

e 455

lm = 644

D = 66214

Gozdarski inštitut Slovenije , Ljubljana

Lojze ŽGAJNAR

**MERJENJE KOLIČIN INDUSTRIJSKEGA DROBNEGA LESA NA OSNOVI
MASE TER STROKOVNE OSNOVE ZA STANDARDIZACIJO**

Izsledki raziskav vrednosti osnovnih parametrov in postopkov za merjenje količin lesa s
tehtanjem v tovarni BREST-IVERKA , Cerknica

Raziskovalna naloga

Ljubljana , februar 1994

UNIVERZA V LJUBLJANI
GOZDARSKA KNJIŽNICA

K E

455

853:832.10:812.21:812.3 630*85



21999001695

COBISS



Vodja raziskave: Lojze ŽGAJNAR, dipl.inž. gozd.,
Gozdarski inštitut Slovenije

Sodelavci: Borut BITENC, dipl.inž.gozd.,
Gozdarski inštitut Slovenije
Janez KRC, dipl.inž.gozd.,
Gozdarski inštitut Slovenije
Robert KRAJNC, absol. gozd.,
Gozdarski inštitut Slovenije
Lojze MEDEN, les. tehnik,
BREST-IVERKA, Cerknica
Milan GORNIK, gozd. tehnik,
BREST-IVERKA, Cerknica
Milan OTONICAR, študent lesarstva,
BREST - IVERKA, Cerknica
Jožica HLADNIK, kem. tehnik,
BREST - IVERKA, Cerknica
Irena ZEMLJAK, les. tehnik,
BREST - IVERKA, Cerknica
Jana JERIC, kem. tehnik,
BREST - IVERKA, Cerknica

Zahvala

Glede na obsežnost, celovitost in trajanje raziskave je razumljivo, da smo se srečevali in sodelovali ne le z naštetimi, pač pa tudi še s številnimi drugimi sodelavci, od vodstva tovarne pa do motorista na skladišču. Navsezadnje so s posredovanjem podatkov o prispelih tovorih pri raziskavah sodelovali tudi vozniki, vodje skladišč, lesni manipulantje idr. Praktično je nemogoče, da bi izrazili hvaležnost posameznikom. Zato izrabljamo to priložnost za našo skupno zahvalo vsem, ki so kakorkoli pripomogli k realizaciji te naloge. Seveda velja posebna zahvala zgoraj naštetim sodelavcem ter Ministru za kmetijstvo in gozdarstvo, ki je raziskavo denarno omogočilo.

Vodja raziskave

Izvleček

ŽGAJNAR, L.: MERJENJE KOLIČIN INDUSTRIJSKEGA DROBNEGA LESA NA OSNOVI MASE TER STROKOVNE OSNOVE ZA STANDARDIZACIJO - Izsledki raziskav vrednosti osnovnih parametrov in postopkov za merjenje količin lesa s tehtanjem v tovarni BREST-IVERKA, Cerknica

Običajni stereometrijski načini merjenja količin lesa so pri drobnem industrijskem lesu zamudni, dragi in predvsem netočni. Že dobri dve desetletji so v blagovnem prometu z lesom uveljavljene v svetu metode merjenja količin s tehtanjem. Gre za dva osnovna postopka, in sicer na osnovi mase svežega (bruto, lutro) lesa in na osnovi vlažnosti, oziroma nominalne volumenske mase (atro).

V pričujočem elaboratu so prikazani izsledki in ugotovitve celoletnih raziskav vrednosti in nihanj vrednosti glavnih fizikalnih parametrov različnih vrst dolgega oblega industrijskega lesa, in sicer ob prevzemu na skladišču izdelovalca ivernih plošč. Raziskovane so bile vrednosti volumenskih mas, nominalnih volumenskih mas in deležev suhe snovi (vlažnost) ter spreminjanje zaradi vplivov izvora lesa, časa sečnje, trajanja skladiščenja in letnega časa dobave lesa. Raziskovanih je bilo 19 vrst lesa, 637 tovorov in 3980 vzorčnih kolobarjev. Prikazane so primerjave med dejanskimi (raziskanimi) in uporabljenimi pretvornimi vrednostmi volumenske mase lesa ter praktične posledice razlik.

Ključne besede: droben industrijski les, metode merjenja lesa, tehtanje lesa, "lutro" postopek, "atro" postopek, volumenska masa lesa, nominalna volumenska masa, delež suhega lesa.

PREGLED VSEBINE

- 1 PREGOVOR
- 2 UVOD
- 3 METODIKA RAZISKAV
 - 3.1 Izbrani objekti in parametri raziskav
 - 3.2 Uporabljeni pripomočki in oprema
 - 3.3 Potek in obseg vzorčenja in meritev
 - 3.4 Snemalni listi ter izračunavanje nekaterih pomožnih vrednosti
 - 3.4.1 Snemalni list A
 - 3.4.2 Snemalni list B
 - 3.4.3 Snemalni list C
- 4 IZSLEDKI RAZISKAV
 - 4.1 Izsledki meritev in analize objekta raziskav - dolgega industrijskega lesa pri prevzemu
 - 4.1.1 Število, količina in vrsta vzorcev
 - 4.1.2 Dimenzije vzorcev
 - 4.2 Splošen prikaz in analiza ugotovljenih vrednosti osnovnih parametrov pri merjenju lesa s tehtanjem
 - 4.2.1 Volumenska masa, gostota lesa in gostota lesne snovi
 - 4.2.1.1 Gostota lesa
 - 4.2.1.2 Nominalna gostota lesa
 - 4.2.1.3 Vlažnost lesa - delež suhega lesa

- 4.2.2 Masa lesa
 - 4.2.2.1 Masa lesa ob poseku (masa svežega lesa)
 - 4.2.2.2 Masa lesa ob prevzemu (lutro masa)
- 4.2.3 Volumenski in masni delež ter vpliv lubja na točnost ugotavljanja količin lesa s tehtanjem
- 4.3 **Izsledki in ugotovitve naših raziskav vrednosti fizikalnih lastnosti industrijskega lesa in nihanja le-teh**
 - 4.3.1 Srednje vrednosti in nihanja srednjih vrednosti volumenskih mas
 - 4.3.1.1 Vpliv izvora lesa na spreminjanje mase
 - 4.3.1.2 Spreminjanje volumenske mase lesa v odvisnosti od časa (trajanja) skladiščenja
 - 4.3.1.3 Vpliv letnega časa poseka lesa na spreminjanje volumenske mase
 - 4.3.2 Vrednosti in nihanja vrednosti nominalne gostote raziskovanega lesa
 - 4.3.2.1 Spreminjanje nominalne gostote lesa odvisno od izvora dobav
 - 4.3.2.2 Vpliv letnega obdobja poseka in dobave lesa ter trajanja skladiščenja na spreminjanje nominalne volumenske mase lesa
 - 4.3.3 Vsebnost suhega lesa (suhost-vlažnost lesa) in spreminjanje vrednosti pod vplivom različnih dejavnikov
 - 4.3.3.1 Srednje vrednosti in nihanja vrednosti deležev suhega lesa pri različnih vrstah lesa
 - 4.3.3.2 Vpliv izvora lesa na nihanje vsebnosti suhega lesa

- 4.3.3.3 Vpliv letnega obdobja poseka lesa na spreminjanje vsebnosti suhega lesa
- 4.3.3.4 Spreminjanje vsebnosti suhega lesa v odvisnosti od letnega časa dobave (prevzema) lesa
- 4.3.3.5 Soodvisnost med vsebnostjo suhega lesa in trajanjem skladiščenja
- 4.3.3 Prikaz in analiza medsebojne soodvisnosti najpomembnejših raziskovanih parametrov lesa
- 4.4 Primerjava med nominalnimi (uporabljenimi) in dejanskimi povprečnimi vrednostmi volumenskih mas ter praktične posledice razlik
- 5 POVZETEK POMEMBNEJŠIH UGOTOVITEV IN ZAKLJUČKI
- 6 UPORABLJENI VIRI IN LITERATURA

1 PREGOVOR

Že dobri dve desetletji tudi v Sloveniji ugotavljamo, da so stereometrijske metode izmere za vsestransko močno heterogen droben industrijski les neprimerne. Korektna uporaba teh metod je prezamudna in draga, običajni načini meritev (le enkratno merjenje premera, ocena dolžine, štetje kosov, zaokroževanje, odštevanje lubja), ki so poznani v naši praksi pa so netočni in nezanesljivi. Posledice so številne neprijetnosti med poslovnimi partnerji (prodajalci - kupci), netočne evidence zalog, napačni tehnološki izračuni idr.

V obdobju samoupravnega dogovarjanja in administrativnega določanja količin, kakovosti in cen lesa v razmerju gozdarstvo - lesna industrija ter monopolizaciji trga z gozdnolesnimi sortimenti, si z natančnostjo meritev, še posebej pri tej vrsti lesnih sortimentov (ceneni, masovni, neprofitni sortimenti), tudi nismo delali posebnih preglavic. V tem času pa je razviti svet skoraj v celoti pričel z meritvijo količin na osnovi mase (teže), torej s tehtanjem.

V spremenjenih lastniških in tržnih razmerah (številnejši kupci in prodajalci lesa - večja konkurenca) ter ob naših željah in nujni po vključevanju v evropska in svetovna tržišča, bo korektno ovrednotenje količin in kakovosti tudi pri nas prvi pogoj poslovne uspešnosti in konkurenčnosti.

Znano je, da gre tu za zelo rahločutno področje medsebojnih odnosov med dobavitelji (prodajalci) in porabniki (kupci) lesa. Kakršnekoli spremembe ali novosti v veljavnih medsebojnih poslovnih razmerjih so lahko le plod sporazumov in dogovorov dveh ali več soudeležencev. Enako zahtevno in občutljivo pa je tudi določanje meril, postopkov in metod, ki so nepogrešljiva strokovna osnova za vsakršne tovrstne dogovore. To še posebej velja za les, ki je izrazito anizotropna snov ter kot tržno blago v času in prostoru močno spreminjajoča se snov.

Pri merjenju drobnega industrijskega lesa in lesnoindustrijskih ostankov uporabljamo v Sloveniji različne metode. Iz odgovorov na naš vprašalnik, ki smo ga v marcu 1993 poslali vsem pomembnejšim porabnikom (proizvajalci ivernih in vlaknenih plošč, celuloze in papirja, kurivo) tovrstne lesne surovine v Sloveniji, lahko ugotovimo tole:

- Popolno izmero (klupanje vsakega kosa) vseh prevzetih količin dolgega oblega lesa smreke in jelke uporablja le en porabnik. Za občasne preiskuse količin, zlasti tistih, ki jih je že deklariral dobavitelj, uporablja popolno izmero večina porabnikov.
- Vsi vprašani ugotavljajo količine dolgega oblega lesa (goli) s tehtanjem tovora (lutro-bruto masa). Za evidenco in obračun (plačilo) preračunajo masne količine (tone, kg) v običajne volumenske (m^3) s pomočjo vnaprej poznanih pretvornikov. Tudi tu so razlike 20 in več odstotne. Nerazumljivo je npr., da so razlike večkrat odvisne od dobavitelja in ne od stvarnih razlik pri prevzetem lesu.
- Le dva porabnika dolgega oblega lesa uporabljata s tehtanjem ugotovljene količine v utežnih enotah tudi za evidenco in obračun. Pri enem je tak način običajen, pri drugem le kot alternativa.
- Večina vprašanih ugotavlja, da je najzaneslivejša in za tehnološka preračunavanja najprimernejša t.im. "atro" metoda, torej merjenje količin suhega lesa (nominalna gostota). Kljub tem ugotovitvam pa praktična uporaba metode v Sloveniji še ni poznana.

