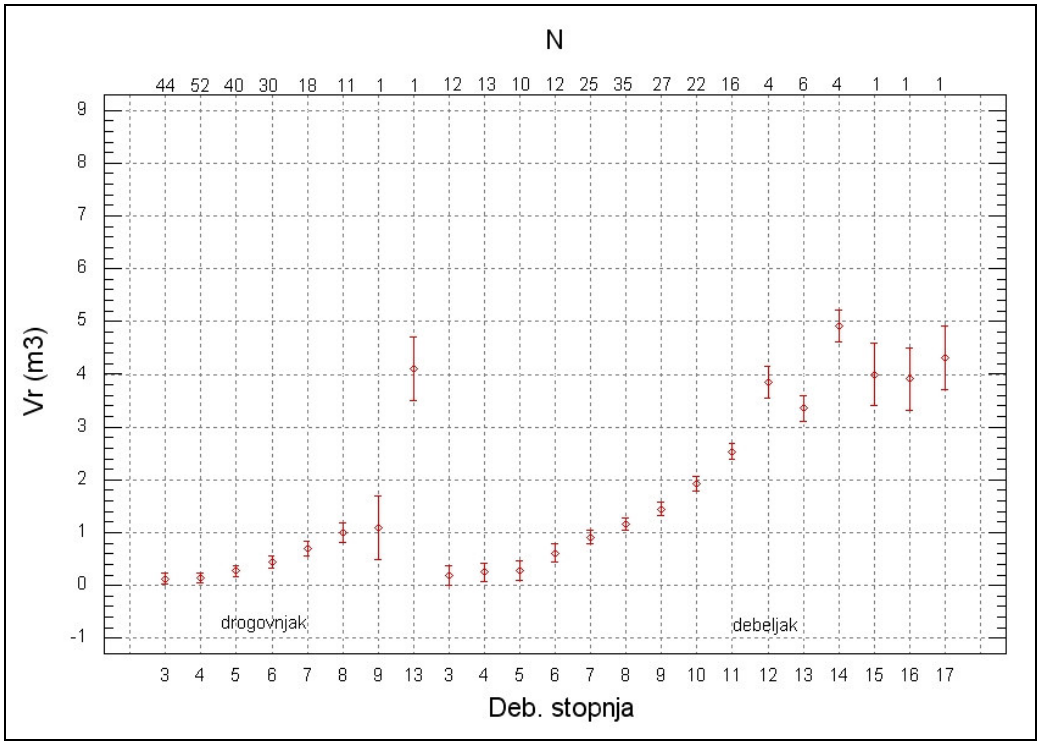
VIR VARIABILNOSTI	OZNAKA	VSOTA KVADRATOV ODSTOPANJ	STOPINJE PROSTOSTI	POVPREČEN KVADRAT	*F*	*P*-VREDNOST
		SS	*d. f.*	*MS*		
SOSPREMENLJIVKA						
premer	*D*	319,17	1	319,17	1931,46	0,0000
DEJAVNIKI						
boniteta rastišča	*BON_RAZ*	6,24	2	3,12	18,88	0,0000
razvojna faza	*STS_RAZ*	0,04	1	0,04	0,23	0,6314
socialni položaj	*SOC*	2,05	2	1,02	6,19	0,0023
OSTANEK		62,63	379	0,17		
SKUPAJ		390,12	385			

Pri bukvi je vpliv vseh dveh testiranih dejavnikov (bonitete rastišča in socialnega položaja) statistično značilen ($p = 0,05$), vpliv razvojne faze pa ne.



Slika 76: Vpliv bonitete rastišča za primer bukve, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 386) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Boniteta rastišča vpliva na rast tarifne krivulje, na boljših rastiščih (večje višine dreves) je tarifna krivulja bolj strma in leži višje, torej volumen drevesa hitreje narašča.



Slika 77: Vpliv razvojne faze za primer bukve (N = 386), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in d, h, d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Starost sestoja oz. razvojna faza vpliva na lego tarifne krivulje, pri starejših sestojih leži namreč tarifna krivulja višje, torej imajo enako debela drevesa pri starejših sestojih večji volumen (višjo tarifo) kot v mlajših sestojih. Zaradi majhnega števila zelo debelih bukev v vzorcu je analiza v tem območju nezanesljiva.

V analiziranih primerih se je izkazalo, da pri smreki in bukvi vsi analizirani dejavniki: boniteta rastišča, razvojna faza (definirana ali s starostjo ali z dominantnim premerom) in socialni položaj, značilno vplivajo na razlike v volumnu dreves istega premera. Zato je za zanesljivo izbiro tarife oz. stratifikacijo podatkov potrebno upoštevati vse te dejavnike. Pri enodobnih sestojih je potrebno s starostjo ažurirati tarife, saj pride zaradi vpliva razvojne faze do povečevanja (preskoka) tarifnih nizov.

Pri poststratifikaciji, ki smo jo uporabili v nadaljevanju naloge za izračun lokalnih tarif, smo upoštevali naslednje dejavnike:

- lokacija (Poljane, Predmeja),
- drevesna vrsta (smreka, jelka, bukev),
- razvojna faza (drogovnjak, debeljak), definirana z dominantnim premerom (D_d),
- boniteta rastišča (dobro, srednje, slabo), definirana z rastiščnim indeksom (SI_{50}).

6.5 UGOTAVLJANJE USTREZNE METODE ZA OCENO VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI

6.5.1 Novi metodi ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enovhodnimi funkcijami

6.5.1.1 Izračun regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R)

Regionalne dvovhodne deblovnice, ki smo jih s pomočjo statistične metode multiple regresijske analize, za vse tri drevesne vrste (smreka, jelka, bukev) in za obe lokaciji (Poljane, Predmeja) izračunali iz referenčnih volumnov dreves (v_r), prikazuje Preglednica 43.

Območje definiranosti volumenskih funkcij, torej interval, kjer je regionalna dvovhodna deblovnica dovolj zanesljiva za uporabo (p = 0,05), smo izračunali s pomočjo srednjega premera in standardnega odklona, Preglednica 44.

Preglednica 43: Regionalne dvovhodne deblovnice (2V_R, $N_{enačb}$ = 5). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

REGIONALNE DVOVHODNE OZNAKA ENAČBE	N	ENAČBA	R^2	SE_v m^3	SE_v% %
2V_R_POLJ_SM	230	$v_r = 0{,}0946456+0{,}0000729943 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}0000019427 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 - 0{,}000534763 \cdot d^2 + 0{,}000521672 \cdot d \cdot h - 0{,}0179981 \cdot h + 0{,}00668044 \cdot d$	0,992919	0,22	8,8
2V_R_POLJ_JE	30	$v_r = 4{,}65537 - 0{,}000334973 \cdot d^2 \cdot h + 0{,}00000923471 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}00381128 \cdot d^2 + 0{,}0165748 \cdot d \cdot h - 0{,}213905 \cdot h - 0{,}310166 \cdot d$	0,966787	0,35	11,1
2V_R_POLJ_BU	91	$v_r = -0{,}333008+0{,}0000810758 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}00000153173 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 - 0{,}000283781 \cdot d^2 - 0{,}00163705 \cdot d \cdot h + 0{,}0202577 \cdot h + 0{,}0220682 \cdot d$	0,981403	0,20	17,1
2V_R_PRED_SM	220	$v_r = 0{,}627112 - 0{,}0000315668 \cdot d^2 \cdot h + 3{,}58781e{-}7 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}000980409 \cdot d^2 + 0{,}00362973 \cdot d \cdot h - 0{,}0348878 \cdot h - 0{,}0608468 \cdot d$	0,976882	0,16	14,5
2V_R_PRED_BU	274	$v_r = 0{,}0290797+0{,}000198102 \cdot d^2 \cdot h - 0{,}0000076399 \cdot d^2 \cdot h \cdot (\ln(d))^2 + 0{,}000465708 \cdot d^2 - 0{,}00329526 \cdot d \cdot h + 0{,}0344955 \cdot h - 0{,}0177669 \cdot d$	0,957293	0,17	21,5

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami, znaša od 8,8 do 21,5 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisnima spremenljivkama d in h, je velik; R^2 znaša v vseh primerih od 0,95 do 0,99.

Izračunali smo povprečni volumen drevesa, razliko od referenčnega volumna drevesa (v_r) ter srednjo napako ocene (AR) in standardni odklon odstopanj (SR). Primerjavo med različnimi regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R) in referenčnimi volumni dreves (v_r) za lokaciji in drevesne vrste prikazuje Preglednica 45.

Preglednica 44: Območja definiranosti regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R, $N_{enačb}$ = 5). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

REGIONALNE	PODATKI			DEFINIRANOST FUNKCIJ									
DVOVHODNE				PREMER					VIŠINA				
						MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$					MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$		
OZNAKA ENAČBE	LOKACIJA	DREVESNA VRSTA	N	D_m	*SD*	$SD \cdot t$	D_{min}	D_{max}	H_m	*SD*	$SD \cdot t$	H_{min}	H_{max}
				cm	cm	cm	cm	cm	m	m	m	m	m
2V_R_POLJ_SM	Poljane	smreka	230	37,8	20,3	40,6	0	78	28,4	12,4	24,8	4	53
2V_R_POLJ_JE	Poljane	jelka	30	45,6	15,5	31,0	15	77	33,1	9,2	18,4	15	52
2V_R_POLJ_BU	Poljane	bukev	91	30,9	15,4	30,8	0	62	22,7	7,4	14,8	8	37
2V_R_PRED_SM	Predmeja	smreka	220	32,2	15,2	30,4	2	63	21,0	7,2	14,4	7	35
2V_R_PRED_BU	Predmeja	bukev	274	29,1	14,0	28,0	1	57	19,6	6,2	12,4	7	32

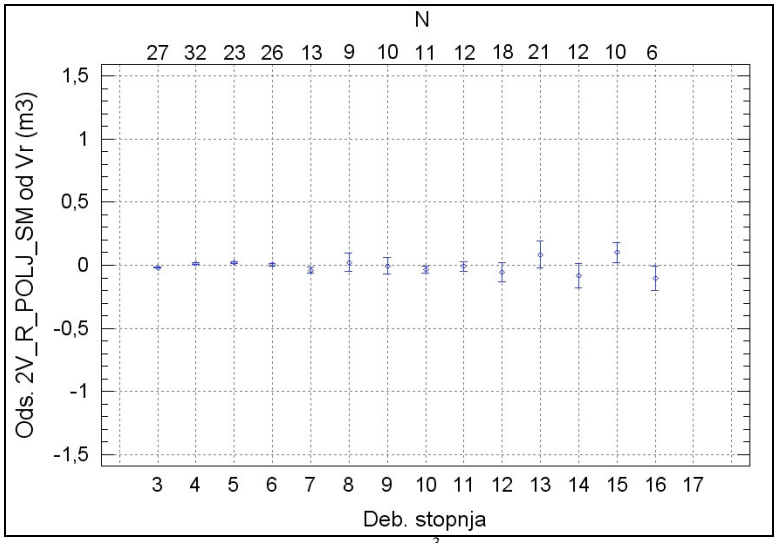
Zaradi omejenega števila dreves, ki smo jih uporabili za konstrukcijo regionalnih dvovhodnih deblovnic, so le-te zanesljive le na določenem intervalu debeline in višine dreves (meja zaupanja), kar je treba pri uporabi volumenskih funkcij in izvrednotenju rezultatov seveda upoštevati.

Odstopanja po deb. stopnjah za posamezne regionalne dvovhodne deblovnice (2V_R) prikazujejo Slika 78, Slika 79, Slika 80, Slika 81, Slika 82.

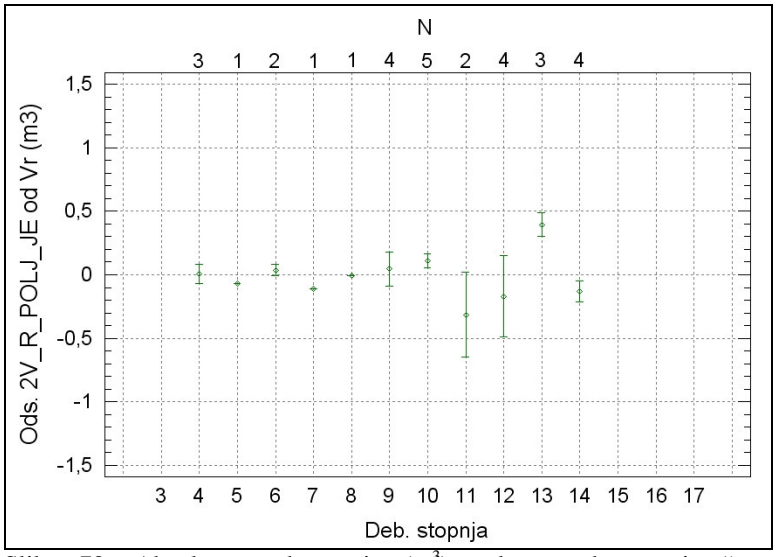
Preglednica 45: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti regionalnih dvovhodnih deblovnic (2V_R, $N_{enačb}$ = 5) med lokacijama in drevesnimi vrstami. Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

REGIONALNE			POVPREČNI VOLUMEN		RAZLIKA od V_r	ODSTOPANJE od V_r	
DVOVHODNE		N	V_r	2V_R	2V_R	2V_R	
LOKACIJA	DREVESNA VRSTA					*AR*	*SR*
			m^3	m^3	m^3	%	%
Poljane	smreka	230	2,455	2,455	0,000	0,0	8,7
Poljane	jelka	30	3,163	3,163	0,000	0,0	9,7
Poljane	bukev	91	1,147	1,147	0,000	0,0	16,4
Predmeja	smreka	220	1,116	1,116	0,000	0,0	14,3
Predmeja	bukev	274	0,802	0,802	0,000	0,0	21,2
Poljane	skupaj	351	2,177	2,176	0,001	0,0	10,0
Predmeja	skupaj	494	0,942	0,942	0,000	0,0	17,6
SKUPAJ	skupaj	845	1,455	1,455	0,000	0,0	13,0

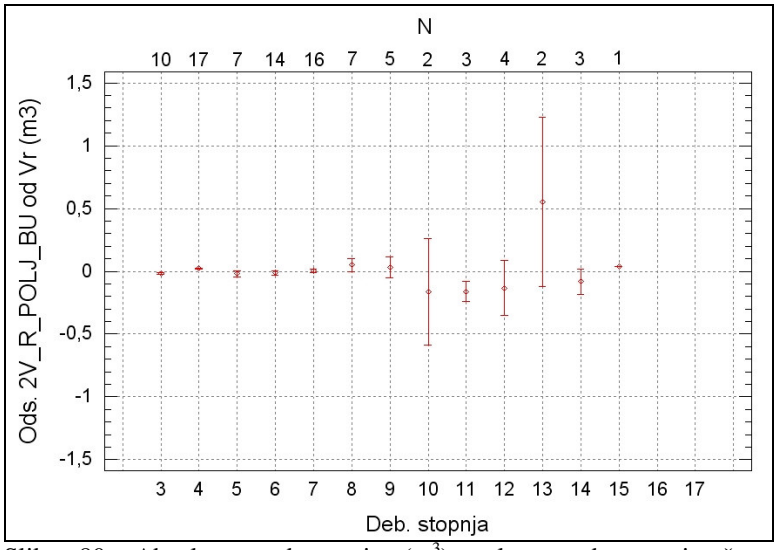
Izračunane regionalne dvovhodne deblovnice so brez sistematične napake. Standardni odklon odstopanj pa je od 8,7 do 21,2 %.



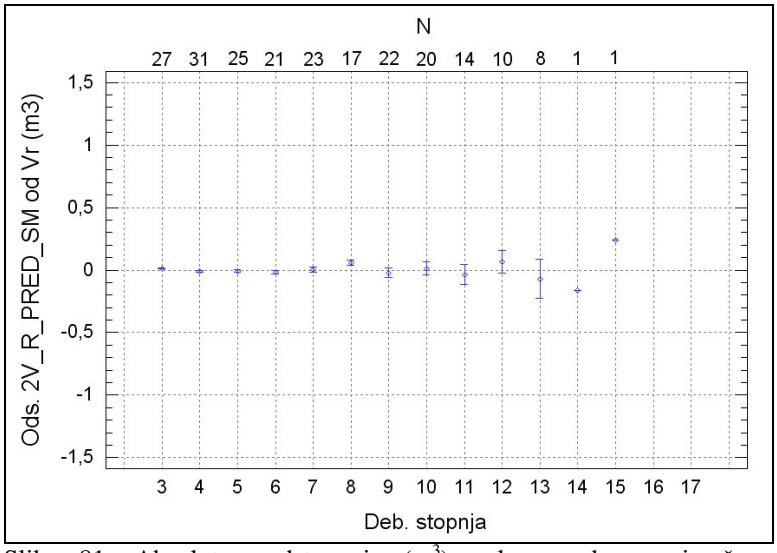
Slika 78: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_POLJ_SM) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka (N = 230), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005).



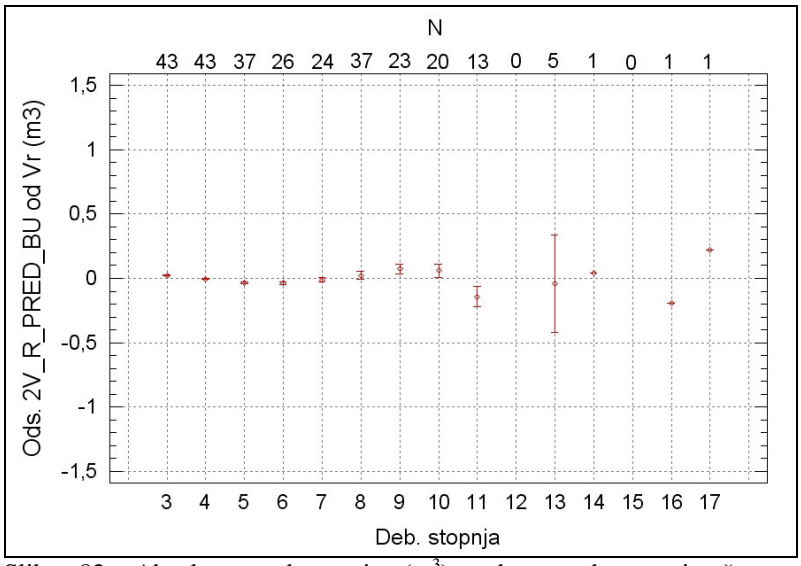
Slika 79: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_POLJ_JE), glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka (N = 30), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005).



Slika 80: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_POLJ_BU) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev (N = 91), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005).



Slika 81: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_PRED_SM) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka (N = 220), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005).



Slika 82: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R_PRED_BU) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev (N = 274), drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005).

Regionalne dvovhodne deblovnice so zanesljive pri vseh deb. stopnjah. Največje razlike so pri drevesni vrsti jelke (mali vzorec, 30 dreves). Odstopanja so razumljivo večja pri deb. stopnjah, v katerih je manj dreves.

Sklepamo lahko, da so regionalne dvovhodne deblovnice (2V_R) dovolj zanesljive za izračun regionalnih referenčnih volumnov dreves (v_{rr}).

6.5.1.2 Stratifikacija in izračun lokalnih tarif (1V_L)

Ploskve smo ponovno razdelili glede na kombinacije faktorjev tako, da smo boniteto rastišča ocenili na podlagi SI_{50}. Po našem mnenju so švicarske tablice (EAFV, 1968) s katerimi smo izračunali SI_{50} za naše razmere zanesljivejše kot slovaške (Halaj in sod., 1987 cit. po Kotar, 2003), s katerimi smo izračunali SI_{100}. S tem smo oblikovali homogene rastiščne stratume, Preglednica 46.

Preglednica 46: Razdelitev vzorčnih ploskev ($N_{ploskev}$ = 76) in dreves (N = 845) *d, h,* d_7 meritev po drugi kombinaciji faktorjev (KOM2). Poljane (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 351) in Predmeja (l. 2005, $N_{ploskev}$ = 38, N_{dreves} = 494).

LOKACIJA	FAKTORJI			KOM2	ŠTEVILO		STRATUM
	RAZVOJNA FAZA	RASTIŠČE	DREVESNA VRSTA		PLOSKEV	DREVES	OZNAKA
Poljane	drogovnjak	srednje	bukev	122	2	23	1122
Poljane	drogovnjak	dobro	smreka	131	3	56	1131
Poljane	drogovnjak	dobro	bukev	132	1	10	1132
Poljane	debeljak	slabo	jelka	213	1	5	1213
Poljane	debeljak	srednje	bukev	222	6	47	1222
Poljane	debeljak	srednje	jelka	223	4	19	1223
Poljane	debeljak	dobro	smreka	231	18	174	1231
Poljane	debeljak	dobro	bukev	232	2	11	1232
Poljane	debeljak	dobro	jelka	233	1	6	1233
SKUPAJ					38	351	
Predmeja	drogovnjak	slabo	bukev	112	3	47	2112
Predmeja	drogovnjak	srednje	smreka	121	3	48	2121
Predmeja	drogovnjak	srednje	bukev	122	2	28	2122
Predmeja	debeljak	slabo	smreka	211	7	50	2211
Predmeja	debeljak	slabo	bukev	212	6	73	2212
Predmeja	debeljak	srednje	smreka	221	6	90	2221
Predmeja	debeljak	srednje	bukev	222	8	101	2222
Predmeja	debeljak	dobro	smreka	231	2	32	2231
Predmeja	debeljak	dobro	bukev	232	1	25	2232
SKUPAJ					38	494	
SKUPAJ					76	845	

V posamezni stratum (homogeno rastišče) se je uvrstilo od 1 do 18 ploskev oz. od 5 do 174 dreves. Velikost stratuma (število ploskev in dreves v posameznem stratumu) lahko pomembno vpliva na zanesljivost ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev.

Za vsak stratum (določen na podlagi drevesne vrste, razvojne faze in bonitete rastišča) smo s pomočjo statistične metode nelinearne regresijske analize iz regionalnih referenčnih volumnov dreves (v_{rr}), izračunanih z regionalnimi dvovhodnimi deblovnicami (2V_R), izračunali lokalno tarifo (1V_L). Vsakemu stratumu smo zapisali tudi oznako najbolj podobnega tarifnega niza PEF tarif (1V_O), Preglednica 48, Slika 83, Slika 84.

Območje definiranosti volumenskih funkcij, torej interval, kjer je lokalna tarifa dovolj zanesljiva za uporabo (p = 0,05), smo izračunali s pomočjo srednjega premera in standardnega odklona, Preglednica 47.

Preglednica 47: Območja definiranosti lokalnih tarif (1V_L, $N_{stratumov}$ = 18). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

LOKALNE	N	D_m	*SD*	MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$		
TARIFE				*SD* · *t*	D_{min}	D_{max}
STRATUM		cm	cm	cm	cm	cm
1V_L_1122	23	20,0	7,6	15,2	5	35
1V_L_1131	56	19,7	5,3	10,6	9	30
1V_L_1132	10	23,3	7,7	15,4	8	39
1V_L_1213	5	30,6	20,5	41,0	0	72
1V_L_1222	47	33,3	15,0	30,0	3	63
1V_L_1223	19	47,3	13,6	27,2	20	75
1V_L_1231	174	43,6	20,0	40,0	4	84
1V_L_1232	11	50,8	11,5	23,0	28	74
1V_L_1233	6	53,0	9,7	19,4	34	72
1V_L_2112	47	16,6	5,6	11,2	5	28
1V_L_2121	48	16,8	4,3	8,6	8	25
1V_L_2122	28	17,5	5,9	11,8	6	29
1V_L_2211	50	42,7	13,1	26,2	17	69
1V_L_2212	73	37,5	15,3	30,6	7	68
1V_L_2221	90	38,4	13,3	26,6	12	65
1V_L_2222	101	33,3	11,8	23,6	10	57
1V_L_2231	32	21,6	7,3	14,6	7	36
1V_L_2232	25	24,3	7,5	15,0	9	39

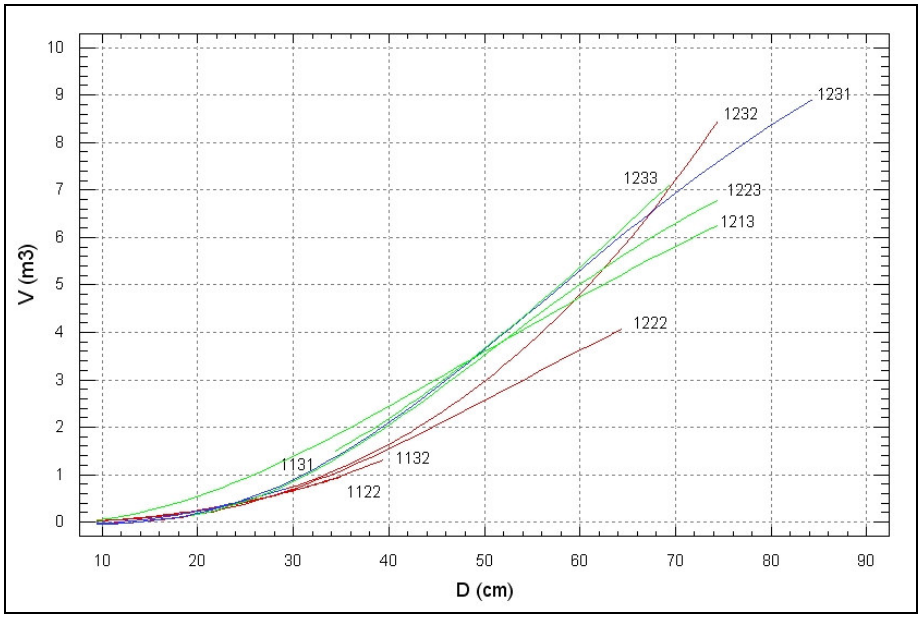
Odstopanja od referenčnih volumnov (v_r) dreves po deb. stopnjah za posamezne lokalne tarife (1V_L) za stratume prikazujejo Slika 85, Slika 86, Slika 87, Slika 88, Slika 89, Slika 90, Slika 91, Slika 92,Slika 93, Slika 94, Slika 95, Slika 96, Slika 97, Slika 98, Slika 99, Slika 100, Slika 101, Slika 102.

Preglednica 48: Lokalne tarife (1V_L, $N_{stratumov}$ = 18). Vsa drevesa (N = 845) *d, h, d_7* meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

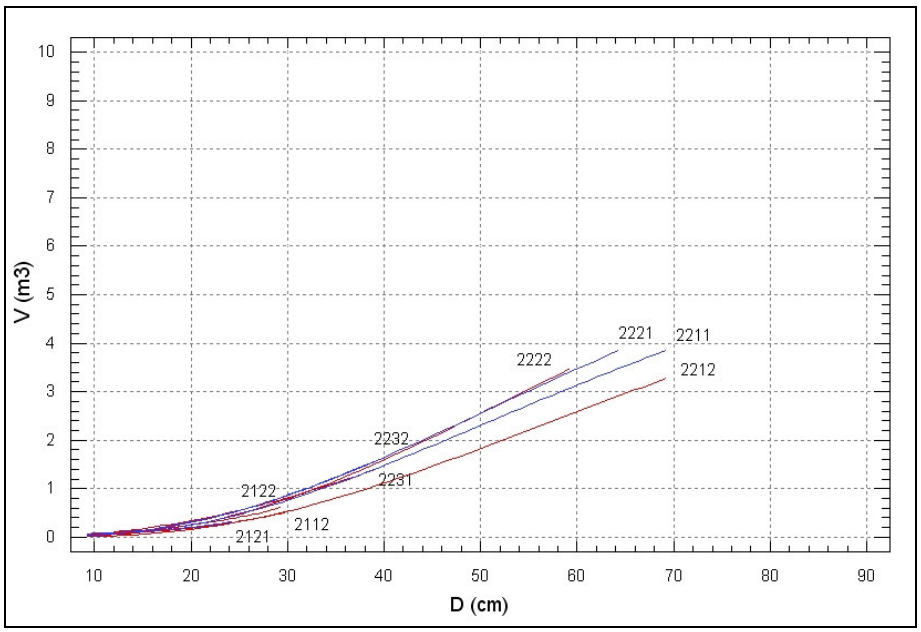
LOKALNE		ENAČBA	R^2	SE_v	SE_v%	1V_O
TARIFE	N			m^3	%	
STRATUM						
1V_L_1122	23	$v_{rr} = \exp(-11{,}4533+3{,}53056 \cdot \ln(d)-0{,}00716773 \cdot (\ln(d))^4)$	0,988649	0,03	10,4	V4
1V_L_1131	56	$v_{rr} = \exp(-11{,}9923+3{,}80442 \cdot \ln(d)-0{,}00893721 \cdot (\ln(d))^4)$	0,985540	0,03	8,9	V6
1V_L_1132	10	$v_{rr} = \exp(-6{,}03282+1{,}4671 \cdot \ln(d)+0{,}00508568 \cdot (\ln(d))^4)$	0,990426	0,03	6,4	E5
1V_L_1213	5	$v_{rr} = \exp(-8{,}93443+2{,}94086 \cdot \ln(d)-0{,}0055245 \cdot (\ln(d))^4)$	0,986153	0,24	14,0	V9
1V_L_1222	47	$v_{rr} = \exp(-14{,}1128+4{,}44433 \cdot \ln(d)-0{,}00995591 \cdot (\ln(d))^4)$	0,976054	0,19	16,3	V5/6
1V_L_1223	19	$v_{rr} = \exp(-16{,}4392+5{,}30307 \cdot \ln(d)-0{,}0130508 \cdot (\ln(d))^4)$	0,981647	0,24	7,6	V9
1V_L_1231	174	$v_{rr} = \exp(-14{,}8417+4{,}73918 \cdot \ln(d)-0{,}0103155 \cdot (\ln(d))^4)$	0,975024	0,41	13,0	V9
1V_L_1232	11	$v_{rr} = \exp(-9{,}12368+2{,}60175 \cdot \ln(d)+0{,}0000950197 \cdot (\ln(d))^4)$	0,980047	0,25	7,5	V8
1V_L_1233	6	$v_{rr} = \exp(-10{,}9554+3{,}43947 \cdot \ln(d)-0{,}00517297 \cdot (\ln(d))^4)$	0,992448	0,14	3,3	V9
1V_L_2112	47	$v_{rr} = \exp(-6{,}24145+1{,}27833 \cdot \ln(d)+0{,}00929945 \cdot (\ln(d))^4)$	0,955955	0,03	20,1	V4
1V_L_2121	48	$v_{rr} = \exp(-2{,}56788-0{,}292837 \cdot \ln(d)+0{,}0219322 \cdot (\ln(d))^4)$	0,875885	0,03	18,2	V4
1V_L_2122	28	$v_{rr} = \exp(-6{,}02566+1{,}29049 \cdot \ln(d)+0{,}00846862 \cdot (\ln(d))^4)$	0,961927	0,04	17,2	V4/5
1V_L_2211	50	$v_{rr} = \exp(-12{,}4728+3{,}89947 \cdot \ln(d)-0{,}00842679 \cdot (\ln(d))^4)$	0,963742	0,17	10,0	E5
1V_L_2212	73	$v_{rr} = \exp(-14{,}1048+4{,}29814 \cdot \ln(d)-0{,}00911604 \cdot (\ln(d))^4)$	0,956004	0,19	17,2	E2
1V_L_2221	90	$v_{rr} = \exp(-11{,}6616+3{,}66584 \cdot \ln(d)-0{,}00755197 \cdot (\ln(d))^4)$	0,979486	0,15	9,6	E6
1V_L_2222	101	$v_{rr} = \exp(-12{,}8625+4{,}02644 \cdot \ln(d)-0{,}00845732 \cdot (\ln(d))^4)$	0,985275	0,10	9,2	E5/6
1V_L_2231	32	$v_{rr} = \exp(-11{,}8566+3{,}82488 \cdot \ln(d)-0{,}012515 \cdot (\ln(d))^4)$	0,901531	0,07	22,5	E3
1V_L_2232	25	$v_{rr} = \exp(-9{,}04272+2{,}72657 \cdot \ln(d)-0{,}00363375 \cdot (\ln(d))^4)$	0,990311	0,03	6,3	E5/6

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa, izračunanega z lokalnimi tarifami, znaša od 3,3 do 22,5 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisno spremenljivko *d* je velik; R^2 znaša v vseh primerih od 0,87 do 0,99.

Ker nekaj stratumov vsebuje zelo malo dreves (od 5 do 11) se pojavlja vprašanje smiselnosti ugotavljanja zanesljive lokalne tarife za stratum s tako malo drevesi. V nalogi so ti stratumi kljub vsemu predstavljeni kot primer, kako zanesljive so lokalne tarife pri stratumih z majhnim številom dreves.

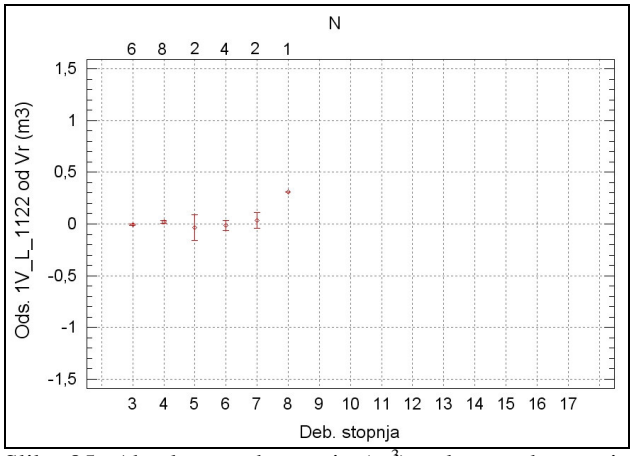


Slika 83: Lokalne tarife za stratume ($N_{stratumov}$ = 9). Smreka (modra, $N_{stratumov}$ = 2), jelka (zelena, $N_{stratumov}$ = 3) in bukev (rdeča; $N_{stratumov}$ = 4). R^2 za stratum 1122 (N = 23) je 0,988649, za 1131 (N = 56) je 0,985540, za 1132 (N = 10) je 0,990426, za 1213 (N = 5) je 0,986153, za 1222 (N = 47) je 0,976054, za 1223 (N = 19) je 0,981647, za 1231 (N = 174) je 0,975024, za 1232 (N = 11) je 0,980047 in za 1233 (N = 6) je 0,992448. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351).

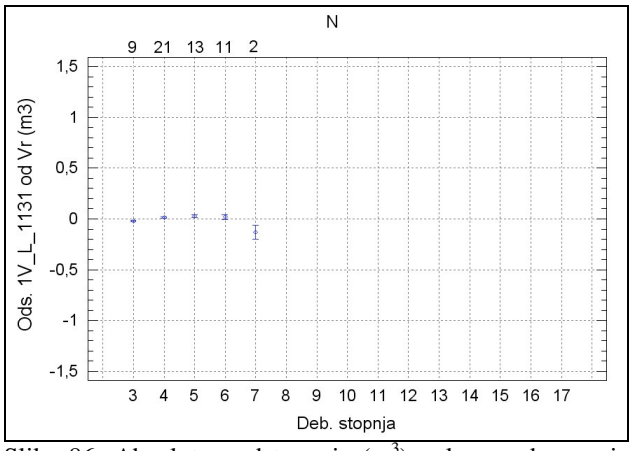


Slika 84: Lokalne tarife za stratume ($N_{stratumov}$ = 9). Smreka (modra, $N_{stratumov}$ = 4) in bukev (rdeča, $N_{stratumov}$ = 5). R^2 za stratum 2112 (N = 47) je 0,955955, za 2121 (N = 48) je 0,875885, za 2122 (N = 28) je 0,961927, za 2211 (N = 50) je 0,963742, za 2212 (N = 73) je 0,956004, za 2221 (N = 90) je 0,979486, za 2222 (N = 101) je 0,985275, za 2231 (N = 32) je 0,901531 in za 2232 (N = 25) je 0,990311. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494).