Metode tehtanja lesa se v Ameriki in Evropi uspešno uporabljajo že dve desetletji. Menimo, da je sedanje obdobje intenzivnih družbeno gospodarskih sprememb in v času, ko pripravljamo in usklajujemo nacionalne standarde za gozdnolesne proizvode, najprimernejši trenutek, da se lotimo tudi tega vprašanja. V ta namen bi bilo potrebno pri različnih porabnikih, na osnovi že poznanih in z raziskavami dopolnjenih vrednosti potrebnih parametrov, pripraviti potrebne strokovne osnove, preiskusiti uporabnost "težinskih" metod ter izbrati najustreznejšo. Vse te elemente bi bilo nato potrebno opredeliti in institucionalizirati, na nižjem ali višjem nivoju, v obliki sporazumov med dobavitelji in porabniki lesa ter pod nadzorom ustreznih državnih služb. Lep primer takšnega združevanja udeležencev v blagovnem prometu z lesom je poznan v sosednji Avstriji pod nazivom Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papir, iz l. 1987.

Osnovni namen pričujoče raziskave je prav priprava strokovnih osnov in preiskus uporabnosti metod ugotavljanja količin lesa s tehtanjem, in sicer pri določenem porabniku in v določenih razmerah. Temu so bile prilagojene tudi vse metode naših raziskav. Zato tudi izsledke raziskav ne gre posploševati.

2 UVOD

Za ugotavljanje količin pri pridobivanju, manipulaciji in trženju (prodaja - nakup) z gozdnimi lesnimi sortimenti, nekaterimi izdelki in polizdelki ter lesnimi ostanki, so na voljo različni načini merjenja:

- Merjenje volumna (stereometrijska izmera), kjer na osnovi izmerjenih dimenzij (dolžine, debeline) izračunamo telesnino vsakega posameznega kosa (hloda, sortimenta), in sicer s pomočjo ustaljenih obrazcev. Ugotovljene količine običajno izražamo v m^3 (kubičnih metrih). Izjemoma m^3 spreminjamo v prm (prostorninskih metrih) ali v utežne enote s pomočjo poznanih pretvornih koeficientov.
- Stereometrijska izmera prostornine skladovnice, zložaja, snopov, butar, tovornih prostorov itd., za katere s pomočjo že znanih redukcijskih koeficientov (pretvornikov) izračunamo volumen v merjeni prostornini vsebovanega lesa. Količine izražamo in obračunavamo v m^3 . Do l. 1980 smo v gozdarstvu uporabljali t.im. prostorninski meter (prm).
- Preštevanje števila kosov, izražanje in obračun v številu kosov.
- Ugotavljanje količin s tehtanjem, torej gravimetrijske metode merjenja mase (teže) lesa. Le-to lahko izražamo in obračunavamo neposredno v masnih (utežnih) enotah (tona, kg) ali pa jo s pomočjo ustreznih pretvornih faktorjev spremenimo v volumenske merske enote.
- Hidrostatično (ksilometriranje) ugotavljanje volumna ali mase lesa.

Glede na naravo lesa ki ga merimo, še posebej glede nepravilnosti (odklonov od geometrijsko pravilnih likov in teles) in neizenačenosti oblik je razumljivo, da dejansko merimo le pri uporabi neposrednih metod tehtanja in preštevanja števila kosov. Pri vseh ostalih načinih, ko količine izračunavamo posredno, s pomočjo izmerjenih dimenzij kosa, prostornine ali pa pri uporabi pretvornih faktorjev (ali koeficientov), pa gre dejansko le za bolj ali manj natančno oceno količin lesa.

Pri vseh načinih ugotavljanja količin sta odločilna predvsem dva vidika:

- čim večja natančnost in zanesljivost merjenja, oziroma izmerjenih količin,
- gospodarnost in operativnost uporabljenih metod merjenja.

Uporabo in uporabnost posamezne metode pogojujejo različni dejavniki:

- vrsta, oblika, oziroma stopnja izdelanosti posameznega kosa ali sortimenta,
- variabilnost sortimenta glede fizikalno-mehanskih lastnosti,
- kakovost in vrednost (cena) sortimenta,
- navade (tradicija), predpisi, dogovori (standardi), razpoložljiva tehnična opremljenost ter izurjenost (znanje, izkušnje) in vestnost merilca.

Poleg natančnosti in gospodarnosti izbranih metod so pri meritvah količin lesa pomembni še drugi, zlasti tile parametri:

- kraj (kje), čas (kdaj) in izvajalec (kdo) meritev,
- vrsta in oblika izmerjenih podatkov,
- namen meritev.

Vsi naštetni parametri so običajno tudi standardizirani na različnih nivojih, od sporazumno dogovorjenih, internih standardov, do državnih standardov, ki jih sankcionira država, pa vse do mednacionalnih standardov.

Uporaba standardov praviloma ne sme biti obvezna, saj je v tem primeru lahko velika ovira razvoju. S tem se namreč utrjuje obstoječe stanje in ne dopušča sprememb na novo, višjo stopnjo razvoja. Zato je tudi potreba po spremembi standardov tem pogostejša, čim hitrejši je razvoj, ki ga standard obravnava.

Standardi za gozdne lesne sortimente nekdanje Jugoslavije (JUS standardi) so bili sicer obvezni, vendar pa je v praksi veljala precejšnja samovolja in svoboda. Določila teh standardov so, v bolj ali manj poenostavljeni obliki, še vedno edina osnova pri izmeri in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji.

Vsi sporazumno dogovorjeni (interni) standardi na različnih nivojih so seveda obvezni. Pristop k sporazumu je tu prostovoljen, vendar pa je spoštovanje standardov (norm) obvezno, in sicer neglede na vzrok nestrinjanja, vse do trenutka veljavnosti. Kakršnakoli sprememba veljavnih, sporazumno dogovorjenih standardov, je možna šele v soglasju obeh (vseh) sodelujočih partnerjev.

Na gospodarnost in natančnost merjenja količin lesa vplivajo številni objektivni in subjektivni dejavniki. Razen vpliva uporabljene metode izmere so odločilni še:

- oblika (pravilnost), velikost (dimenzije) in število (količina) sortimentov ter tudi njihova kakovost (vrednost, cena, izkupiček),
- znanje, izurjenost in doslednost merilca.

V splošnem velja, da so stroški merjenja in točnost meritev odvisni predvsem od dimenzij (velikosti) in števila (količine) sortimentov in vsaj neposredno ne od njihove kakovosti, oziroma vrednosti. To seveda pomeni, da je pri uporabi enake metode najdražja izmera najmanj vrednih sortimentov.

3 METODIKA RAZISKAVE

3.1 Izbrani objekti in parametri raziskave

Za dosego postavljenega cilja naših raziskav je bilo potrebno ugotoviti povprečne vrednosti ter njihovo variabilnost nekaterih osnovnih fizikalnih parametrov lesa, in sicer v stanju ob prevzemu (oddaji) na skladišču porabnika. Zaradi bližine in z namenom racionalizacije raziskav smo vse potrebne meritve opravili na skladišču lesa tovarne BREST - Iverka, Cerknica. Predmet naših raziskav je bil le dolgi obli industrijski les (goli, celulozni les, jamski les, drva) iglavcev in listavcev. Prostorninski les (metrska polena) ter žagarski in lesnoindustrijski ostanki niso bili raziskovani, čeprav pri porabnikih vlada velik interes tudi za te raziskave.

S terenskimi meritvami in laboratorijskimi analizami smo pričeli v začetku oktobra 1992 in jih zaključili ob koncu septembra 1993. Zaradi objektivnih vzrokov (prekinjene dobave lesa, zaustavitev obratovanja tovarne) smo morali meritve občasno za krajša obdobja prekiniti.

Najpomembnejši elementi naših raziskav, ki so obenem tudi osnova izmere lesa s tehtanjem so bili:

- Volumenska masa (gostota), bruto masa, lutro masa lesa. Tu gre za maso (težo) lesa po volumenski enoti, izraženo v kg/m^3 , in sicer v stanju in s vsebnostjo vode (vlažnostjo) v času dobave.
- Nominalna gostota lesa, to je masa absolutno suhega (tehnično suhega) lesa v volumenski enoti svežega lesa (lutro, brez volumenskega skrčka), izraženo v kg/m^3 .
- Vlažnost, oziroma sušnost dobavljenega lesa, izražena v odstotnem masnem deležu vode. (% vlažnosti = $100 - \%$ delež suh. lesa), oziroma suhega lesa (% suhega lesa = $100 - \%$ vlažnosti lesa).

Znano je, da vrednosti in variabilnost vseh treh naštetih elementov pogojujejo številni dejavniki: vrsta lesa (drevesna vrsta), starost, del drevesa (v vertikalni in horizontalni smeri), položaj v sestoji, čas sečnje, čas in mesto skladiščenja itd. V naši raziskavi smo skušali ugotoviti intenzivnost in smer vpliva le tistih dejavnikov, ki smo jih predvideli za vhode v tablice pri uporabi težinske metode izmere. To so bili tile parametri:

- Vrsta lesa z ozirom na drevesno vrsto,
- Poreklo, izvor (v geografskem, lokacijskem smislu) lesa,

- Čas poseka dobavljenega lesa (mesec, letno obdobje),
- Čas dobave, oziroma obdobje med posekom in dobavo, torej trajanje skladiščenja.

Po prvotnem programu raziskav naj bi raziskali vrednosti in spreminjanje le-teh le za celotne skupine drevesnih vrst, oziroma vrst lesa, ki so običajne pri porabnikih drobnega industrijskega lesa, tako pri nas kot tudi v svetu. Te skupine so: smreka in jelka, bori in macesni, trdi listavci in mehki listavci. Razmere med izvajanjem raziskav (relativno maloštevilne dobave, velika heterogenost vrst lesa) pa so nam omogočile spremljanje naštetih elementov tudi po posameznih drevesnih vrstah.

Pri poreklu lesa nas je zanimal vpliv rastišča na spreminjanje raziskovanih elementov. Pri tem nas je posebej zanimal vpliv nadmorske višine, oziroma vseh dejavnikov rastišča, ki pogojujejo fitoklimatska območja in pasove v Sloveniji. Naš namen je bil, da bi ta dejavnik in njegov vpliv pri vsakem vzorčenem tovoru čim točneje opredelili, vsaj v okviru gozdnogospodarske enote. Žal smo kmalu ugotovili, da je opredelitev po nadmorski višini, ali po ožjem geografskem poreklu, možna le za dobave lesa neposredno iz sečišč, oziroma pomožnega skladišča v gozdu. Za vse ostale tovore, zlasti tiste, ki so bili dobavljeni iz različnih večjih skladišč, pa smo izvor lahko opredelili le po gozdnogospodarskih območjih.

Isti razlog je pogojeval težave tudi pri registraciji časa sečnje in časa skladiščenja. Najmanjša časovna enota, za katero je bilo še možno opredeliti te elemente je bil mesec v letu.

Viri podatkov o poreklu lesa, času sečnje in času skladiščenja so nam bile dobavnice (prevzemnice) tovara, vozniki kamionov in vodje skladišč, oziroma prodajalec (lastnik) lesa. Dopolnilne informacije pa smo iskali tudi neposredno pri proizvajalcih lesa (gozdnogospodarske organizacije, TOZDI, TOKI, revirji).

Izhodiščni parameter naših raziskav, to je masa (teža) vsakega posameznega tovara lesa v času dobave, smo ugotavljali s tehtanjem na tovarniški mostni tehtnici. S tehtanjem ugotovljena masa tovara in ustrezni pretvorniki za posamezne vrste lesa so bili porabniku (kupcu) in dobavitelju (prodajalcu) osnova za izračun komercialne količine lesa (v m³). Razen za ugotavljanja povprečnih vrednosti in variabilnosti volumenske mase dobavljenega lesa nam je ta parameter služil tudi za izračun in medsebojne primerjave dejanskih in komercialnih količin

dobavljenega lesa. S pomočjo izračunanečā deleža suhe snovi (oz. vlažnosti) pa smo ugotavljali tudi atro količino (maso) prevzetega lesa.

3.2 Uporabljeni pripomočki in oprema

Z izjemo merilne posode (ksilometra) za ugotavljanje telesnine odvzetih vzorcev lesa (kolobarjev) nam je vse druge raziskovalne pripomočke in ustrezno opremo nudila Iverka, Brest. Pri terenskih meritvah in vzorčenjih na skladišču lesa smo uporabljali tele pripomočke:

- Tovarniško mostno tehtnico za ugotavljanje mase tovorov dobavljenega lesa. Maso dobavljenega lesa smo ugotovili iz razlike mas polnega (bruto) in praznega (tara) vozila.

- Verižna motorna žaga za jemanje vzorčnih kolobarjev in žagovine za določanje volumenske mase in vlažnosti (sušnosti) lesa. Običajni motorni verižni žagi smo dodali preprosto napravo, ki je služila za pričvrščanje polietilenske vrečke ter tudi za usmerjanje (zbiranje) žagovine v vrečko.

- Leseno premerko in kovinski trak za kontrolne in primerjalne meritve vzorčnih tovorov s klupanjem.

- Polietilenske vreče za shranjevanje odvzetih vzorcev (kolobarjev) lesa in vrečke za vzorec žagovine. S shranjevanjem v neprodušno zaprte vreče smo preprečili vpliv različnih zunanjih dejavnikov (vlage, temperature) na vzorec, oz. spremembo vrednosti pred opravljenimi analizami.

Vse potrebne analize vzorcev - kolobarjev lesa smo opravili neposredno na skladišču, v prostoru prevzemovalca lesa in skladiščnih delavcev. Uporabljali smo tole opremo:

- Precizna tehtnica AG Zuerich, tip 3500-D, obseg merjenja od 5-3500 g, notranji razdelek 0,1 g, razred točnosti II. S pomočjo te tehtnice smo ugotavljali maso vzorčnih kolobarjev, in sicer z natančnostjo 0,1 g.

- Ksilometer za določanje telesnine vzorčnih kolobarjev. V ta namen smo uporabljali stekleno posodo dimenzij 50x300x400 mm in prostornino 6 dm³, oziroma 6 litrov. Volumen vzorcev smo

ugotavljali na osnovi razlike odčitkov nivojev vode pred in po potopitvi vzorca, in sicer s pomočjo milimetreške skale na stenah posode. Uporabljeno posodo smo pred uporabo kalibrirali v laboratorijih Gozdarskega inštituta in Iverke.

Vse priprave in analize vzorcev žagovine za ugotovitev vlažnosti (sušnosti) lesa so bile opravljene v laboratoriju Iverke. Pripravo in meritve je opravil kvalificiran kader, ki je bil tu tudi redno zaposlen. Za tehtanje svežih in suhih vzorcev žagovine ter sušenje vzorcev je bila uporabljena naslednja oprema:

- Procesorska tehtnica IMAL-Italia, Model UM-200, natančnost 0,01 g.
- Sušilna komora STERIMATIC ST-11, Instrumentaria Zagreb, moč 1000 W, maksimalna temperatura 200°C. Sušenje točno sto gramskih vzorcev žagovine je potekalo pri konstantni temperaturi $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, in sicer 8-12 ur, oziroma do konstantne mase vzorca.

Našteta uporabljena oprema in pripomočki so razvidni iz priloženih fotografij (1-8).

3.3 Potek in obseg vzorčenja ter meritev

Terenske raziskave so obsegale več opravil, in sicer v sledečem zaporedju in obsegu:

- a: Tehtanje dospelih tovorov na mostni tehtnici pri vhodu v območje tovarne. Ločeno smo ugotavljali tudi maso tovora na vozilu (kamionu) in prikolici. Vsak tovor smo označili z zaporedno številko in istočasno registrirali tudi številko dcbavnice, ki je spremljala vsak posamezen tovor. Obe označbi sta nato spremljali izbrane tovore in vzorce vse do zaključnih meritev in analiz. Maso tovora dobavljenega lesa (N) smo izračunali iz razlike med maso vozila s tovorom (B) in maso samega vozila (T), torej po ustaljenem obrazcu: $N = B - T$ v kg. Obe potrebni količini smo dobili iz potrdila, ki ga za vsak tovor izda tehtalec pri mostni tehtnici. Točnost tehtanja je bila 10 kg. Skupno število osnovnih vzorcev, to je analiziranih tovorov, je bilo 637.
- b: Opredelitev prevzetih tovorov po izvoru in času poseka.



Slika 1: Kolikšna je lahko točnost takšne meritve?!
(Foto A. Žgajnar)



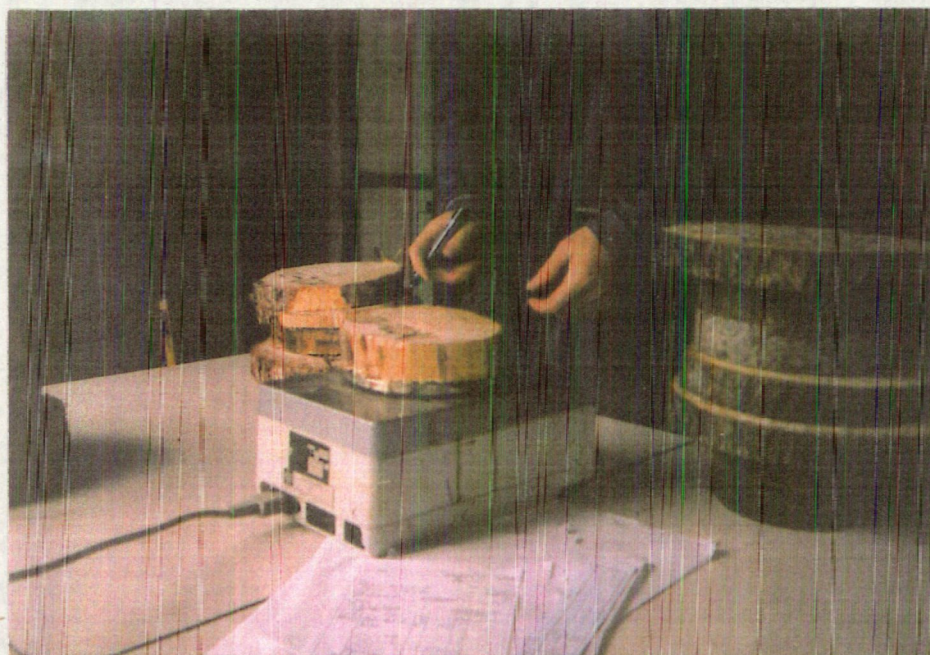
Slika 2: Drobna bukova oblovina za iverne plošče
(Foto A. Žgajnar)



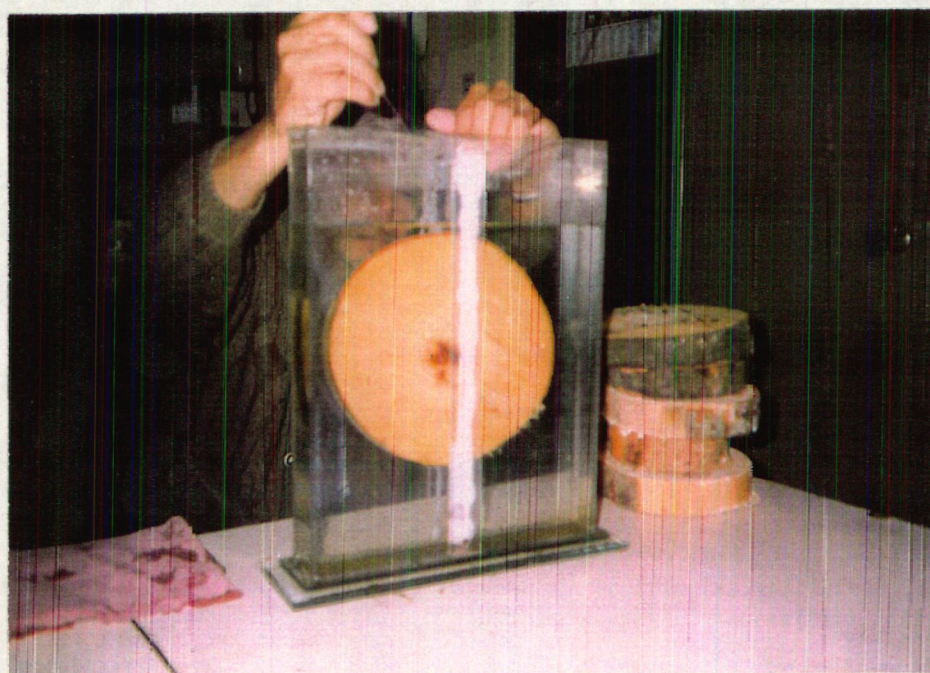
Slika 3: Jemanje vzorčnih kolobarjev za ugotavljanje volumenske mase in žagovine za dolčcanje vsebnosti suhega lesa
(Foto A. Žgajnar)



Slika 4: Vzorčni kolobarji so označeni in pripravljani za analize
(Foto A. Žgajnar)



Slika 5: Tehtanje vzorčnih kolobarjev za določitev mase lesa
(Foto A. Žgajnar)



Slika 6: Ksilometriranje - merjenje telesnine vzorčnih kolobarjev
(Foto A. Žgajnar)



Slika 7: Priprava vzorca žagovine za analizo deleža suhega lesa
(Foto A.Žgajnar)



Slika 8: Zatehtan sto gramski vzorec žagovine je pripravljen za sušenje
(Foto A. Žgajnar)

- c: Opredelitev tovora po vrsti lesa (drevesni vrsti), ocena stanja lesa glede posledic vplivov vremenskih razmer (suh, namočen, zmrznjen, leden), ocena povprečne dolžine in debeline kosov v tovoru ter stanja z ozirom na lubje (v lubju, olupljen les). Vse navedene parametre smo vpisali na kopije dobavnic, iz katerih smo pozneje prepisovali podatke v ustrezno prirejene snemalne liste.
- d: Jemanje vzorčnih kolobarjev lesa in žagovine pri razkladanju tovora. V začetku smo jemali vzorce iz vsakega posameznega bremena hidravličnega čeljustnega dvigala. Zaradi nevarnosti poškodb delavca (z bremen nakladačica so nekontrolirano padali krajši kosi lesa) smo ta način opustili in jemali vzorce iz zložaja tovora na tleh, oz. na skladovnici.