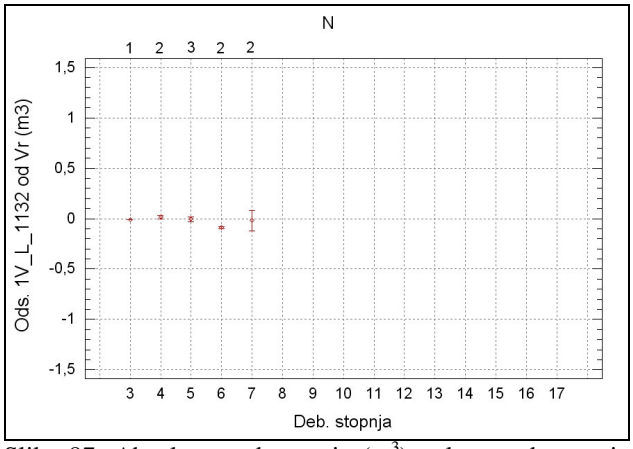
Tarife za stratume na Poljanah so višje, kar pojasnimo s povprečno boljšimi rastišči na lokaciji Poljane kot na lokaciji Predmeja. Lepo je vidno, da ležijo na boljših rastiščih tarife višje (stratumi 12**2**3, 22**2**1, 22**2**2) kot na slabših (stratumi 12**1**3, 22**1**1, 22**1**2).



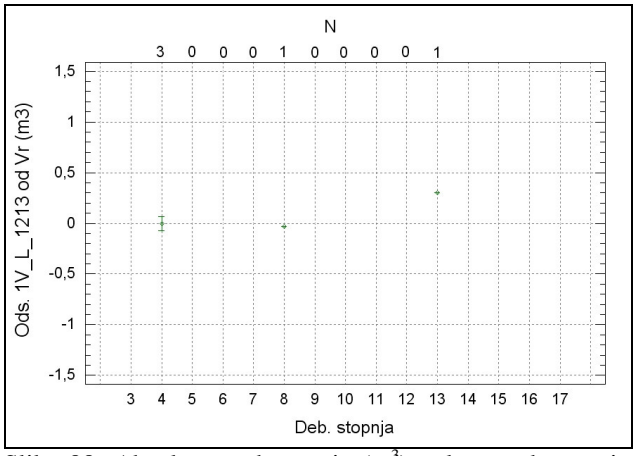
Slika 85: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1122, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 23).



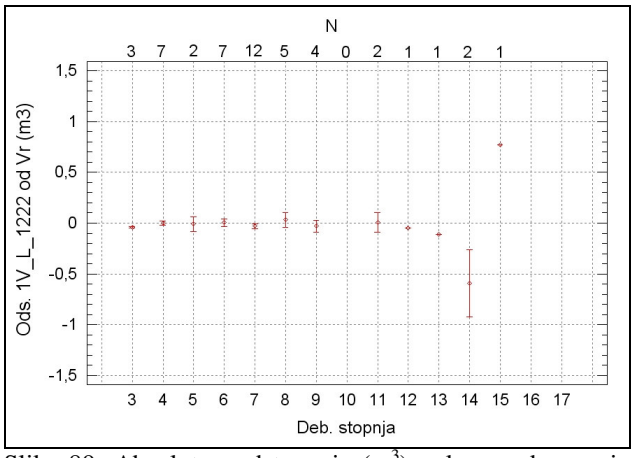
Slika 86: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 1131, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 56).



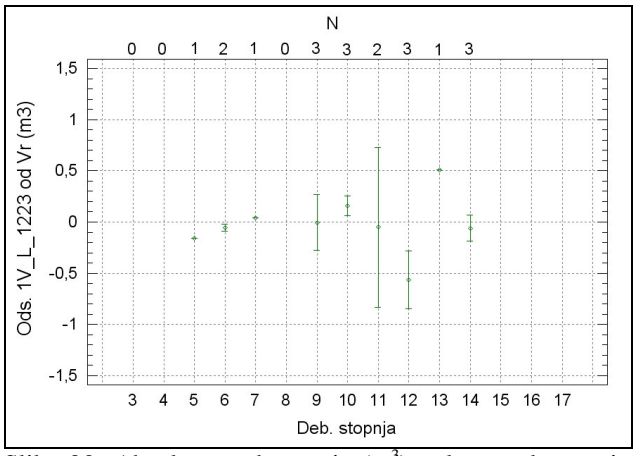
Slika 87: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1132, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 10).



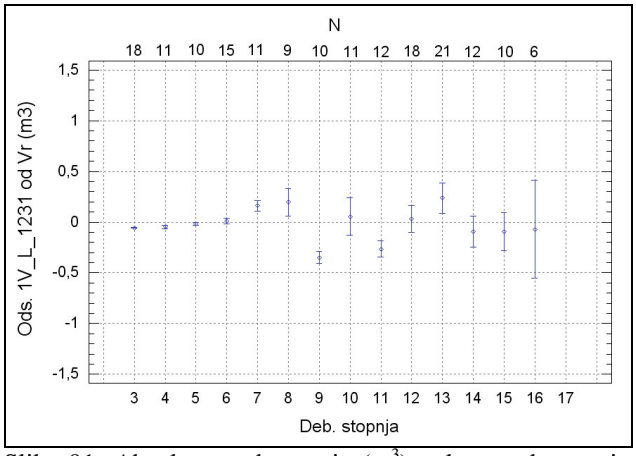
Slika 88: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka, stratum 1213, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 5).



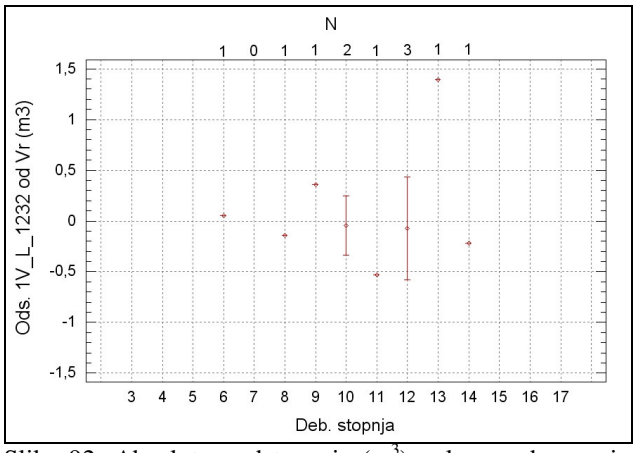
Slika 89: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1222, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 47).



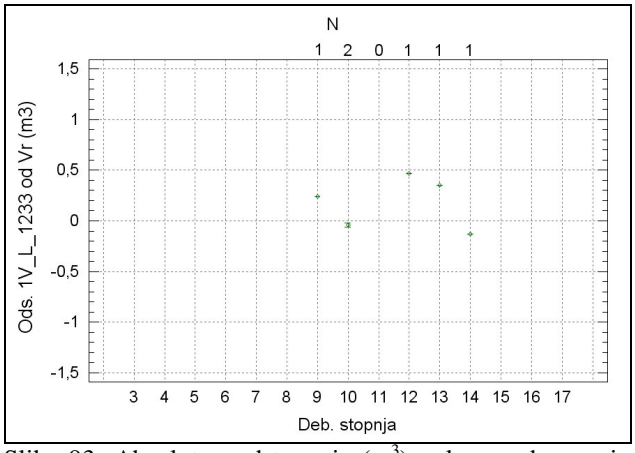
Slika 90: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka, stratum 1223, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 19).



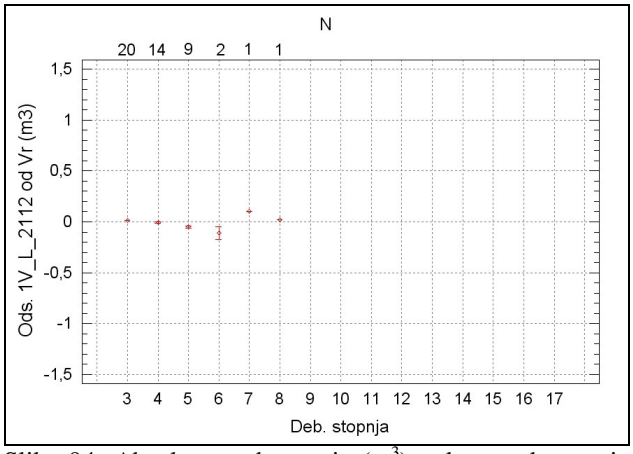
Slika 91: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 1231, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 147).



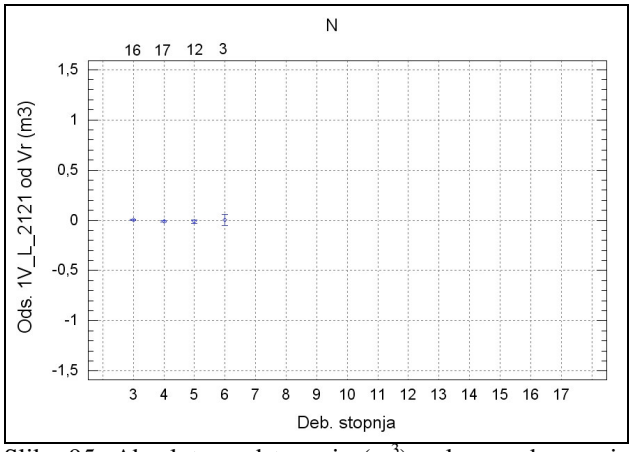
Slika 92: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 1232, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 11).



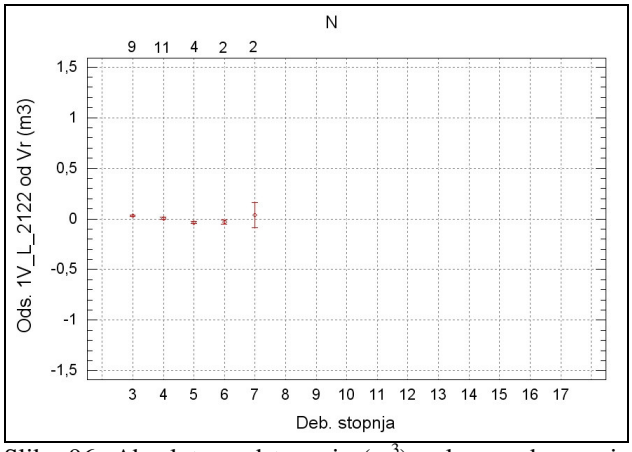
Slika 93: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Jelka, stratum 1233, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 6).



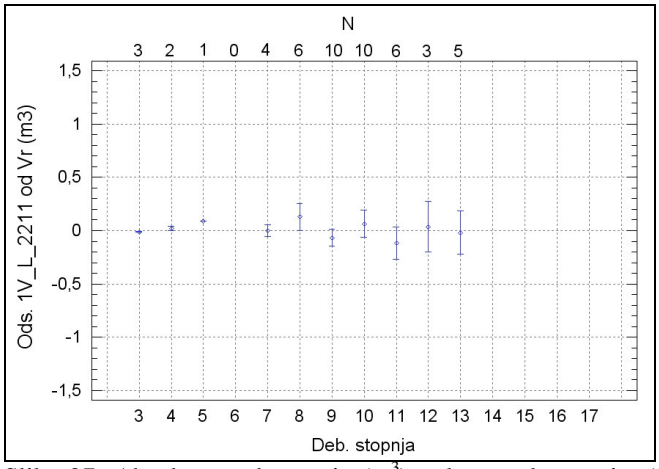
Slika 94: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2112, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 47).



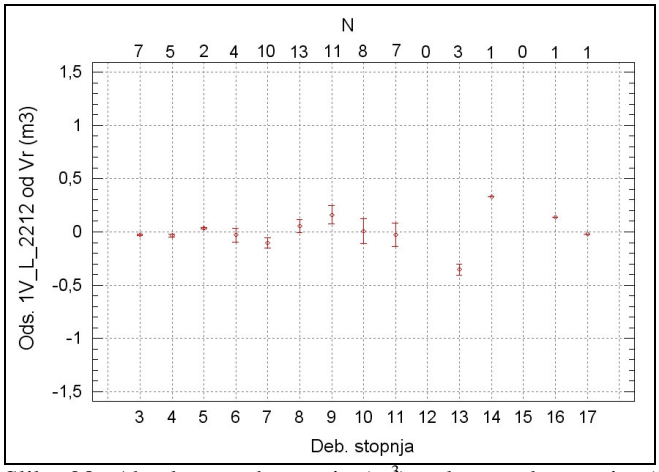
Slika 95: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2121, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 48).



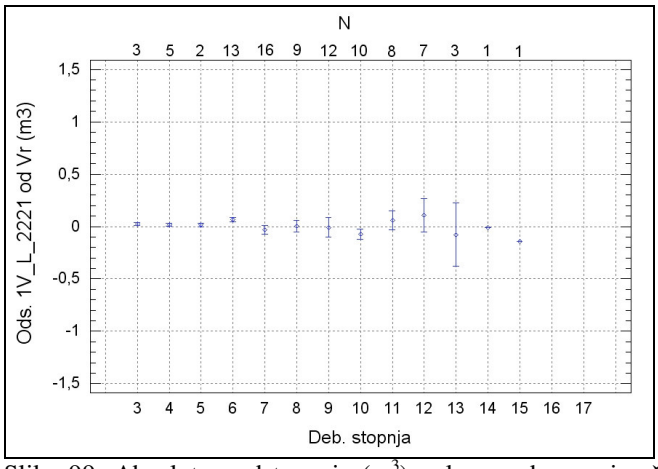
Slika 96: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2122, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 28).



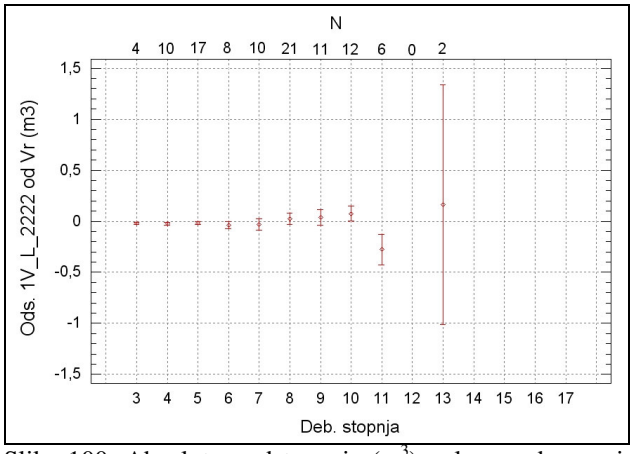
Slika 97: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2211; drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 50).



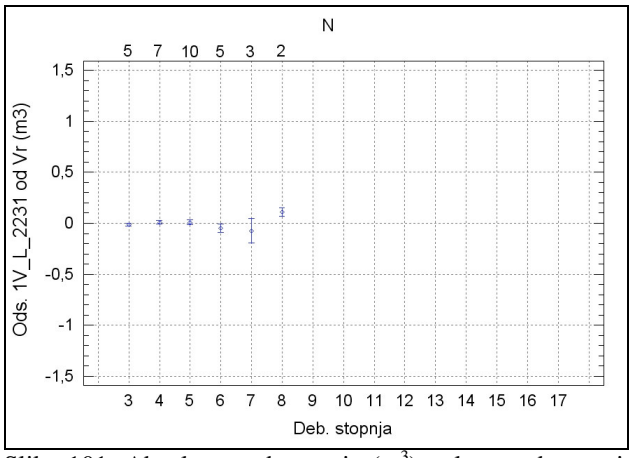
Slika 98: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2212; drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 73).



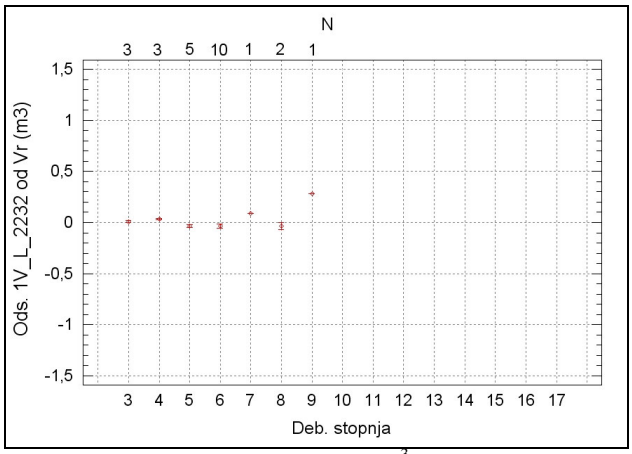
Slika 99: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2221, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 90).



Slika 100: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2222, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 101).



Slika 101: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Smreka, stratum 2231, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 32).

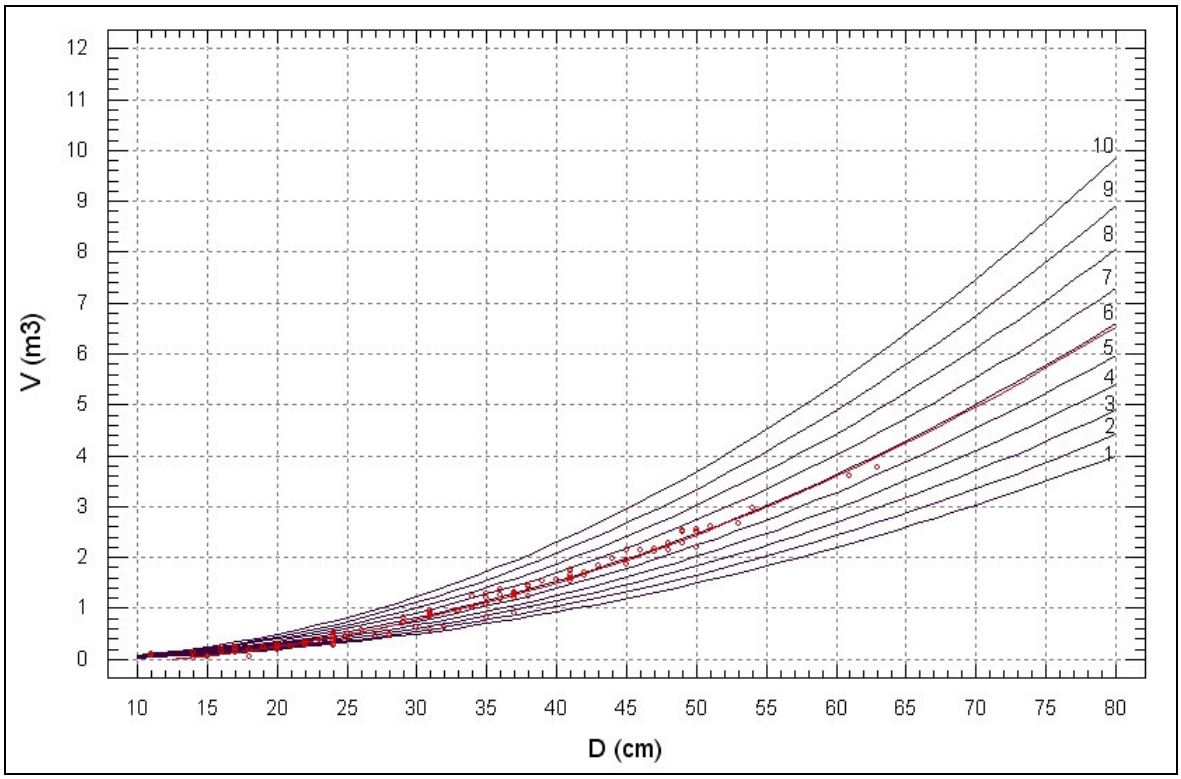


Slika 102: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po deb. stopnjah, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Bukev, stratum 2232, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 25).

Stratumi na Poljanah so manj homogeni kot na Predmeji. Stratuma 2231 in 2232 sta bila uvrščena v razvojni fazi debeljaka (zaradi dominantnih dreves; ravno na meji), vendar pa gre v resnici za drogovnjake.

6.5.1.2.1 Izbor optimalnega niza PEF tarif

Optimalni niz PEF tarif (1V_O) smo izbrali tako, da smo potek krivulje lokalne tarife (1V_L) na območju definiranosti na grafikonih primerjali s 60 nizi (krivuljami) PEF tarif, Slika 103. Izbrani niz (vrsto in razred) PEF tarif (E5/6) na primeru stratuma 2222 prikazuje Preglednica 48.



Slika 103: Izbor optimalnega niza PEF tarif (1V_O), primer za stratum 2222 (rdeča), bukev, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 101).

Postopek primerjalne izbire optimalnega niza PEF tarif je zamuden in do neke mere tudi subjektiven. V prihodnje bi ta postopek lahko nadomestili tako, da bi na treh točkah (npr. D_m, ±*SD*) lokalne tarifne krivulje izračunali volumen drevesa, s pomočjo računalnika pa bi nato izbrali tisti tarifni niz PEF tarif, ki bi za dane tri točke imel najmanjše odstopanje.

6.5.2 Analiza zanesljivosti ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev, ugotovljene s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS), z optimalno izbranimi PEF tarifami (1V_O) in z lokalnimi tarifami (1V_L)

6.5.2.1 Zanesljivost tarif

Za vsa drevesa (N_{dreves} = 845) *d, h,* d_7 meritev smo izračunali povprečni volumen drevesa, razliko od referenčnega volumna drevesa (v_r) ter srednjo napako ocene (*AR*) in standardni odklon odstopanj (*SR*). Primerjavo med tarifami, in sicer med dvema vrstama PEF tarif, sedanjimi (1V_ZGS) in optimalnimi (1V_O) ter lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčne volumne dreves (v_r) za stratume in lokaciji ter drevesne vrste prikazujeta Preglednica 49, Preglednica 50.

Odstopanja po stratumih za posamezne vrste tarif (1V_ZGS, 1V_O, 1V_L) prikazujejo Slika 104, Slika 105, Slika 106.

Preglednica 49: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti dveh vrst PEF tarif (1V_ZGS, 1V_O) in lokalnih tarif (1V_L) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18). Vsa drevesa (N = 845) *d, h, d_7* meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

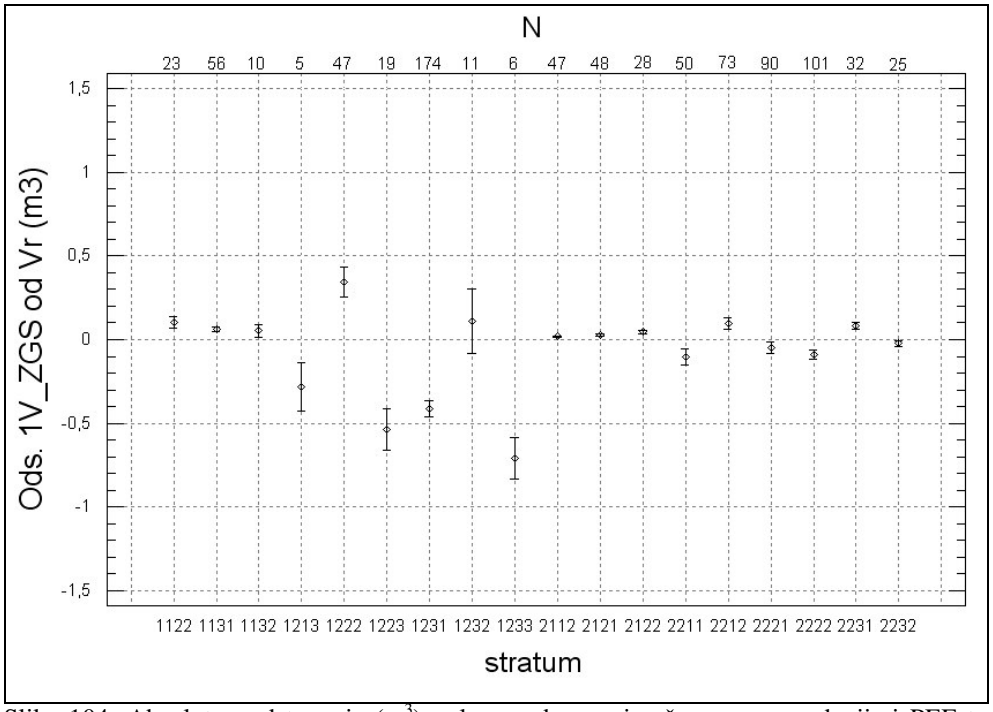
TARIFE		POVPREČNI VOLUMEN				RAZLIKA od V_r			ODSTOPANJE od V_r					
1V	N	V_r	1V_ZGS	1V_O	1V_L	1V_ZGS	1V_O	1V_L	1V_ZGS		1V_O		1V_L	
STRATUM									*AR*	*SR*	*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%	%	%
1V_L_1122	23	0,277	0,382	0,275	0,293	0,105	–0,002	0,016	37,8	69,0	–0,9	30,5	5,6	32,2
1V_L_1131	56	0,286	0,349	0,292	0,294	0,063	0,006	0,008	22,2	41,7	2,2	21,4	2,9	21,1
1V_L_1132	10	0,481	0,534	0,476	0,459	0,053	–0,005	–0,022	11,0	25,7	–1,0	11,5	–4,6	13,4
1V_L_1213	5	1,658	1,374	1,646	1,710	–0,284	–0,012	0,052	–17,1	24,4	–0,7	27,1	3,1	9,3
1V_L_1222	47	1,209	1,554	1,193	1,187	0,345	–0,016	–0,022	28,6	57,9	–1,3	20,4	–1,8	16,6
1V_L_1223	19	3,276	2,739	3,268	3,211	–0,537	–0,008	–0,065	–16,4	22,7	–0,2	14,2	–2,0	13,3
1V_L_1231	174	3,154	2,740	3,143	3,148	–0,414	–0,011	–0,006	–13,1	24,2	–0,4	16,5	–0,2	15,0
1V_L_1232	11	3,308	3,419	3,346	3,363	0,111	0,038	0,055	3,4	18,8	1,2	19,8	1,6	18,6
1V_L_1233	6	4,060	3,350	3,972	4,202	–0,710	–0,088	0,142	–17,5	18,8	–2,2	5,7	3,5	6,5
1V_L_2112	47	0,162	0,180	0,160	0,155	0,018	–0,002	–0,007	10,7	24,1	–1,2	26,0	–4,5	26,8
1V_L_2121	48	0,155	0,180	0,152	0,150	0,025	–0,003	–0,005	16,4	34,5	–1,6	34,8	–3,2	26,1
1V_L_2122	28	0,199	0,247	0,195	0,207	0,048	–0,004	0,008	24,0	36,5	–2,2	23,9	3,8	23,4
1V_L_2211	50	1,734	1,628	1,770	1,737	–0,106	0,036	0,003	–6,1	20,0	2,1	18,4	0,2	17,6
1V_L_2212	73	1,067	1,163	1,069	1,071	0,096	0,002	0,004	9,0	27,1	0,2	23,9	0,4	21,6
1V_L_2221	90	1,566	1,518	1,603	1,572	–0,048	0,037	0,006	–3,1	20,9	2,4	16,6	0,4	14,2
1V_L_2222	101	1,140	1,051	1,131	1,133	–0,089	–0,009	–0,007	–7,8	25,6	–0,8	24,5	–0,6	23,3
1V_L_2231	32	0,327	0,409	0,334	0,322	0,082	0,007	–0,005	25,0	45,0	2,1	29,9	–1,5	26,9
1V_L_2232	25	0,543	0,520	0,546	0,540	–0,023	0,003	–0,003	–4,3	15,9	0,5	16,5	–0,7	14,2

Srednja napaka ocene pri stratumih je največja pri sedanjih PEF tarifah (1V_ZGS) in znaša od –17,5 do 37,8 %. Standardni odklon odstopanj znaša od 15,9 do 69,0 %. Če pa izberemo razred PEF tarif optimalno (1V_O), dobimo zelo zanesljivo oceno, in sicer znaša srednja napaka ocene pri stratumih od –2,2 do 2,4 %. Standardni odklon odstopanj znaša od 5,7 do 34,8 %. PEF tarife so torej lahko zelo zanesljive (lega in oblika krivulj je primerna), če so le pravilno izbrane za določen stratum. Pri lokalnih tarifah (1V_L) so nekaj večja odstopanja, in sicer znaša srednja napaka ocene od –4,6 do 5,6 %; standardni odklon odstopanj pa je od 6,5 do 32,2 %. Večje odstopanje lokalnih tarif je lahko posledica izbora tipa krivulje (eksponentne) oz. tega, da smo srednjo napako ocene izračunali glede na srednje drevo, kjer so se PEF tarife izkazale za ustreznejše.

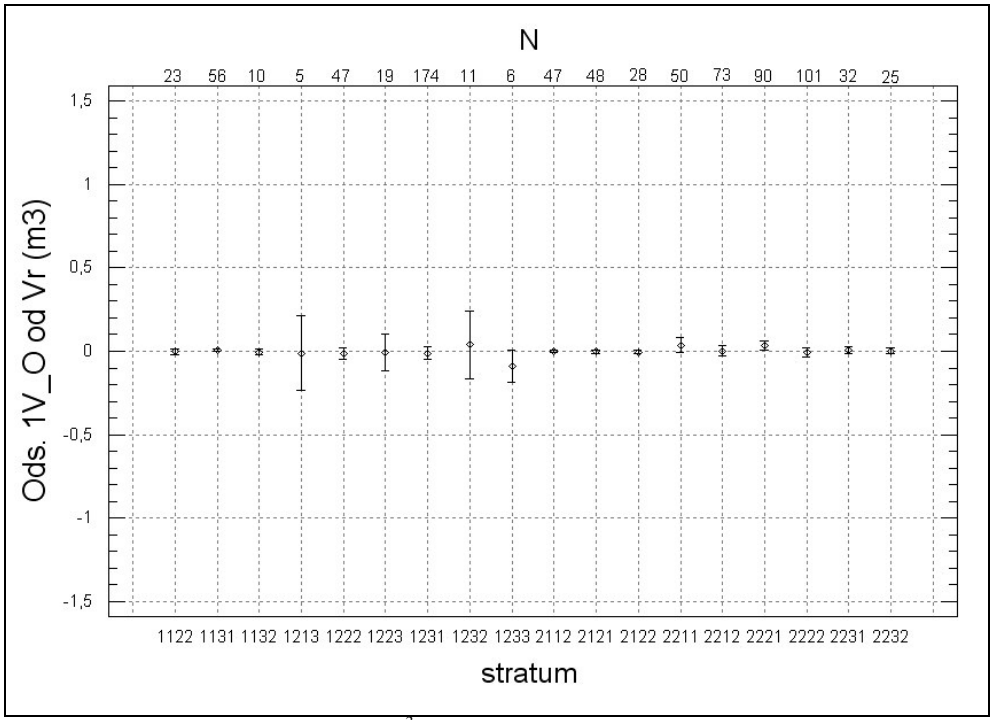
Preglednica 50: Primerjava povprečnih volumnov dreves in zanesljivosti dveh vrst PEF tarif (1V_ZGS, 1V_O) in lokalnih tarif (1V_L) za lokaciji (Poljane, Predmeja), po drevesnih vrstah (smreka, jelka, bukev) in skupaj. Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

TARIFE			POVPREČNI VOLUMEN				RAZLIKA od V_r			ODSTOPANJE od V_r					
1V	DREVESNA VRSTA	N	V_r	1V_ZGS	1V_O	1V_L	1V_ZGS	1V_O	1V_L	1V_ZGS		1V_O		1V_L	
SKUPINA										*AR*	*SR*	*AR*	*SR*	*AR*	*SR*
			m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	%	%	%	%	%	%
Poljane	smreka	230	2,455	2,158	2,449	2,453	–0,297	–0,006	–0,002	–12,1	27,1	–0,3	18,4	–0,1	16,8
Poljane	jelka	30	3,163	2,634	3,138	3,159	–0,529	–0,025	–0,004	–16,7	22,2	–0,8	13,5	–0,1	11,8
Poljane	bukev	91	1,147	1,371	1,143	1,144	0,224	–0,004	–0,003	19,5	48,6	–0,4	25,5	–0,2	22,9
Poljane	skupaj	351	2,177	1,995	2,169	2,174	–0,182	–0,008	–0,003	–8,4	29,5	–0,4	19,1	–0,1	17,3
Predmeja	smreka	220	1,116	1,090	1,140	1,118	–0,026	0,024	0,002	–2,3	24,6	2,2	20,6	0,2	18,5
Predmeja	bukev	274	0,802	0,801	0,799	0,800	–0,001	–0,003	–0,002	–0,2	29,2	–0,4	27,1	–0,3	25,3
Predmeja	skupaj	494	0,942	0,930	0,951	0,941	–0,012	0,009	–0,001	–1,3	26,9	0,9	23,7	–0,1	21,8
SKUPAJ	smreka	450	1,801	1,636	1,809	1,800	–0,165	0,008	–0,001	–9,2	28,5	0,5	20,1	0,0	18,3
SKUPAJ	jelka	30	3,163	2,634	3,138	3,159	–0,529	–0,025	–0,004	–16,7	22,2	–0,8	13,5	–0,1	11,8
SKUPAJ	bukev	365	0,888	0,943	0,885	0,886	0,055	–0,003	–0,002	6,2	38,8	–0,4	26,8	–0,3	24,7
SKUPAJ	skupaj	845	1,455	1,372	1,457	1,453	–0,083	0,002	–0,002	–5,7	31,4	0,1	21,8	–0,1	19,8

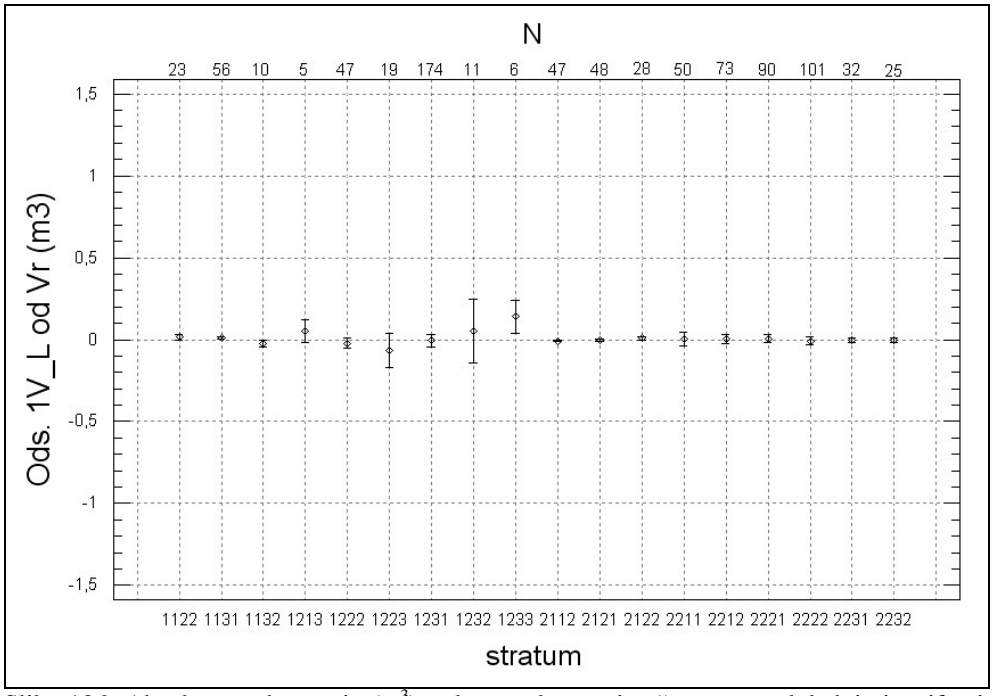
Pri uporabi sedanjih PEF tarif dobimo večjo napako na Poljanah kot na Predmeji. Na Poljanah je povprečni volumen smreke podcenjen za –12,1 %, jelke za –16,7 %, bukev pa je precenjena za 19,5 %. Standardni odklon odstopanj je od 22,2 do 48,6 %. Z uporabo optimalno izbranih PEF tarif (1V_O) in lokalnih tarif (1V_L) dobimo zelo zanesljivo oceno povprečnega volumna drevesa (od –0,8 do 2,2 %), ne glede na lokacijo in drevesno vrsto. Standardni odklon odstopanj je od 11,8 do 27,1 %. Sklepamo lahko, da sta novi metodi, torej metoda optimalnega izbora PEF tarif (1V_O) in metoda lokalnih tarif (1V_L) ustrezni za zanesljivo oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev. Pri uporabi sedanjih tarif pa je pri analiziranih podatkih volumen drevesa in s tem tudi sedanja lesna zaloga podcenjena za –5,7 %.



Slika 104: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na referenčni volumen (v_r) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).



Slika 105: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z optimalnimi PEF tarifami (1V_O) glede na referenčni volumen (v_r) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Vsa drevesa (N = 845) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

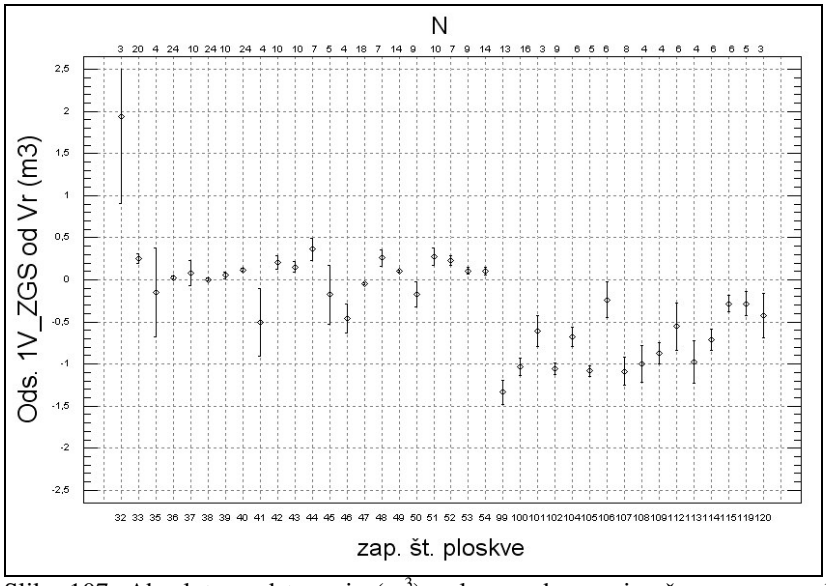


Slika 106: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po stratumih ($N_{stratumov}$ = 18), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Vsa drevesa (N = 845) *d, h, d*$_7$ meritev, Poljane (l. 2005, N = 351) in Predmeja (l. 2005, N = 494).

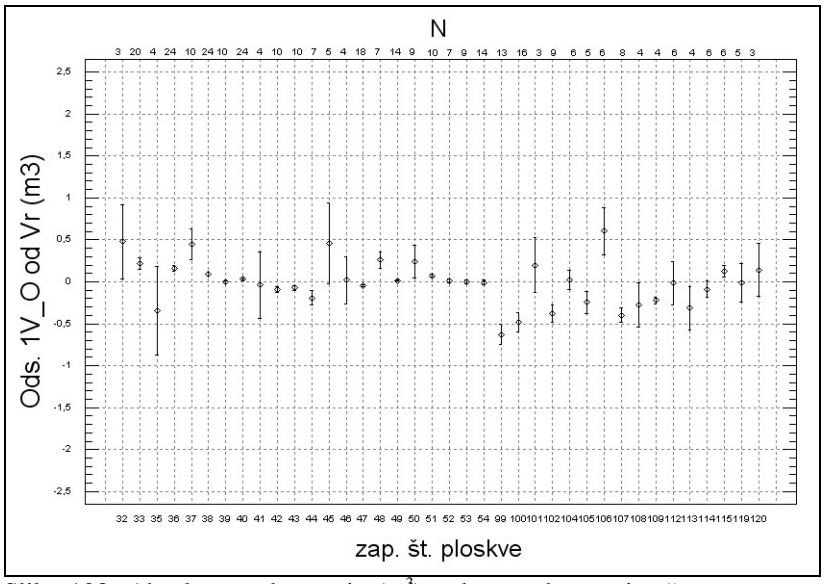
Večja odstopanja so pri stratumih na Poljanah kot pri stratumih na Predmeji. Odstopanja pri sedanjih PEF tarifah (1V_ZGS) so večja kot pri optimalno izbranih PEF tarifah (1V_O) ali lokalnih tarifah (1V_L).

6.5.2.2 Zanesljivost tarif po ploskvah

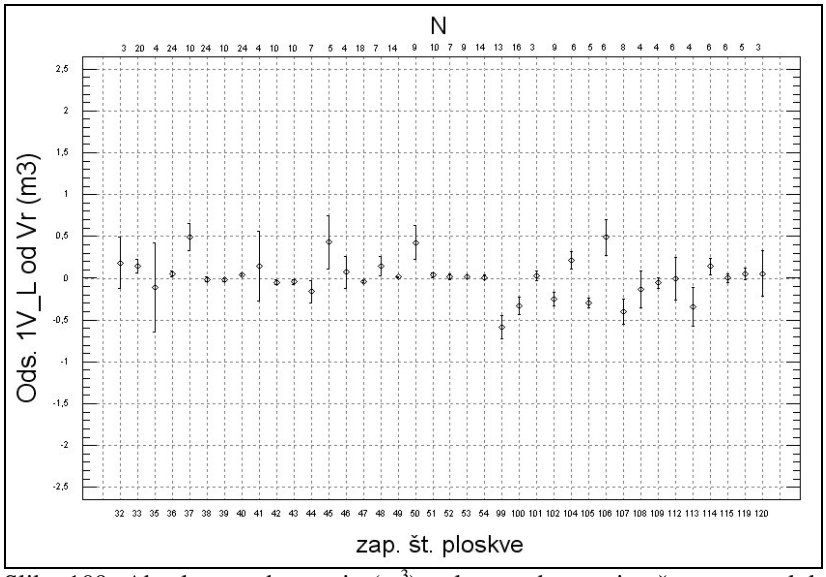
Ker je pri ugotavljanju lesne zaloge z vzorčnimi ploskvami pomembna tudi zanesljivost ocene lesne zaloge na vsaki ploskvi, smo za obe lokaciji in za vse tri vrste tarif (1V_ZGS, 1V_O, 1V_L) izračunali absolutna odstopanja (m^3) od referenčnega volumna drevesa (v_r) po ploskvah, kar prikazujejo Slika 107, Slika 108, Slika 109, Slika 110, Slika 111, Slika 112.



Slika 107: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351).

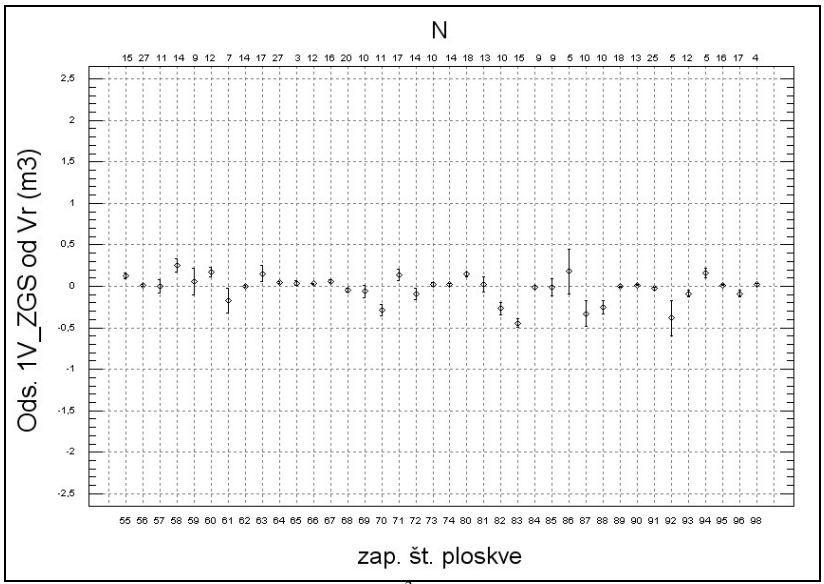


Slika 108: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z optimalnimi PEF tarifami (1V_O) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351).

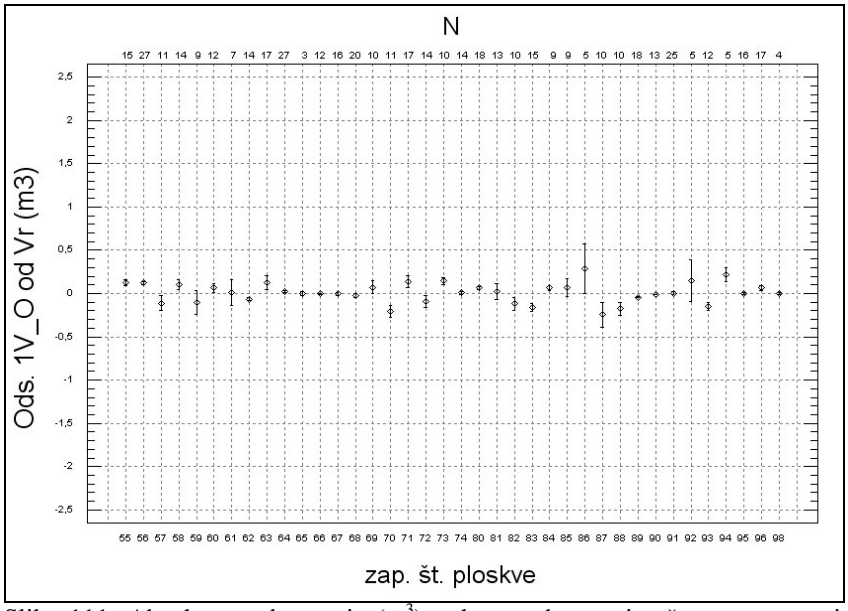


Slika 109: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 351).

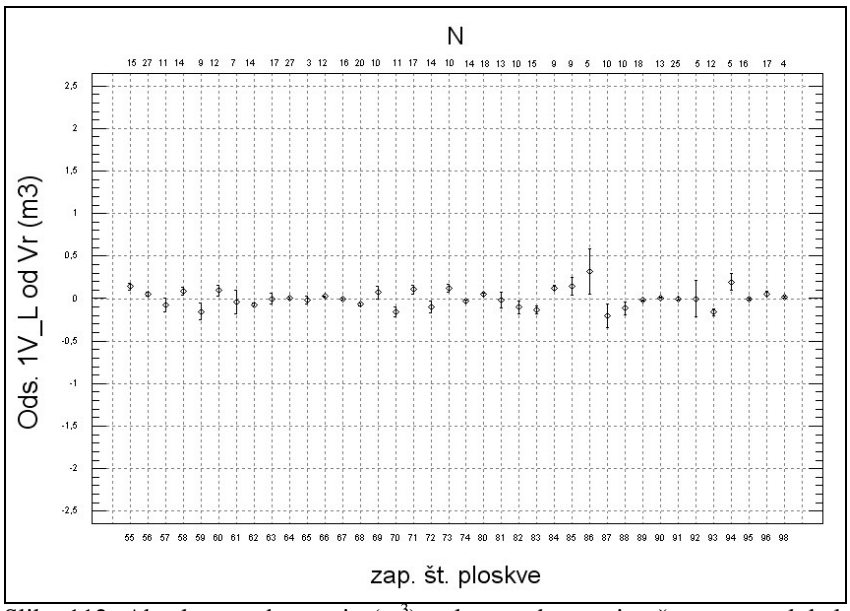
Odstopanja na Poljanah se zelo razlikujejo med posameznimi ploskvami in glede na vrsto tarif. V splošnem velja, da so odstopanja pri sedanjih PEF tarifah (1V_ZGS) večja kot pri optimalno izbranih PEF tarifah (1V_O) ali lokalnih tarifah (1V_L).



Slika 110: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega s sedanjimi PEF tarifami (1V_ZGS) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494).



Slika 111: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z optimalnimi PEF tarifami (1V_O) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h, d_7* meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494).



Slika 112: Absolutno odstopanje (m^3) volumna dreves, izračunanega z lokalnimi tarifami (1V_L) glede na referenčni volumen (v_r) po ploskvah ($N_{ploskev}$ = 38), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa *d, h, d_7* meritev, Predmeja (l. 2005, N = 494).

Odstopanja med posameznimi ploskvami se na Predmeji bistveno manj razlikujejo od odstopanj na Poljanah, prav tako pa so tudi manjše razlike glede na vrsto tarif.

Ponovno lahko potrdimo, da so na primeru Predmeje sedanje tarife ustrezneje izbrane kot na primeru Poljan.

6.5.3 Višina dreves in višinske krivulje

Za izbrane stratume na lokacijah Poljane in Predmeja, v katerih je bilo več kot 50 dreves, smo izdelali višinske krivulje ter primerjali razlike med oceno prave srednje sestojne višine (H_m) in srednjo sestojno višino (H_m'), ki smo jo izračunali s pomočjo višinske krivulje (iz D_m). Za posamezni stratum smo izračunali, koliko dreves bi morali izmeriti za zanesljivo oceno srednje sestojne višine in konstruiranje višinske krivulje ob dani vzorčni napaki (*E* je 10 %, 5 % in 1 %), Preglednica 51.

Višinske krivulje za vsak stratum po socialnih položajih prikazujejo Slika 113, Slika 114, Slika 115, Slika 116, Slika 117, Slika 118.

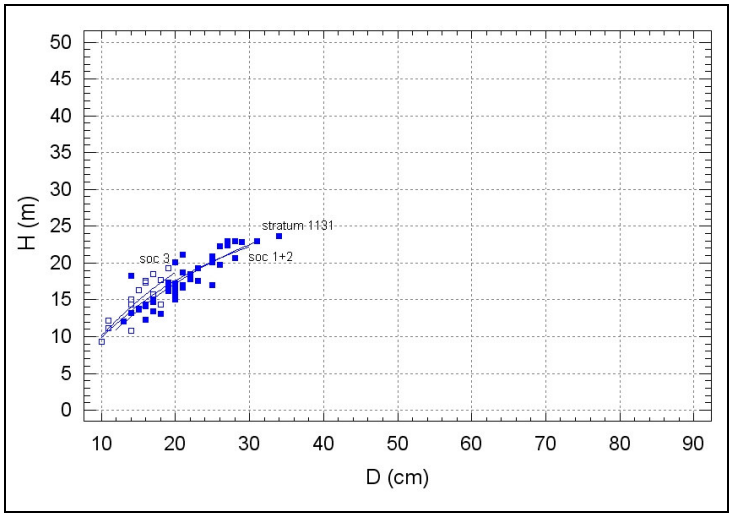
Odstopanja med ocenami pravih višin (*h*) posameznih dreves in višinami dreves (*h'*), izračunanimi s pomočjo sestojne višinske krivulje, pa prikazujejo Slika 119, Slika 120, Slika 121, Slika 122, Slika 123, Slika 124.

Preglednica 51: Višinske krivulje za izbrane stratume ($N_{stratumov}$ = 6) za lokaciji (Poljane, $N_{stratumov}$ = 2; Predmeja, $N_{stratumov}$ = 4). Izbrana drevesa (N = 544) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 230) in Predmeja (l. 2005, N = 314).

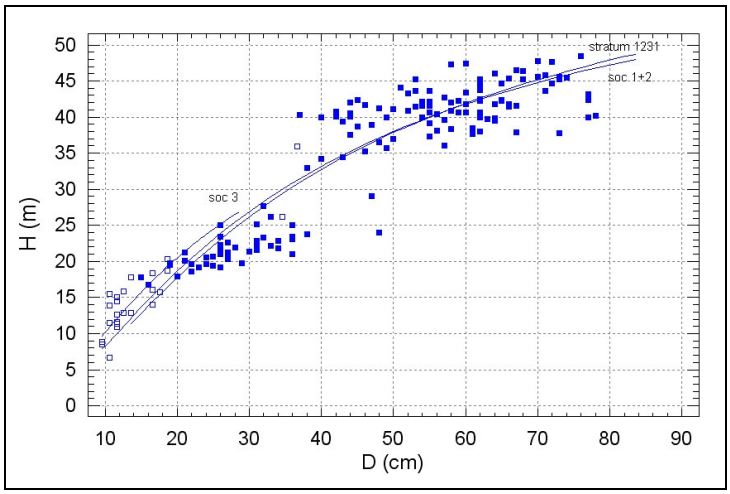
STRATUM		PREMER			MEJA ZAUPANJA pri $t_{0,05}$			VIŠINA				VIŠINSKA KRIVULJA				DOPUSTNI *E%*		
	N	D_m	*SD*	*KV*	*SD* 2	D_{min}	D_{min}	H_m	H_m'	*SD*	*KV*	$h = (d/(a+b \cdot d))^3+1,3$	R^2	SE_h	SE_h%	1	5	10
		cm	cm	%	cm	cm	cm	m	m	m	%			m	%	n	n	n
1131	56	19,7	5,28	26,9	10,6	9	30	16,9	17,3	3,48	20,6	$h = (d/(1,91460+0,299909 \cdot d))^3+1,3$	0,76061	1,70	10,1	408	16	4
SOC1 in 2	40	21,5	4,97	23,1	9,9	12	31	17,7	18,0	3,35	18,9	$h = (d/(2,19334+0,289028 \cdot d))^3+1,3$	0,76192	1,64	9,2	341	14	3
SOC3	16	15,1	2,68	17,7	5,4	10	20	14,7	14,9	2,90	19,7	$h = (d/(2,01423+0,286182 \cdot d))^3+1,3$	0,65561	1,70	11,6	534	21	5
1231	174	43,6	19,98	45,8	40,0	4	84	32,1	34,7	11,92	37,1	$h = (d/(2,95338+0,242743 \cdot d))^3+1,3$	0,89981	3,77	11,8	554	22	6
SOC1 in 2	148	48,6	17,11	35,2	34,2	14	83	35,1	36,9	9,88	28,1	$h = (d/(3,17652+0,238747 \cdot d))^3+1,3$	0,84913	3,84	10,9	478	19	5
SOC3	26	15,1	6,75	44,8	13,5	2	29	14,6	15,2	6,10	41,8	$h = (d/(2,36854+0,258329 \cdot d))^3+1,3$	0,81198	2,64	18,1	1310	52	13
2211	50	42,7	13,07	30,6	26,1	17	69	24,1	25,1	5,72	23,7	$h = (d/(2,52285+0,288758 \cdot d))^3+1,3$	0,81530	2,46	10,2	416	17	4
SOC1 in 2	42	48,3	10,18	21,1	20,4	28	69	25,3	26,4	4,05	16,0	$h = (d/(2,61173+0,287439 \cdot d))^3+1,3$	0,60541	2,55	10,1	404	16	4
SOC3	8	26,4	15,04	57,0	30,1	0	56	17,7	19,7	8,77	49,5	$h = (d/(2,62966+0,279294 \cdot d))^3+1,3$	0,95212	1,92	10,8	471	19	5
2221	90	38,4	13,25	34,5	26,5	12	65	25,2	26,3	6,11	24,2	$h = (d/(2,55965+0,275459 \cdot d))^3+1,3$	0,84051	2,44	9,7	376	15	4
SOC1 in 2	76	41,1	11,93	29,0	23,9	17	65	26,5	27,3	4,96	18,7	$h = (d/(2,50919+0,276675 \cdot d))^3+1,3$	0,76711	2,39	9,0	326	13	3
SOC3	14	23,7	10,30	43,4	20,6	3	44	17,9	18,9	6,86	38,3	$h = (d/(2,74419+0,268369 \cdot d))^3+1,3$	0,82512	2,87	16,0	1025	41	10
2212	73	37,5	15,35	40,9	30,7	7	68	17,6	18,6	4,83	27,4	$h = (d/(1,69036+0,341907 \cdot d))^3+1,3$	0,43578	3,63	20,6	1691	68	17
SOC1 in 2	54	44,0	11,34	25,8	22,7	21	67	19,6	19,7	3,82	19,5	$h = (d/(1,25351+0,349973 \cdot d))^3+1,3$	0,03666	3,75	19,2	1473	59	15
SOC3	19	19,1	8,78	46,1	17,6	1	37	12,2	12,6	2,87	23,5	$h = (d/(0,76963+0,404762 \cdot d))^3+1,3$	0,13023	2,68	21,9	1925	77	19
2222	101	33,3	11,75	35,3	23,5	10	57	24,1	25,2	5,65	23,4	$h = (d/(2,03675+0,286075 \cdot d))^3+1,3$	0,76618	2,73	11,3	512	20	5
SOC1 in 2	87	35,3	10,65	30,2	21,3	14	57	25,1	25,8	4,76	19,0	$h = (d/(2,02007+0,286817 \cdot d))^3+1,3$	0,67644	2,71	10,8	465	19	5
SOC3	14	21,1	11,19	53,1	22,4	0	43	18,1	19,5	7,06	39,0	$h = (d/(2,21066+0,275379 \cdot d))^3+1,3$	0,82010	2,99	16,6	1098	44	11

Združevanje podatkov po socialnih položajih do neke mere izboljša zanesljivost višinske krivulje. Vendar je tudi višinska krivulja, konstruirana za cel stratum, dovolj zanesljiva predvsem pri soraslih in nadraslih drevesih. R^2 se po stratumih zelo razlikuje, saj zavzema vrednosti od 0,43 do 0,90. Standardna napaka ocene srednje sestojne višine, izračunane s pomočjo višinskih krivulj, znaša od 9,0 do 21,9 %.

Število dreves, ki jih je potrebno izmeriti za zanesljivo konstruiranje višinske krivulje in izračun srednje sestojne višine, je različno, povprečno pa pri vzorčni napaki *E* je 1 % znaša 660 dreves, pri 5 % 26 dreves in pri 10 % 7 dreves. Iz podatkov naših meritev lahko izračunamo, da bi bila, če bi v stratum vključili 50 dreves, vzorčna napaka ocene srednje sestojne višine 3,5 %, če 100 dreves 2,5 %, če 150 dreves 2,0 % in če 200 dreves 1,7 %. Za zanesljivo ($E < 2,5$ %) konstruiranje višinske krivulje in izračun srednje sestojne višine je torej potrebno, da stratum vsebuje med 100 in 200 dreves.

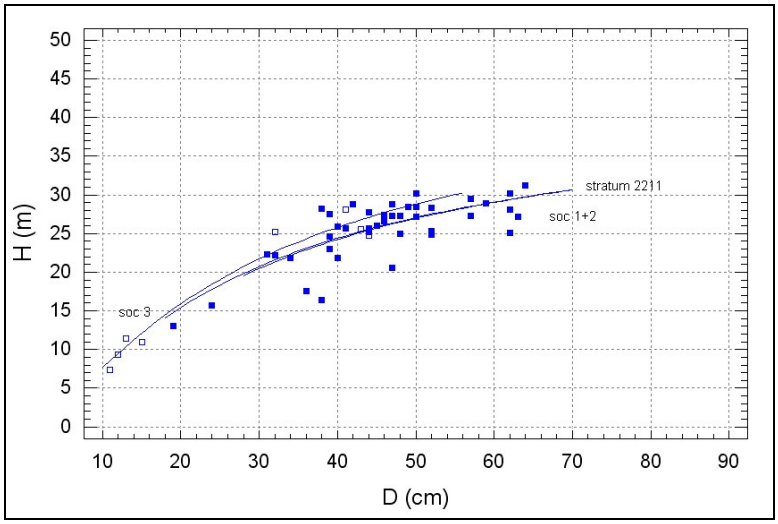


Slika 113: Višinska krivulja za stratum 1131. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■, N = 40, R^2 je 0,76192) ter socialnega položaja 3 (□, N = 16, R^2 je 0,65561). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 56, R^2 je 0,76061).

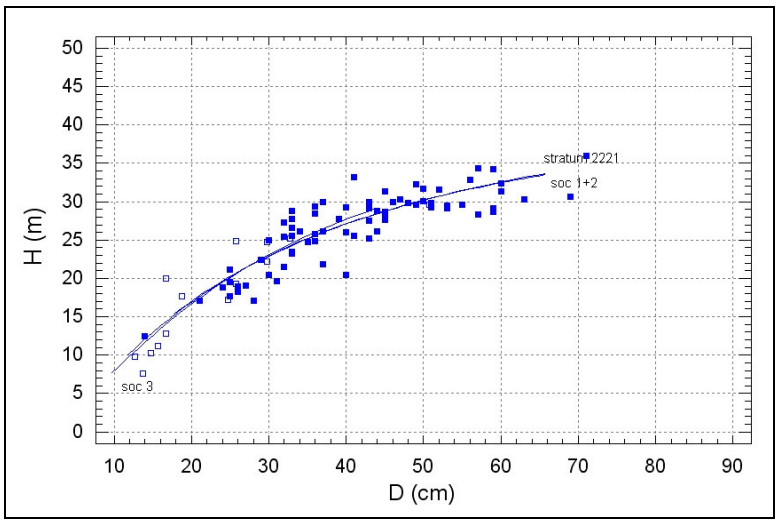


Slika 114: Višinska krivulja za stratum 1231. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■, N = 148, R^2 je 0,84913) ter socialnega položaja 3 (□, N = 26, R^2 je 0,81198). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 174, R^2 je 0,89981).

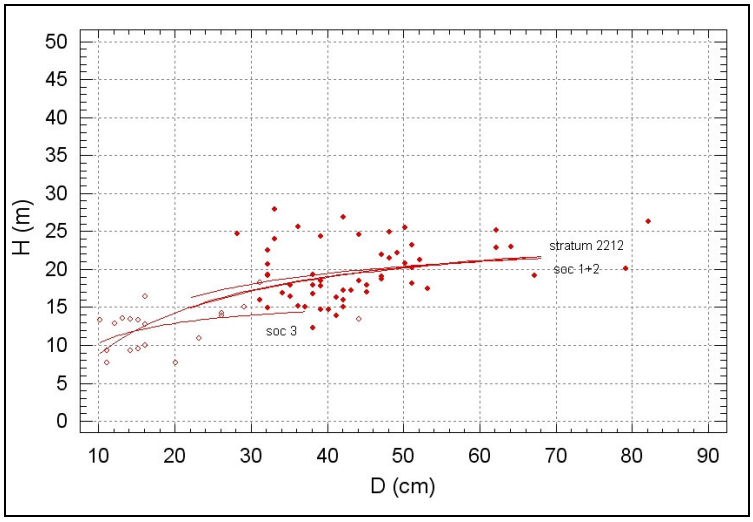
Pri stratumu 1231 opazimo, da je »sestavljen« iz dveh homogenih skupin dreves, ki bi jih bilo dobro ločiti. To je posledica tega, da smo v analizo vključili tudi 11 ploskev posebne raziskave mikrorastiščnega vpliva na zanesljivost tarif, ki so na najboljših rastiščih.



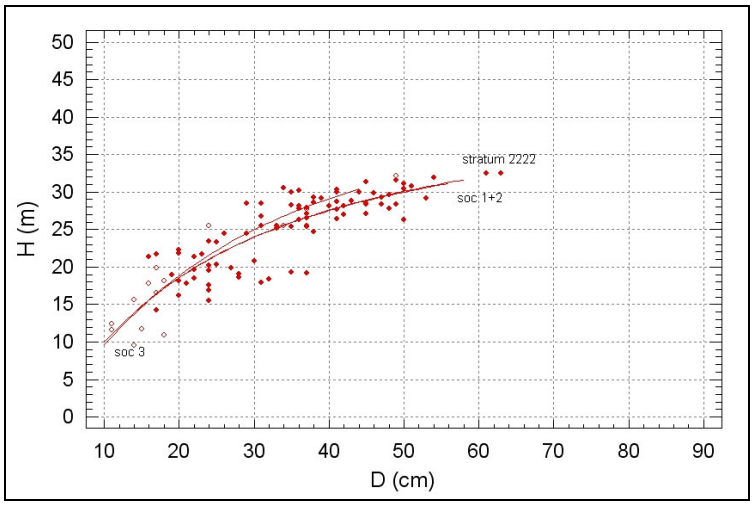
Slika 115: Višinska krivulja za stratum 2211. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■, N = 42, R^2 je 0,60541) ter socialnega položaja 3 (□, N = 8, R^2 je 0,95212). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 50, R^2 je 0,81530).



Slika 116: Višinska krivulja za stratum 2221. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (■,N = 76, R^2 je 0,76711) ter socialnega položaja 3 (□, N = 14, R^2 je 0,82512). Smreka, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 90, R^2 je 0,84051).



Slika 117: Višinska krivulja za stratum 2212. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (●, N = 54, R^2 je 0,03666) ter socialnega položaja 3 (○, N = 19, R^2 je 0,13023). Bukev, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 73, R^2 je 0,43578).



Slika 118: Višinska krivulja za stratum 2222. Drevesa socialnih položajev 1 in 2 (●, N = 87, R^2 je 0,67644) ter socialnega položaja 3 (○, N = 14, R^2 je 0,82010). Bukev, drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 101, R^2 je 0,76618).

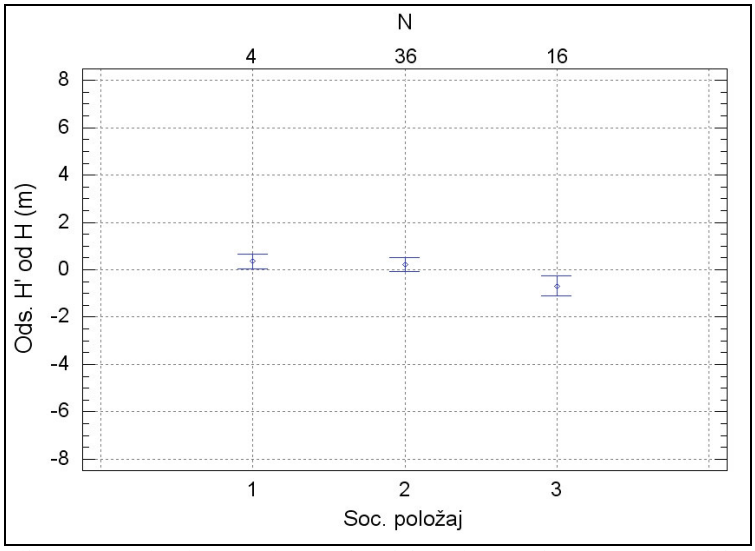
Sestojna višinska krivulja in krivulja za sorasla ter nadrasla drevesa se zelo dobro ujemata. Pri smreki opazimo, da leži višinska krivulja za podrasla drevesa (soc. položaj 3) višje kot za sorasla in nadrasla drevesa (soc. položaj 1 in 2). To pomeni, da imajo podrasla drevesa pri isti višini tanjši premer oz. da so podrasla drevesa pri enakem premeru višja. To velja seveda le za skupino dreves tanjših premerov, kjer prevladujejo podrasla drevesa. Glede sestojne tarife bi to lahko pomenilo, da socialni položaj bistveno ne vpliva na tarifo, saj se manjše debeline dreves kompenzirajo z večjo višino in volumen ostane isti. Pri bukvi višinska krivulja za podrasla drevesa ne leži višje kot za sorasla in nadrasla drevesa. Opozoriti je treba, da je socialni položaj drevesa definiran kot položaj posameznega drevesa glede na sosednja drevesa in ne glede na (absolutni) višinski razred! Pri združevanju (poststratifikaciji) dreves v posamezen stratum smo združili drevesa iz različnih vzorčnih ploskev, ki so ležale v podobnih, vendar ne točno enakih sestojih. Tako

ima lahko drevo enakega premera in tudi višine na različnih vzorčnih ploskvah različen socialni položaj, kar se opazi tudi pri prikazu sestojne višinske krivulje.

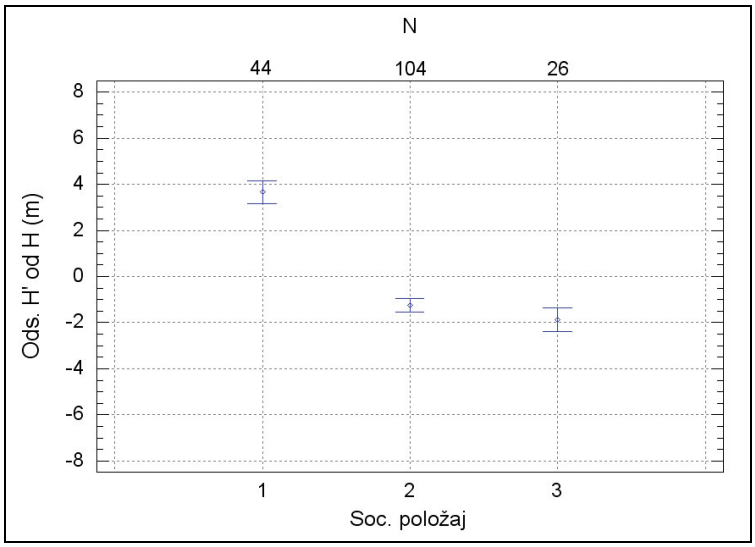
Preglednica 52: Primerjava odstopanj ocen srednjih sestojnih višin (H_m, H_m'), izračunanih kot aritmetična sredina pravih (*h*) in s pomočjo višinske krivulje izračunanih (*h'*) višin posameznih dreves po stratumih ($N_{stratumov}$ = 6) za lokaciji (Poljane, $N_{stratumov}$ = 2; Predmeja, $N_{stratumov}$ = 4). Izbrana drevesa (N = 544) *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 230) in Predmeja (l. 2005, N = 314).

VIŠINE		POVPREČNA VIŠINA		RAZLIKA od H_m	ODSTOPANJE od H_m	
STRATUM	N	H_m	H_m'	H_m'	H_m'	
					AR	*SR*
		m	m	m	%	%
1131	56	16,9	16,8	–0,1	–0,2	9,9
SOC1 in 2	40	17,7	18,0	0,3	1,3	9,2
SOC3	16	14,7	14,0	–0,7	–4,7	11,9
1231	174	32,1	32,0	–0,1	–0,3	11,7
SOC1 in 2	148	35,1	35,3	0,2	0,6	11,0
SOC3	26	14,6	12,7	–1,9	–12,8	21,7
2211	50	24,1	24,1	0,0	0,1	10,0
SOC1 in 2	42	25,3	25,5	0,2	0,6	9,8
SOC3	8	17,7	17,0	–0,7	–3,7	10,9
2221	90	25,2	25,2	0,0	0,1	9,6
SOC1 in 2	76	26,5	26,5	0,0	0,0	8,9
SOC3	14	17,9	18,1	0,2	0,8	15,0
2212	73	17,6	17,6	0,0	–0,1	20,2
SOC1 in 2	44	19,6	19,2	–0,4	–1,6	18,9
SOC3	19	12,2	13,1	0,9	7,0	26,0
2222	101	24,1	24,1	0,0	0,0	11,2
SOC1 in 2	87	25,1	25,1	0,0	0,2	10,7
SOC3	14	18,1	17,7	–0,4	–1,8	15,8

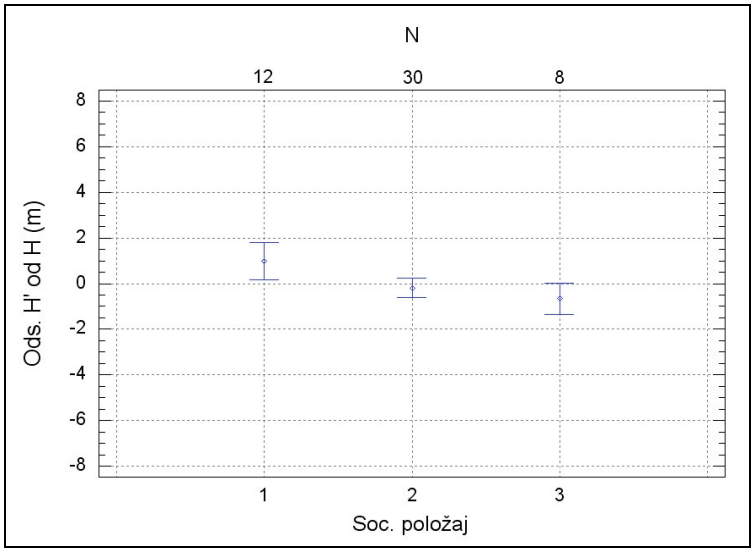
Srednja odstopanja med višinami dreves, izračunanimi z višinskimi krivuljami (*h'*) in ocenami pravih (*h*) višin dreves, so za posamezni stratum od –0,3 do 0,1 %. Sklepamo lahko, da je Pettersonova funkcija ustrezna za prilagoditev višinske krivulje. Po soc. položajih so odstopanja večja (od –12,8 do 7,0 %), kar je do neke mere posledica manjšega števila dreves posameznega soc. položaja.