Vzorčne kolobarje smo praviloma jemali v sredini dolžine izbranega vzorčnega kosa lesa (delnega vzorca). Zaradi gabaritov ksilometra je bil maksimalni premer vzorca omejen na 300 mm, debelina kolobarja pa na 50 mm.

Število in razmerje odvzetih vzorcev (stopnjo vzorčenja) smo prilagajali heterogenosti posameznega tovora (osnovnega vzorca). Tako je bilo minimalno število odvzetih vzorcev pet, največje pa 12. Povprečno število vzorcev za posamezen tovor je bilo 6,25. Skupno število vzorčnih kolobarjev pa je bilo 3980. Vse vzorčne kolobarje smo nato označili z zaporedno številko tovora (arabske številke) in označbo vzorca v tovoru (črke abecede). Označevanju vzorcev so nato sledile laboratorijske meritve.

Istočasno s pridobivanjem vzorcev za ugotavljanje volumenske mase lesa smo pridobivali tudi vzorce žagovine za analize vlažnosti lesa. Žagovino, ki je nastajala pri žaganju kolobarjev, smo zbirali v na motorno žago obešeno vrečko. Ker sta bila za vsak kolobar potrebna dva zažaga, je bilo število vzorcev žagovine enako dvakratnemu številu vzorčnih kolobarjev.

Takoj po končanem jemanju vzorcev smo žagovino pretresli v plastično vedro ter jo temeljito in večkratno premešali. Iz celotne količine osnovnega vzorca žagovine (cca 2-3 kg) smo nato izločili povprečni vzorec (povprečno 300 g), ga takoj dali v polietilensko vrečko, označili z zaporedno številko tovora (osnovnega vzorca) in številko dobavnice ter vzorec in označbo hermetično zaprli v vrečko. Tako pripravljenemu vzorcu je še isti dan, ali najkasneje naslednji dan, sledila laboratorijska obdelava.

Laboratorijske meritve in analize vzorcev so obsegale:

- a. Tehtanje vzorčnih kolobarjev lesa in vpisovanje ugotovljenih vrednosti, in sicer v gramih in s točnostjo 0,1 grama.
- b. Merjenje telesnine kolobarjev s potapljanjem v posodi in izračunavanjem volumna iz razlike obeh nivojev vode v posodi. Oba nivoja vode smo odčitavali z natančnostjo 1 mm. Pri površini vode 150 cm^2 (dimenzije posode: $30 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 150 \text{ cm}^2$) je bila tako natančnost odčitavanja $\pm 15 \text{ cm}^3$. Pri srednjem volumnu vzorčnih kolobarjev $1065,82 \text{ cm}^3$ ($\rho = 487,05$) je bila možna maksimalna napaka meritve $\pm 1,4\%$. Za preizkus točnosti meritev volumnov vzorčnih kolobarjev smo občasno nekaj naključno izbranih kolobarjev tudi stereometrijsko izmerili (povprečen premer in debelina kolobarja iz večkratnih meritev obeh dimenzij z natančnostjo 1 mm). Medsebojna primerjava na oba načina ugotovljenih volumnov je pokazala v povprečju za vseh 41 primerjanih vzorcev le za 0,9% višje vrednosti pri metodi ksilometriranja. Maksimalne razlike pri posameznih vzorcih pa so bile med $\pm 3\%$.
- c. Ocenjevanje deleža lubja in stanja kolobarja z ozirom na zdravost (ohranjenost, svežost) lesa. Z raziskavami smo želeli ugotoviti tudi vpliv lubja na spreminjanje fizikalnih lastnosti lesa. Zato smo pri meritvah mase in volumnov kolobarjev ocenjevali tudi delež lubja, in sicer v desetinkah oboda kolobarja. Takc je bil povsem olupljen kolobar ocenjen z 1, z lubjem na polovici oboda z 1/2, ter povsem v lubju z 0. Z enakim namenom smo tudi ocenjevali kolobarje glede zdravosti (svežosti) in jih razvrščali v tri skupine:
 1. svež, zdrav les, 2. suh, zdrav les (vključno z barvnimi spremembami) in 3. les z znaki biološko keničnega razkroja (trahnoba, gniloba).

Laboratorijski postopek priprave in analize vzorcev žagovine za določitev vlažnosti (sušnosti) lesa je bil takle:

- a. Zatehtanje točno sto gramskega vzorca sveže žagovine v ustrezno posodo iz aluminijaste folije.

- b. Sušenje vzorcev v sušilni omari pri konstantni temperaturi 103 ± 2 °C, do konstantne mase. Z večkratnimi preizkusi smo ugotovili, da za popolno osušitev zadostuje maksimalno 12 ur sušenja.
- c. Ponovno tehtanje suhega vzorca. Ugotovljena vrednost mase suhega vzorca je bila istočasno tudi odstotni masni delež absolutno suhega lesa v vzorcu. Razlika $100\% - T\% = V\%$ pa je masni delež vode v svežem vzorcu žagovine. Prav ta preprost izračun deleža suhe snovi in deleža vode je tudi največja prednost zatehtanja točno sto gramskega vzorca.

3.4 Snemalni listi ter izračunavanje nekaterih pomožnih vrednosti

Vse raziskovane parametre, elemente, rezultate meritev, ocen in opažanj ter nekatere vrednosti pomožnih izračunov smo vpisovali v poprej pripravljene tri snemalne liste, ki smo jih označili z velikimi črkami A, B in C. Poleg splošnih podatkov: kraj in datum snemanja, snemalec (jemanje in meritve - analize vzorcev), datum dobave (prevzema) lesa, zaporedna številka vzorca (tovora) ter številka dobavnice, ki smo jih vpisovali v vse tri snemalne liste, smo v posamezne liste vpisovali še te podatke in rezultate:

3.4.1 Snemalni list A:

V ta list smo zapisovali predvsem nekatere splošne podatke o dobavitelju in tovoru:

- Dobavitelj lesa: (naziv, naslov: GG, TOZD, TOK, zasebno podjetje, zasebni lastnik).
- Izvor (lokacija) dobave lesa (o težavah pri tem smo že govorili)
- Vrsta in stanje dobavljenega lesa. Tu smo vpisali drevesno vrsto in oceno stanja lesa z ozirom na vremenske razmere: suh, namočen, leden, zmrznjen, snežen.
- Čas poseka (tudi tu so bile že navedene težave)
- Srednji premer kosov (okularna ocena)
- Srednja dolžina kosov (okularna ocena)
- Avanzirana in prevzeta (komercialna) količina lesa v m^3 in tonah

- Uporabljeni pretvorni koeficient za preračunavanje ugotovljene mase tovora v volumenske enote (m^3). V nobenem primeru ni bila masna enota (tona, kg) neposredno tudi merska enota pri obračunu (plačilu).
- Opombe, kamor smo vpisali posebnosti, še posebej kontrolne meritve (popolna premerba - klupanje vsakega posameznega kosa).

3.4.2 Snemalni list B:

Poleg že navedenih splošnih podatkov in označb tovorov smo v ta snemalni list vpisovali predvsem podatke in rezultate meritev vzorčenih kolobarjev lesa, in sicer v sledečem zaporedju:

- Zaporedna številka tovora, številka dobavnice
- Oznaka kolobarja (zaporedni številki tovora smo za posamezne kolobarje (delne vzorce) dodali male črke abecede, npr. vzorec (kolobar) 325 a, b,c,d, ...n.
- Vrsta lesa (drevesna vrsta) za posamezen vzorec. Nekaj tovorov je bilo mešanih po drevesnih vrstah, zlasti: smreka - jelka, mehki listavci, trdi listavci.
- Ocena deleža oboda kolobarja brez lubja (v desetinkah celotnega obsega).
- Premer kolobarja, ki smo ga izračunali iz povprečja dvakratno križno merjenega premera kolobarja. Točnost meritve premerov je bila 1 mm.
- Masa posameznega kolobarja v gramih, s točnostjo 0,1 g.
- Volumen kolobarjev v cm^3 , s točnostjo 1 cm^3 .

3.4.3 Snemalni list C:

Razen splošnih označb in ugotovljenih podatkov na osnovi analiz vzorcev žagovine, smo v ta snemalni list vpisovali tudi že vrednosti nekaterih raziskovanih parametrov, ki smo jih izračunali s pomočjo izmerjenih podatkov. Zaporedje vpisanih podatkov je bilo:

- Z analizo (tehtanje - sušenje - tehtanje) vzorčne žagovine ugotovljeni masni delež suhega lesa (absolutno suh les) v odstotkih.
- Izračun vlažnosti (masnega deleža vode v vzorcu) dobavljenega (prevzetega) lesa v masnih odstotkih ($100\% - T\% = H\%$).
- S tehtanjem ugotovljena masa tovora ob dokavi (lutro, pri ugotovljeni vlažnosti - sušnosti lesa) v kilogramih, s točnostjo 10 kg.

- Masa suhega lesa (atro) vsakega tovora, izračunana iz mase tovora (lutro) in odstotnega deleža suhe snovi
($M_a = M_l \cdot 0,0pT$);

M_a = masa suhega lesa (absolutno, tehnično suh les) v kg (tonah)
 M_l = masa tovora lesa ob dobavi (pri določeni stopnji vlažnosti) v kg (tonah)

$0,0pT$ = ugotovljeni odstotni masni delež suhega lesa v svežem lesu.

- Volumenska masa prevzetega lesa (lutro, v kg/m^3). Te vrednosti smo izračunali s pomočjo z vzorčenjem ugotovljene volumenske mase lesa v posameznem tovoru.
- Nominalna gostota lesa, ki smo jo izračunali z znane volumenske mase (kg/m^3) in odstotnega deleža suhe lesne snovi.
- Dejanska količina lesa v posameznem prevzetem tovoru v m^3 . Te vrednosti smo izračunali tako, da smo maso celotnega tovora delili z vzorčenjem ugotovljeno volumensko maso lesa ($M_l:m=\text{m}^3$)
 M_l = masa tovora ("lutro"); m = volum. masa (v kg/m^3) lesa.
- Izračun in primerjava absolutnih (v m^3) in relativnih (v %) razlik med komercialnimi (prevzetimi, obračunskimi, plačanimi, izračunanimi iz mase tovora in pretvornega koeficienta = m^3/tona) in dejanskimi (z vzorčenjem in meritvami ugotovljenimi) vrednostmi.
- Ugotovitev, na čigav račun (kupec-prodajalec) gredo razlike.