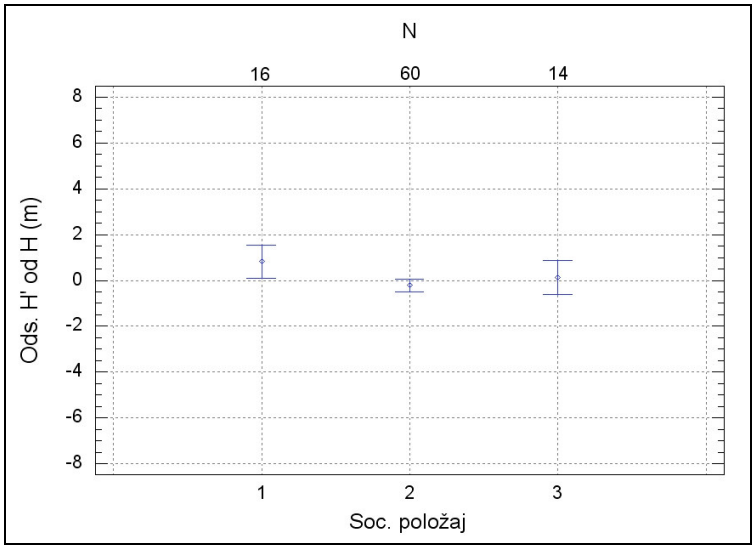
Slika 119: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 1131, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 56).



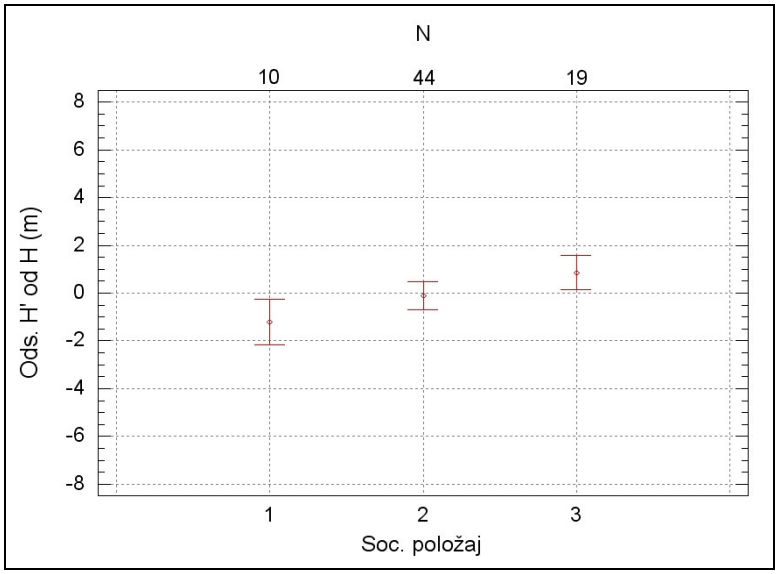
Slika 120: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 1231, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Poljane (l. 2005, N = 174).



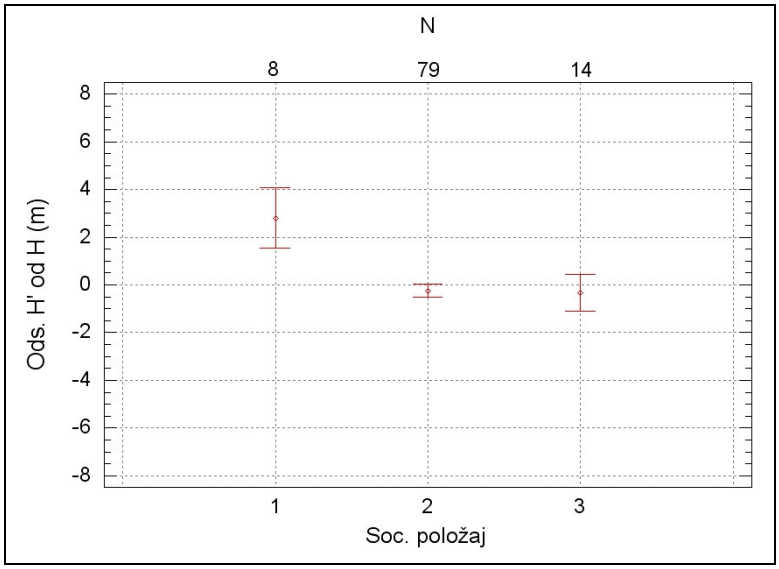
Slika 121: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 2211, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 50).



Slika 122: Absolutno odstopanje višine dreves, izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*) po socialnem položaju, stratum 2221, smreka. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 90).



Slika 123: Absolutno odstopanje višine dreves izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*), po socialnem položaju, stratum 2212, bukev. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 73).

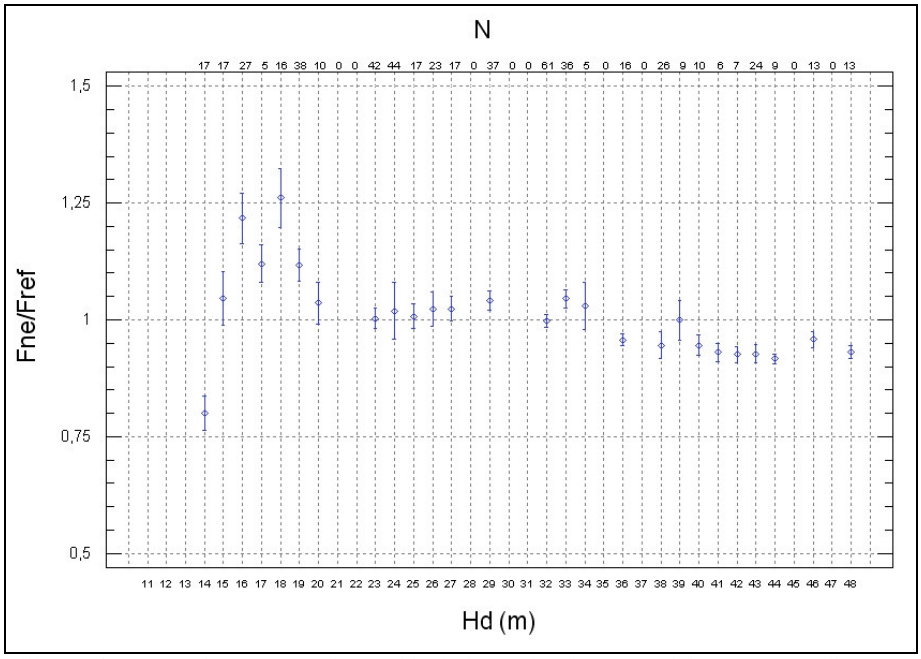


Slika 124: Absolutno odstopanje višine dreves izračunane z višinsko krivuljo (*h'*) glede na oceno prave višine dreves (*h*), po socialnem položaju, stratum 2222, bukev. Drevesa *d, h,* d_7 meritev, Predmeja (l. 2005, N = 101).

Odstopanja med soc. položaji znotraj stratumov so velika in se razlikujejo pri posameznih stratumih. Odvisna so od drevesne vrste in števila dreves v posameznem stratumu.

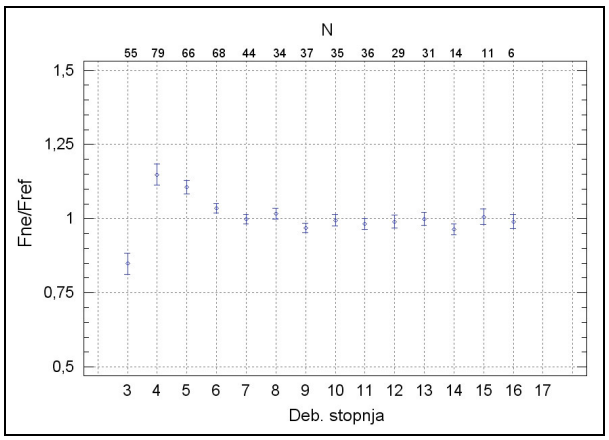
6.5.4 Analiza faktorja oblike dreves (F)

Analizo odstopanja F_{ne}/F_{ref} za posamezne drevesne vrste glede na H_d in po deb. stopnjah prikazujejo Slika 125, Slika 126, Slika 127, Slika 128, Slika 129, Slika 130.



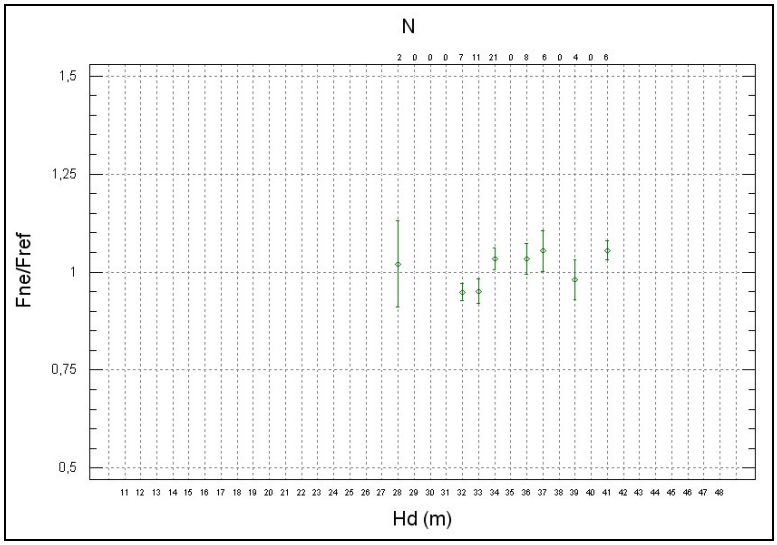
Slika 125: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri smreki glede na dominantno višino (H_d), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 545) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Pri nižjih višinskih razredih (do 20 m) je F_{ne} bistveno večji kot F_{ref}. Nato do višinskega razreda 34 ni razlik med F_{ne} in F_{ref}. Pri višinskih razredih, večjih od 36 m, pa je F_{ne} bistveno manjši kot F_{ref}. Iz tega lahko sklepamo, da dajo nemške dvovhodne deblovnice za smreko pri nižjih višinskih razredih prevelike volumne dreves, pri višjih razredih pa premajhne.



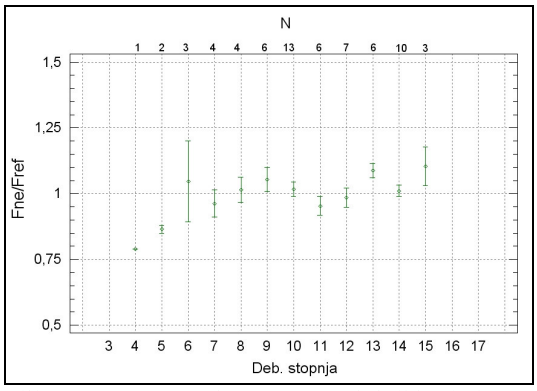
Slika 126: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri smreki glede na deb. stopnje, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 545) sekcijskih meritev (Pokljuka, l. 2004, Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Pri nižjih deb. stopnjah (4., 5., in 6.) je F_{ne} bistveno večji kot F_{ref}. Nato pa ni razlik med F_{ne} in F_{ref}. Sklepamo lahko, da dajo nemške dvovhodne deblovnice za smreko pri nižjih deb. stopnjah prevelike volumne dreves.



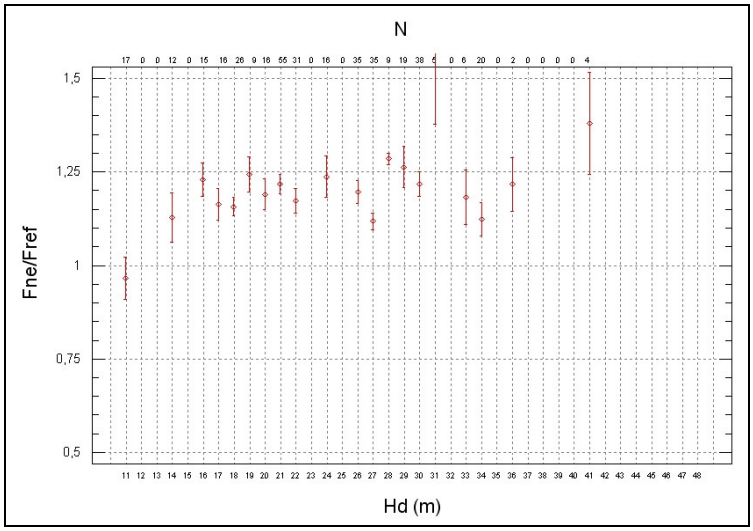
Slika 127: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri jelki glede na dominantno višino (H_d), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 65) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Poljane, l. 2005).

Pri jelki nismo odkrili razlik med F_{ne} in F_{ref} glede na višinske razrede. Iz tega lahko sklepamo, da dajo nemške dvovhodne deblovnice za jelko prave ocene volumnov dreves.



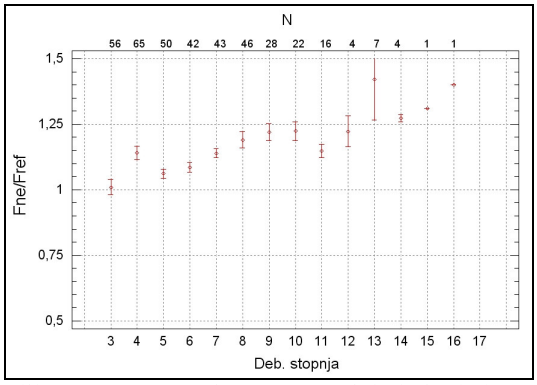
Slika 128: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri jelki glede na deb. stopnje, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 65) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Poljane, l. 2005).

Razlik med F_{ne} in F_{ref} smo odkrili pri 4. in 5. deb. stopnji, vendar sta vsebovali premalo dreves, za zanesljivo oceno. Sklepamo lahko, da dajo nemške dvovhodne deblovnice za jelko prave ocene volumnov dreves.



Slika 129: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri bukvi glede na dominantno višino (H_d), sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 386) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Pri vseh višinskih razredih je F_{ne} bistveno večji kot F_{ref}. Iz tega lahko sklepamo, da dajo nemške dvovhodne deblovnice za bukev pri vseh višinskih razredih prevelike volumne dreves.



Slika 130: Razmerje F_{ne}/F_{ref} pri bukvi glede na deb. stopnje, sredina (*mean*) ± standardna napaka (*SE*). Drevesa (N = 386) sekcijskih meritev (Ravnik, l. 2003) in *d, h,* d_7 meritev (Predmeja, Poljane, l. 2005).

Pri vseh deb. stopnjah je F_{ne} bistveno večji kot F_{ref}, z deb. stopnjami se razlika povečuje. Iz tega spet lahko sklepamo, da dajo nemške dvovhodne deblovnice za bukev pri vseh deb. stopnjah prevelike volumne dreves. Zaradi primerjave referenčnih volumnov dreves (švicarske trovhodne volumenske funkcije) z volumni nemških dvovhodnih deblovnic, ki ne upoštevajo istih posameznih delov drevesa v volumnu drevesa, je del razlik tudi posledica tega. Predvsem pri bukvah nastane razlika zaradi (ne)upoštevanja debeljših vej, čeprav tega pri analizi dreves sekcijskih meritev (tanjše bukve) nismo odkrili.

Nemške dvovhodne deblovnice dajo pri naših drevesih napačne ocene volumna dreves zato, ker so sestavljene na podlagi dreves, ki se glede na faktor oblike drevesa (*f*) razlikujejo od naših dreves (tudi zaradi različnih definicij volumna dreves). To smo opazili pri bukvah in pri tanjših ter zelo debelih smrekah.

6.6 ANALIZA ZANESLJIVOSTI OCENE KOLIČINE DREVESNE BIOMASE IZ OCENE LESNE ZALOGE

6.6.1 Zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji

Ocena stanja lesne zaloge, ki je objavljena v poročilu o Gozdnih fondih Slovenije – GRFA 05 (Hočevar in sod., 2005), je kompromisni rezultat strokovne ocene, temelječe na dveh metodah ugotavljanja lesne zaloge:

- Lesna zaloga, ugotovljena v postopku obnove gozdnogospodarskih načrtov enot (Zavod za gozdove Slovenije),
- Lesna zaloga, ugotovljena na sistematični vzorčni mreži 4 krat 4 km (Gozdarski inštitut Slovenije) v okviru projekta Monitoringa razvrednotenja in poškodovanosti gozdov.

Metoda Zavoda za gozdove (ZGS) temelji na podlagi okularne cenitve lesne zaloge v postopku opisa gozdnih sestojev in je korigirana z meritvami na čez 100.000 stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode (Hočevar in Kovač, 2004). Zaradi metodologije obnovitve gozdnogospodarskih načrtov je ocena v povprečju stara 5 let (podatki za l. 2005 predstavljajo povprečno stanje l. 2000), statistična zanesljivost ocene pa zaradi metode (korekcija okularnih cenitev) ni poznana.

Metoda Gozdarskega inštituta Slovenije temelji na podlagi meritev na 712 koncentričnih permanentnih ploskvah l. 2000. Ker gre za statistično vzorčno metodo, sta poznani vzorčna napaka (± 12,3 m^3/ha oz. 4,5 %) in statistična zanesljivost metode (Hočevar, 2003).

Zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji lahko ocenimo kot zadovoljivo z možnostjo izboljšave (++). Zanesljivost podatkov o sestavi lesne zaloge po drevesnih vrstah lahko ocenimo kot dobro (+++).

6.6.2 Zanesljivost metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za oceno količine drevesne biomase

6.6.2.1 Pretvorba lesne zaloge (volumen) v količino (suhe) biomase debla

Zanesljivost podatkov o gostoti lesa smo ocenili za dobro (+++). Odlične ocene nismo dali zato, ker podatki za Slovenijo niso bili preverjeni, ocenjujemo pa, da večjih odstopanj ni.

6.6.2.2 Pretvorba količine biomase debla v količino nadzemne drevesne biomase

Zanesljivost biomasnih ekspanzijskih faktorjev (BEF) za Slovenijo ni poznana, zato imamo lahko oceno količine nadzemne drevesne biomase le za zadovoljivo (++), saj bi bilo potrebno te faktorje empirično preveriti. Prav tako bi bilo za zanesljivejšo oceno ustrezneje uporabiti vrstno specifične biomasne ekspanzijske faktorje (BEF), saj tudi gostoto lesa upoštevamo za vsako vrsto posebej in ne le ločeno za iglavce (1,35) in listavce (1,30).

6.6.2.3 Pretvorba količine nadzemne drevesne biomase v količino podzemne drevesne biomase

Zanesljivost faktorja za pretvorbo količine podzemne v količino nadzemne drevesne biomase (R) ni poznana, zato imamo lahko tudi tukaj oceno količine podzemne drevesne biomase le za zadovoljivo (++), saj bi bilo potrebno faktor R empirično preveriti. Prav tako bi bilo bolje uporabiti faktor R po posameznih drevesnih vrstah in ne samo ločeno za iglavce (0,32) in listavce (0,26). Možnost povečanja napake povzroča še nezanesljiva ocena količine nadzemne drevesne biomase kot vhodnega podatka.

6.6.2.4 Pretvorba količine žive drevesne biomase v količino odmrle drevesne biomase

Zanesljivost faktorja za pretvorbo količine žive v količino odmrle drevesne biomase (DLR) ni poznana, zato imamo lahko tudi tukaj oceno količine odmrle drevesne biomase le za zadovoljivo (++), saj bi bilo potrebno faktor DLR empirično preveriti. Prav tako bi bilo bolje uporabiti faktor DLR po posameznih drevesnih vrstah in ne samo ločeno za iglavce (0,20) in listavce (0,14). Možnost povečanja napake povzroča še nezanesljiva ocena količine žive drevesne biomase kot vhodnega podatka.

6.6.2.5 Pretvorba količine drevesne biomase v količino C oz. CO_2

Za pretvorbo količine biomase v količino C oz. CO_2 uporabljamo standardne mednarodno dogovorjene faktorje (IPCC, 2003), zato lahko njihovo zanesljivost ocenimo kot odlično (++++). Seveda pa je vprašljiva zanesljivost vhodnih podatkov (količine biomase).

6.6.3 Zanesljivost ocene količine drevesne biomase in bilance CO_2

Z ekspertno oceno smo ocenili zanesljivost ocene količine drevesne biomase, in sicer na podlagi poznavanja zanesljivosti naslednjih podatkov:

- zanesljivosti metod ocenjevanja lesne zaloge, zadovoljiva (++),
- zanesljivosti PEF tarif, dobra (+++),
- zanesljivosti metode in pretvorbenih faktorjev za izračun količine drevesne biomase iz volumna dreves (lesne zaloge), zadovoljiva (++)
- zanesljivosti strukturiranja drevesne biomase po drevesnih vrstah, dobra (+++),
- zanesljivosti strukturiranja drevesne biomase po vrsti (nadzemna, podzemna, odmrla), zadovoljiva (++).

Zanesljivost ocene količine drevesne biomase in bilance CO_2 po »*stock change metodi*«, lahko torej ocenimo kot zadovoljivo (++).

Iz podatkov GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005) lahko tako ocenimo, da znaša povprečna letna (2000–2005) akumulacija lesne zaloge 2,5 m^3/ha, letno povečanje gozdnih površin pa 5.000 ha. V celotni lesni zalogi to pomeni:

- 3.160.000 m^3/leto akumulirane lesne zaloge (2,90 Mt CO_2) zaradi povečevanja lesne zaloge,
- 12.500 m^3/letno akumulirane lesne zaloge (0,01 Mt CO_2) zaradi povečevanja gozdnih površin.

Na podlagi tega lahko ocenimo, da na skupno letno akumulacijo lesne zaloge (akumulacijo drevesne biomase, C in CO_2 v gozdu) bistveno bolj (99,7 %) vpliva povečanje lesne zaloge, ne pa toliko povečanje površin (0,3 %). Seveda pa je na daljši rok pomembno tudi povečanje površin npr. v zadnjih 20 letih 10 % povečanje gozdnih površin (Hočevar in sod., 2005).

Poleg upoštevanja drevesne biomase v gozdovih ne smemo pozabiti na nezanemarljive količine drevesne biomase na negozdnih površinah, poraslih z drevjem. Ocena, ki je bila napravljena v okviru projekta WISDOM Slovenia (Drigo in Veselič, 2005), znaša dodatnih 11.417.413 m^3 na 738.858 ha (lesna zaloga 15,45 m^3/ha, prirastek 0,53 m^3/ha leto) oz. preračunano dodatnih 10,50 Mt CO_2, vezanih v negozdno drevesno biomaso s povprečno letno akumulacijo 0,49 Mt CO_2.

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

7.1 UGOTAVLJANJE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV V SLOVENIJI

7.1.1 CILJ: Ugotoviti metode ocenjevanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Sloveniji

7.1.1.1 HIPOTEZA: Za ocenjevanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev se v Sloveniji uporabljajo PEF tarife, ki so določene z gozdnogospodarskimi načrti gozdnogospodarskih enot na odsečni ravni za osem skupin drevesnih vrst

S študijem literature, analizo gozdnogospodarskih načrtov izbranih gozdnogospodarskih enot in s pregledom Pravilnika o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) smo ugotovili, da so v gozdnogospodarskih načrtih gozdnogospodarskih enot na ravni odseka navedene tarife po osmih skupinah drevesnih vrst. Iz tega lahko sklepamo, da se za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev pretežno uporabljajo (PEF) tarife in da so le-te določene (vrsta, razred) na ravni odseka.

Ugotovili smo, da v nobenem zakonskem ali podzakonskem aktu, ki pokriva področje gozdarstva, ni eksplicitno navedena metoda, ki naj se v Sloveniji uporablja za določanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev. Iz gozdarske prakse pa je razvidno, da so se PEF tarife splošno uveljavile kot metoda izračuna volumna dreves in lesne zaloge sestojev na podlagi dendrometrijskih meritev. Za izbor razreda PEF tarif in za posamezne raziskave se za izračun volumna dreves uporablja tudi nemške, zelo redko pa lokalne dvovhodne deblovnice. Po Pravilniku o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) pa je dopustna še (in se tudi vsesplošno uporablja) metoda okularnega ocenjevanja lesne zaloge. Prav tako nismo zasledili navodil, ki bi natančno določala postopek ugotavljanja tarif oz. izbor vrste in razreda PEF tarif.

Za odpravo sedanje nedorečenosti bi bilo nujno potrebno v dopolnitvah Pravilnika o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) določiti definicijo volumna dreves, torej katere posamezne dele drevesa upoštevamo v njem. Tako bi postala nedvoumna tudi definicija lesne zaloge. Z natančnimi navodili (merski prag, volumenske funkcije, dvovhodne deblovnice, tarife, način meritev parametrov, izračun volumna dreves in lesne zaloge) bi bilo potrebno določiti tudi metode ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge, kar bi zagotavljalo primerljivost in ponovljivost podatkov.

Sklenemo lahko, da se za ocenjevanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev v Sloveniji uporabljajo PEF tarife, ki so določene z gozdnogospodarskimi načrti gozdnogospodarskih enot na odsečni ravni za osem skupin drevesnih vrst.

7.1.2 CILJ: Zanesljivost sedanjega ocenjevanja volumna dreves in lesne zaloge v Sloveniji

7.1.2.1 HIPOTEZA: Sedanji način določitve PEF tarif v Sloveniji ni dovolj zanesljiv

Pri pregledu desetih gozdnogospodarskih načrtov izbranih gozdnogospodarskih enot smo ugotovili, da se PEF tarife večinoma ne preverijo vsakih 10 let (ob obnovi načrta), ampak se prepišejo iz preteklih urejevalskih načrtov in ostajajo nespremenjene, v redkih posameznih odsekih pa so PEF tarife tudi ažurirali. Kjer so PEF tarife ažurirali na podlagi meritev višin, dajo novo izbrane PEF tarife v povprečju od 5–15 % višje ocene lesne zaloge.

Z analizo uporabe PEF tarif na ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km smo ugotovili nedoslednosti pri določevanju sodih in lihih tarifnih razredov. Večinoma se uporablja vmesne PEF tarife za raznodobne sestoje, in sicer v 78–80 % vseh sestojev. Smreka in jelka imata v povprečju enako tarifo, bukev pa ima en tarifni razred nižjo. Glavnina tarifnih razredov je med 5. in 7. razredom, kar pomeni srednje do dobre tarifne razrede.

Glavni problem sedanjega načina določitve PEF tarif je v tem, da postopek ni jasno definiran. Problematična je tudi uporaba nemških dvovhodnih deblovnic za izračun volumnov dreves za izbor razredov PEF tarif, saj smo pri njih ugotovili sistematično napako, kar lahko vodi k izbiri napačnega tarifnega razreda in posledično napačnih tarif in ocene lesne zaloge. Ključno vprašanje torej ostaja zanesljivo izbiranje vrste PEF tarif.

Prav tako je vprašljivo, ali se v praksi tarife res določajo posebej (na podlagi meritev višin dreves) za vseh osem skupin drevesnih vrst. Ali pa se določijo le za kakšno drevesno vrsto, za ostale pa po občutku v smislu: smreka in jelka imata enak tarifni razred, bukev pa en razred manjši?

Sklenemo lahko, da sedanji način določitve PEF tarif v Sloveniji ni dovolj zanesljiv, saj so sedaj veljavne tarife zaradi različnih vzrokov (neažuriranje tarif, uporaba nemških dvovhodnih deblovnic, določanje po občutku) ponekod napačno izbrane. Vrste in razredi PEF tarif tako ponekod ne ustrezajo dejanskemu stanju in bi jih bilo potrebno preveriti in popraviti.

7.1.2.2 HIPOTEZA: Pri uporabi sedaj določenih PEF tarif dobimo preveliko napako ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev

Pri drevesih, ki smo jih raziskovali v sklopu sekcijskih meritev in meritev d, h, d_7, smo pri uporabi sedaj izbranih PEF tarif povsod dobili prenizke ocene povprečnega volumna dreves.

V primeru dreves sekcijskih meritev smo ugotovili, da sedanje PEF tarife, ki niso ustrezno izbrane, povprečno podcenjujejo volumen za –4,2 %, srednja napaka ocene pa znaša od –7,4 do 8,3 % (pri bukvi celo –18,8 %), standardni odklon odstopanj je od 11,8 do 26,9 %. Absolutna in relativna odstopanja sedanjih PEF tarif so sistematično negativna, za večino

dreves so v intervalu ±25 %. Največja relativna odstopanja so pri bukvi, nato pri jelki in smreki.

Pri uporabi sedanjih PEF tarif dobimo večjo napako pri drevesih na Poljanah kot na Predmeji. Na Poljanah je povprečni volumen smreke podcenjen za –12,1 %, jelke za –16,7 %, bukev pa je precenjena za 19,5 %. Standardni odklon odstopanj je od 22,2 do 48,6 %. Na Predmeji so sedanje tarife bolj ustrezno izbrane, povprečni volumen za smreko je podcenjen za –2,3 %, za bukev pa le –0,2 %. Standardni odklon odstopanj je od 24,6 do 29,2 %.

Pri diplomskem delu je Škratek (2005) med drugim raziskoval vprašanje pravilnosti in ažuriranja v preteklosti določenih PEF tarif. V primeru raziskovalne ploskve št. 98 v GGE Leskova dolina je ugotovil, da so se v času 50 let zaradi spremembe sestojne zgradbe (v preteklosti podrasla bukev tvori sedaj zgornji sloj) vmesne tarife pri jelki povečale za en tarifni razred iz V6/7 na V7/8, pri bukvi pa za pet razredov iz V5 na V9/10. V primeru ploskve št. 99 pa pri jelki za dva tarifna razreda iz V5/6 na V7/8, pri bukvi pa za dva in pol razreda iz V4/5 na V7. Podobno navajajo tudi v osnutku Gozdnogospodarskega načrta GGE Leskova dolina (Gozdnogospodarski načrt, ... 2005), da so na podlagi ponovnega merjenja višin dreves stare tarife za iglavce v povprečju povečali za pol tarifnega razreda, za listavce pa kar za en in pol, kar pomeni 5 oz. 15 % podcenjevanje ocene lesne zaloge pri uporabi starih tarif.

Furman (2005) je pri diplomskem delu raziskoval zanesljivosti PEF tarif v rastiščno heterogenih odsekih, konkretno v oddelku št. 12 GGE Boč, kjer je višinska razlika znotraj oddelka 720 m. Na podlagi primerjave višinskih krivulj in podatkov o sedanjih PEF tarifah v gozdnogospodarskem načrtu je predlagal popravek sedanjih vmesnih tarif (V6 za smreko, jelko, bukev in plemenite listavce, za ostale V5). In sicer povišanje tarif za en tarifni razred na V7 za bukev in gorski javor v GR gorskih bukovij ter zmanjšanje tarife za dva tarifna razreda na V3 za črni gaber v GR gozdov na strmih legah.

V primeru analize mikrorastiščnega vpliva na tarife sta Kušar in Hočevar (2006) ugotovila, da so za raziskovan sestoj pri smreki sedanje PEF tarife prenizke za dva (štiri) tarifne razrede (namesto tarife V7/8 so ustrezne tarife V9/10) in da izkazujejo v povprečju za –18,1 % premajhno lesno zalogo.

PEF tarife, ki so sedaj določene, torej niso izbrane optimalno, saj dajo povprečno prenizke ocene glede na referenčne volumne. Glavna napaka je ta, da tarife niso ažurirane, torej se ne preverjajo s ponovnimi meritvami višin dreves, ampak se večinoma samo prepisujejo iz preteklih načrtov. Tako prihaja do večjih napak predvsem v enodobnih sestojih, kjer prihaja s staranjem sestojev do evidentnih preskokov tarif. Očitno pa tudi pri raznodobnih sestojih, ki jih imamo pri nas največ, prihaja do podobnih starostnih preskokov tarif tako kot v enodobnih sestojih. Zgodi se lahko podobno kot v primeru, ki ga opisuje Škratek (2005), da so bile tarife določene za npr. podstojno bukev, ki je v 50 letih prešla v streho sestoja, tako da so se tarife spremenile celo za pet razredov (volumen drevesa enakega premera se je »povečal« za 50 %).

Sklepamo lahko, da je ocena lesne zaloge v Sloveniji podcenjena zaradi uporabe neažurnih, prenizkih PEF tarif (povprečno od 4 do 8 %, v posameznih primerih pa do 50 %). Zato je nujno potrebno preveriti sedaj določene tarife, najenostavneje z izmero višin nekaj (2–5) izbranih dreves na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode in/ali določiti optimalni razred PEF tarif po metodi, predstavljeni v disertaciji.

Ob pravilnem izboru ustreznih PEF tarif bi dobili zanesljivejše ocene lesne zaloge, kar kažejo rezultati uporabe na podlagi izmerjenih višin dreves izbranih PEF tarif na Pokljuki in na Ravniku (napaka od –2,5 do 8,3 %, povprečno 1,0 %) oz. optimalno izbranih PEF tarif na Poljanah in na Predmeji (napaka od –0,8 do 2,2 %, povprečno 0,1 %).

Sklenemo lahko, da sedaj izbrane tarife niso optimalne in da dobimo z njimi povprečno prenizke ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev.

7.2 ZANESLJIVOST METOD UGOTAVLJANJA VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV

7.2.1 CILJ: Ugotoviti oceno pravega volumna dreves

7.2.1.1 HIPOTEZA: Za izračun ocene pravega volumna dreves lahko uporabimo sekcijske metode (Huber, Smalian, Newton)

Na podlagi rezultatov analize sekcijskih meritev smo ugotovili, da dajo vse tri metode enako zanesljive rezultate. Smalianova in Newtonova metoda dajeta med seboj zelo podobne rezultate (razlika od 0,0 do 0,2 %, povprečno 0,1 %), ki pa so povprečno sistematično za 1,4 % (od 1,3 do 2,7 %) večji od rezultatov Huberjeve metode.

Za izračun volumna pri sekcijskih meritvah na splošno velja, da je Newtonova formula točna za vse oblike debla oz. dela debla (valj, kvadratični paraboloid ali prisekan paraboloid), Smalianova in Huberjeva pa sta točni samo za paraboloid. Če je oblika debla bolj konveksna kot paraboloid, Huberjeva formula precenjuje volumen, Smalianova pa ga podcenjuje. Če pa je oblika debla manj konveksna od paraboloida, kar ponavadi je (stožec in prisekan neiloid), potem Smalianova precenjuje volumen, Huberjeva pa ga podcenjuje (Biging, 1988; Hočevar, 1995A: 56; Husch in sod., 2003: 118–140; Rebula, 1993; 1994; Stand bole volume, 2004; Tree volume, 2004).

Stahl in sodelavci (2001A; B) so zaradi preprostosti priporočili Huberjevo metodo (del debla) oz. Smalianovo, ko ocenjujemo volumen celega ležečega debla. Kot grobo pravilo so predlagali za 30 m dolgo drevo razdelitev na 5 sekcij, pri čemer so na debelejšem delu drevesa sekcije krajše.

Priporočljiva dolžina sekcij je od 1,5–2,0 m. Sekcije naj ne bi bile daljše od 3,0 m, da se izognemo preveliki napaki, ki je posledica različne oblike debla oz. delov debla. Smalianovo formulo naj ne bi uporabljali za debla oz. sekcije, daljše od 1 m; za debla/sekcije, dolge med 3 in 6 m, pa dajeta Newtonova in Huberjeva formula boljše rezultate (Husch in sod., 2003: 118–140; Tree volume, 2004).

V raziskavi je Miller (1959, cit. po Husch in sod., 2003: 121–122) ugotovil, da so pri 4,8 m dolgih hlodih, premera med 20 in 56 cm, povprečne napake pri volumnih v primerjavi z ocenjenim pravim volumnom, ugotovljenim z grafičnimi tehnikami, pri Newtonovi formuli +2 %, pri Smalianovi +12 % in pri Huberjevi –5 %.

V drugi raziskavi so Young in sodelavci (1967, cit. po Biging, 1988; cit. po Husch in sod., 2003) ugotovili, da je povprečna napaka pri Newtonovi formuli enaka 0 %, pri Smalianovi +9 % in pri Huberjevi –3,5 % za hlode mehkolesnih listavcev dolžin med 2,4 in 4,0 m in debeline med 10 in 30 cm. Razlike med metodami so statistično značilne. Pri hlodih, dolgih do 1,2 m, so se napake ocene volumna manjšale in razlike med obema formulama so bile statistično neznačilne.

Martin (1984, cit. po Biging, 1988) je primerjal ocene volumnov za 243 hlodov dolžine 3,7 m z 14 različnimi metodami. Ugotovil je, da dajeta v primerjavi z referenčnim volumnom, pridobljenim s ksilometriranjem, Huberjeva in Newtonova formula najboljše ocene, sledi jima Smalianova metoda. Napake (bias) Huberjeve, Newtonove in Smalianove formule za oceno volumna so bile 2,5, 3,9 in 6,9 %. Pravi srednji volumen hloda je bil 0,17 m^3.

Goulding (1979, cit. po Biging, 1988) je primerjal ocene volumnov dreves, pridobljene z različnimi metodami, s *spline* funkcijami. Ugotovil je, da znaša pri 2,4 do 4,9 m hlodih skupna napaka ocene volumna 3–9 % pri Smalianovi, 3–4 % pri Huberjevi in 1–4 % pri Newtonovi formuli ter 2–5 % pri kubični *spline* funkciji.

Rebula (1993; 1994) je za izračun volumna dreves uporabil sekcijsko metodo 2 m sekcij in *spline* funkcijo (referenca) ter Huberjev obrazec. Ugotovil je, da da pri merjenju odebeljene in kratke (4 m) oblovine smreke in jelke Huberjev obrazec zaradi različnih oblik zelo netočne rezultate za različne dele debla:
- od –10 in več % premajhne pri oblovini iz vrha debel,
- okoli –5 do –8 % premajhne rezultate pri oblovini iz spodnjih delov debla,
- do 0,5 % prevelike rezultate za polnolesne hlode iz sredine debel.

Rebula (1993; 1994) je tudi ugotovil, da daje Huberjev obrazec premajhne, Smalianov pa prevelike rezultate in da:
- raste napaka z dolžino sortimentov (v povprečju –3,2 %),
- je napaka zaradi zaokroževanja premerov navzdol povprečno –2,6 %, pri drobnejšem lesu do –4 %, pri debelejšem pa do –1 %,
- je povprečna skupna napaka ocene volumna dreves torej okoli –5,8 %.

Altherr (1960) je glede sekcijskih meritev ugotovil, da:
- bi morali za točno izmero oblike debla, le-tega razdeliti vsaj na 100 sekcij (dolžine 15–40 cm) in izmeriti vsako sekcijo posebej,
- nam da 7 do 10 sekcij spremenljive dolžine (tako, da dobro predstavijo obliko debla) enako zanesljivo oceno kot 20 do 25 relativnih Hohenadlovih sekcij,
- daje merjenje v 1 m sekcijah okoli –1 %, pri 2 m sekcijah pa –2 % premajhne rezultate za cela debla. Pri krajših deblih je napaka večja,
- naraščajo napake z dolžino sekcij in so volumni pri dolgih sekcijah dolžine petine debla (5–7 m) pri prvem in zadnjem kosu lahko premajhni za več kot –10 %,
- so napake različne na različnih delih debla, odvisno od oblike. Pri malolesnih deblih pri 2 m sekcijah so napake v spodnji petini debla lahko okoli –5 %, v gornji petini od –2 do –3 %; v srednjem delu debla pa so manjše kot 0,5 % in so lahko tudi pozitivne,
- je za odpravo napake, ki nastane zaradi odebeljene oblike panja, boljša uporaba korekcijskega faktorja v procentih kot pa povečanje števila sekcij.

V praksi se torej za sekcijske meritve uporablja vse tri obrazce oz. metode (Huber, Smalian, Newton). Med njimi nastanejo razlike pri izračunu volumnov posameznih sekcij/debla, ki so odvisne od dolžine sekcij/debla in oblike sekcij/debla. Zato vpliva na zanesljivost ocene volumna tako izbor obrazca oz. metode kot tudi izbor dolžine sekcij oz. števila sekcij. Metoda absolutnih dolžin sekcij (2 m) in Newtonov obrazec, ki smo ju

uporabili v naši raziskavi za izračun ocene pravega volumna drevesa, je v praksi splošno uveljavljena.

Po literaturi daje najbolj zanesljivo oceno volumna Newtonova metoda. V splošnem da Smalianova preveliko (9 do 12 %), Huberjeva pa premajhno (–3,5 do –5 %) oceno volumna. V našem primeru je potrebno opozoriti, da so pri Newtonovi metodi dolžine sekcij 4 m, ker so naše osnovne sekcije dolge 2 metra in smo opravili meritve na sredini vsake osnovne sekcije. Newtonova metoda pa zahteva meritev na obeh koncih sekcij in v sredini. V našem primeru dasta Smalianov in Newtonov obrazec sistematično povprečno za 1,4 % večjo oceno volumna kot Huberjev.

Napaka, ki jo lahko naredimo zaradi (ne)upoštevanja različnih posameznih delov drevesa v volumnu, je lahko znatna, saj v naši raziskavi na vrh odpade povprečno od 0,0–1,9 %, na panj povprečno od 2,9–3,8 % volumna drevesa, odvisno od velikosti drevesa in drevesne vrste. Še pomembnejši je volumen debelejših vej pri listavcih. Delež debla (deblovine) v volumnu debeljadi tako znaša od 93,5–97,0 %, odvisno od velikosti drevesa in drevesne vrste.

Kaufmann (2000: 11) je navedel, da imajo iglavci zanemarljivo majhen volumen vej, debelejših od 7 cm; na volumen lubja in panja pa odpade prib. 15 % volumna debeljadi z lubjem. Pri listavcih (bukvi) na volumen lubja in panja odpade prib. 11 % volumna debeljadi z lubjem. Volumen debelejših vej pa je pomemben, saj nanj odpade 14 % volumna celotne debeljadi.

Sklenemo lahko, da lahko za določitev ocene pravega volumna drevesa uporabimo katero koli sekcijsko metodo (Huber, Smalian, Newton).

7.2.2 CILJ: Ugotoviti nadomestne metode (volumenske funkcije) za izračun ocene pravega volumna dreves (reference)

7.2.2.1 HIPOTEZA: Metoda (volumenska funkcija) je dovolj zanesljiva za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev, če ni obremenjena s sistematično napako, če je njena zanesljivost ±5 % in če je enako zanesljiva na vsem območju definiranosti

Po Pravilniku o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) je dopustna vzorčna napaka ocene lesne zaloge na ravni gozdnogospodarske enote do 10 % in gospodarskega razreda do 15 %. Seveda je to le dopustna napaka vzorčenja, ki predpostavlja nepopačeno metodo (volumenske funkcije) ocene volumna dreves oz. lesne zaloge.

Po Kaufmannu (2000; 2001) je srednja napaka švicarskih trovhodnih volumenskih funkcij po drevesnih vrstah in deb. stopnjah od –3,0 do 1,4 %, standardni odklon odstopanj pa od 3,6 do 9,5 %, kar je ocenil kot ustrezno za ugotavljanje referenčnih volumnov dreves.

Lastnosti dobre referenčne metode za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev so, da ni obremenjena s sistematično napako (biasom), torej je srednja napaka ocene enaka ali blizu nič. Hkrati pa so odstopanja za posamezna drevesa majhna (± 5 %); torej dobro prikaže (upošteva) individualna odstopanja posameznih dreves (velja za posamezne drevesne vrste, za širša območja).

Sklenemo lahko, da je metoda volumenskih funkcij dovolj zanesljiva za ugotavljanje volumna dreves, če ni obremenjena s sistematično napako, če je njena zanesljivost ±5 % in če je enako zanesljiva na vsem območju definiranosti.

7.2.2.2 HIPOTEZA: Kot nadomestno metodo za izračun ocene pravega volumna dreves (reference) lahko uporabimo trovhodne volumenske funkcije ali dvovhodne deblovnice

Analiza rezultatov zanesljivosti modelov trovhodnih, dvovhodnih in enovhodnih volumenskih funkcij pri drevesih sekcijskih meritev je pokazala, da več kot (neodvisnih) spremenljivk vključimo v regresijski model, zanesljivejša je funkcija (večji je R^2). V modelu s tremi spremenljivkami d (premer), h (višina) in d_7 (premer merjen na 7 m višine) je R^2 med 0,98 in 0,99. V modelu z dvema spremenljivkama d in h je R^2 med 0,94 in 0,99. V modelu z eno spremenljivko d je R^2 med 0,90 in 0,98. Trovhodne volumenske funkcije so zato statistično gledano zanesljivejše od dvovhodnih deblovnic, te pa od tarif.

Srednja napaka ocene sicer ni toliko odvisna od števila vhodnih parametrov, ki jih posamezna metoda upošteva. Standardni odklon odstopanj pa se zmanjšujejo s številom vhodnih parametrov (d, h in d_7), ki jih posamezna metoda vključuje. Tako so najbolj zanesljive trovhodne volumenske funkcije, nato dvovhodne deblovnice in nazadnje enovhodne volumenske funkcije – tarife.

Švicarske trovhodne volumenske funkcije dajo v primerjavi z ocenami pravih volumnov sekcijskih meritev pri naših podatkih od –4,1 do 0,8 %, v povprečju pa –2,9 % nižjo oceno povprečnega volumna. Standardni odklon odstopanj pa je od 4,2 do 11,2 %, v povprečju pa 8,8 %. Nemške dvovhodne deblovnice dajo pri naših podatkih od –2,1 do 8,3 %, v povprečju pa 0,2 % višjo oceno povprečnega volumna dreves v primerjavi z ocenami pravih volumnov sekcijskih meritev. Standardni odklon odstopanj je od 9,3 do 20,6 %, v povprečju pa 13,2 %.

Pri švicarskih trovhodnih volumenskih funkcijah smo pri smreki opazili sistematično podcenjevanje in večjo nezanesljivost za jelko. Za bukev so se te funkcije izkazale za dovolj zanesljive. Pri nemških dvovhodnih deblovnicah je za smreko ugotovljena sistematična napaka, in sicer od 6. deb. stopnje pozitivna, od 8. deb. stopnje pa negativna. Za jelko je ugotovljena velika nezanesljivost. Za bukev je ugotovljena pozitivna sistematična napaka, ki narašča z deb. stopnjo, kar je verjetno posledica večanja deleža vej v celotnem volumnu drevesa pri debelejših bukvah.

Glede na rezultate primerjav med skupinami dreves, med deb. stopnjami in posameznimi drevesi lahko sklepamo, da sta obe metodi, tako švicarske trovhodne volumenske funkcije kot tudi nemške dvovhodne deblovnice, obremenjeni s sistematično napako in zato le pogojno uporabni v naših razmerah. Sistematične napake so lahko posledica različne vzrasti dreves, na podlagi katerih so bile funkcije izdelane in so posledica regionalnih rastiščnih razlik. Lahko pa so tudi posledica različnih definicij volumnov, ki jih posamezne metode v resnici dajejo.

Pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah znaša standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa od 3,6 do 9,2 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisnimi spremenljivkami d, h in d_7, je velik. R^2 je v vseh primerih večji od 0,98. Za smreko pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah ni opaziti sistematične napake, za jelko so ugotovljene velike razlike med deb. stopnjami (verjetno zaradi velike variabilnosti dreves v vzorcu). Za bukev so te funkcije zelo zanesljive, vendar smo analizirali le podatke do 8. deb. stopnje. Absolutna in relativna odstopanja regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij so enakomerna, v intervalu ±10 %. Le pri tanjših drevesih, drogovnjaku smreke, so odstopanja sistematično pozitivna. Razlike med ocenami pravih vrednosti in izračunanimi vrednostmi volumnov dreves so minimalne. Odstopanja so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik.

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah je od 8,5 do 18,4 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisnima spremenljivkama d in h, je manjši kot pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah, vendar je tudi tu velik. R^2 je v vseh primerih večji od 0,94. Pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah so ugotovljene večje razlike kot pri trovhodnih volumenskih funkcijah. Za smreko je ugotovljeno sistematično precenjevanje do 7. deb. stopnje, nato pri 8. deb. stopnji podcenjevanje in nato večje pozitivne in negativne razlike glede na posamezno deb. stopnjo. Za jelko so ugotovljene velike razlike. Za bukev so te funkcije zelo zanesljive,

vendar so bili podatki preverjeni samo do 8. deb. stopnje. Absolutna in relativna odstopanja regionalnih dvovhodnih deblovnic so enakomerna, v intervalu ±15 %. Ni ugotovljenih razlik med rastišči, drevesnimi vrstami ali debelino drevja. Razlike med ocenami pravih vrednosti in izračunanimi vrednostmi volumna dreves so minimalne. Odstopanja, večja kot v primeru regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij, so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik.

Odstopanja od ocene pravega volumna dreves so pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah zelo majhna, povprečno pod 1,2 %. Zanimivo je, da imajo regionalne trovhodne volumenske funkcije večjo srednjo napako (od –0,4 do 1,2 %) kot regionalne dvovhodne deblovnice (od –0,2 do 0,7 %). To pomeni, da so lahko tudi regionalne dvovhodne deblovnice dovolj zanesljive za srednjo oceno volumna dreves oz. lesne zaloge. Standardni odklon odstopanj pa je manjši pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah (3,1 do 7,4 %) kot pa pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah (od 8,5 do 15,0 %). Rezultati so logični, saj vemo, da če v volumenski funkciji uporabimo več neodvisnih spremenljivk (*d, h* in d_7), le-ta bolje pojasni odstopanja volumnov posameznih dreves. Odstopanja so tako majhna tudi zato, ker smo iste podatke uporabili že za izdelavo regionalnih volumenskih funkcij.

Zanesljivost regionalnih trovhodnih volumenskih funkciji in dvovhodnih deblovnic je velika, z razdelitvijo na kombinirane volumenske funkcije po določenih faktorjih (tanjši/debelejši premeri, soc. položaj in razvojna faza) izboljšamo predvsem zanesljivost dvovhodnih deblovnic, saj zmanjšamo variabilnost volumna posameznih dreves enakega premera znotraj vzorca. Pri analizi podatkov meritev na drevesih, kjer smo izmerili *d, h* in d_7, smo ugotovili podobno, in sicer, da lahko regionalne dvovhodne deblovnice, ki so izdelane za posamezno lokacijo (v našem primeru GGE) in drevesno vrsto, uporabimo za zanesljiv izračun regionalnih referenčnih volumnov.

Schmid in sodelavci (1971) so pri primerjavi večvhodnih volumenskih funkcij ugotovili, da je standardni odklon najmanjši pri funkciji, ki upošteva neodvisne spremenljivke premer (*d*), zgornji premer (d_z) in višino (*h*), nato pri funkciji z *d* in d_z ter nazadnje pri *d* in *h*. Pri funkciji *d* in *h* je standardni odklon konstanten z naraščanjem višine, pri ostalih dveh funkcijah pa pada in doseže minimum, pri prvi pri 14 m, pri drugi pa pri 18 m (kjer je 3 krat manjši kot pri funkciji *d* in *h*). Če je dodatni premer d_z merjen nad 5 m, pojasni več variabilnosti volumna kot *h*. Standardni odklon postane znatno manjši, če upoštevamo vse tri spremenljivke *d,* d_z in *h*; prav tako je ta model neodvisen od rastišča. Napako modela z dvema neodvisnima spremenljivkama pa lahko zmanjšamo, če so funkcije določene za homogena območja. Pri primerjavah različnih metod (inštrumentov) za meritve dodatnih premerov so ugotovili, da sta najbolj zanesljivi metodi metoda finske premerke in dendrometra Barr in Stroudt; uporaba Bitterlichovega relaskopa pa daje dva do trikrat večje napake.

Za naše delo so pomembne naslednje ugotovitve (Schmid in sod., 1971):
- zanesljivost metode določanja volumna stoječih dreves se bistveno izboljša, če poleg *d* in *h* upoštevamo tudi d_z,
- uporaba dvovhodnih volumenskih funkcij je priporočljiva samo za homogena rastiščna območja,
- optimalna višina meritve zgornjega premera d_z je med 6 in 9 m, optimalno orodje pa je finska premerka, glede na čas, stroške inštrumentov in napako meritev,
- med različnimi inštrumenti, ki so jih uporabili za meritve višin dreves, niso odkrili razlik.

Wagner (1982) je prikazal, da je odstotno najmanjši standardni odklon pri upoštevanju dodatnega premera, merjenega med 0,3 in 0,5 višine drevesa. Kot najboljši model za ugotavljanje volumna z volumenskimi funkcijami na širših področjih je predlagal model s spremenljivkami *d, h* in $d_{0,3}$ (dodatni premer merjen na 3/10 celotne višine drevesa). Dokazal je, da je pri heterogenih podatkih uporaba $d_{0,3}$ kot dodatnega premera pri volumenskih funkcijah zmanjšala standardni odklon za 50 %.

Wiant in sodelavci (1992: 187) so na podlagi študija različne literature sklenili, da najbolj zanesljivo ugotovimo volumen drevesa pri samo eni meritvi premera, če upoštevamo premer, merjen na 0,3 višine drevesa. Ta pozicija, centroid, ustreza volumenskemu središču (težišču) drevesa. Pri raziskavah so ugotovili, da je centroidna metoda (premer merimo na mestu polovice volumna drevesa) bolj zanesljiva kot Huberjeva metoda (premer merimo na sredi dolžine sekcije).

Seveda pa so tudi prednosti uporabe dvovhodnih deblovnic pred trovhodnimi volumenskimi funkcijami (Clutter in sod., 1983, cit. po Husch in sod., 2003: 143):
- meritve (dodatnega) zgornjega premera so zamudne in drage,
- razlike v obliki dreves mnogo manj vplivajo na volumen drevesa kot razlike v *h* in *d*,
- pri posameznih drevesnih vrstah je oblika drevesa relativno konstantna ne glede na velikost drevesa,
- pri drugih drevesnih vrstah je oblika drevesa pogosto v korelaciji z velikostjo drevesa, torej spremenljivki *h* in *d* pogosto pojasnita veliko razliko v volumnu drevesa, ki je posledica razlik v obliki drevesa.

Med višinami in premeri obstaja tesen funkcijski odnos, ki ga lahko ugotovimo z vzorčnimi meritvami, iz katerih konstruiramo višinsko krivuljo (Čokl, 1957: 167).

Socha (2002) je v raziskavi na primeru smreke ugotovil, da lahko dobimo:
- zelo natančno oceno oblike debla z uporabo multiregresijskih enačb, ki temeljijo na *d* in *h*. Vključitev dodatnih dendrometrijskih podatkov (npr. dolžina krošnje, socialni položaj) pa le malo izboljša zanesljivost,
- natančno obliko debla s pomočjo oblikovne funkcije le, če upoštevamo meritve premerov na različnih relativnih višinah.

Winzeler (1986) je v podrobni študiji določitve volumna stoječih dreves podal naslednje zaključke:

- najbolj učinkovita (glede na zanesljivost rezultata in stroške dela) je metoda meritve d_7 s finsko premerko in h z inštrumentom Christen ter izračunom volumna drevesa s trovhodno volumensko funkcijo. Ker se inštrumenta dopolnjujeta, so napake meritev majhne, prav tako pa tudi poraba časa,
- ugotavljanje volumna drevesa s pomočjo dvovhodnih deblovnic (*d, h*) je dvakrat bolj zamudno. Meritev za posamezno drevo je res krajša, vendar je toliko nezanesljiva, da je potrebno izmeriti trikrat več dreves za enako zanesljivost,
- pri primerjavi metod d_7 in $d_{0,3}$ je ugotovil, da je $d_{0,3}$ teoretično res bolj zanesljiva za določanje oblike debla, vendar je po drugi strani napaka meritve večja, prav tako pa tudi poraba časa, kar v končni fazi pomeni, da je metoda $d_{0,3}$ slabša,
- pri trovhodnih volumenskih funkcijah je bistvena zanesljivost meritve d_7 oz. $d_{0,3}$, saj leta najmočneje vpliva na zanesljivost ocene volumna,
- napaka dvovhodnih (d in h ali d in d_7) volumenskih funkcij je približno dvakrat večja kot napaka trovhodnih volumenskih funkcij. Zato so lahko volumenske tablice, konstruirane na podlagi dvovhodnih deblovnic, popačene (bias) posebno tam, kjer niso izdelane za dotično območje. V nasprotju pa so volumenske tablice, izdelane na podlagi trovhodnih volumenskih funkcij, zaradi velike zanesljivosti, ki je posledica upoštevanja oblike debla, manj podvržene lokalnim odstopanjem. Vendar tudi take volumenske tablice niso univerzalne,
- kot komponenta skupne napake ocene volumna je napaka meritve pri d značilna le pri dvovhodnih deblovnicah (d in h), v vseh drugih primerih pa je zanemarljiva. Meritve d_7 oz. $d_{0,3}$ so zato bistveno bolj pomembne za zanesljivo oceno volumna,
- sistematična napaka meritve d_7 oz. $d_{0,3}$ se odraža 1,5 krat bolj v sistematični napaki ocene volumna kot sistematična napaka meritve d,
- v izogib biasa je potrebno redno in sistematično preverjanje merilne opreme,
- metoda izbora vzorčnih dreves z verjetnostjo proporcionalno temeljnici je optimalna.

Kaufmann (2001: 162) je na podlagi navedb več avtorjev zapisal, da lahko faktor oblike drevesa (*f*) natančno določimo, če upoštevamo premer, izmerjen na približno 30 % višine drevesa. Meritve zgornjega premera na 7 m višine drevesa s finsko premerko so dovolj zanesljive. Prav tako je zapisal, da so volumenske funkcije, ki upoštevajo tudi obliko drevesa (*f*) ali zgornji premer (d_7), veljavne in uporabne za širša območja, saj z upoštevanjem d_7 pojasnimo velik del variabilnosti volumna posameznih dreves.

Emrović (1953A: 78) je ocenil napako nemških dvovhodnih tablic na pribl. 10–15 % za posamezno drevo. Poleg tega je opozoril še na sistematične napake, ki so posledica razlik v zgradbi sestojev. Čokl (1980: 131) pa je zapisal, da je zanesljivost nemških dvovhodnih deblovnic ocenjena na 5–7 %, za posamezna drevesa 15 %.

Ugotovitve o (lokalnih) dvovhodnih deblovnicah za celjski okraj so naslednje (Čokl, 1962: 265–266):

- deblovnice za smreko izkazujejo pri manjših premerih in manjših višinah nekoliko manjše, pri večjih premerih in višinah pa nekoliko večje volumne kot nemške dvovhodne deblovnice, v splošnem pa se z njimi še razmeroma dobro ujemajo,
- deblovnice za jelko vsebujejo pri manjših premerih precej enake, pri večjih pa dokaj manjše vrednosti kot nemške dvovhodne deblovnice. Tako je potrjeno splošno opažanje, da imajo nemške dvovhodne deblovnice pri večjih premerih povečini prevelike vrednosti. Razlike so nezanemarljivo velike,
- največja odstopanja od nemških dvovhodnih deblovnic kažejo deblovnice za bukev, ki izkazujejo pri večjih premerih občutno manjše vrednosti kakor nemške. Vzrok je v tem, da izvirajo nemške dvovhodne deblovnice iz lepo gojenih in kakovostnih bukovih sestojev, celjske deblovnice pa iz pretežno zanemarjenih, steljarjenih in degradiranih kmečkih gozdov.

Razpravo o celjskih dvovhodnih deblovnicah je Čokl (1962: 267–268) sklenil z naslednjimi ugotovitvami:

- potrdil se je dvom o primernosti uporabe nemških dvovhodnih deblovnic v naših razmerah,
- razlike so posebej velike pri debelejših drevesih, kjer so nemške vrednosti občutno prevelike,
- koristna bi bila načrtna izdelava dvovhodnih deblovnic pri nas,
- zaradi velikih razlik v polnolesnosti (obliki) dreves (enak premer, enaka višina, različen volumen) bi bilo potrebno izdelati dvovhodne deblovnice, razčlenjene po dejavnikih, ki najbolj vplivajo na polnolesnost debel:
    - osnovni rastiščni tipi (boniteta, nadmorska višina),
    - relativna velikost krošenj (socialni položaj),
    - gostota sestoja,
    - gozdnogojitveni tip (zgradba) sestoja.

Konkretno je ocena standardne (reprezentančne) napake za (lokalne) dvovhodne deblovnice za celjski okraj majhna in znaša za smreko 0,4 %, za jelko 0,9 %, za rdeči bor 1,2 % in za bukev 1,1 % volumna srednjega drevesa (Čokl, 1962: 264).

Pri primerjavi svojih deblovnic s Čoklovimi (1962) za celjski okraj je Rebula (1995: 412–413) ugotovil, da so razlike statistično neznačilne. Tudi pri primerjavi svojih deblovnic za Postojno z deblovnicami Hubača in Altherrja je Rebula (1995: 413) ugotovil, da so razlike minimalne in statistično neznačilne. Hubačeve tablice kažejo pri kratkih deblih okoli 0,5 % manjše volumne, pri dolgih deblih pa za 0,5–1 % večje volumne. Altherrjeve tablice pa ravno obratno kažejo pri kratkih deblih okoli 2 % večje volumne, pri dolgih deblih pa manjše volumne.

Za primerjavo s tablicami Schuberga, Šurića in Špiranca je Rebula (1995: 414) dodal svojim tablicam tudi volumen lubja in ugotovil, da dajo Schubergove podobne rezultate, če upoštevamo dejstvo, da je lubje njihovih jelk debelejše in da so jelke bolj polnolesne. Primerjava s Šurićevimi tarifami (podobna rastišča, smreka) je pokazala, da so Rebuline deblovnice pri drobnem drevju precej višje. Pri debelinah dreves 35–45 cm so praktično

enake. Pri debelem in kratkem drevju so nekoliko nižje (3–4 %), pri debelem in dolgem pa neznatno (0,5–1,0 %) previsoke. Ugotovil je enako oblikovno število 0,481 pri primerjavi s Špirancem (*f* je 0,483), ki je neodvisno od geološke podlage (silikat ali karbonat). Postojnske tablice so pri drobnem drevju nekoliko (1–2 %) previsoke, pri debelinah okoli 30–40 cm so skoraj enake, pri debelejšem in zlasti daljšem drevju pa dajo Špirančeve tablice nekoliko (1–2 %) višjo debeljad.

Rebula (1995: 410) je ocenil standardno napako svojih dvovhodnih deblovnic za jelko na okoli 8–9 %. Maksimalne napake, ki so dvakrat večje od povprečja in jih dobimo za posamezno drevo, pa lahko znašajo od 18–20 %. Na podlagi primerjave z drugimi tablicami je Rebula (1995: 414) ugotovil, da so njegove predlagane enačbe in tablice realne, pravilne in zanesljive, obremenjene pa so s povprečno napako 4–9 %.

Prednost trovhodnih volumenskih funkcij je njihova velika zanesljivost (za širša geografska področja, za posamezna drevesa), slabost pa ta, da je potrebno izmeriti tri parametre. Pri dvovhodnih deblovnicah je zanesljivost manjša, izmeriti je potrebno le dva parametra, veljajo pa za ožja, homogenejša območja. Če jih uporabljamo na neustreznih ali regionalno prevelikih območjih, so lahko obremenjene s sistematično napako.

Od vseh metod meritev zgornjega premera se je v praktičnih primerih, navedenih v literaturi, za najboljšo izkazala metoda uporabe finske premerke za meritve premera na višini 7 m (d_7), ki smo jo (zato) uporabili tudi mi. Težave z uporabo finske premerke smo imeli le v zelo gostih, mladih smrekovih sestojih, kjer je bilo zaradi gostih vej, potrebno veliko napora, spretnosti in časa, da smo premerko prislonili ob deblo ter uspeli odčitati meritev.

Za meritve višin dreves (*h*) smo uporabili višinomer Vertex III, ki se je izkazal za zelo uporaben in zanesljiv inštrument, saj omogoča zanesljivo meritev s poljubnega stojišča, s katerega se hkrati dobro vidita vrh in panj drevesa. Potrebna pa je skrbna kalibracija in kontrola pri večjih temperaturnih spremembah med potekom meritev.

Napaka, ki jo dobimo, ko primerjamo oceno pravega volumna, izračunanega po sekcijski metodi (Newton) s švicarskimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami, je večja, kot so jo ugotovili Švicarji. V našem primeru smo ugotovili podcenjevanje volumna, saj dajo švicarske trovhodne volumenske funkcije v povprečju za –2,9 % premajhen volumen.

Zanesljivost nemških dvovhodnih deblovnic za uporabo pri nas je vprašljiva. Vzroki za to so lahko razlike med našimi in nemškimi sestoji, na podlagi katerih so bile konstruirane nemške dvovhodne deblovnice (razlike v faktorju oblike drevesa). Prav tako pa raznolikost rastiščnih razmer v Sloveniji povzroča prevelike razlike v volumnih posameznih dreves, ki imajo enaka *d* in *h*, da bi za območje cele države lahko uporabili iste dvovhodne deblovnice. Dvovhodne deblovnice so namreč dovolj zanesljive le za regionalna, homogena območja. Glede na to, da uporabljamo nemške dvovhodne deblovnice tudi za izračune referenčnih volumnov dreves za izbor tarifnih razredov, je problem njihove nezanesljivosti še bolj pereč.

Rešitev problema nezanesljivosti nemških dvovhodnih deblovnic bi bila izdelava nacionalnih trovhodnih volumenskih funkciji iz vseh arhivskih podatkov različnih sekcijskih in dendrometrijskih raziskav v Sloveniji, dopolnjena z novimi sekcijskimi meritvami. Na podlagi nacionalnih trovhodnih volumenskih funkcij pa bi nato lahko izdelali regionalne dvovhodne deblovnice, ki bi bile dovolj zanesljive za izračune regionalnih referenčnih volumnov dreves in izračun lokalnih tarif ali izbor optimalnega razreda PEF tarif.

Glede na rezultate primerjav metod trovhodnih in dvovhodnih volumenskih funkcij tako med skupinami dreves kot tudi med deb. stopnjami in posameznimi drevesi lahko sklepamo, da je metoda regionalnih trovhodni volumenskih funkcij na ravni posameznih dreves zanesljivejša, na ravni skupine dreves (sestoja) pa da tudi metoda regionalnih dvovhodnih deblovnic zelo dobre rezultate.

Sklenemo lahko, da so regionalne trovhodne volumenske funkcije dovolj zanesljive za oceno referenčnih volumnov dreves. Regionalne dvovhodne deblovnice pa so, če so izdelane ločeno za posamezne lokacije (področja) in po drevesnih vrstah, dovolj zanesljive za oceno referenčnih volumnov dreves oz. lesne zaloge sestojev.

7.2.3 CILJ: Ugotoviti napake pri uporabi tarif in oceniti kolikšna je zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev

7.2.3.1 HIPOTEZA: Ob ustreznem izboru so tarife (PEF, lokalne) dovolj zanesljive za oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev

Na podlagi analize podatkov dreves sekcijskih meritev smo ugotovili, da dajo ustrezno izbrane, ažurirane PEF tarife v povprečju zelo dobre ocene volumna dreves (1,0 %), srednja napaka ocene je od –2,5 do 8,3 %, standardni odklon odstopanj pa od 12,1 do 26,9 %. Absolutna in relativna odstopanja ažuriranih PEF tarif so enakomerna, za večino dreves v intervalu ±15 %. Le pri debelejših smrekah so sistematično pozitivna. Glede vpliva rastišča in drevesnih vrst ni opaziti razlik. Pri najtanjših drevesih so ugotovljena večja negativna relativna odstopanja, pri najdebelejših pa pozitivna (do 25 %). Razlike med pravimi vrednosti in izračunanimi vrednostmi volumna dreves so ugotovljene, vendar niso velike. Odstopanja so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so PEF tarife, če so pravilno izbrane, dovolj zanesljive za oceno lesne zaloge.

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa pri lokalnih tarifah je od 10,4 do 18,3 %. Velike vrednosti R^2 (med 0,90 in 0,98) nam povedo, da lahko uspemo tudi pri enovhodnih volumenskih funkcijah (polinomska, eksponentna) le z upoštevanjem ene spremenljivke – premera (d), pojasniti velik del variabilnost volumna posameznih dreves. Lokalne tarife s polinomsko funkcijo imajo srednjo napako ocene od 0,0 do 1,0 %, standardni odklon odstopanj pa od 8,7 do 17,1 %. Lokalne tarife z eksponentno funkcijo pa imajo srednjo napako ocene od –0,3 do 0,5 %, standardni odklon odstopanj pa od 8,9 do 16,8 %.

Absolutna in relativna odstopanja lokalnih tarif so enakomerna in za večino dreves v intervalu ±20 %. Glede vpliva rastišča in drevesnih vrst ni opaziti razlik. Pri najtanjših drevesih so ugotovljena ekstremna relativna odstopanja. Razlike med ocenami pravih vrednosti in izračunanimi vrednostmi volumna dreves so minimalne. Odstopanja so ugotovljena predvsem pri debelejših drevesih večjih volumnov (jelka). Med drevesnimi vrstami ni ugotovljenih razlik. Iz tega lahko sklepamo, da so enovhodne volumenske funkcije – tarife, če so izbrane za določen homogen sestoj, dovolj zanesljive za določanje srednjega volumna drevesa oz. lesne zaloge sestojev.

Posamezne PEF tarife so glede na vrednosti ocen pravih volumnov dreves pri manjših premerih različno zanesljive. V primeru sekcijskih meritev za smreko se je izkazalo, da ima najmanjšo napako V tarifa, odstopanja pri vseh deb. stopnjah so podobna in blizu nič (ni večje sistematične napake). P tarifa ima negativno sistematično napako, ki se pri 3., 4., 5. in 6. deb stopnji povečuje, nato pa zmanjšuje. P_{kor} tarifa ima podobno, vendar manjšo sistematično napako. E tarifa ima pozitivno sistematično napako, ki pa je enakomerna pri vseh deb. stopnjah. Pri izravnavi lokalnih tarif s polinomsko funkcijo so odstopanja pri 3. deb. stopnji pozitivna, nato so blizu nič in pri 7. deb. stopnji naraščajoča in pozitivna. Pri izravnavi lokalnih tarif z eksponentno funkcijo so odstopanja pri 3. in 4. deb stopnji pozitivna, nato negativna in pri 7. deb stopnji spet pozitivna. Pri nižjih premerih se v tem primeru eksponentna funkcija izkaže za zanesljivejšo od polinomske.