Vse na terenu in v laboratoriju ugotovljene in izmerjene podatke smo v kabinetu sproti preverjali, opravili izračune vrednosti nekaterih parametrov na osnovi poprej dobljenih podatkov, opravili potrebne korekture in dopolnitve podatkov v snemalnih listih, šifrirali izhodiščne parametre (drevesna vrsta, vir dobave, čas sečnje in dobave) ter tako podatke pripravili za računalniški vnos in obdelavo.

Vnos in obdelavo (analitično, statistično, grafično) smo opravili s pomočjo računalniških programov SPSS, MSexcel in Dbasse.

4 IZSLEDKI RAZISKAVE

Osnovni namen naših raziskav je bil ugotoviti uporabnost "lutro" in "atro" metode ugotavljanja količin pri prevzemu drobnega industrijskega lesa (goli), in sicer na osnovi eksperimentalno ugotovljenih povprečnih vrednosti volumenske mase za posamezne vrste lesa, njihove variabilnosti v času in prostoru ter nekatere glavne dejavnike, ki pogojujejo nihanja mase lesa. Volumenska masa lesa (lutro), odstotni masni delež suhega lesa, oziroma vlažnost lesa ter nominalna gostota (masa suhega lesa v volumenski enoti (m^3) svežega-vlažnega-lutro lesa), v soodvisnosti od vrste lesa (drevesne vrste), izvora lesa in časa sečnje, so najpomembnejši rezultati naših raziskav. Poleg teh glavnih so plod naših raziskav še številni drugi podatki in izsledki kot so npr.: podatki o tovorih (struktura, dimenzije, število kosov, masa, volumen, kakovost idr.), o dobaviteljih, o uporabnosti (točnosti) sedanjega načina prevzemanja in primernosti uporabljenih pretvornikov itd.

4.1. Izsledki meritev in analize objekta raziskav - dolgega industrijskega lesa pri prevzemu

4.1.1 Število, količina in vrsta vzorcev

V raziskave je bilo zajetih skupaj 637 tovorov dolgega oblega lesa. Čeprav so za izdelavo ivernih plošč uporabne vse vrste lesa pa so po številu tovorov in količini prevzetega lesa močno prevladovali lesovi bukve ter smreke in jelke. Tovorov bukovega lesa je bilo 148, ali 23,3% in smrekovo-jelovih kar 165, to je 25,9%. Za les češnje in črnega gabra sta bila le po dva tovara, za les vrbe in zelenega bora pa le po en tovor. Za brestovino so bili analizirani štiri tovari in za les robinije sedem tovorov. Z ozirom na navedeno je treba upoštevati ustrezno zanesljivost rezultatov in ugotovitev za našete vrste lesa.

Za ugotovitev masnega deleža suhe snovi (oz. vlažnosti lesa) in nominalne gostote lesa, smo odvzeli in analizirali skupaj 637 vzorcev žagovine, torej po en vzorec za vsak tovor (osnovni vzorec). Vsak osnovni vzorec pa je bil v povprečju predstavnik (zmes) 6,25 delnih vzorcev žagovine iz dvakratnih zažagov pri jemanju vzorčnih kolobarjev.

Okularno ocenjeni heterogenosti (dimenzije, stanje) analiziranih tovorov smo prilagajali tudi število vzorčnih kolobarjev (in s tem seveda tudi število vzorcev žagovine) pri posameznem tovoru. Tako je bilo najmanjše število delnih vzorcev pri posameznem tovoru pet, največje pa 12. V splošnem pa je močno prevladovalo šest vzorcev.

Skupno število vseh vzorčnih kolobarjev, s pomočjo katerih smo ugotavljali volumensko maso (g/cm^3 , oziroma kg/m^3) in nominalno gostoto lesa, je bilo 3980. Največje število vzorcev je bilo pri tovorih lesa smreke in jelke, in sicer 1058 ali 26,6% vseh vzorcev. Povprečno je bilo v vsakem tovoru vzeti 6,41 vzorca. Glede na povprečno število kosov v posameznem tovoru, ki smo ga ugotovili iz vzorca klupanih (popolno izmerjenih) tovorov, to je 69 (v mejah med 46 in 142 kosov; $\bar{x} = 29,84$), je bila tu stopnja vzorčenja 9,3%.

Po številu in obsegu vzorčenja sledi lesu smreke in jelke bukovina, in sicer z 898 vzorci, ali 22,56% vseh vzorčnih kolobarjev. Tu je bilo povprečno število vzorcev za posamezen tovor 6,06, stopnja vzorčenja pa 8,8%.

Precejšna količina in delež je bilo tudi lesa hrasta (378 vzorcev, 9,49% vseh vzorcev) in trepetljike (304 vzorci, 7,64% vseh vzorcev) ter rdečega (261 vzorcev, 6,56%) in črnega bora (204, 5,12%).

Skupna količina v raziskave zajetega lesa je bila 8914,8 tone, oziroma 10579,4 m^3 . Po masi je bilo največ bukve (2253 ton), to je 25,3%, po volumenski količini pa smreke in jelke (3165 m^3 , ali 29,9%).

Z vzorčenjem ugotovljena in izračunana količina suhega lesa (absolutno suhega, "atro" masa) je bila 5165,8 ton, ali 57,9% celotne mase analiziranega lesa. To tudi pomeni, da je bila povprečna vlažnost prevzetega lesa 42,1% ($100\% - 57,9\% = 42,1\%$).

Seveda pa so bile velike razlike v deležu suhe snovi, oziroma vlažnosti, tako med vrstami lesa, kot med posameznimi tovari. Tako je bil ugotovljeni povprečni delež suhega lesa pri bukovini 57,5%, pri hrastovini 58,7%, pri smrekovo-jelovem lesu pa kar 60,2%.

V povprečnem tovoru (skupaj 637) prevzetega lesa je bilo 13995 kg, oziroma 16,61 m³ lesa. Če ne upoštevamo različnih vrst vozil pri posameznih tovorih so bili povprečno najtežji tovari pri hrastovini (15827 kg), brestovini (15702) in bukovini (15222 kg). Pri smrekovo-jelovem lesu je bil povprečni tovor 13241 kg, ali 19,18 m³ lesa. Pri tej vrsti lesa je bil povprečni volumenski tovor največji.

Daleč največji delež lesa je bil dobavljen iz območja GG Kočevja, vključno s Posestom Snežnik, in sicer kar 39,1% vseh obravnavanih količin. Z ljubljanskega GG območja je bilo 17,9% lesa, iz območja GG Kranj 13,07%, ter iz območja GG Novo mesto 13,2%. Iz območja naštetih štirih GG območij je bila torej kar 83,3% vseh raziskovanih količin lesa.

Od količinsko in tehnološko pomembnejših vrst lesa je bil največji delež bukovine iz območja GG Kočevje (34,4%), Novo mesto (33,2%) in GG Kranj (13,9%).

Skoraj polovico dobav (48,6%) hrastovine je bilo iz območja GG Kočevje, 15,2% iz območja GG Ljubljana in 10,9% iz območja GG Novo mesto. GG Kočevje (42,8%), Ljubljana (31,6%) in Postojna (9,9%) so bili tudi najpomembnejši dobavitelji lesa smreke in jelke. Črni bor je seveda v domeni (94% vseh količin) kraškega GG območja, lipa (97,3%) in trepetljika (60,6%) sta drevesni vrsti iz kočevskih grmišč, jelša iz ljubljanskega barja ter macesen iz predalpsko-alpskih predelov območja GG Kranj, zlasti še iz Jezerskega.

Glede na letno obdobje dobav in naših raziskav je bilo v jesensko-zimskem obdobju prevzetih in analiziranih 58,6% (5223,16 ton), v spomladanskem obdobju 25,7% (2289,33 ton) in v poletnem obdobju 15,7% (1402,33 ton) vseh količin lesa.

4.1.2 Dimenzije delnih vzorcev (kosov oblovine, kolobarjev, žagovine)

Če je bil celoten tovor osnovni vzorec naših raziskav variabilnosti vrednosti proučevanih parametrov med posameznimi tovari lesa, so nam bili delni vzorci pripomoček za ugotavljanje razlik v okviru enega tovara. Pri tem so dejavniki variabilnosti vrednosti med tovari (drevesna vrsta, čas sečnje, čas med posekom in dobavo, stanje) že izločeni:

Pri vseh tovorih smo okularno ocenili povprečno dolžino oblovine v tovoru, oziroma celotnega tovara. Le-te so se gibale v zelo širokem intervalu med 3 in 12 m. Močno pa so prevladovali tovari (in oblovina) dolžine med 5 in 7 m. Iz delnega vzorca štirinajstih popolno premerjenih tovorov dolgega oblega lesa smreke in jelke, ki so bili dobavljeni v različnih letnih obdobjih in iz različnih območij, so bile izmerjene sledeče vrednosti:

- število kosov v tovoru: $N = 46 - 142$; $\bar{N} = 69$; $\sigma = 34,15$
- dolžina kosov v tovoru: $L_m = 3,5 - 11,5$; $\bar{L} = 6,2$; $\sigma = 3,4$ m
- premer kosov v tovoru: $D_m = 14-32$; $\bar{D} = 24,1$; $\sigma = 4,0$ cm
- velikost tovara (v m^3): $V_m^{gn} = 15,49-27,81m^3$; $\bar{V} = 23,33$; $\sigma = 3,15m^3$
- volumen kosa (v m^3) : $V_k = 0,1377-0,5224$; $\bar{V} = 0,3681$; $\sigma = 0,12$

Vsem vzorcem - kolobarjem lesa smo ugotavljali srednji premer iz povprečja dvakratne križne meritve, z natančnostjo 1 mm. Srednji premer vseh kosov, neglede na vrsto lesa in vir ter čas dobave, je bil 194,03 mm. V povprečju je bil najdebelejši les hrasta (211,00 mm), plemenitih listavcev (209,50 mm) ter lipe (205,79 mm). Najtanjši je bil les črnega (162,00 mm) in belega (175,33 mm) gabra ter macesna in rdečega bora (186,49 mm).

Po posameznih lokacijskih virih dobav je bil v povprečju najdebelejši les iz območja Murske Sobote (hrast), najtanjši pa iz GG Postojna. Razlike povprečnih vrednosti debelin kosov med posameznimi viri so bile v intervalu med 164,0 in 220,0 mm, povprečno 194,03, s povprečnim odklonom $\sigma = 13,68$.