V primeru za bukev dobimo najboljši rezultat pri lokalnih tarifah ne glede na tip funkcije. Tu ni opaziti sistematične napake. Pri V tarifi je ugotovljena negativna sistematična napaka, ki pa se z deb. stopnjami zmanjšuje. Pri P tarifi pa se negativna sistematična napaka povečuje. Prav tako pri P_{kor} tarifi, le da je tukaj napaka manjša. E tarifa ima pozitivno sistematično napako, ki se povečuje. Glede na rezultate je pravilna uporaba korigiranih P tarif za premere pod 25 cm.

Glede na dilemo, kateri tip matematične funkcije (polinomska ali eksponentna) je ustreznejši za tarifno funkcijo, nismo ugotovili bistvenih razlik. Polinomska funkcija je neustrezna pri manjših premerih, saj da negativni volumen. Eksponentna funkcija pa ohranja pozitivno vrednost pri tanjših premerih.

Srednja napaka tarif je 5–10 %, za posamezna drevesa do 22 % (Čokl, 1980). Srednja napaka V tarif zanaša do 9,3 %, če uporabimo 20 razredov pa do 8,2 % (Čokl, 1959: 233).

Pri primerjavi med tarifami in lokalnimi tablicami v Slovenjegraškem območju pri drevesnih vrstah jelke in smreke Mlinšek (1955: 163) pri večini sestojev ni odkril večjih odstopanj (±3 %). Zabeležene večje razlike (8,1 % in 10,5 % v enodobnih, ter do 9,0 % v kmečko prebiralnih sestojih) bi lahko popravili z uporabo nižje tarife. Podobne rezultate so dale tudi manj obsežne primerjave z ostalega področja. Razlike so povprečno pozitivne zato, ker so tarife konstruirane za izračun drevesnine. Večje razlike nastanejo le pri 3. in 4. deb. stopnji, kar pa je razumljivo, saj je pri tankem drevju razmerje med lesno maso drevesa in lesno maso deblovine (oblovine) večje. Pri uporabi enodobnih tarif pa je potrebno paziti na preskok tarif s starostjo (višino) sestojev, zato je potrebno pri ponovnih inventarizacijah vsakič z merjenjem višin dreves kontrolirati ustreznost prvotnih tarif ter po potrebi izbrati višje tarife.

Z raziskavo je Zabukovec (1957) ugotovil, da:
- se terenski stroški z uporabo PEF tarif namesto dvovhodnih deblovnic znižajo za 43 %; pisarniški pa za 45 %,
- se stroški znižajo predvsem zaradi zmanjšanja števila potrebnih meritev višin dreves,
- so prilagojene Alganove in Schaefferjeve tarife brez sistematičnih napak in dajo zadovoljive in zanesljive rezultate ter jih lahko koristno uporabimo pri taksaciji zasebnih in državnih gozdov,
- se natančnost tarife nekoliko poveča, če upoštevamo 20 tarifnih razredov namesto 10,
- imajo naši kmečki prebiralni gozdovi zgradbo med prebiralno in enodobno in zato dobimo pri uporabi tarif za prebiralne sestoje za 1,3 % previsoke ocene lesne zaloge, pri uporabi tarif za enodobne sestoje pa za –0,6 % prenizke ocene lesne zaloge,
- gozdnogojitveni tip gozda najbolje določimo iz debelinske porazdelitve in šele potem izberemo vrsto tarif.

Pri preskusu PEF tarif je Čokl (1957: 191–193) ugotovil, da odstopa napaka v lesni masi kot celoti, glede na lesno maso, izračunano po klasični metodi dvovhodnih deblovnic, le tu in tam preko 5 % in s tem 7 % glede na ocenjeno pravo lesno maso. Tudi pri uporabi izvirnih francoskih tarif lahko pridemo do napake do 8 % glede na klasične metode. Pri glavnih deb. stopnjah z največ lesnimi masami se natančnost giblje med 0–10 %,

Rebula (1996C) je ugotovil, da:
- bi pri PEF tarifah pri korektnem odbitku lubja dobili precej podobne in povsod prevelike rezultate za čisto lesno maso,
- so vse PEF tarife obremenjene z napako,
- je napaka odvisna od debeline in dolžine drevja ter tarifnega razreda,
- veljajo za vse tri vrste PEF tarif naslednja dejstva:
    - pri zelo drobnem drevju (3. in del 4. deb. stopnje) kažejo vse tarife premajhno (6–8 %) debeljad,
    - pri 4. in 5. deb. stopnji so razlike najmanjše in jih praktično ni,
    - pri srednje debelem in debelem (nad 30 cm) drevju kažejo vse tarife preveliko debeljad. Pri nizkem drevju (do 5. tarifnega razreda) lahko ocenimo napako na okoli 7–8 %, pri srednjih višinah (tarifni razred 6–8), kjer je glavnina naših sestojev, je napaka okoli 5 %. Pri najdaljšem drevju je napaka najmanjša in sicer okoli 3–4 %,
    - povprečna napaka za sestoj je odvisna od debelinske sestave. Tarife v sestojih drobnejšega drevja dajo kak % prevelike rezultate, pri starih debelih sestojih pa se ta napaka lahko povzpne do 6 %,
    - napaka PEF tarif je sistematična, ker izhaja iz rabe neustreznih (neprilagojenih) tarif.

Ker so napake pri oceni lesne zaloge, prirastka in etata pri uporabi PEF tarif pri jelki za 3–7 % prevelike, je Rebula (1996C: 498–499) ob predpostavki, da bomo nespremenjeno uporabljali te tarife še naprej, predlagal:

- znižanje vseh rezultatov, ugotovljenih s tarifami v povprečju za 5 %, več pri drobnem in kratkem, manj pri debelem in dolgem drevju,
- da bi morali za izračun količine sortimentov debeljad (nekorigirano, izračunano na sedanji način po tarifah) zmanjšati za okoli 20 %, faktor 0,80; za tarifne razrede 2–6 faktor 0,78, za tarifna razreda 7–8 faktor 0,80 in za višje razrede pa faktor 0,82,

Navedeno velja le, če so tarife ugotovljene po navodilih. Če pa so tarife ugotovljene iz količine sortimentov (razmerje sečnja/odkazilo), so primernejše, preveriti je potrebno le delež lubja.

Rebula (1996C: 486–492) je ugotovil naslednje:

- za prirejene Alganove tarife velja, da:
    - je delež čiste lesne mase v debeljadi od 80–90 %; manjši je pri nižjih tarifnih razredih, pri nižjih višinah drevja, kjer je okoli 82–84 %. Pri višjih tarifnih razredih je delež višji 85–87 %,
    - so najmanjši deleži čiste lesne mase pri srednjih debelinah (7.–9. deb. stopnja),
    - so napake Alganovih tarif obojestranske (±). Ekstremne napake lahko ocenimo na okoli 10–12 % za posamezno debelino za posamezen tarifni razred; v povprečju (srednji tarifni razred, vse debeline) lahko ocenimo na 6–7 %; najmanjše napake pa so še vedno okoli 4–5 %.
- za prirejene Schaefferjeve tarife velja, da:
    - je delež čiste lesne mase v debeljadi od 82–90 %; razpon je ožji kot pri Alganovih tarifah. Tudi razlike znotraj debelin in tarifnih razredov so manjše,
    - so tudi tu najmanjši deleži čiste lesne mase pri srednjih debelinah (7.–9. deb. stopnja),
    - dajo Schaefferjeve tarife prevelike volumne debeljadi in sicer 7–8 % pri nižjih tarifnih razredih, okoli 5 % pri srednjih in 3–4 % pri višjih.
- za vmesne Čoklove tarife velja, da:
    - je delež čiste lesne mase v debeljadi od 81–90 %,
    - je variabilnost deležev čiste lesne mase v debeljadi znotraj tarifnih razredov majhna. Tudi tukaj kažejo vmesne tarife, ki naj bi bile najbolje prilagojene našim razmeram (raznodobni sestoji) preveliko debeljad, razlike so zlasti pri debelejšem drevju in nižjih tarifnih razredih.

Po Kaufmannu (2000; 2001) je srednja napaka švicarskih tarif po drevesnih vrstah in deb. stopnjah od –8,5 do 8,1 %, standardni odklon odstopanj pa od 13,6 do 65,3 %.

Lanz (2004) je zapisal, da so (švicarske) tarife manj zanesljive (natančne) kot trovhodne volumenske funkcije, so pa nepopačene (brez biasa). Pri švicarski nacionalni gozdni inventuri korigirajo s tarifami določene volumne dreves na podlagi odstopanj med volumni tarifnih dreves (pribl. 2 na ploskev), ki jim izmerijo d, h in d_7 ter jim hkrati volumen izračunajo z zanesljivimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami in s tarifami.

Tarife so od vseh volumenskih funkcij najbolj enostavne za uporabo (vhodni podatek je le premer), problem pa je korekten izbor ustrezne tarife za določen sestoj. Ob ustreznem izboru vrste in razreda PEF tarif so le-te dovolj zanesljive za oceno lesne zaloge za sestoj, za katerega so izbrane. Za ocene volumnov posameznih dreves pa tarife niso dovolj zanesljive, saj niso dovolj občutljive na razlike, ki nastajajo v volumnu posameznih dreves, zaradi različnih višin in oblik dreves enakega premera. Ob neustrezni izbiri so tarife obremenjene s sistematično napako.

Srednja napaka PEF tarif, ugotovljena iz literature, znaša od 3 do 10 %. Pri naši raziskavi na primeru dreves sekcijskih meritev se je pokazalo, da je zanesljivost (sistematična napaka) PEF tarif odvisna predvsem od ustreznosti izbora pravilnega razreda in vrste tarif. Pri PEF tarifah je torej glavni problem, kako izbrati ustrezno vrsto in razred. Poleg tega pa so PEF tarife tudi nezanesljive pri tanjših premerih.

Glede izbora tarifne funkcije se je za ustreznejšo (predvsem pri tanjših premerih) izkazala eksponentna funkcija.

Sklenemo lahko, da so (lokalne) enovhodne volumenske funkcije – tarife in tudi PEF tarife, če so pravilno izbrane za določen sestoj, dovolj zanesljive za določanje lesne zaloge sestojev.

7.2.4 CILJ: Ugotoviti zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s PEF tarifami, določenimi za odsek/rastiščni stratum

7.2.4.1 HIPOTEZA: PEF tarifa, določena za odsek (homogen rastiščni stratum) je dovolj zanesljiva za oceno volumna dreves in lesne zaloge sestojev

V naši raziskavi za Poljane in Predmejo se je izkazalo, da dobimo pri izboru optimalne PEF tarife za stratum zelo dobre ocene volumna dreves oz. lesne zaloge. Glej diskusijo pod 7.4.2.

Kušar in Hočevar (2006) sta ugotovila, da se PEF tarife, določene za posamezne vzorčne ploskve znotraj mikrorastiščno pestrega sestoja, med sabo razlikujejo za tri (15 %) tarifne razrede (20 razredna razdelitev). To pomeni, da lahko ob nereprezentativnem izboru vzorčnih ploskev za ugotavljanje tarifnega niza izberemo napačno tarifo za cel sestoj. Ob izboru ustrezne vrste in razreda PEF tarif (za sestoj) pa sta dobila napako ocene lesne zaloge po posameznih ploskvah od –4,3 do 12,7 %. Napaka ocene lesne zaloge na ravni sestoja pa je 0,1 %. Če PEF tarifo pravilno (reprezentativno) izberemo za odsek (še bolje pa če za sestoj), je ocena lesne zaloge za odsek zelo blizu oceni pravih vrednosti, pri posameznih drevesih ali ploskvah pa so lahko večja odstopanja. Če za vsako vzorčno ploskev izberemo najustreznejšo PEF tarifo, je zanesljivost ocene povprečnega volumna drevesa za posamezno ploskev boljša, na ravni odseka pa je ocena enaka, kot če uporabimo isto PEF tarifo za cel odsek. To bi lahko potrjevalo tezo, da dajo PEF tarife, če so korektno izbrane za odsek (z enako sestojno zgradbo), dovolj zanesljivo oceno volumna dreves in

lesne zaloge tudi za tak odsek kljub pestrim mikrorastiščnim razmeram in posledično razlikam med lokalnimi tarifam, ki veljajo za posamezne ploskve.

Sklenemo lahko, da je PEF tarifa, če je korektno določena za odsek oz. homogen rastiščni stratum (enaka sestojna zgradba, drevesna vrsta, razvojna faza in boniteta rastišča), dovolj zanesljiva za oceno volumna dreves oz. lesne zaloge sestojev.

7.3 VPLIV DEJAVNIKOV NA ZANESLJIVOST OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI

7.3.1 CILJ: Analizirati vpliv dejavnikov na zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami

7.3.1.1 HIPOTEZA: Dejavniki: drevesna vrsta, razvojna faza – starost in boniteta rastišča ter socialni položaj drevesa bistveno vplivajo na zanesljivost ocene volumna dreves in lesne zaloge sestojev s tarifami in jih lahko uporabimo za stratifikacijo na homogene stratume

V analizi dejavnikov, ki vplivajo na razlike v volumnih dreves, so se za statistično značilne izkazali boniteta rastišča, razvojna faza in socialni položaj. Analizirali smo ločeno za vsako drevesno vrsto posebej.

Stratifikacija ploskev glede na drevesno vrsto, razvojno fazo (D_d) in boniteto rastišča (SI_{50}) se je pokazala za ustrezno, saj smo dobili dovolj homogene stratume in znotraj njih zanesljivejše ocene volumnov dreves. Zanimivo je, da D_d bolje predstavlja razvojno fazo oz. starost sestoja kot npr. ocenjena starost sestoja. Vzrok temu je, da je tarifa funkcija premera drevesa in je zato kazalec D_d bolj eksakten in manj subjektiven, kot bi npr. bila ocena starosti ali razvojne faze.

V našem primeru smo zaradi eksaktnosti raziskave stratifikacijo izvedli glede na boniteto rastišča, ocenjeno z rastiščnim indeksom (SI_{50}). V gozdarski praksi pa za vsa rastišča nimamo ocene rastiščnega indeksa, imamo pa razdelitev na gospodarske razrede (GR). GR združujejo odseke (sestoje) podobnih rastišč glede na produktivnost gozdnih (fitocenoloških) združb. Ker se pri izračunu lesne zaloge s pomočjo meritev na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode stratifikacija prav tako izvaja na podlagi GR, bi bilo logično, da bi v praksi stratume za izračun lokalnih tarif oz. izbor optimalnih PEF tarif izoblikovali na podlagi GR, seveda upoštevaje boniteto rastišča in razvojno fazo.

Sklenemo lahko, da drevesna vrsta, razvojna faza – starost, boniteta rastišča in socialni položaj, značilno vplivajo na razlike med volumni dreves.

7.4 UGOTOVITI USTREZNO METODO OCENE VOLUMNA DREVES IN LESNE ZALOGE SESTOJEV S TARIFAMI ZA STRATUM

7.4.1 CILJ: Z lokalnimi tarifami

7.4.1.1 HIPOTEZA: Z meritvijo višin nekaj dreves lahko za stratum s pomočjo regionalnih dvovhodnih deblovnic izračunamo referenčne volumne dreves in jih izravnamo v lokalne tarife in z njimi izračunamo zanesljivo oceno lesne zaloge

Ideja te nove metode je, da bi v praksi s pomočjo meritev višin nekaj dreves na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode za homogen rastiščni stratum (prilagojen GR) s pomočjo regionalnih dvovhodnih deblovnic izračunali referenčne volumne, jih izravnali v lokalno tarifno krivuljo in z njo izračunali volumne dreves in lesno zalogo.

Na vprašanje, koliko drevesom v stratumu je potrebno izmeriti tudi višino za zanesljivo konstruiranje regionalnih dvovhodnih deblovnic, smo poskušali odgovoriti z analizo višinskih krivulj.

Na podlagi analize višinskih krivulj za izbrane stratume na Poljanah in na Predmeji smo ugotovili, da združevanje podatkov po socialnih položajih do neke mere izboljša zanesljivost višinske krivulje. Vendar je tudi višinska krivulja, konstruirana za cel stratum, dovolj zanesljiva, predvsem pri soraslih in nadraslih drevesih. R^2 se po stratumih zelo razlikuje, saj zavzema vrednosti od 0,43 do 0,90. Standardna napaka ocene srednje sestojne višine, izračunane s pomočjo višinske krivulje, pa znaša od 9,0 do 21,9 %.

Sestojna višinska krivulja in krivulja za sorasla ter nadrasla drevesa se zelo dobro ujemata. Pri smreki opazimo, da leži višinska krivulja za podrasla drevesa (soc. položaj 3) višje kot za sorasla in nadrasla drevesa (soc. položaj 1 in 2). To pomeni, da imajo podrasla drevesa pri isti višini tanjši premer oz. da so podrasla drevesa pri enakem premeru višja. To velja seveda le za drevesa tanjših premerov, kjer prevladujejo podrasla drevesa. Glede sestojne tarife bi to lahko pomenilo, da socialni položaj bistveno ne vpliva na oceno volumna drevesa, saj se manjše debeline podstojnih dreves kompenzirajo z večjo višino in volumen ostane isti. Pri bukvi višinska krivulja za podrasla drevesa ne leži višje kot za sorasla in nadrasla drevesa.

Srednja odstopanja med višinami dreves, izračunanimi z višinskimi krivuljami in ocenami pravih višin dreves, so za posamezni stratum od –0,3 do 0,1 %. Sklepamo lahko, da je Pettersonova funkcija ustrezna za izdelavo prilagojene višinske krivulje. Po socialnih položajih so odstopanja večja, kar je do neke mere posledica manjšega števila dreves posameznega socialnega položaja.

Število dreves, ki jih je potrebno izmeriti za zanesljivo konstruiranje višinske krivulje in izračun srednje sestojne višine, je različno, povprečno pa pri vzorčni napaki E je 1 % znaša 660 dreves, pri 5 % 26 dreves in pri 10 % 7 dreves. Iz podatkov naših meritev lahko izračunamo, da bi bila vzorčna napaka ocene srednje sestojne višne, če bi v stratum vključili 50 dreves, 3,5 %, če 100 dreves 2,5 %, če 150 dreves 2,0 % in če 200 dreves 1,7

%. Za zanesljivo (E < 2,5 %) konstruiranje višinske krivulje in oceno srednje sestojne višine, je torej potrebno, da stratum vsebuje med 100 in 200 dreves.

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah je od 8,8 do 21,5 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisnima spremenljivkama d in h, je velik. R^2 v vseh primerih znaša od 0,95 do 0,99. Regionalne dvovhodne deblovnice (izdelane za lokaciji in drevesne vrste) so zanesljive pri vseh deb. stopnjah. Največje razlike so pri drevesni vrsti jelke. Odstopanja so razumljivo večja pri tistih deb. stopnjah, pri katerih je manj dreves. Sklepamo lahko, da so regionalne dvovhodne deblovnice dovolj zanesljive za izračun regionalnih referenčnih volumnov dreves.

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa pri lokalnih tarifah je od 3,3 do 22,5 %. Delež variabilnosti odvisne spremenljivke v_n, ki ga pojasnimo z regresijo med odvisno spremenljivko v_n in neodvisno spremenljivko d, je velik, vendar manjši kot pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah. R^2 v vseh primerih znaša od 0,87 do 0,99. Pri lokalnih tarifah znaša srednja napaka ocene volumna drevesa od –4,6 do 5,6 %; standardni odklon odstopanj pa je od 6,5 do 32,2 %, kar smo ocenili za dovolj zanesljivo za oceno lesne zaloge.

Kotar (1993) je za izračun volumna (deblovine) stoječih dreves uporabil nemške dvovhodne deblovnice. Višino dreves je določil na podlagi prilagojene višinske krivulje, ki jo je konstruiral na osnovi izmerjenih višin dreves v manjšem vzorcu.

Prodan (1966: 178) je potrebno število meritev dreves za zanesljivo konstruiranje višinske krivulje določil glede na koeficient variacije (KV):
- pri zanesljivosti ocene 1 %: 42 (KV = 5 %), 108 (8 %), 169 (10 %), 380 (15 %),
- pri zanesljivosti ocene 2 %: 11 (KV = 5 %), 27 (8 %), 42 (10 %), 95 (15 %).

Ob 5 % tveganju je potrebno za določitev tarifnega razreda PEF tarif in za zanesljivo oceno srednje sestojne višine izmeriti višine 15–30 dreves, manj pri enodobnih sestojih z močno izenačenimi višinami, več pri prebiralnih in raznodobnih sestojih z razgibano vertikalno zgradbo (Hočevar, 1995A: 118).

Sklenemo lahko, da lahko na podlagi regionalnih referenčnih volumnov dreves, izračunanih s pomočjo regionalnih dvovhodnih deblovnic, za stratume, ki upoštevajo drevesno vrsto, razvojno fazo in boniteto rastišča, konstruiramo zanesljive lokalne tarife. S temi lokalnimi tarifami lahko zanesljivo ocenimo volumen dreves in lesno zalogo sestojev za homogen stratum.

7.4.2 CILJ: Z ustrezno izbranimi (optimalnimi) PEF tarifami

7.4.2.1 HIPOTEZA: Tarifni niz (vrsta in razred) PEF tarif za stratum lahko optimalno izberemo s pomočjo lokalnih tarif. Z optimalno izbranim tarifnim nizom lahko izračunamo zanesljivo oceno lesne zaloge

Ideja te metode je, da bi pri meritvah na stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode še naprej uporabljali uveljavljene PEF tarife in jih ne bi zamenjali z lokalnimi tarifami. Izbrali pa bi tisti niz (vrsto in razred) PEF tarif, ki se najbolj prilega lokalni tarifi. Prednost te metode bi bila ohranitev tradicije, možnost primerjave optimalnih (ažuriranih) PEF tarif s starimi, odprava sedanjega nezanesljivega izbora vrste in razreda tarif, slabost pa možnost biasa PEF tarif pri zelo tankih in zelo debelih drevesih.

Na primeru Poljan in Predmeje se je izkazalo, da smo, če smo niz PEF tarif izbrali optimalno, dobili zelo zanesljivo oceno, in sicer znaša srednja napaka ocene volumna drevesa pri stratumih od –2,2 do 2,4 %. Standardni odklon odstopanj znaša od 5,7 do 34,8 %. To pomeni, da so tudi PEF tarife lahko zelo zanesljive (lega in oblika krivulj je primerna), če so le pravilno izbrane za določen stratum.

Postopek izbire optimalnega niza PEF tarif s primerjavo tarifnih nizov in lokalne tarife je zamuden in do neke mere tudi subjektiven. V prihodnje bi ta postopek lahko izboljšali tako, da bi na treh točkah (npr. D_m, $D_m \pm SD$) lokalne tarifne krivulje izračunali volumen drevesa, s pomočjo računalnika pa bi nato izbrali tisti niz PEF tarif, ki bi za dane tri točke imel najmanjše odstopanj.

Sklenemo lahko, da se je nova metoda izbire optimalnega niza PEF tarif izkazala za ustrezno za izbor pravega niza PEF tarif in za izračun zanesljive ocene volumna dreves in lesne zaloge sestoja za homogen stratum.

7.5 ANALIZIRATI ZANESLJIVOST OCENE KOLIČINE DREVESNE BIOMASE IZ OCENE LESNE ZALOGE

7.5.1 CILJ: Zanesljivost ocene lesne zaloge oz. drevesne biomase na ravni države

7.5.1.1 HIPOTEZA: Ocena lesne zaloge na ravni države je sprejemljiva osnova za oceno količine biomase

Različne objave (Hočevar, 1995B; 2003; Hočevar in Kovač, 2004) primerjajo oceno lesne zaloge, ki jih dobimo ali po metodi obnove gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot (Zavod za gozdove Slovenije) ali po metodi ugotavljanja na sistematični vzorčni mreži 4 krat 4 km (Gozdarski inštitut Slovenije). Kot najboljšo lahko zato vzamemo kompromisno oceno lesne zaloge, ki je objavljena v poročilu o Gozdnih fondih Slovenije – GRFA 05 (Hočevar in sod., 2005).

Ocena napake okularne ocene lesne zaloge pri dobrem taksatorju (šolanem na sestojih s poznano lesno zalogo) znaša ±15 % (Hočevar, 1996).

Problem je nezanesljivost časovne serije podatkov o lesnih zalogah, predvsem od l. 1986, ki je pomembno za UNFCCC/KP. Metodološko je metoda Zavoda za gozdove Slovenije neustrezna za zagotovitev ocene lesne zaloge na ravni Slovenije, predvsem zato, ker daje podatke povprečno stare 5 let, ter zato, ker je del ocen napravljen s pomočjo okularnih ocen, kar povzroči prevelika letna nihanja v ocenah sprememb lesne zaloge.

Zanesljivost ocene lesne zaloge v Sloveniji lahko ocenimo kot zadovoljivo z možnostjo izboljšave.

7.5.2 CILJ: Zanesljivost ocene količine drevesne biomase s pomočjo metode konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev

7.5.2.1 HIPOTEZA: Metoda konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev je dovolj zanesljiva in primerna za oceno količine drevesne biomase v Sloveniji

Zanesljivosti metode in pretvorbenih faktorjev za izračun količine drevesne biomase iz volumna dreves (lesne zaloge) je zadovoljiva z možnostjo izboljšave.

Ocena lesne zaloge odmrlih dreves za l. 1996 znaša 6.800.000 m^3 oz. 5,94 m^3/ha, kar je 2,2 % lesne zaloge TBFRA 2000 (Temporal ..., 2000; Hočevar in Kušar, 2002). V primeru GFRA 05 (Hočevar in sod., 2005) pa znaša celotna odmrla drevesna biomasa 21 % glede na celotno nadzemno drevesno biomaso oz. 16 % glede na vso živo drevesno biomaso, kar pa je verjetno preveč.

Sklenemo lahko, da je metoda konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev dovolj zanesljiva in primerna za oceno količine drevesne biomase v Sloveniji pod pogoji, da so

konverzijski/ekspanzijski faktorji preverjeni ter da so vhodni podatki, torej ocene lesne zaloge, zanesljive.

7.5.3 CILJ: Zanesljivost konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev za Slovenijo

7.5.3.1 HIPOTEZA: Konverzijski/ekspanzijski faktorji Smernic dobre prakse (IPCC, 2003) so dovolj zanesljivi za uporabo v Sloveniji

Zanesljivost ocene je odvisna od vhodnih podatkov in konverzijskih/ekspanzijskih faktorjev, ki pa so za Slovenijo nepreverjeni.

V Avstriji, ki je do neke mere lahko primerljiva s Slovenijo, so uporabili naslednje koeficiente (Improving ..., 2005). Za gostoto lesa (WD) so uporabili za iglavce koeficient 0,39, za listavce pa 0,53. Za izračun celotne drevesne biomase so uporabili za prirastek faktorje (BEF) 1,45 za iglavce in 1,46 za listavce, za posek pa višje faktorje, in sicer za iglavce 1,54 in listavce 1,50. Tudi za vsebnost ogljika (CC) so uporabili ločena faktorja, in sicer 0,49 za iglavce in 0,48 za listavce.

Točna in zanesljiva ocena lesne zaloge, po možnosti po drevesnih vrstah (različni BEF in WD), je potrebna osnova za dobro oceno količine drevesne biomase. Prav tako pa lahko nastane velika napaka pri uporabi napačnih BEF in WD.

V primerjavi z avstrijskimi faktorji so Hočevar in sodelavci (2005) uporabili manjše BEF in sicer za iglavce 1,35 in za listavce 1,30, ter CC 0,5.

Sklenemo lahko, da konverzijski/ekspanzijski faktorji Smernic dobre prakse (IPCC, 2003) niso dovolj preverjeni za zanesljivo uporabo v Sloveniji.

7.5.4 Zaključek

Čedalje večji pomen vloge gozda kot ponora CO_2, čedalje večje potrebe (zahteve) po točnih količinskih in vrednostnih ocenah te vloge in ugotovljena nezanesljivost sedanjih ocen zahtevajo nujno izboljšanje zanesljivosti le-teh. Zato bo potrebno nemudoma zagotoviti dovolj zanesljive in evropsko (svetovno) primerljive ocene ponora CO_2. To bomo lahko dosegli le z analizo in preverbo zanesljivosti po vseh korakih izračuna ter z zanesljivimi vhodnimi podatki (ocena lesne zaloge). Torej moramo zagotoviti točno oceno količine in strukture lesne zaloge (stalen sistem monitoringa, korektna metodologija, pravilne tarife oz. dvovhodne deblovnice, pravilno merjeni vhodni podatki). Preveriti je potrebno tudi veljavnost in zanesljivost konverzijsko/ekspanzijskih faktorjev (gostota lesa, lesna zaloga/drevesna biomasa, nadzemna/podzemna drevesna biomasa, živa/odmrla drevesna biomasa) po drevesnih vrstah v Sloveniji.

8 POVZETEK

V gozdarstvu ostaja pomembna zanesljiva ocena lesne zaloge. Za ugotavljanje lesne zaloge sestojev v Sloveniji uporabljamo enovhodne volumenske funkcije – prilagojene enotne francoske (PEF) tarife. Namen disertacije je ugotoviti, kako zanesljive so tarife za ugotavljanje lesne zaloge sestojev in raziskati možnosti njihove izboljšave s stratifikacijo.

Glavni problemi, s katerimi smo se ukvarjali v disertaciji, so naslednji:
- kaj je definicija volumna drevesa in katere posamezne dele drevesa upoštevamo,
- kako ugotoviti oceno pravega volumna drevesa in kako izračunati referenčni volumen drevesa,
- zanesljivost in uporabnost različnih volumenskih funkcij,
- kako stratificirati podatke v homogene stratume, da bo ocena lesne zaloge dovolj zanesljiva,
- kako izbrati ustrezno tarifno funkcijo,
- kako zanesljiva je sedanja ocena lesne zaloge in količine drevesne biomase.

Od raziskovalnih metod smo uporabili modeliranja, študije primerov in statistične metode. Volumenske in višinske funkcije smo konstruirali s pomočjo regresijskih analiz. Razlike smo preverjali s pomočjo metod analiz variance.

S pregledom izbranih gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot in z analizo vrste in razredov PEF tarif, ki se uporabljajo na ploskvah vzorčne mreže 4 krat 4 km, smo dobili vpogled v sedanje stanje uporabe tarif pri nas. Ugotovili smo, da se za ugotavljanje volumna dreves in lesne zaloge sestojev pretežno uporabljajo PEF tarife in da so le-te določene (vrsta, razred) na ravni odseka. Tarife, ki so izbrane sedaj, so nezanesljive, saj se ob obnovi gozdnogospodarskih načrtov večinoma ne preverjajo. Izmed treh vrst PEF tarif se največ uporabljajo vmesne tarife za raznodobne sestoje, in sicer v 78–80 % vseh sestojev. Smreka in jelka imata v povprečju enako tarifo, bukev pa ima en tarifni razred nižjo. Večina tarifnih razredov je med 5. in 7. razredom, kar pomeni srednje do dobre tarife. Glavni problem sedanjega načina določitve PEF tarif je v tem, da postopek ni jasno definiran. Problematična je tudi uporaba neustreznih nemških dvovhodnih deblovnic za izračun volumnov dreves za izbor razredov PEF tarif.

Podrobne raziskave so bile napravljene na dveh skupinah podatkov. Prvo skupino predstavljajo podatki sekcijskih meritev 157 dreves na Ravniku in Pokljuki, drugo skupino pa podatki o meritvah na izbranih stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode na Poljanah in na Predmeji, kjer smo 845 drevesom izmerili premer (d), višino (h) in premer na 7 metrih drevesne višine (d_7).

Na podlagi prve skupine podatkov (sekcijske meritve) smo po različnih metodah (Newton, Smalian in Huber) izračunali volumne posekanih dreves. Smalianova in Newtonova metoda dajeta med seboj zelo podobne rezultate (razlika od 0,0 do 0,2 %, povprečno 0,1 %), ki so sistematično povprečno za 1,4 % (od 1,3 do 2,7 %) večji od rezultatov Huberjeve metode. S primerjavo metod smo ugotovili, da je najbolj zanesljiva Newtonova metoda, ki smo jo nadalje uporabili za izračun ocene pravega volumna dreves (v_n). Iz ocen pravih

volumnov dreves (v_n) smo s pomočjo metod regresijskih analiz za drevesne vrste smreka, jelka in bukev ter po skupinah dreves izdelali različne volumenske funkcije.
- regionalne trovhodne volumenske funkcije; vhodni podatki so *d, h* in d_7,
- regionalne dvovhodne deblovnice; vhodna podatka sta *d* in *h*,
- lokalne enovhodne volumenske funkcije ali tarife, vhodni podatek je *d*.

Analiza rezultatov zanesljivosti trovhodnih, dvovhodnih in enovhodnih volumenskih funkcij je pokazala, da je funkcija za oceno volumna individualnih dreves tem bolj zanesljiva, čim več neodvisnih spremenljivk vključimo v regresijski model. Tako so najbolj zanesljive trovhodne volumenske funkcije (R^2 med 0,98 in 0,99), nato dvovhodne deblovnice (R^2 je 0,94 in 0,99) in nazadnje enovhodne volumenske funkcije – tarife (R^2 med 0,90 in 0,98).

Preverili smo zanesljivost različnih volumenskih funkcij, absolutna in relativna odstopanja, sistematično napako, zanesljivost po deb. stopnjah in po premerih. Pri regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah znaša standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa od 3,6 do 9,2 %. Absolutna in relativna odstopanja regionalnih trovhodnih volumenskih funkcij so enakomerna, v intervalu ±10 %. Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa regionalnih dvovhodnih deblovnic znaša od 8,5 do 18,4 %. Absolutna in relativna odstopanja regionalnih dvovhodnih deblovnic so enakomerna, v intervalu ±15 %. Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa lokalnih tarif znaša od 10,4 do 18,3 %. Absolutna in relativna odstopanja lokalnih tarif so enakomerna in za večino dreves v intervalu ±20 %.

Z razdelitvijo na kombinirane funkcije po določenih dejavnikih (tanjši/debelejši premeri, socialni položaj in razvojna faza) lahko izboljšamo zanesljivost dvovhodnih deblovnic, saj zmanjšamo variabilnost volumna posameznih dreves znotraj vzorca. Regionalne trovhodne volumenske funkcije so dovolj zanesljive za oceno referenčnih volumnov dreves (v_r). Regionalne dvovhodne deblovnice so za oceno referenčnih volumnov dreves (v_{rr}) oz. lesne zaloge sestojev dovolj zanesljive, če so izdelane ločeno za posamezno lokacijo (področje) in za posamezno drevesno vrsto.

Tako švicarske trovhodne volumenske funkcije kot tudi nemške dvovhodne deblovnice so obremenjene s sistematično napako in zato v naših razmerah le pogojno uporabne. Švicarske trovhodne volumenske funkcije dajo pri naših podatkih od –4,1 do 0,8 %, v povprečju pa –2,9 % nižjo oceno povprečnega volumna v primerjavi z oceno pravega volumna sekcijskih meritev. Standardni odklon odstopanj je od 4,2 do 11,2 %, v povprečju pa 8,8 %. Nemške dvovhodne deblovnice dajo pri naših podatkih od –2,1 do 8,3 %, v povprečju pa 0,2 % višjo oceno povprečnega volumna dreves v primerjavi z oceno pravega volumna sekcijskih meritev. Standardni odklon odstopanj je od 9,3 do 20,6 %, v povprečju pa 13,2 %.

Sedanje PEF tarife niso ustrezno izbrane, saj povprečno podcenjujejo volumen za –4,2 %, srednja napaka ocene pa znaša od –7,4 do 8,3 % (za bukev celo –18,8 %), standardni odklon odstopanj je od 11,8 do 26,9 %. Absolutna in relativna odstopanja sedanjih PEF tarif so sistematično negativna, za večino dreves v intervalu ±25 %. Ustrezno izbrane (ažurirane sedanje) PEF tarife pa dajo v povprečju zelo dobre ocene volumna dreves (1,0

%), srednja napaka ocene je od –2,5 do 8,3 %, standardni odklon odstopanj pa od 12,1 do 26,9 %. Absolutna in relativna odstopanja popravljenih PEF tarif so enakomerna, za večino dreves v intervalu ±15 %.

Posamezne PEF tarife so pri manjših premerih različno zanesljive. Polinomska funkcija je pri manjših premerih za izdelavo tarifne krivulje neustrezna, saj da negativni volumen. Primernejša je eksponentna funkcija, saj pri tanjših premerih ohranja pozitivno vrednost in je zato za izdelavo lokalnih tarif ustreznejša.

Napaka, ki jo lahko naredimo zaradi (ne)upoštevanja različnih posameznih delov drevesa v volumnu, je lahko znatna, saj v naši raziskavi na vrh drevesa odpade povprečno od 0,0–1,9 %, na panj pa povprečno od 2,9–3,8 % volumna drevesa, odvisno od velikosti drevesa in drevesne vrste. Še pomembnejši je volumen debelejših vej pri listavcih.

Pri drugi skupini podatkov smo na izbranih stalnih vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode na Poljanah in na Predmeji izmerili parametre *d, h* in d_7 845 drevesom.

Z regionalnimi trovhodnimi volumenskimi funkcijami smo izračunali referenčne volumne dreves (v_r). Analizirali smo vpliv bonitete rastišča, razvojne faze, drevesne vrste in socialnega položaja na zanesljivost ocene volumna dreves in ugotovili značilen vpliv razvojne faze sestoja, bonitete rastišča in socialnega položaja.

Iz referenčnih volumnov dreves (v_r) smo za obe lokaciji in vse tri drevesne vrste izračunali regionalne dvovhodne volumenske funkcije (*d* in *h*). Z njimi smo izračunali regionalne referenčne volumne dreves (v_{rr}) in za posamezne stratume (lokacija, drevesna vrsta, razvojna faza, rastišče) izračunali lokalne tarife (*d*).

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa pri regionalnih dvovhodnih deblovnicah znaša od 8,8 do 21,5 % (R^2 je od 0,95 do 0,99). Regionalne dvovhodne deblovnice, izdelane za obravnavani lokaciji in drevesne vrste, so zanesljive pri vseh deb. stopnjah.

Standardna napaka ocene povprečne vrednosti volumna drevesa pri lokalnih tarifah znaša od 3,3 do 22,5 % (R^2 je od 0,87 do 0,99). Pri lokalnih tarifah znaša srednja napaka ocene volumna drevesa od -4,6 do 5,6 %; standardni odklon odstopanj pa je od 6,5 do 32,2 %. To pomeni, da so lokalne tarife dovolj zanesljive za izračun ocene lesne zaloge, če so za homogen rastiščni stratum pravilno izbrane.

Preverili smo zanesljivost treh metod uporabe tarif za izračun volumna dreves oz. lesne zaloge sestojev:
- sedanje PEF tarife,
- optimalno izbrane PEF tarife,
- lokalne tarife.

Po sedaj izbranih PEF tarifah ocena srednjega volumna drevesa odstopa od referenčne povprečno za –5,7 % (–16,7 do 19,5 %). Večja odstopanja so pri drevesih na Poljanah kot na Predmeji. Na Poljanah je povprečni volumen smreke podcenjen za –12,1 %, jelke za

–16,7 %, bukev pa je precenjena za 19,5 %. Standardni odklon odstopanj je od 22,2 do 48,6 %. Srednja napaka ocene volumna drevesa pri stratumih na Poljanah je od –17,5 do 37,8 %. Standardni odklon odstopanj pa znaša od 18,8 do 69,0 %. Na Predmeji so sedanje tarife bolj ustrezno izbrane, povprečni volumen za smreko je podcenjen za –2,3 %, za bukev pa le –0,2 %. Standardni odklon odstopanj je od 24,6 do 29,2 %. Srednja napaka ocene volumna drevesa pri stratumih na Predmeji je od –7,8 do 25,0 %. Standardni odklon odstopanj pa znaša od 15,9 do 45,0 %.

Obe novi metodi uporabe tarif sta se izkazali za dobri in uporabni za zanesljivo ocenjevanje lesne zaloge za homogene rastiščne stratume. Pri metodi optimalne izbire razreda PEF tarif ocena srednjega volumna drevesa odstopa od referenčne povprečno za 0,1 % (–0,8 do 2,2 %). Srednja napaka ocene volumna drevesa pri stratumih je od –2,2 do 2,4 %. Standardni odklon odstopanj znaša od 5,7 do 34,8 %. Ocena srednjega volumna drevesa po lokalnih tarifah pa odstopa od referenčne povprečno za –0,1 % (–0,3 do 0,2 %). Srednja napaka ocene volumna drevesa pri stratumih je od –4,6 do 5,6 %. Standardni odklon odstopanj pa znaša od 6,5 do 32,2 %.

Ocena lesne zaloge v Sloveniji je podcenjena (povprečno od 4 do 8 %, v posameznih primerih pa lahko tudi več) zaradi uporabe neažurnih, prenizkih PEF tarif. Sedanja ocena količine drevesne biomase je nezanesljiva, saj temelji na nezanesljivo ocenjeni lesni zalogi in nepreverjenih konverzijskih/ekspanzijskih faktorjih.

9 SUMMARY

In forestry the reliable estimate of growing stock remains important. In Slovenia one parametrical volume functions, adapted uniform French (AUF) tariffs, are used in order to determine stands growing stock. The purpose of the dissertation is to establish the reliability of tariffs for estimating stands growing stock and to investigate the possibilities of their improvement with stratification.

The focal issues dealt with are the following:
- what is the definition of tree volume and which parts are to be considered,
- how to establish the true tree volume and how to calculate tree reference volume,
- the reliability and applicability of various volume functions,
- how to stratify the data into homogenous strata to make the estimate of growing stock sufficiently reliable,
- how to choose a suitable tariff function,
- how reliable are the estimates of the existing growing stock and of the biomass quantity.

Research methods used in the dissertation are: modelling, the study of cases and statistical methods. Volume and height functions were created by means of regression analysis. The differences were tested by means of variance analysis.

The examination of the selected forest units' management plans together with the analysis of species and AUF tariff classes used on the surface of 4 x 4 km sampling plots resulted in the overview of the current usage of the tariffs in Slovenia. It was determined that mainly AUF tariffs defined (species, class) at compartment level were used for the estimates of tree volumes and stands growing stock. The existing selected tariffs are unreliable due to not being checked at the renovation of forest management plans. Out of three AUF tariffs intermediate tariffs (Čokl) are the most used ones, namely in 78–80 % of all forest stands. Spruce and fir have on average the same tariff, whereas beech is one tariff class lower. The majority of classes are between the classes 5 and 7, which means medium to high tariffs. The major problem of the existing AUF tariff determination is the procedure that is not clearly defined. The usage of unsuitable German two parametrical volume functions for calculating tree volumes is also questionable for the selection of AUF tariff classes.

Detailed researches have been carried out on two data groupings. The first grouping consists of the section measurements of 157 trees in Ravnik and Pokljuka, whereas the second grouping consists of the measurement data from the selected permanent sampling plots in Poljane and Predmeja, where the diameter (d), height (h), and diameter at 7 m tree height (d_7) were measured on 845 trees.

On the basis of section measurement data from the first grouping the felled trees' volumes were calculated by various methods (Newton, Smalian and Huber). Smalian and Huber methods offer very similar results (difference from 0.0 to 0.2 %, 0.1 % on average), which are by 1.4 % on average (from 1.3 to 2.7 %) higher than Huber method. The comparison of the methods showed that Newton method is the most reliable, which is why it was later

used for the calculation of true tree volume estimates (v_n). Various volume functions were constructed from true tree volumes (v_n) by means of regression analyses for the tree species of spruce, fir and beech, and all tree groupings:

- Regional three parametrical volume functions, independent variables: *d, h,* d_7,
- Regional two parametrical volume functions, independent variables: *d, h*,
- Local one parametrical volume functions or tariffs, independent variable: *d*.

The analysis of the results' reliability of three, two and one parametrical volume functions illustrated the fact that the more independent variables included in the regression model the more reliable the function for estimating the volume of individual trees. The most reliable are therefore three parametrical volume functions (R^2 between 0.98 and 0.99), then two parametrical volume functions (R^2 between 0.94 and 0.99) and finally one parametrical volume functions or tariffs (R^2 between 0.90 and 0.98).

The reliability of various volume functions, absolute and relative residuals, systematic error, reliability according to diameter class and diameter itself were also examined. For regional three parameter volume functions the standard error of regression equation estimate is from 3.6 to 9.2 %. The absolute and relative residuals of regional three parametrical functions are evenly distributed, within ±10 % interval. The standard error of the regression equation estimate of regional two parametrical volume functions is from 8.5 to 18.4 %. The absolute and relative residuals of regional two parametrical volume functions are evenly distributed, within ±15 % interval. The standard error of the regression equation estimate of local tariffs is from 10.4 to 18.3 %. The absolute and relative residuals of local tariffs are evenly distributed and for most of the trees within ±20 % interval.

The reliability of two parametrical volume functions can be improved by the classification into combined functions according to appointed factors such as thin or thick diameters, height class and developmental stage. In this way the volume variability of individual trees within the sample is reduced. Regional three parametrical volume functions are sufficiently reliable for reference tree volume estimates (v_r). If regional two parametrical volume functions are prepared separately for locations and according to tree species, they also become sufficiently reliable for regional reference tree volume estimates or stands growing stock estimates.

Swiss three parametrical volume functions and German two parametrical volume functions are burdened by systematic error and therefore only conditionally applicable in Slovene circumstances. The analysis of the data according to Swiss three parametrical volume functions shows from –4.1 to 0.8 %, –2.9 % on average, lower average volume estimate in comparison with the true tree volume of the section measurements. The standard deviation of residuals is from 4.2 to 11.2 %, 8.8 % on average. The analysis of the data according to German two parametrical volume functions shows from –2.1 to 8.3 %, 0.2 % on average, lower average tree volume estimate in comparison with the true tree volume of the section measurements. The standard deviation of residuals is from 9.3 to 20.6 %, 13.2 % on average.

The existing AUF tariffs are not suitably selected because they underestimate the volume by –4.2 % on average, the mean error of estimate being from –7.4 to 8.3 % (beech even –18.8 %), the standard deviation of residuals being from 11.8 to 26.9 %. The absolute and relative deviations of the existing AUF tariffs are symmetrically negative, for most of the trees within ±25 % interval. Suitably selected and adjusted AUF tariffs on the other hand give very good tree volume estimates on average (1.0 %), the mean error of estimate being from –2.5 to 8.3 %, the standard deviation of residuals being from 12.1 to 26.9 %. The absolute and relative deviations of the adjusted tariffs are evenly distributed, for most of the trees within ±15 % interval.

Individual AUF tariffs are variably reliable for rather small diameters. Polynomial function is not suitable for small diameters due to resulting in a negative volume. Exponent function on the other hand preserves the positive value for thin diameters and is therefore more suitable for setting local tariffs.

The error that can be made due to the (non) consideration of the different tree parts in its volume could be significant since the research indicates that the top of the tree takes away 0.0–1.9 % on average, the tree-stump 2.9–3.8 % on average of the whole tree volume, depending on tree height and tree species. Even more important is the volume of rather thick branches concerning deciduous trees.

The second grouping of data consists of the parameters of d, h and d_7 measured on 845 trees at the selected permanent sampling plots in Poljane and Predmeja.

Regional two parametrical volume functions were used to calculate reference tree volumes (v_r). The influences of site condition, developmental stage, tree species and height class on the reliability of tree volume estimate were analyzed and the results show a significant influence on developmental stage, site condition and height class.

From reference tree volumes (v_r) regional two parametrical volume functions (d and h) were calculated for both locations and all three tree species. They were further used to calculate regional reference tree volumes (v_{rr}) and local tariffs (d) for individual strata (location, tree species, developmental stage, and site).

The statistical reliability of calculated regional two parametrical volume functions is high, R^2 being from 0.95 to 0.99. The standard error of estimate for regression equations is from 8.8 to 21.5 %. Regional two parametrical volume functions (for locations and tree species) are reliable for all diameter classes. The statistical reliability of calculated local tariffs for strata is quite high, R^2 being from 0.87 to 0.99. The standard error of estimate for regression equations is from 3.3 to 22.5 %. The mean error of tree volume estimate for local tariffs is from –4.6 to 5.6 %, the standard deviation of residuals is from 6.5 to 32.2 %. That means that local tariffs are reliable enough for growing stock estimate calculations if they are suitably selected for homogeneous site stratum.

The reliability of three tariff application methods for calculating tree volume or growing stock was examined:
- existing AUF tariffs,
- optimally selected AUF tariffs,
- local tariffs.

According to the existing AUF tariffs mean tree volume estimate deviates from the reference by –5.7 % on average (from –16.7 to 19.5 %). There are higher deviations concerning the trees in Poljane than in Predmeja. In Poljane the average spruce volume is underestimated by –12.1 %, fir volume by –16.7 %, and beech volume overestimated by 19.5 %. The standard deviation of residuals is from 22.2 to 48.6 %. The mean error of tree volume estimate for strata in Poljane is from –17.5 to 37.8 %. The standard deviation of residuals is from 18.8 to 69.0 %. The existing tariffs are more suitably selected in Predmeja, the average spruce volume is underestimated by –2.3 %, and the average beech volume by only –0.2 %. The standard deviation of residuals is from 24.6 to 29.2 %. The mean error of tree volume estimates for strata in Predmeja is from –7.8 to 25.0 %. The standard deviation of residuals is from 15.9 to 45.0 %.

Both new tariff methods proved to be good and useful for reliably estimating the growing stock of homogeneous site strata. The method of optimally selected AUF tariff gives the mean tree volume estimates that deviate from reference by 0.1 % on average (from –0.8 to 2.2 %). The mean error of tree volume estimates for strata is from –2.2 to 2.4 %. The standard deviation of residuals is from 5.7 to 34.8 %. The mean volume estimate according to local tariffs deviates from the reference by –0.1 % on average (from –0.3 to 0.2 %). The mean error of tree volume estimate for strata is from –4.6 to 5.6 %. The standard deviation of residuals is from 6.5 to 32.2 %.

Growing stock estimate in Slovenia is underestimated (by 4 to 8 % on average, in some cases even more) due to the usage of AUF tariffs that are outdated and too low. The existing estimate of biomass quantity is unreliable due to its grounds in unreliable growing stock estimates and unconfirmed conversion/expansion factors.

10 VIRI

Altherr E. 1960. Die Genauigket verschiedener Verfahren der Sektionierung in absoluten und relativen Schaftlangen. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 131: 226–237.

Altherr E. 1963. Untersuchungen uber Schaftform, Berindung und Sortimentsanfall bei der Weisstane (Erster Teil). Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 134, 5: 111–122.

Amidon E. L. 1984. A general taper functional form to predict bole volume for five mixed-conifer species in California. Forest Science, 30, 1: 166–171.

Badoux E. 1961. Courbes de hauteur et tarifs de cubage dans une foret jardinee de fertilite moyenne. Eidgenossischen Anstalt fur das forstliche Versuchswesen, 37, 2: 131–158.

Biging G. S. 1988. Estimating the accuracy of volume equations using taper equations of stem profile. Canadian Journal of Forest Research, 18, 8: 1002–1007.

Biggs P. H. 1991. Aerial tree volume functions for eucalypts in Western Australia. Canadian Journal of Forest Research, 21, 12: 1823–1828.

Božić M. 2000. Kolika je stvarna zaliha jele u našim šumama? = What is the real amount of fir stocks in Croatian forests? Šumarski list, 124, 3/4: 185–195.

Božić M., Čavlović J. 2001. Odnos dominantne visine, dimenzije sječive zrelosti i normalne drvne zalihe u prebornim sestojinama = The relationship between dominant height, dimension of crop maturity and normal growing stock in selection stands. Šumarski list, 125, 1/2: 9–18.

Cheynet K.I. 2004. Effects of mid-rotation release on forest structure, wildlife habitat, and pine yield. 59 str. http://66.102.9.104/search?q=cache:EpOIhGAOcDcJ:scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-121399-221120/unrestricted/cheynet.pdf+Effects+of+mid-rotation&hl=sl (17.5.2004)

COST Action E21. 2004. Zbirka volumenskih in biomasnih funkcij: digitalna podatkovna zbirka.

COST Action E43. 2005. Definition of references: draft paper on references within COST E43 (WG1 – Solbole task force – version 2005-SEP-14): 11 str.

Čokl M. 1956. Inventarizacija kmečkih gozdov po novih enotnih tarifah. Gozdarski vestnik, 14: 1–12.

Čokl M. 1957. Prirejene Alganove in Schafferjeve tarife ter njihova raba pri inventraizaciji sestojev = Zugerichtete Algan'sche und Schaeffer'sche Tarife und deren Verwendung bei der Inventarisierung von Waldbestanden. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 2: 165–195.

Čokl M. 1959. Tarife za sestoje prehodnih oblik = Massentarife für Übergangsbestande. Gozdarski vestnik, 17: 221–228.

Čokl M. 1962. Dvovhodne deblovnice za celjski okraj = Die Massentafeln für den Bezirk Celje. Gozdarski vestnik, 20: 257–271.

Čokl M. 1980. Gozdarski in lesnoindustrijski priročnik.Tablice. 5. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 374 str.

Dean C. 2003. Calculation of wood volume and stem taper using terrestrial single-image close-range photogrammetry and contemporary software tools. Silva Fennica, 37, 3: 359–380.

Drigo R., Veselič Ž. 2005. WISDOM Slovenia. TCP/SVN/2901. Annex 6. Final report: 55 str.

EAFV 1968: Ertragstafeln für die Fichte, Tanne und Buche in der Schweiz. Eidgenossische Anstalt fur das forstliche Versuchswesen. Birmensdorf, ZH.

Eh H. 1961. Untersuchungen über die Rindenstarke der Fichte in einigen Wuchsbezirken des wurtt. Oberschwabenes. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 132, 4: 104–109.

Emrović B. 1953A. O upotrebi standardnih visinskih krivulja = Über den Gebrauch von Standardhohenkurven. Šumarski list, 2: 78–94.

Emrović B. 1953B. O konstrukciji lokalnih jednoulaznih drvnogromadnih tablica (tarifa) = On the preparation of volume tables based on D.B.H. only ("tariffs"). Šumarski list, 4/5: 214–220.

Emrović B. 1954. O konstrukciji jednoulaznih tablica-tarifa pomoću logaritemskog papira. Šumarski list, 8: 386–392.

Ferguson R.B., Baldwin V.C.Jr. 1995. A Comparison of Hight-Accumulation and Volume-Equation Methods for Estimating Tree and Stand Volumes. Research Paper. SO-378. New Orleans, LA; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 7 str.

Figueiredo-Filho A., Borders B. E., Hitch K. L. 1996. Number of diameters required to represent stem profiles using interpolated cubic splines. Canadian Journal of Forest Research, 26, 7: 1113–1121.

Furman B. 2005. Ocena sestojne zgradbe v gozdnih sestojih na Boču: diplomsko delo (višješolski študij). (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal: 41 str.

Gasparini P., Nocetti M., Tabacchi G., Tosi V. 2005. Biomass equations and data for forest stands and shrublands of Easteren Alps (Trentino, Italy). Villazzano, Trento, Forest and Range Management Research Institute, I.S.A.F.A. – C.R.A.: 14 str.

Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards sustainable forest management. 2006. FAO Forestry Paper, 147: 320 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Leskova dolina. 2005. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Leskova dolina (2004–2013). Postojna, Zavod za gozdove Slovenije, OE Postojna.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Litija-Šmartno. 2003. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Litija-Šmartno (2003–2012). Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Ljubljana. 2006A. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Ljubljana (2005–2014). Ljubljana. Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Luče. 2006B. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Stojna (2006–2015). Nazarje, Zavod za gozdove Slovenije, OE Nazarje.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Osankarica. 2004A. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Osankarica (2004–2013). Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Pokljuka. 1996. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Pokljuka (1996–2005). Bled, Zavod za gozdove Slovenije, OE Bled.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Poljane. 2004B. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Poljane (2004–2013). Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije, OE Novo mesto.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Predmeja. 2004C. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Predmeja (2004–2013). Tolmin, Zavod za gozdove Slovenije, OE Tolmin.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Ravnik. 2002. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Ravnik (2001–2010). Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Rodni vrh. 2004D. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Rodni vrh (2004–2013). Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Stojna. 2006C. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Stojna (2006–2015). Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije, OE Kočevje.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Vzhodno Goričko. 2006D. Osnutek gozdnogospodarskega načrta GGE Vzhodno Goričko (2005–2014). Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor.

Guidelines for the preparation of national communication by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories (following incorporation of the provision of decision 13/CP.9). 2004. UNFCCC: 91 str.

Hladnik D. 2000. Razvoj koncepta gozdnih inventur na Slovenskem = The development of forest inventory techniques in Slovenia. V: Nova znanja v gozdarstvu – prispevek visokega šolstva. Potočnik I. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 105–126.

Hladnik D. 2004. Debela drevesa v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu = Large trees in the beech and sliver fir forest on the karst plateau. V: Staro in debelo drevje v gozdu : zbornik referatov XXII. gozdarskih študijskih dni, 25.–26. marec 2004 : conference proceedings of the 22nd Forestry Study Days, 25–26, March 2004. Brus R. (ur.). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 151–166

Hladnik D., Hočevar M. 1989. Izboljšanje učinkovitosti in informacijske vsebine gozdne inventure s stratificiranim vzorčenjem = Improvement of the efficiency and of the information content of forest inventory by means of stratified sampling. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 34: 5–20.

Hočevar M. 1990. Ugotavljanje stanja in razvoja gozdov s kontrolno vzorčno metodo: zbirka referatov in navodila za pripravo in snemanje na stalnih vzorčnih ploskvah, 22. maja 1990. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 48 str.

Hočevar M. 1991. Priprava in obračun podatkov pri kontrolni vzorčni inventuri. Obdelava in analiza podatkov kontrolne vzorčne inventure: seminarsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 45 str.

Hočevar M. 1995A. Dendrometrija – gozdna inventura. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 274 str.

Hočevar M. 1995B. Možnosti in zanesljivost ocene LZ in prirastka na podlagi popisa propadanja gozdov 1995 = Possibilities and reliability of the growing stock and increment estimation based on the 1995 forest decline inventory. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 93–118.

Hočevar M. 1996. Zagotavljanje kakovosti informacij pri gozdni inventuri = Ensuring information quality of forest inventory data. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 50: 193–207.

Hočevar M. 2003. Stanje in simulacija trajnostnega razvoja gozdnih fondov v Sloveniji = The state and simulation of sustainable development of forest resources in Slovenia's forests. V: Območni gozdnogospodarski načrti in razvojne perspektive slovenskega gozdarstva: XXI. Gozdarski študijski dnevi, 27.–28. marec 2003. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 103–122.

Hočevar M., Kovač M. 2004. A short description of the Slovenian NFI. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 10 str.

Hočevar M., Kušar G. 2002. Forest resource assessment for Slovenia: to the Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, April 2003, Vienna. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 52 str.

Hočevar M., Kušar G., Japelj A. 2005. Gozdni viri Slovenije: stanje in razvoj 1990–2000–2005: global forest resources assessment 2005: poročilo za Slovenijo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 120 str.

Hočevar M., Kušar G., Japelj A. 2006. Integralni monitoring gozdnih virov Slovenije – stanje in potrebe v luči vseevropskih meril = Integral monitoring of forest resources in Slovenia – state and needs in a view of Pan-European's criteria. V: Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. XXIV. Gozdarski študijski dnevi, 20.–21. april 2006. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 27–51.

Holmgren J., Nilsson M., Olsson H. 2003. Estimation of Tree Hight and Stem Volume on Plots Using Airborne Laser Scanning. Forest Science, 49, 3: 419–428

Holmgren J., Joyce S., Nilsson M., Olsson H. 2000. Estimating Stem Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Scandinavian Journal of Forest Research, 15, 1: 103–111.

Hradetzky J. 1980. Spline-Funktionen und ihre Anwendung in der forstlichen Forschung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 100, 1: 45–59.

Husch B., Beers T.W., Kershaw J.A. 2003. Forest Mensuration. 4th edition. New York, John Wiley & Sons. 443 str.

Improved Pan-European Indicators for Sustanable Forest Management. MCPFE. (2002) www.mcpfe.org (21.10.2003)

Improving the Quality of Community GHG Inventories and Projections for the LUCF Sector. 2005. http://ghgdata.jrc.it/lucf/lucfmain.cfm (30.12.2005)

IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. 2003. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm (17.5.2005)

Jenkins J.C., Chojnacky D.C., Heath L.S., Birdsey R.A. 2004. Comprehensive Database of Diameter-based Biomass Regressions for North American Tree Species. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Easteren Research Station, Gen Tech. Rep. NE319: 45 str.

Kaufmann E. 2000. Tarife für Schaftholz in Rinde und Rundholz-Sortimente. Birmensdorf, WSL Swiss Federal Research Institute. 53 str.

Kaufmann E. 2001. Estimation of Standing Timber, Growth and Cut. V: Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Brassel P. (ed.), Lischke H. (ed.). Birmensdorf, WSL Swiss Federal Research Institute: 162–196.

Kelly J.F., Beltz R.C. 1987. A comparison of Tree Volume Estimation Models of Forest Inventory. Research Paper. SO-233. New Orleans, LA; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 9 str.

Kleinn Ch. 1989. Zur Berechnung von Einzelbaumvolumen. Freiburg, Mitteilung Abt. Forstl. Biometrie, Universitat Freiburg: 33 str.

Klepac D. 1953. Uredjajne tablice = Einrichtungsmassentafeln. Šumarski list, 4/5: 192–206.

Košir Ž. 1992. Vrednotenje proizvodne sposobnosti rastišč in ekološkega značaja fitocenoz. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 58 str.

Košir Ž. 2000 (1975). Karta gozdov po lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih danosti: digitalizirana karta. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Košir Ž. 2002. Primerjava relativne bonitete gozdnih rastišč, ugotovljene z rastiščnim koeficientom z njihovo izračunano oz. ocenjeno proizvodno sposobnostjo = Comparison of relative fertility of forest sites determined by site coefficient with calculated or estimated site productivity. Gozdarski vestnik, 60, 1: 3–23.

Košir Ž., Zorn-Pogorelc M., Kalan J., Marinček L., Smole I., Čampa L., Šolar M., Anko B., Acceto M., Robič D., Toman V., Žgajnar L., Torelli N.,Vrankar T., Tavčar I., Kutnar L., Kralj A. 2003. Gozdnovegetacijska karta Slovenije. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: elektronski vir.

Kotar M. 1970. Določanje vrednosti in vrednostnega prirastka sestoja = Eine Methode der Wert- und Wertzuwachsberechnung. Gozdarski vestnik, 28: 200–208.

Kotar M. 1983. Ugotavljanje proizvodnih sposobnosti gozdnih rastišč in njena izkoriščenost = Methode zur feststellung der Ertragsfahigkeit der Standorte und deren Ausnutzung. Gozdarski vestnik, 41, 3: 97–109.

Kotar M. 1993. Pridelovanje visokokakovostnega lesa in sonaravno gojenje gozdov na primeru bukve v prebiralnem jelovo-bukovem gozdu = The production of high quality timber and naturalistic silviculture on the example of the beech tree in a selection fir-beech forest. Gozdarski vestnik, 51, 9: 370–383.

Kotar M. 1994. Proizvodna sposobnost gozdnih rastišč, ki jih poraščajo smrekovi in bukovi gozdovi ter njihova proizvodna zmogljivost v optimalni razvojni fazi. = Site productivity on spruce and beech sites and current annual increment of their stands in the optimal phase. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 44: 125–148.

Kotar M. 2002. Spremembe proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji v zadnjih desetletjih = Changes in forest site productivity in the beech forests of Slovenia during the last decades. Gozdarski vestnik, 60, 4: 177–191.

Kotar M. 2003. Gozdarski priročnik. 7. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 414 str.

Kotar M., Robič D. 2001. Povezanost proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji z njihovo floristično sestavo = Interdependance between Site Productivity and Floristic Composition in Beech Forests in Slovenia. Gozdarski vestnik, 59, 5/6: 227–247.

Kovač M. 2002. Izboljšanje intervalnih ocen dendrometrijskih podatkov izmerjenih na stalnih vzorčnih ploskvah s startifikacijo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 40 str.

Kozorog E., Černigoj V. 2002. Uveljavitev kontrolne vzorčne metode v gozdnogospodarskem območju Tolmin. Gozdarski vestnik, 60, 5/6: 235–245.

Kralj A. 2001. Računalniški model za izračun biomase drevesa. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 2 str.

Kušar G., Hočevar M. 2006. Zanesljivost ugotavljanja lesne zaloge s tarifami na primeru smreke v mikrorastiščno pestrem gozdu = Reliability of growing stock estimation using tariffs in case of a spruce tree in forest with varied micro site conditions. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 80: 81–96.

Laar van A., Akça A. 1997. Forest Mensuration. Gottingen, Cuvillier Verlag: 418 str.

LANDSAT 7 ETM satelitska slika. Path/Row: 190/28. 7. avgust 1999. Eurimage.

Lanz A. 2004. A short description of Swiss NFI. Tipkopis: 6 str.

Lim K., Treitz P., Baldwin K., Morrison I., Green J. 2003. Lidar remote sensing of biophysical properties of tolerant northern hardwood forests. Canadian Journal of Forest Research, 29, 5: 658–678.

Liu C. J. 1980. Log volume estimation with spline approximation. Forest Science, 26, 3: 361–369.

Lloyd F., Hafley W. 1977. Precision and the probability of Misclassification in Site Index Estimation. Forest Science, 23, 4: 493–499.

Lojo A. 2005. Računsko ocjenjivanje boniteta staništa za vrste drveća raznodobne (preborne sastojine) na osnovu visina stabala. Tipkopis: 9.str

Makkonen-Spiecker K., Kotar M. 1999. Rastni trendi v evropskih gozdovih = Growth Trends in European Forests. Gozdarski vestnik, 57, 3: 141–148.

McClure J.P., Anderson J., Schreuder H.T. 1987. A Comparison of Regional and Site-Specific Volume Estimation Equations. Research Paper. SE-264. Asheville, NC; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station: 9 str.

Mlinšek D. 1955. Poizkus uporabe francoskih tarif v naših gozdovih. Gozdarski vestnik, 13, 6: 161–167.

Nabuurs G. J., Van den Wyngaert I. J., Daamen W. D., Helmink A. T. F., De Groot W. Knol W. C., Kramer H., Kuikman P. 2005. National System of Greenhouse Gas Reporting for Forest and Nature Areas under UNFCCC in The Netherland. Alterra-report 1035.1. Wageningen, Alterra: 57 str.

Nagel J. 2000. Forest Tools. Goettingen: programski paket: 1 CD-rom.

Nagel J., Athari S. 1982. Stammanalyse und ihre Durchfuhrung. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 153, 9/10: 179–182.

Pipan R. 1955. Urejanje gozdov v obdobju 1945–1954. Gozdarski vestnik, 13: 281–287.

Pollanschutz J. 1976. Schaftholzvolumentabellen der Hauptbaumarten Osterreichs. Allgemeine Forstzeitung, 87, 6: 191–194.

Popis propadanja gozdov / L2000 / T2000_4x4.dbf: digitalna podatkovna zbirka. 2001. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. Ur.l. RS št. 5–242/1998.

Prodan M. 1966. Holzmesslehre. Frankfurt, M. Sauerlaender's: 644 str.

Puhek V. 2003. Regresijske enačbe za volumen dreves po dvovhodnih deblovnicah. V: Gozdarski priročnik. 7. izdaja. Kotar M. (ur.). Ljubljana. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 46–48 str.

Rebula E. 1993. Napake izmere oblovine iglavcev in predlog novega načina izmere. 1. del = The Errors of Conifers' Roundwood Measurings and a Suggestion as to a New Measuring Method (part 1). Gozdarski vestnik, 51, 10: 446–459.

Rebula E. 1994. Napake izmere oblovine iglavcev in predlog novega načina izmere. 2. del = The Errors of Conifers' Roundwood Measurings and a Suggestion as to a New Measuring Method (part 2). Gozdarski vestnik, 52, 1: 2–21.

Rebula E. 1995. Tablice oblikovnega števila, debeljadi in količine izdelanih sortimentov za jelko = Table of the Form Height Number, Timber and the Quantity of assortments prepared for the European Fir. Gozdarski vestnik, 53, 10: 402–425.

Rebula E. 1996A. Sortimentne in vrednostne tablice za debla jelke = Assortment and value tables for European fir trunks. Gozdarski vestnik, 54, 1: 2–31.

Rebula E. 1996B. Kaj pomeni odsotnost standardov za merjenje in razvrščanje lesa?. Gozdarski vestnik, 54, 4: 227–228.

Rebula E. 1996C. Uporabnost prirejenih Alganovih in Schaefferjevih ter vmesnih tarif za izračun lesne mase naše jelke =Applicability of adopted Algan's, Schaeffer's and intermediate tariffs for calculation of wood mass of European fir. Gozdarski vestnik, 54, 10: 480–502.

Rebula E. 2002. Izkoristek lesa pri sečnji bukovine =Yield from harvesting beech wood. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 69: 197–213.

Rebula E., Kotar M. 2004. Stroški sečnje in spravila bukovih dreves ter vrednost bukovine na panju = Cost of cutting and skidding of beech trees and the stumpage value of beech wood. Gozdarski vestnik, 62, 4: 187–200.

Reimer Von T., Gadow Von K., Sloboda B. 1995. Ein Modell zur Beschreibung von Baumschaften. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 166, 7: 144–147.

Roiko-Jokela P. 1976. Die Schaftformfunktion der Fichte und die Bestimmung der Sortimentsanteile am stehenden Baum. Zurich, Eidgenossischen Anstalt fur das forstliche Versuchswesen, 52, 1: 1–84.

Rojo A, Perales X., Sanchez-Rodriguez F., Alvarez-Gonzalez J.G., von Gadow K. 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Nortwestern Spain). European Journal of Forest Research, 124: 177–186.

Saborowski J., Sloboda B., Junge A. 1981. Darstellung von Schaftformen durch Kubische Spline-Interpolation und Reduktion der Stutzstellenanzahl. Forstarchiv, 52, 4: 127–130.

Schadauer K., Kaufmann E., Pignard G. 2004. Preliminary analysis of the answers to the questionire concering NFI data.
http://www.bib.fsagx.ac.be/coste21/ftp/2001-10-22/schadauer.pdf (26.5.2004)

Schardt M., Ziegler M., Wimmer A., Wack R., Hyyppa J. 2000. Assessment of forest parameters by means of laser scanning. V: ISPRS Commission III, Symposium 2002 September 9–13, 2002, Graz, Austria*, pages A*-302 ff: 8 str.
http://www.geo.unizh.ch/rsl/services/bibliographies/lidar/Keyword/LASER-SCANNING-DATA.html
(17.5.2004)

Schmid P., Roiko-Jokela P., Mingard P., Zobeiry M. 1971. The Optimal Determination of the Volume od Standing Trees. Wien, Mitteilung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 91: 33–54.