Z ozirom na letna obdobja je bil najdebelejši les dobavljen v poletnem obdobju (1.VII. - 30.IX.), to je s povprečnim premerom 212,80 mm, najdrobnejši les pa v jesensko-zimskem obdobju (1.X.-30.III.), in sicer s povprečnim premerom 186,62 mm.

Povprečna masa vzorčnega kolobarja lesa je bila 893,14 g in volumen 1065,82 cm^3 . Povprečne mase vzorcev pri posameznih vrstah lesa so bile v intervalu med 720,96 g (pri macesnu) in 1152,34 g (pri javorju).

Najmanjši srednji volumen so imeli vzorci - kolobarji belega in črnega gabra (788,71 cm^3 ; 796,25 cm^3), največji pa javorja (1299,86 cm^3) in bresta (1315,71 cm^3).

Vsi pomembnejši doslej obravnavani parametri ter njihove vrednosti so prikazani v pregledni obliki v tabeli 1, in sicer ločeno za posamezne vrste lesa.

Tab. 1 : Prikaz vrednosti osnovnih raziskovanih parametrov

D. vrsta	St. delnih vzorcev (kolobarjev)	Št.osnovnih vzorcev (tovorov)	Analizirana količina (lutro)		Povpr. tovor		Povpr. vzorec (kolobar)		
			ton	m ³	kg	m ³	g	cm ³	premer
Beli gaber	54	9	107.037	108.32	11893	12.03	774.05	788.71	175.33
Breza	128	21	286.010	320.58	13620	15.27	874.11	987.58	192.62
Bukev	898	148	2252.997	2224.29	15223	15.03	991.87	992.64	190.79
Hrast	378	63	997.102	1011.58	15827	16.06	1060.08	1080.75	201.21
Javor	84	11	126.737	143.55	11522	13.05	1152.34	1299.86	211.00
Jelka+sm.	1058	165	2184.749	3165.58	13241	19.18	777.46	1140.92	195.89
Jelsa	130	18	263.772	325.36	14654	18.07	869.73	1081.46	190.67
Kostanj	130	22	271.870	297.53	12358	13.52	906.79	1001.20	194.82
Lipa	140	24	325.850	432.81	13577	18.03	896.88	1249.53	205.79
Macesen	106	17	181.858	250.11	10698	14.71	720.96	977.03	186.35
Rdeci bor	261	42	608.268	756.75	14483	18.01	787.86	978.14	186.62
Akacija	41	7	65.150	77.91	9307	11.13	833.63	993.57	192.86
Brest	28	4	62.810	74.38	15702	18.60	1141.77	1315.71	209.00
Trepeljika	304	48	685.037	847.58	14272	17.66	803.13	1011.79	190.56
Vrba	6	1	19.670	22.60	19670	22.60	711.22	817.50	178.00
Zeleni bor	5	1	12.280	17.63	12280	17.63	645.62	947.00	190.00
Črni bor	204	32	417.195	452.61	13037	14.44	1052.59	1138.51	197.22
Česnja	12	2	17.617	23.00	8808	11.50	951.22	1187.50	209.50
Črni gaber	13	2	28.810	27.26	14405	13.63	834.41	796.25	162.00
Σ	3980	637	8914.819	10579.43	13995	16.61	893.14	1065.82	194.03

4.2 Splošen prikaz in analiza vrednosti osnovnih parametrov merjenja lesa s tehtanjem

Dosedaj prikazani in analizirani parametri ter njihove vrednosti so bili, v večji ali manjši meri, predvsem pomožni pripomoček za določitev temeljnih elementov, njihovih vrednosti in spreminjanje teh vrednosti, pri ugotavljanju količin lesa s tehtanjem. Ti temeljni elementi so:

- Volumenska masa lesa (kg/m^3): njene srednje vrednosti ter spreminjanje le-teh zaradi različnih dejavnikov.
- Nominalna gostota lesa (kg/m^3): srednje vrednosti in spreminjanje le-teh.
- Masni odstotni delež suhega lesa v masni (volumenski) enoti svežega lesa, srednje vrednosti ter variabilnost le-teh.

4.2.1 Volumenska masa, gostota lesa in lesne snovi

Gostota lesa je dejavnik, ki odločilno vpliva na ostale lastnosti lesa in je tudi pomemben kazalec kakovosti in uporabnosti lesa. Gostoto lesa določamo običajno iz razmerja med maso in volumnom vzorca. V praksi jo običajno določamo za les v absolutno (tehnično) suhem stanju, ali pa pri vlažnosti nad točko nasičenja lesa. Točka nasičenja lesnih vlaken je zelo pomembna lastnost lesa in pomeni stanje uravnoveženosti, ko se volumen lesa ne spreminja. Pri višji stopnji vlažnosti, torej nad točko nasičenja, se volumen lesa povečuje (nabreka), pri nižji pa zmanjšuje, torej krči. S tem se seveda spreminja tudi volumenska masa, oziroma gostota lesa.

Točka nasičenosti lesnih vlaken je pri lesu različnih drevesnih vrst različna. Tako je po več avtorjih (Lipoglavšek, 1980) srednja vrednost pri smrekovini 34,8%, pri borovini 31,3%, pri bukovini 35,6%, pri hratovem lesu 24,5% in pri topolovini 40,4% vlage.

Gostota suhega lesa (nem. Darrdichte) je razmerje med maso absolutno suhega lesa (sušeno pri temperaturi $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ do konstantne mase) in volumnom suhega lesa (vzorca), torej:

$$r_0 = \frac{M_0}{V_0} \quad (\text{g/cm}^3; \text{kg/m}^3)$$

Za praktično delo pri uporabi metode ugotavljanja količin lesa s tehtanjem pa je pomembnejši podatek, ki nam pove, koliko suhega lesa je v volumenski enoti svežega (vlažnost nad točko nasičenja lesnih vlaken) lesa, torej razmerje:

$$R = \frac{M_o}{V_u} \quad (\text{g/cm}^3, \text{kg/m}^3)$$

V tem primeru govorimo o nominalni gostoti lesa (nem. Raumdichte). Razlika med obema volumnoma je v skrčku zaradi osušitve lesa pod stopnjo zasičenosti lesnih vlaken. Povprečen skrček pri iglavcih (sm, jel, bor, mac) je med 11,5 in 13,5% pri topolovini 13,4%, pri hrastovini 13,9% in pri bukovini 17,3% volumna.

Medtem, ko je gostota lesne snovi za vse vrste lesa močno izenačena, okoli $1,5 \text{ g/cm}^3$, je gostota lesa močno spreminjajoča se vrednost. Enako velja tudi za volumensko maso in vlažnost lesa, ki so neodvisne količine. Vse te fizikalne lastnosti so odvisne od številnih dejavnikov: vrste lesa (drevesne vrste), provenience in rastišča, položaja v sestoji in starosti drevesa, dela drevesa, dimenzij, notranje zgradbe, deleža lubja, letnega časa in dr. Pri posekanem in izdelanem lesu kot gozdno lesnemu proizvodu in trgovskemu blagu, pa na spreminjanje gostote lesa poleg naštetih, vplivajo še drugi dejavniki: čas poseka, stopnja izdelave, način, trajanje, mesto in razmere skladiščenja itd.

Jasno je, da se pod vplivom tako številnih dejavnikov vrednosti fizikalnih lastnosti lesa gibljejo v dokaj širokih mejah, tako, da na splošno lahko govorimo le o grobih povprečnih vrednostih.

4.2.1.1 Gostota lesa

O gostoti lesa so bile opravljene številne raziskave več avtorjev. Vsi avtorji ugotavljajo velika nihanja pri posameznih drevesih in med drevesi ter dokaj izenačena povprečja za sečišča (rastišča) in geografska območja. Možina (1958) je ugotovil nihanje gostote (r_o) bukovega lesa v Sloveniji med 0,565 in 0,823 g/cm^3 , ali povprečno 0,671 g/cm^3 . Lipoglavšek (1976) v svojih raziskavah drobnega bukovega lesa ugotavlja gostoto lesa z lubjem 0,665 g/cm^3 , v razponu med 0,619 in 0,802 g/cm^3 , samega lesa (brez lubja) pa 0,654 g/cm^3 .

Različni avtorji navajajo za različna območja Hrvaške za bukovino vrednosti med 0,630 in 0,690 g/cm³, ali povprečno 0,667 g/cm³. Za različna območja evropskih držav se vrednosti za bukovino gibljejo med 0,650 in 0,724 g/cm³.

Iz prikazanih podatkov je razvidno, da so nihanja v posameznih območjih velika (ekstremne vrednosti med 0,565 in 0,823 g/cm³), povprečja vrednosti med območji pa močno izenačena, v mejah med 0,665 in 0,671 g/cm³.

Za bukev, kot našo najpomembnejšo vrsto med listavci, velja splošna ugotovitev, da se gostota od stržena proti obodu zmanjšuje, v vertikalni smeri pa ni pomembnejših razlik, kar je značilno za druge drevesne vrste.

Znano je, da je gostota lesa iglavcev v splošnem manjša kot pri listavcih. Nihanja gostote znotraj drevesa, med drevesi, med rastišči, območji in v času pa so večja kot pri bukovem lesu. Zato so tudi razumljivi veliki razponi vrednosti po navedbah različnih avtorjev in za različna območja. Za les smreke in jelke so ekstremne vrednosti med 0,300 in 0,710 g/cm³, za posamezna območja pa so povprečja med 0,420 in 0,465 g/cm³.

Na splošno gostota lesa pri smreki in jelki narašča od oboda proti strženu, se zmanjšuje z večanjem širine branika, narašča s starostjo drevesa in po nekaterih avtorjih narašča tudi z nadmorsko višino (Deitz, 1975).

4.2.1.2 Nominalna gostota lesa

Za namene naših raziskav je gostota lesa (r_0) neposredno nepomembna fizikalna lastnost. Odločilna pa je nominalna gostota lesa, ki je neposredna osnova t.im. "atro" metode izmere količin lesa s tehtanjem. Pri prevzemu lesa na skladiščih porabnikov imamo namreč praviloma opravka le z lesom v stanju nasičenosti lesnih vlaken.

Nominalna gostota lesa (R), ki pomeni razmerje med maso suhega lesa in volumnom svežega lesa, je z gostoto suhega lesa v neposredni soodvisnosti. Le-ta je, sorazmerno volumenskem skrčku zaradi osušitve, vedno manjša od gostote suhega lesa.

Tudi nihanja vrednosti nominalne gostote lesa so pri različnih avtorjih v širokih intervalih. Pri bukovem lesu so vrednosti med 467 in 880 kg/m³, pri smreki in jelki pa med 300 in 700 kg/m³. Povprečne vrednosti pri bukvi so med 550 in 590 kg/m³, pri lesu smreke in jelke med 400 in 430 kg/m³ ter pri topoli povprečno 380 kg/m³.

Določanje nominalne gostote za praktične namene je preprostejše in lažje kot določanje deleža lesne snovi. Ima tudi večji praktičen pomen. Zato je ta fizikalna lastnost lesa tudi osnovni parameter pri ugotavljanju količine lesa s tehtanjem po "atro" postopku.

4.2.1.3 Vlažnost lesa - delež suhega lesa

Vlažnost lesa odločilno vpliva na maso lesa ter njeno spreminjanje. Zato je, poleg volumenske mase lesa, najpomembnejša prvina pri merjenju lesa s tehtanjem. S pomočjo poznane vlažnosti (sušnosti) lesa in volumenske mase pa tudi izračunavamo nominalno gostoto lesa.

Vlažnost lesa lahko izračunavamo na dva načina, in sicer iz razmerja med maso (ali volumna) vode in suhe snovi

$$(H_o \% = \frac{v}{m_o} \cdot 100)$$

ali pa iz razmerja mase vode in mase lesa v vlažnem stanju

$$H_u \% = \frac{v}{m_u} \cdot 100),$$

torej izračun t.im. tehničnega odstotka vlažnosti.

Iz povsem praktičnih razlogov menimo, da je za težinsko metodo merjenja količin lesa primernejši tehnični odstotek vlažnosti. Tu nas namreč neposredno zanima odstotni delež suhega lesa v m³, oz. toni svežega (bruto, lutro) in ne suhega lesa. Masna deleža suhega lesa in vode sta v neposredni aditivni zvezi (H_u%+M_u%=100%). Zato je pri atro postopku, ko zatehtamo 100 g svež vzorec, ugotovljena (stehtana) masa suhega vzorca obenem tudi še odstotni masni delež suhega lesa.

Pri merjenju količin lesa na osnovi mase, ki poteka na skladišču porabnika lesa, ugotavljamo vsakokratno dejansko vlažnost, oziroma maso lesa z določeno stopnjo vlažnosti v trenutku prevzema. Znano je, da pod vplivom številnih naravnih dejavnikov močno niha vlažnost že pri stoječem drevju. Še dodatni vplivni dejavniki pa so pri posekanem lesu v različnih letnih obdobjih, pri različno izdelanem lesu, in različnih obdobjih in načinih skladiščenja itd. Ta nihanja vlažnosti pa pogojujejo tudi izrazito nihanje mase gozdnih proizvodov, saj je le-ta mnogo bolj odvisna od vlažnosti kot pa od gostote lesa (Lipoglavšek, 1980).

Po podatkih različnih avtorjev se vlažnost svežega (ob poseku) drobnega bukovega lesa giblje v širokih mejah med 35 in 55%. Povprečne srednje vrednosti pa med 43 in 45%. Srednja vrednost pri bukovem lesu je pri strženu (črnjava) okrog 39%, proti obodu pa naraste na 45%.

Razpon vlažnosti svežega lesa smreke in jelke je še večji kot pri bukovini, in sicer med 30 in 67%. Srednje vrednosti so okrog 45%. Povprečna vlažnost jedrovine je okrog 30% in beljave 55%. Pri tem moramo upoštevati, da so prikazane vrednosti le groba povprečja, ki nam lahko služijo le kot orientacija.

4.2.2 Masa lesa

Masa (teža) lesa je izhodiščna prvina pri vseh načinih merjenja količine lesa s tehtanjem. Pomembni sta masa stoječega lesa, oziroma masa lesa ob poseku in masa lesa ob prevzemu na skladišču porabnika. V prvem primeru govorimo o masi svežega lesa, v drugem pa o masi delno posušenega lesa ali o "lutro" masi. Obe vrednosti sta praktično izenačeni v primerih, ko je čas med posekom in dobavo (prevzemom) lesa kratek.

4.2.2.1 Masa lesa ob poseku

Je zelo variabilna lastnost lesa v času in prostoru. Med posameznimi vzorci drobnega bukovega lesa je Lipoglavšek (1976) ugotovil nihanja v intervalu med 850 in 1300 kg/m³. Obenem je ugotovil, da se razlike že pri majhnem številu vzorcev močno izravnavajo tako, da so razlike med povprečji za posamezna sečišča majhne. Od povprečne ugotovljene vrednosti, ki je bila 1061 ± 7,8% kg/m³, so se srednje vrednosti za posamezna sečišča razlikovala za največ 2,6%. Glede na čas sečnje so bile razlike v masi sicer značilne, vendar majhne, saj je bil jeseni (okt.-nov.) posekan les

povprečno le za 18 kg/m^3 ali za 1,7% težji kot pozimi in spomladi (jan.-april) posekan les. V splošnem teža bukovega lesa ob poseku narašča od oktobra do decembra, nato pa počasi pada. Neznatna, čeprav značilna je tudi odvisnost mase od debeline (premera) lesa. Razlika v masi med drobnim (premer $7,5 \text{ cm}$) in debelejšim ($27,5 \text{ cm}$) bukovim industrijskim dolgim lesom je bila v vseh letnih sezonah sečnje le med -1 in $+1,6\%$ okrog srednje vrednosti.

Masa svežega bukovega lubja se le malo razlikuje od mase lesa v lubju. V povprečju je masa lubja 1040 kg/m^3 , in sicer odvisno od *premera* debeline kosa lesa v mejah med 1034 in 1047 kg/m^3 . V splošnem ima lubje manjšo vlažnost od lesa, tako da sta les in lubje v svežem stanju približno izenačena po masi. Delež lubja na drobni bukovi oblovinini znaša za srednje premere od $15 - 20 \text{ cm}$, med $6,5$ in $7,1$ volumenskih, oziroma $6,4$ do $6,9$ težinskih odstotkov (Lipoglavšek, 1976).

Variabilnost volumenske mase lesa smreke in jelke je večja kot pri bukvi. Iz raziskav različnih avtorjev je razvidno, da se leta giblje v mejah med 650 in 1250 kg/m^3 , pri vlažnosti med 30 in 67% . Masa svežega industrijskega lesa smreke in jelke v lubju pa je v povprečju med 850 in 1050 kg/m^3 .

Podobno, kot niha volumenska masa jelke in smreke v lubju, niha tudi masa samega lubja. Po raziskavah Vyskota (1981) leta, zaradi različnih vplivov (starost, debelina drevesa, del drevesa, rastišče, vlažnost, čas itd.), niha v širokem razponu med 830 in 1100 kg/m^3 ter je v povprečju 870 kg/m^3 (pri srednji vlažnosti $H_u=51\%$). Volumenska masa svežega lubja jelke je povprečno za 10% večja kot pri smreki.

4.2.2.2 Masa lesa ob prevzemu (lutro masa, bruto masa)

Omenili smo že, da sta volumenska masa lesa ob poseku in v času prevzema (prodaje) praktično identični le tedaj, če je čas med posekom in dobavo kratek, največ nekaj dni. V praksi se običajno med obema vrednostima pojavljajo razlike, ki jih pogojujejo predvsem spremembe v vlažnosti lesa (osušitev, namočenost, napojenost lesa) v času izdelave, spravila, skladiščenja in prevoza. Večje ali manjše spremembe v masi lesa so lahko tudi posledica drugih vplivov, npr.: mehanskih poškodb in onesnaženja v času izdelave in spravila, biološko-kemične razgradnje lesa pri daljšem in nepravilnem skladiščenju idr.

Letno obdobje, trajanje in ekološke razmere skladiščenja ter vrsta in dimenzije lesa (stopnja izdelanosti v gozdu) so odločilni dejavniki, ki vplivajo na spreminjanje vlažnosti in s tem tudi mase lesa. Iz raziskav različnih avtorjev lahko povzamemo te splošne ugotovitve:

- Pri izenačenih razmerah je naravno sušenje lesa jelke in smreke približno dvakrat hitrejše in intenzivnejše kot bukovega lesa
- Debelina (premer) lesa značilno vpliva na hitrost sušenja in navlaženja lesa.
- Velike razlike v intenzivnosti sušenja in zmanjševanja mase lesa so med jedrovino (črnjavo) in beljavo.
- Izdelan (polena, cepanice) prostorninski les se 3 do 4 krat hitreje osuši kot dolgi obli les.
- Dolžina kosa le neznatno vpliva na hitrost sušenja. Pomembno pa je sušenje lesa skozi čelo sortimenta, in sicer je ta vpliv približno do globine 0,5 m. To dejstvo je pomembno upoštevati pri jemanju vzorcev za analize.
- Značilne razlike v intenzivnosti in hitrosti sušenja lesa so med olupljenim in neolupljenim lesom.
- Povprečno letno nihanje mase drobnega bukovega lesa je v času skladiščenja med letom, v mejah med 89 in 104%. Največja masa je decembra (navlaženje), najnižja septembra naslednjega leta. Maksimalna razlika v nihanju mase (med ekstremnimi sečišči) je 9% okoli srednje mase lesa ob sečnji (Lipoglavšek, 1976).
- Masa jeseni in pozimi posekanega bukovega lesa se med skladiščenjem v gozdu najprej poveča za 3-4% (navlaženje), doseže v marcu izenačenje z maso ob poseku in se nato do novembra počasi zmanjšuje.
- Spomladi posekan les se prične sušiti takoj ter se v juliju izenači z maso pozimi posekanega lesa.
- Aprila posekan droben les (do 30 cm premera) smreke in jelke zgubi v šestih mesecih 40% mase, debel les (nad 30 cm) le 33%.
- Masa pozimi posekanega lesa med skladiščenjem se ne spreminja, ali se celo nekoliko poveča.
- Povprečna masa dolgega bukovega celuloznega lesa je ob prevzemu različna v posameznih letih in letnih obdobjih. Po raziskavah (Arh, Žgajnar, 1991) je bila v tovarni Videm, Krško, povprečna masa od oktobra 1985 do septembra 1986 1187 kg/m^3 , v enakem obdobju v letih 1990-1991 pa 1162 kg/m^3 (manjša za 25 kg ali za 2,1%). Ekstremne vrednosti mesečnih povprečij mas prevzetega lesa so bile v obdobju 1985-1986 med 1352 in 1089 kg/m^3 , v obdobju 1990-1991 pa med 1235 in 1083 kg/m^3 . Pri obeh raziskavah je bilo ugotovljeno največje mesečno povprečje v marcu, najnižje pa v juliju.

- Po raziskavah (Hrovat, Žgajnar, 1991), ki so bile opravljene v tovarni celuloza Goričane v letu 1991, je bila povprečna masa v marcu in aprilu (iz zimske sečnje) v lubju prevzetega lesa smreke in jelke $869,8 \text{ kg/m}^3$, v maju in juliju pa $901,6 \text{ kg/m}^3$. Pozimi posekan les je bil torej za $31,8 \text{ kg}$, ali za $3,5\%$ lažji po volumenski enoti, kô t spomladi posekan les.

Na osnovi doslej navedenih ugotovitev raziskav različnih avtorjev so za prakso pomembni ti-le zaključki:

- Nihanje mase lesa znotraj drevesa, med drevesi in rastišči ter v posameznih letih in letnih obdobjih so značilna. Se posebej izrazita so nihanja pri smrekovem in jelovem lesu ter pri mehkih listavcih, manj pa pri bukovini (trdih listavcih).
- Spreminjanje mase lesa v zimskem obdobju je majhno.
- Razlike v vlažnosti in masi lesa med posameznimi kosi (v tovoru) so velike, vendar so povprečja za les iz istih sečišč, že pri majhnih količinah močno izravnana.
- Nihanja mase lesa so v različnih letnih obdobjih velika. Med posameznimi leti so razlike v masi lesa značilne, vendar relativno majhne.
- Najnižjo povprečno maso ima les, ki je dobavljen od junija do avgusta, najvišjo pa med decembrom in februarjem dobavljen (prevzet) les. Povprečno letno vrednost doseže v septembru - oktobru ter v marcu in aprilu.