Sharma, M., R.L. Amateis, and H.E. Burkhart. 2002. Top height definition and its effect on site index determination in thinned and unthinned loblolly pine plantations. Forest Ecology and Management, 168: 163–175.

Simončič P., Kobler A., Krajnc N., Medved M., Torelli N., Robek R. 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi = Climate Change and Slovene Forest. Gozdarski vestnik, 59, 4: 184–202.

Sloboda B., Gaffrey D., Matsumura N. 1998. Erfassung individueller Baumschaftformen und ihrer Dynamik durch Spline-Funktionen und Verallgemeinerung durch lineare Schaftformmodelle. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 169, 2: 29–39.

Smaltschinski T. 1984. Individuelle Baumschaftform und Cubische Spline Interpolation. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 155, 7/8: 193–197.

Smaltschinski T. 1989. Volumenfunktionen fur Pinus caribaea auf den Fidschi-Inseln. Forstarchiv, 60, 4: 155–158.

Socha J. 2002. A Taper Model for Norway Spruce (Picea Abies (L.) Karst.). Electronic Journal of Polish Agricurtular Universities, 5, 2, Series Forestry: 12 str. http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issue2/forestry/art-03.html (21.10.2003)

Somogyi Z., Cienciala E., Makipaa R., Muukkonen P., Lehtonen A in Weiss P. 2005. Indirect methods of large scale forest biomass estimation. Tipkopis: 27 str.

Spiecker H., Mielikainen K., Kohl M., Skovsgaard J.P. (ed.). 1996. Growth Trends in European Forests-Studies from 12 Countries. (EFI Research Report, Nr.5). Berlin Heidelberg, Springer Berlin-Tokyo: 372 str.

Stahl G., Ringvall A., Fridman J. 2001A. Assessment of coarse woody debris – a methodlogical overview. Ecological Bulletins, 49: 57–70.

Stahl G., Ringvall A., Lamas T. 2001B. Guided Transec Sampling for Assessing Sparse Populations. Forest Science, 46, 1: 108–115.

Stand Bole Volume. 2004. http://sres.anu.edu.au/associated/mensuration/BrackandWood1998/TREEVOL.HTM (17.5.2004)

Stand height curve. 2003. http://sres.anu.edu.au/associated/mensuration/hgtcurve.htm (27.10.2003)

Standing tree volume. 2002. http://www.farmforestline.com.au/pages/6.5_standing_tree.html (21.10.2003)

Škratek B. 2005. Razvoj gozdnih sestojev na raziskovalnih ploskvah v leskovi dolini: diplomsko delo (višješolski študij). (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 44 str.

Šurić S. 1953. Tabele masa von Laer-Spiecker = Laer-Spiecker: Massenberechnungstafeln. Šumarski list, 2: 66–77.

Šušteršič M. 1938. Določanje lesne mase v gozdnem gospodarstvu. Gozdarski vestnik: 225–227.

Šušteršič M. 1939. Napake navadnega merjenja hlodov. Gozdarski vestnik, 175–177.

Šušteršič M. 1951. Gospodarska osnova 1942–1951, za revir Brezova reber.

Temporal and Boreal Forest Resources Assessment. (2000) http://www.unece.org/trade/timber/fra/ (17.2.2006)

Tietze B., Pofahl U. 1979. Die Konstruktion von Schaftformkurvenfunktionen mittels lokalangepasster Spline-Funktionen. Beitrage fur die Forstwirtschaft, 13, 1: 30–33.

Tree Volume. (2004) http://sres.anu.edu.au/associated/mensuration/stemanal.htm (17.5.2004)

Tree Volumes. (2004) http://www.forestry.umt.edu/academics/courses/For202/Week3_Notes.htm (17.5.2004)

Veselič Ž. 2002. Optimalni modeli gozdov = Optimal forest models. Gozdarski vestnik, 60, 10: 445–460.

Wagner M. 1982. Ermittlung von Einzelstamm-Volumen mit D1,3, H und oberen Stammdurchmessern. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 153, 4: 72–75.

Watson R. T., Noble I. R., Bolin B., Ravindranath N. H., Verardo D. J., Dokken D. J. 2001. IPCC Special Report on Land Use. Land-Use Change and Forsetry http://www.grida.no (14.5.2004)

Wiant H. V. Jr., Wood G. B., Furnival G. M. 1992. Estimating log volume using the centroid position. Forest Science, 38, 1: 187–191.

Wiant H. V. Jr., Wood G. B., Williams M. 1996. Comparison of three modern methods for estimating volume of sample trees using one or two diameter measurements. Forest Ecology & Management, 83, 1/2: 13–16.

Winzeler K. 1986. Volumenbestimmung durch Messungen am stehenden Baum. Zurich, Eidgenossischen Anstalt fur das forstliche Versuchswesen, 62, 1: 3–99.

Yang Y. C., Kung F. H. 1983. Method for estimating bole volume. Journal of Forestry, 81, 4: 224–227.

Zabukovec I. 1957. Natančnost in ekonomičnost izvirnih ter prirejenih Alganovih in Schefferjevih tarif v primerjavi s klasično metodo deblovnic. Gozdarski vestnik, 15: 129–137.

Zalokar K. 2003. Primernost kontrolne vzorčne metode za spremljavo rasti in razvoja gozdov v GGE Pokljuka = Suitability of the control sampling method for monitoring forest growth and development in the case of the Pokljuka forest management unit. Gozdarski vestnik, 61, 2: 69–77.

Zarnoch S.J., Clark III.A., Souter R.A. 2003. Comparison of Past, Present, and Future Volume Estimation Methods for Tennessee. Research Paper. SRS-12. New Orleans, LA; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 6 str.

Zianis D., Muukkonen P., Makipaa R., Mencuccini M. 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. Silva Fennica Monographs 4. 63 str.

Zingg A. 1994. Top heights in mixed stands: their definition and calculation. In: PINTO DA COSTA, Maria Emilia; PREUHSLER, T. (eds) Mixed Stands. Research Plots, Measurements and Results, Models. Proceeding from the Symposium of the IUFRO Working Groups: S4.01-03: Design, Performance and Evaluation of Experiments. S4.01-04: Growth models for Tree and Stand Simulation. April 25-29, 1994 in Lousa/Coimbra, Portugal. Lisboa, Instituto superior de agronomia, Universidade tecnica de Lisboa. 67–79.

Žitnik S. 1996. Ugotavljanje stanja in razvoja gozdov s kontrolno vzorčno metodo v Ljubljanskem gozdnogospodarskem območju: pripravniška naloga. Ljubljana, Zavod za gozdove – OE Ljubljana: 25 str.

11 ZAHVALA

Za mentorstvo pri podiplomskem študiju in izdelavi disertacije se zahvaljujem prof. dr. Milanu Hočevarju, ki mi je že kot abs. gozdarstva omogočil delo na Gozdarskem inštitutu Slovenije in me vseskozi usmerjal na moji znanstvenoraziskovalni poti. Doc. dr. Tom Levanič mi je omogočil pridobitev statusa Mladega raziskovalca in s tem zagotovil podiplomski študij. Zahvala gre tudi državi Sloveniji za možnost podiplomskega študija v okviru projekta Mladi raziskovalci.

Recenzijo disertacije sta opravila doc. dr. David Hladnik iz Ljubljane in doc. dr. Mario Božić iz Zagreba ter s tem bistveno pripomogla h kvaliteti dela.

Uspešnega zaključka podiplomskega študija ne bi bilo brez sodelavcev Gozdarskega inštituta Slovenije – koristnih nasvetov in pogovorov dr. Marka Kovača ter pomoči Filipa Nebrigiča in Anžeta Japlja pri terenskih raziskavah.

Terenske raziskave na Pokljuki so omogočili direktor Zvone Šolar, Janez Petkoš, Peter Krničar in sekači GG Bled. Raziskave na Ravniku pa direktor Dušan Gradišar, Franc Kermavner in sekači Gozd d.d.

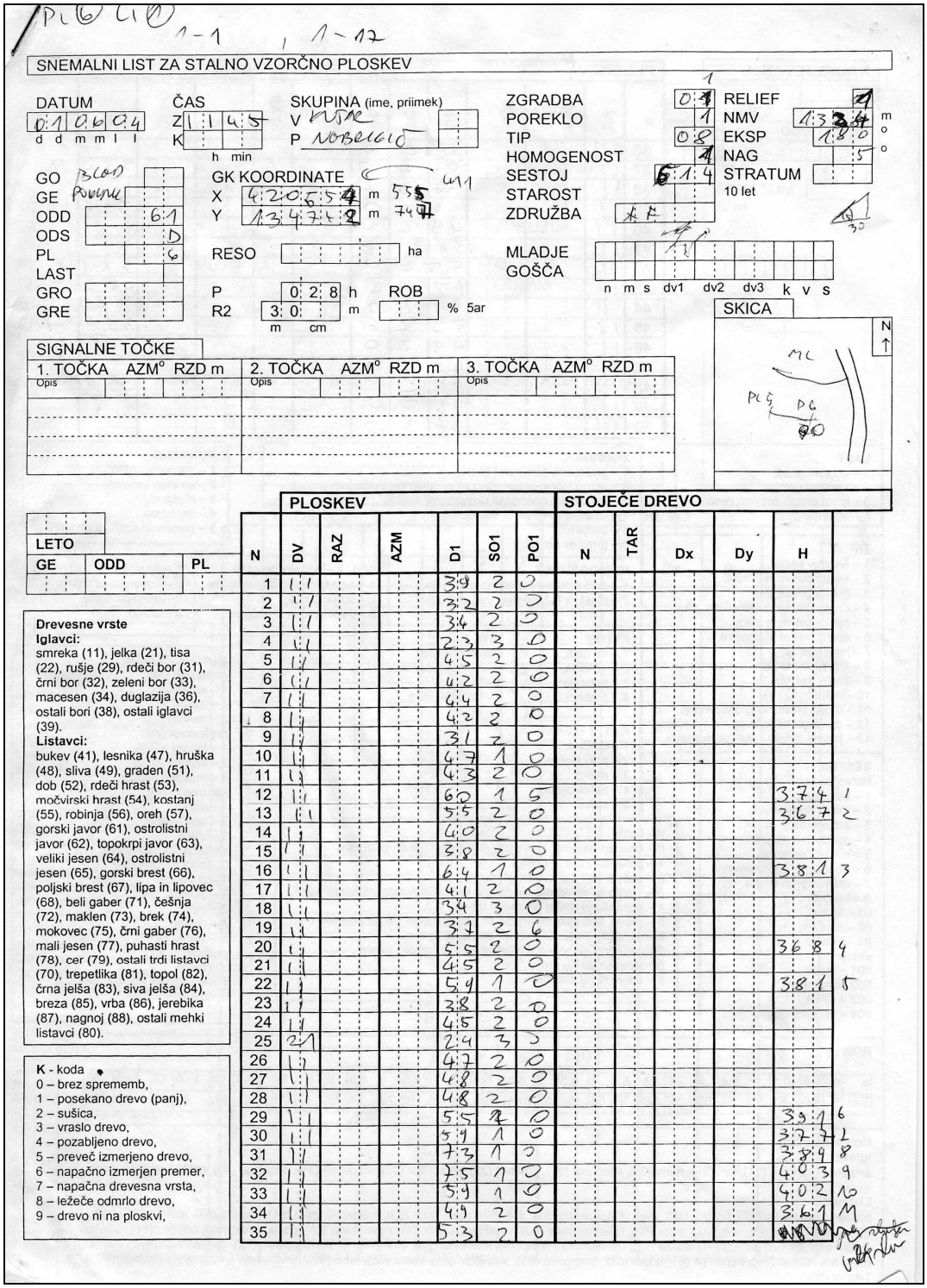
Pri raziskovalnem delu so s podatki in nasveti pomagali tudi kolegi ZGS: Dragan Matijašić, mag. Aleš Poljanec, Edo Kozorog in mag. Andrej Kotnik ter drugi.

Da disertacija ustreza dokumentacijskim standardom je poskrbela Maja Božič, univ. dipl. bibl., iz Gozdarske knjižnice. Lektoriranje disertacije je skrbno opravila prof. Mihaela Knez, prevode izvlečka in povzetka v angleški jezik pa prof. Marjeta Čampa.

Iskrena hvala mami Alenki, tati Jožetu, bratom Ambrožu, Žigu in Domnu ter njunima družinama za vse.

12 PRILOGE

Priloga A: Snemalni list sekcijskih meritev, ploskve in drevesa



SNEMALNI LIST ZA STALNO VZORČNO PLOSKEV

DATUM (d d m m l l): 01 06 04 — ČAS: Z 11 45, K — SKUPINA (ime, priimek): V KUŠAR, P NOBELIČ

GO BUKOVA, GE PUSTNE, ODD 61, ODS D, PL 6, LAST, GRO, GRE

GK KOORDINATE: X 420554 m 555, Y 134784 m 747

RESO — ha

P 028 h, R2 30 m, ROB — % 5ar

ZGRADBA 01, POREKLO 1, TIP 08, HOMOGENOST 1, SESTOJ 614, STAROST, ZDRUŽBA AF

RELIEF 1, NMV 1334 m, EKSP 180 o, NAG 5, STRATUM 10 let

MLADJE GOŠČA — n m s dv1 dv2 dv3 k v s

SKICA

SIGNALNE TOČKE

1. TOČKA Opis	AZM°	RZD m	2. TOČKA Opis	AZM°	RZD m	3. TOČKA Opis	AZM°	RZD m

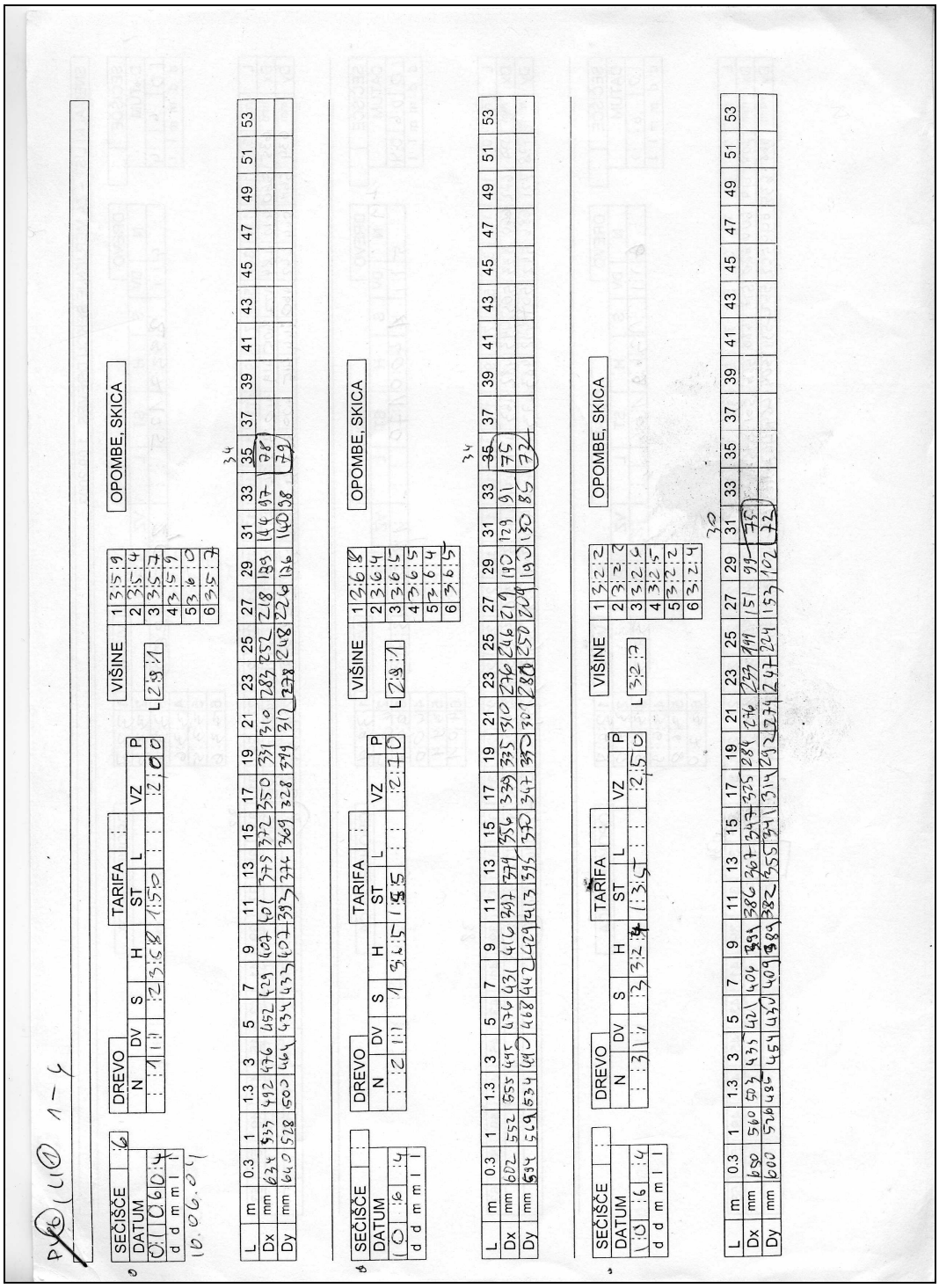
LETO: GE | ODD | PL

Drevesne vrste
Iglavci:
smreka (11), jelka (21), tisa (22), rušje (29), rdeči bor (31), črni bor (32), zeleni bor (33), macesen (34), duglazija (36), ostali bori (38), ostali iglavci (39).
Listavci:
bukev (41), lesnika (47), hruška (48), sliva (49), graden (51), dob (52), rdeči hrast (53), močvirski hrast (54), kostanj (55), robinja (56), oreh (57), gorski javor (61), ostrolistni javor (62), topokrpi javor (63), veliki jesen (64), ostrolistni jesen (65), gorski brest (66), poljski brest (67), lipa in lipovec (68), beli gaber (71), češnja (72), maklen (73), brek (74), mokovec (75), črni gaber (76), mali jesen (77), puhasti hrast (78), cer (79), ostali trdi listavci (70), trepetlika (81), topol (82), črna jelša (83), siva jelša (84), breza (85), vrba (86), jerebika (87), nagnoj (88), ostali mehki listavci (80).

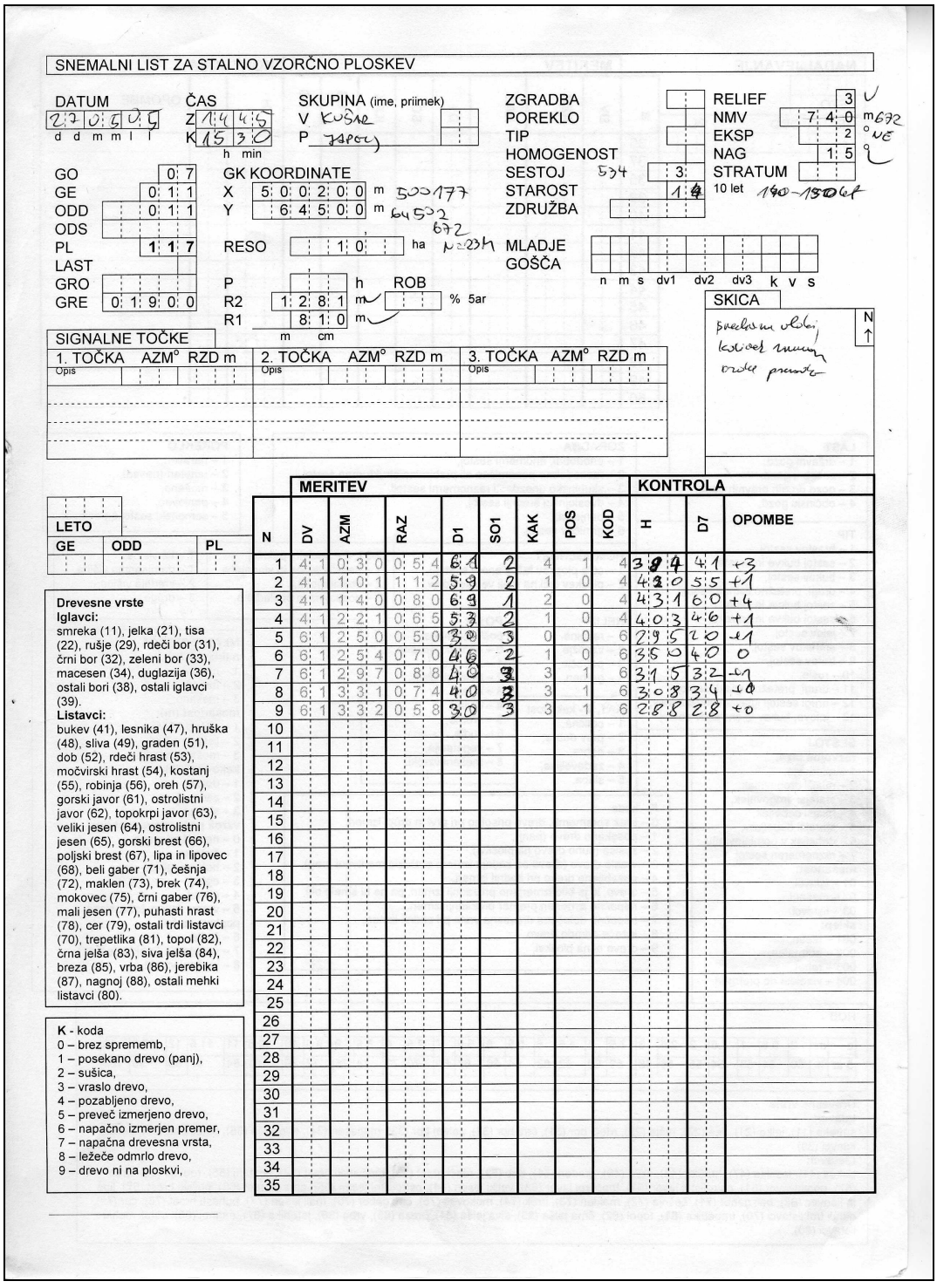
K - koda
0 – brez sprememb,
1 – posekano drevo (panj),
2 – sušica,
3 – vraslo drevo,
4 – pozabljeno drevo,
5 – preveč izmerjeno drevo,
6 – napačno izmerjen premer,
7 – napačna drevesna vrsta,
8 – ležeče odmrlo drevo,
9 – drevo ni na ploskvi,

PLOSKEV							STOJEČE DREVO					
N	DV	RAZ	AZM	D1	SO1	PO1	N	TAR	Dx	Dy	H	
1	11			39	2	0						
2	11			32	2	0						
3	11			34	2	0						
4	11			23	3	0						
5	11			45	2	0						
6	11			42	2	0						
7	11			44	2	0						
8	11			42	2	0						
9	11			31	2	0						
10	11			47	1	0						
11	11			43	2	0						
12	11			60	1	5					374	1
13	11			55	2	0					367	2
14	11			40	2	0						
15	11			38	2	0						
16	11			64	1	0					381	3
17	11			41	2	0						
18	11			34	3	0						
19	11			31	2	6						
20	11			55	2	0					368	4
21	11			45	2	0						
22	11			54	1	0					381	5
23	11			38	2	0						
24	11			45	2	0						
25	21			24	3	3						
26	11			47	2	0						
27	11			48	2	0						
28	11			48	2	0						
29	11			55	2	0					391	6
30	11			59	1	0					377	7
31	11			73	1	0					389	8
32	11			75	1	0					403	9
33	11			59	1	0					402	10
34	11			49	2	0					361	11
35	11			53	2	0						

Priloga B: Snemalni list sekcijskih meritev, posekana drevesa



Priloga C: Snemalni listi *d, h, d_7* meritev, ploskve in drevesa



SNEMALNI LIST ZA STALNO VZORČNO PLOSKEV

DATUM 27.05.05 (d d m m l l) ČAS Z 14:45 K 15:30 (h min)

SKUPINA (ime, priimek) V KUŠAR P JAPELJ

ZGRADBA POREKLO TIP HOMOGENOST SESTOJ 534 STAROST ZDRUŽBA

RELIEF 3 NMV 740 m 672 EKSP 2 NE NAG 15 ° STRATUM 3 10 let 140-150 let

GO 07 GE 011 ODD 011 ODS PL 117 LAST GRO GRE 01900

GK KOORDINATE X 500200 m 500177 Y 645000 m 645032

RESO 10 ha N=234

P h ROB % 5ar

R2 1281 m R1 810 m (m cm)

MLADJE GOŠČA (n m s dv1 dv2 dv3 k v s)

SKICA

preskus robu, kvocet ruma, drevo pomoč

N ↑

SIGNALNE TOČKE

1. TOČKA Opis	AZM°	RZD m	2. TOČKA Opis	AZM°	RZD m	3. TOČKA Opis	AZM°	RZD m

LETO

GE	ODD	PL

N	MERITEV DV	AZM	RAZ	D1	SO1	KAK	POS	KOD	KONTROLA H	D7	OPOMBE
1	4 1	03 0	05 4	6.1	2	4	1	4	38 4	4.1	+3
2	4 1	10 1	11 2	5.9	2	1	0	4	42 0	5.5	+1
3	4 1	14 0	08 0	6.9	1	2	0	4	43 1	6.0	+4
4	4 1	22 1	06 5	5.3	2	1	0	4	40 3	4.6	+1
5	6 1	25 0	05 0	3.0	3	0	0	6	29 5	2.0	+1
6	6 1	25 4	07 0	4.6	2	1	0	6	35 0	4.0	0
7	6 1	29 7	08 8	4.0	3	3	1	6	31 5	3.2	-1
8	6 1	33 1	07 4	4.0	3	3	1	6	30 8	3.4	+0
9	6 1	33 2	05 8	3.0	3	3	1	6	28 8	2.8	+0
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											

Drevesne vrste
Iglavci:
smreka (11), jelka (21), tisa (22), rušje (29), rdeči bor (31), črni bor (32), zeleni bor (33), macesen (34), duglazija (36), ostali bori (38), ostali iglavci (39).
Listavci:
bukev (41), lesnika (47), hruška (48), sliva (49), graden (51), dob (52), rdeči hrast (53), močvirski hrast (54), kostanj (55), robinja (56), oreh (57), gorski javor (61), ostrolistni javor (62), topokrpi javor (63), veliki jesen (64), ostrolistni jesen (65), gorski brest (66), poljski brest (67), lipa in lipovec (68), beli gaber (71), češnja (72), maklen (73), brek (74), mokovec (75), črni gaber (76), mali jesen (77), puhasti hrast (78), cer (79), ostali trdi listavci (70), trepetlika (81), topol (82), črna jelša (83), siva jelša (84), breza (85), vrba (86), jerebika (87), nagnoj (88), ostali mehki listavci (80).

K - koda
0 – brez sprememb,
1 – posekano drevo (panj),
2 – sušica,
3 – vraslo drevo,
4 – pozabljeno drevo,
5 – preveč izmerjeno drevo,
6 – napačno izmerjen premer,
7 – napačna drevesna vrsta,
8 – ležeče odmrlo drevo,
9 – drevo ni na ploskvi,

Priloga D: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, ploskve

ZNAK	POMEN
datum	datum snemanja
eksp	ekspozicija; v ^{o}
gge	gozdnogospodarska enota
ggo	gozdnogospodarsko območje
gre	gospodarski razred enote
gro	gospodarski razred območja
last	lastništvo
ngb	nagib; v %
nmv	nadmorska višina; v m
odd	oddelek
ods	odsek
pl	ploskev
pri	ocenjen prirastek; v m^3/ha
psr	proizvodna sposobnost rastišč; v m^3/ha
r1	polmer ploskve; v m
rel	relief
rob	rob ploskve
ses	sestojni tip
tig	tarife iglavci, zgs šifrant
tli	tarife listavci, zgs šifrant
trig	tarife iglavci
trli	tarife listavci
x	GK koordinate (X); v m
y	GK koordinate (Y); v m
zdruz	gozdna združba

Priloga E: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, vsa drevesa

ZNAK	POMEN
d	prsni premer; v cm
dom	zaporedna številka dominantnega drevesa
dv	drevesna vrsta
gge	gozdnogospodarska enota
h	višina drevesa; v m
odd	oddelek
ods	odsek
opomba	
osut	osutost
pl	ploskev
soc	socialni položaj
std	starost drevesa; v letih
zapst	zaporedna številka odkazanega drevesa

Priloga F: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, sekcije posekanih dreves

ZNAK	ZNAK	POMEN
PLOSKVE/DREVESA	datum	datum snemanja
	dv	drevesna vrsta
	h	višina drevesa; v dm
	ld	dolžina drevesa; v dm
	lv	oddaljenost od drevesa pri meritvi višine; v dm
	n	zap. številka drevesa na ploskvi
	p	poškodovanost
	pl	ploskev
	soc	socialni položaj
	std	starost drevesa; v letih
VIŠINE	h1–h6	odčitki meritev višin; v dm
PREMERI SEKCIJ	dx	premer sekcije v smeri x; v mm
	dy	premer sekcije v smeri y; v mm
	dxy	aritmetična sredina sekcije; v mm
	0,3	premer sekcije na 0,3 m dolžine; v mm
	1	premer sekcije na 1 m dolžine; v mm
	1,3	premer sekcije na 1,3 m dolžine; v mm
	od 3 do 53	premer sekcije na od 3 do 53 m dolžine; v mm
	ls	dolžina zadnje sekcije; v m
	opombe	

Priloga G: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, volumni sekcij posekanih dreves

ZNAK	ZNAK	POMEN
LOKACIJA	datum	datum snemanja
	dv	drevesna vrsta
	h	višina drevesa; v dm
	ld	dolžina drevesa; v dm
	lv	oddaljenost od drevesa pri meritvi višine; v dm
	n	zap. številka drevesa
	p	poškodovanost
	pl	ploskev
	soc	socialni položaj
	std	starost drevesa; v letih
PREMERI SEKCIJ	0,3	premer sekcije na 0,3 m dolžine; v mm
	1,0	premer sekcije na 1 m dolžine; v mm
	1,3	premer sekcije na 1,3 m dolžine; v mm
	od 3 do 39	premer sekcije na od 3 do 53 m dolžine; v mm
	ls	dolžina zadnje sekcije; v m
VOLUMEN	v1(0–2)	volumen prve sekcije od 0 do 2 m dolžine; v m^3
	v3(2–4)	volumen druge sekcije od 2 do 4 m dolžine; v m^3
SKUPAJ	opombe	
	v	volumen debla brez vrha; v m^3
	vh	volumen drevesa po Huberju; v m^3
	vn	volumen drevesa po Newtonu; v m^3
	vs	volumen drevesa po Smalianu; v m^3
	v vrh	volumen vrha; v m^3

Priloga H: Osnovna datoteka sekcijskih meritev, volumni sekcij po metodah

ZNAK	POMEN
1v_ch	volumen po švicarskih tarifah; v m^3
1v_eks	volumen po lokalnih tarifah, eksponentna; v m^3
1v_pol	volumen po lokalnih tarifah, polinomska; v m^3
1v_pop	volumen po ažuriranih PEF tarifah; v m^3
1v_zgs	volumen po sedanjih PEF tarifah; v m^3
2v_ne	volumen po nemških dvovhodnih deblovnicah; v m^3
2v_si	volumen po regionalnih dvovhodnih deblovnicah; v m^3
3v_ch	volumen po švicarskih trovhodnih volumenskih funkcijah; v m^3
3v_si	volumen po regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah; v m^3
d	prsni premer; v cm
d7	premer merjen na 7 m višine; v cm
dv	drevesna vrsta
f	faktor oblike drevesa
g	temeljnica; v m^2
h	višina drevesa; v m
hf	oblikovna višina; v m
hk	višina drevesa iz višinske krivulje; v m
lokacija	ime lokacije
n	zap. številka drevesa v datoteki
opomba	
pl_dr	zap. številka ploskve v datoteki
pos	poškodovanost
soc	socialni polžaj
st_ dr	zap. številka drevesa na ploskvi
st_ pl	zap. številka ploskve
std	starost drevesa; v letih
vh	volumen drevesa po Huberju; v m^3
vn	volumen drevesa po Newtonu; v m^3
vpanj	volumen panja; v m^3
vs	volumen drevesa po Smalianu; v m^3
vveje	volumen debelejših vej; v m^3
vvrh	volumen vrha; v m^3

Priloga I: Osnovna datoteka *d, h,* d_7 meritev, ploskve

ZNAK	POMEN
dd	dominantni premer; v cm
dm	aritmetitčna sredina premerov na ploskvi; v cm
dmax	največji premer drevesa na ploskvi; v cm
dmed	mediana premerov na ploskvi; v cm
dmin	najmanjši premer drevesa na ploskvi; v cm
dv	drevesna vrsta
hd	dominantna višina; v m
hm	srednja višina dreves na ploskvi; v m
iv_120let_kg	letni tekoči volumenski prirastek sestoja pri 120 letih; v kg
iv_120let_m3	letni tekoči volumenski prirastek sestoja pri 120 letih; v m^3
iv_tek_kg	letni tekoči volumenski prirastek sestoja pri sedanji starosti; v kg
iv_tek_m3	letni tekoči volumenski prirastek sestoja pri sedanji starosti; v m^3
kom1	prva kombinacija treh faktorjev
kom2	druga kombinacija treh faktorjev
kom3	tretja kombinacija treh faktorjev
lokacija	ime lokacije
opo1	opomba št. 1
pl_dr	zap. številka ploskve v datoteki
pov	površina ploskve; v ha
ses	sestojni tip
si100	rastiščni indeks pri 100 letih
si50	rastiščni indeks pri 50 letih
st_pl	zap. številka ploskve
stdr	število dreves na ploskvi
sts	starost sestoja; v letih
t_zgs_bu	tarifa za bukev, ZGS
t_zgs_je	tarifa za jelko, ZGS
t_zgs_sm	tarifa za smreko, ZGS
x	GK koordinate za (X); v m
y	GK koordinate za (X); v m
z	GK koordinate za (Y); v m

Priloga J: Osnovna datoteka *d, h,* d_7 meritev, drevesa

ZNAK	POMEN
1v_l	volumen po loklanih tarifah; v m^3
1v_o	volumen po optimalnih PEF tarifah; v m^3
1v_zgs	volumen po sedanjih PEF tarifah; v m^3
2v_ne	volumen po nemških dvovhodnih deblovnicah; v m^3
2v_r (vrr)	regionalni referenčni volumen pa regionalnih dvovhodnih deblovnicah; v m^3
2v_si	volumen po regionalnih dvovhodnih deblovnicah; v m^3
3v_ch	volumen po švicarskih trovhodnih volumenskih funkcijah; v m^3
3v_si	volumen po regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah; v m^3
d	prsni premer; v cm
d7	premer merjen na 7 m višine; v cm
ds	deb. stopnja
dsm	srednji premer deb. stopnje; v cm
dv	drevesna vrsta
f	faktor oblike drevesa
g	temeljnica; v m^2
h	višina drevesa; v m
hf	oblikovna višina; v m
hk	višina drevesa iz višinske krivulje; v m
lokacija	ime lokacije
opomba	
pl_dr	zap. številka ploskve v datoteki
pos	poškodovanost
soc	socialni položaj,
st_ dr	zap. številka drevesa na ploskvi
st_ pl	zap. številka ploskve
vr	referenčni volumen pa regionalnih trovhodnih volumenskih funkcijah; v m^3

Priloga K: CD z datotekami podatkov

Datoteke podatkov:

- sekcijske meritve (**priloga K_sekcijske.xls**),
- *d, h,* d_7 meritve (**priloga K_dhd7.xls**).

Doktorska disertacija v elektronski obliki: **Kusar_dd.pdf**.