4.2.3 Volumenski in masni delež lubja ter njegov vpliv na točnost ugotavljanja količin s tehtanjem

Droben industrijski les običajno dobavljamo in merimo skupaj z lubjem, čeprav je takšen les uporaben le za nekatere veje predelave (iverne in vlaknene plošče, tanin, slabša celuloza), pri drugih pa pomeni odpadek, balast, ki ga je potrebno odstraniti (olupiti, odrzati).

V trgovinskem prometu z lesom so poznani različni načini:

- Dobava lesa v lubju, izmera in obračun (plačilo) količin v lubju.
- Dobava lesa v lubju, izmera in obračun količin brez lubja.
- Dobava, izmera in obračun brez lubja.

Pri vseh načinih merjenja količin s tehtanjem nas zanima, kolikšen je utežni, oziroma volumenski delež lubja. Ta podatek je običajno tudi pomemben kazalec tehnološke kakovosti in uporabnosti vhodne lesne surovine.

Volumenski in masni delež lubja varirata pod vplivom različnih dejavnikov. Najpomembnejši so: drevesna vrsta, debelina, del drevesa in po nekaterih avtorjih tudi rastišče. Debelina lubja pri bukvi narašča linearno s premerom (Lipoglavšek, 1976), je relativno debelejša pri lesu v krošnji drevesa in na slabših rastiščih. Za industrijski les smreke in jelke je Dietz (1968) ugotovil večanje deleža lubja z naraščajočo nadmorsko višino. Značilne razlike v deležih lubja je ugotovil tudi med posameznimi geografskimi območji.

V povprečju je vlažnost lubja manjša kot vlažnost samega lesa. Pri lubju bukve je to povprečje po različnih avtorjih med 43 in 44% (na bruto maso). V poletnem obdobju je povprečna vlažnost 46%, v zimskem 42%. Povprečna debelina lubja se giblje, odvisno do premera, v širokem intervalu med 1,3 in 7,6 mm (Lipoglavšek: 1,8-5,1 cm). Pri povprečni debelini industrijskega bukovega lesa (goli), to je 15-20 cm, znaša debelina lubja 3 mm.

Gostota bukovega lubja (r_0) je med 0,812 in 0,816 g/m³, povprečna nominalna gostota (R) pa okrog 0,580 g/cm³ (0,574-0,584 g/cm³). Volumenska masa svežega bukovega lubja je v mejah med 1006 in 1134 kg/m³, povprečno 1040-1050 kg/m³ (Lipoglavšek, 1976; Dietz, 1975).

Nominalna gostota lubja smreke je med 0,333 in 0,351 g/cm³, povprečno 0,342 g/cm³ in jelke med 0,444 in 0,482 g/cm³, ali povprečno 0,462 g/cm³. Srednja nominalna gostota lubja smreke in jelke pa je 0,384 g/m³ (Dietz, 1975).

Med volumenskim in masnim deležem lubja pri drobnem bukovem lesu ni pomembnejših razlik. Po raziskavah Lipoglavška (1976) je volumenski delež, pri premerih sortimentov od 7,5-35 cm, v mejah med 9,50 in 5,71%, ali povprečno 6,5 - 7,1%. Masni delež je pri enakih premerih v razponu med 9,30 in 5,59 %, to je v povprečju med 6,4 in 6,9%. Pri praktičnem delu lahko računamo, da ima svež droben bukov les 6,6 odstotni delež lubja. Ta delež velja za volumen in za maso.

Pri drobnem lesu jelke in smreke je volumenski delež lubja pri svežem lesu med 11,5 in 12% (Dietz, 1975). Masni delež lubja glede na suh les pa je pri jelki 10,5% in pri smreki 11,8%. Z naraščajočo nadmorsko višino se delež lubja pri smreki veča. Tako je po Deitz-u pri 200 m n.v. delež lubja 13%, pri 2000 m n.v. pa 18%.

V sporazumu FPP (FPP, 1987) so pri prevzemu oblega industrijskega lesa sporazumno določeni tile volumenski deleži lubja:

- za smreko in jelko: 12%
- za bor in macesen : 13%
- za bukev: 8%

Preračunano na maso (atro) pa so masni deleži tile:

- za smreko in jelko: 10,0%
- rdeči bor: ← 10,6%
- macesen: 12,8%
- bukev: 7,0%

Poznavanje deležev lubja je pomembno tako pri manipulaciji kot v trgovini in predelavi lesa. Zlasti pomembno je v primeru, ko les dobavljamo v lubju, merimo in obračunavamo pa brez lubja. Tako nas npr. zanima, koliko znaša masa lesa z lubjem, preračunana na volumno enoto samega lesa. Ob upoštevanju 6,74% volumenskega deleža lubja (Lipoglavšek, 1976) pri bukvi, srednji premer: 17,5 cm, bi bila masa za 7,23% višja od mase lesa z lubjem po volumenski enoti.

Enako lahko izračunamo tudi maso lesa brez lubja v volumenski enoti, merjeni skupaj z lubjem. Ob upoštevanju 6,6% masnega deleža lubja (bukve, sred. premer 17,5 cm) bo izračunana masa za 6,6% manjša od volumne mase lesa z lubjem. Tako je npr. v 1 m³ bukovega lesa ob sečnji, ki tehta 1061,3 kg, le 991 kg samega lesa.

Podobno lahko izračunamo tudi maso samega lesa po volumenski enoti lesa brez lubja. Tu volumen zmanjšamo za volumenski, maso pa za masni delež lubja, npr.:

$$1061,3 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{100 - 6,6}{100 - 6,74}$$

Kot smo uvodoma že omenili smo v naših raziskavah pri vzorcih ocenjevali tudi delež oboda kolobarja brez lubja. Nismo pa ugotavljali njegovega volumenskega, niti ne masnega deleža. Zato tega parametra v pričujočih analizah tudi ne obravnavamo, še posebej iz tehle razlogov:

- Tehnologija izdelovanja ivernih plošč je prirejena predelavi lesa v lubju.

- Prezemnik (kupec) lesa povsem enako obravnava (meri, plačuje) les brez lubja in les v lubju.
- Delež prevzetih tovorov brez lubja v celoti, ali posameznih kosov v tovoru, je relativno majhen.
- Iz dosedanjih analiz fizikalnih lastnosti lubja je razvidno, da so razlike med maso lubja in maso lesa, ali lesa skupa z lubjem, sicer statistično značilne, vendar za prakso malo pomembne.

Z ozirom na navedeno je tudi v vseh naših izračunih in prikazih volumenskih mas, nominalnih gostot, sušnosti ter vrednosti drugih parametrov, obravnavan ves obli les enako, neglede na stanje lubja.

Ob zaključku tega poglavja naj še izrazimo mnenje o nujnosti prikaza in analize vrednosti nekaterih najpomembnejših parametrov, obravnavanih v poprejšnem poglavju. Prikazane ugotovitve različnih avtorjev nam bodo koristile za primerjave in preverjanje naših rezultatov in ugotovitev, ki si jih bomo ogledali v naslednjih poglavjih.

4.3 Izsledki in ugotovitve naših raziskav vrednosti fizikalnih lastnosti industrijskega lesa in nihanja le-teh

Izhodiščni parametri merjenja količin lesa s tehtanjem so: masa tovora (v kg, tonah), volumenska masa (kg/m^3), nominalna gostota ("atro" v kg/m^3) in vlažnost lesa, oz. masni delež suhega lesa v %. Maso tovora ugotovimo neposredno s tehtanjem, vse ostale vrednosti pa posredno, s pomočjo vzcrčenja.

Pri t.im. "lutro težinski metodi" je lahko masna enota (tona) tudi neposredno že obračunska enota. Ker pa v vsakdanji praksi operiramo tudi z m^3 , moramo poznati tudi količine v volumenskih enotah, oz. pretvorne koeficiente.

Pri "atro težinski metodi" merjenja količin pa moramo poznati še delež suhega lesa, oziroma vlažnost lesa. Le-tega ugotavljamo z vzorčenjem za vsak tovor posebej.

V naših raziskavah smo preiskovali oba načina, kar nam bo omogočilo medsebojne primerjave in ocene uporabnosti obeh metod.

4.3.1 Srednje vrednosti in nihanja vrednosti volumenskih mas

Način in obseg ugotavljanja teh vrednosti smo opisali v uvodnih poglavjih. Ponovno naj omenimo le nezanesljivost podatkov za nekatere vrste lesa, zaradi majhnega števila vzorcev. Še posebej to velja za povprečne deleže suhega lesa in iz njih izračunano nominalno gostoto, saj je bil za vsak tovor analiziran le en povprečni vzorec (žagovine). Navedene omejitve veljajo predvsem za les vrbe, zelenega bora, češnjje, č.gabra ter bresta in akacije.

Ugotovljene povprečne vrednosti (aritmetične sredine), standardni odkloni ter variacijski koeficienti volumenskih mas so za obravnavane vrste lesa prikazani v tabeli 2.

Oglejmo si vrednosti in značilnosti ugotovljenih volumenskih mas za nekatere najpomembnejše vrste lesa ter jih primerjajmo z vrednostmi iz nekaterih drugih virov podatkov. V tabeli so prikazane povprečne vrednosti in njihovo spreminjanje neglede na izvor lesa, čas poseka in dobave, trajanje skladiščenja, stanje lesa in druge vplivne dejavnike.

Tab. 2: Prikaz povprečnih vrednosti in statističnih kazalcev osnovnih parametrov raziskovanih vrst lesa

Vrste lesa	Volumenska masa lesa (lutro)				Normalna gostota lesa (atro)				Vsebnost suhega lesa v %				Koefficienti korelacije			
	1*	2*	3*	4*	1*	2*	3*	4*	1**	2*	3*	4*	2**	3**	4**	
B.gaber	982,0	26.4980	79.4941	8.09	619,5	6.6081	19.8242	3.21	63,35	1.2812	3.8436	6,06	0.7892	-0.9624	0.5964	
Breza	888,4	14.1236	64.7224	7.28	539,0	8.4456	38.7024	7.18	60,77	0.7612	3.4884	5,74	0.6679	-0.6001	0.6138	
Bukev	1008,9	5.3232	64.7598	6.41	588,2	1.9793	24.0957	4.09	58,48	0.2901	3.5292	6,03	0.4345	-0.7914	0.7041	
Hrast	991,5	6.9138	54.8677	5.53	580,6	4.6384	36.8159	6.34	58,62	0.4103	3.2564	5,55	0.5825	-0.6331	0.6447	
Javor	880,0	12.9184	42.8455	4.86	547,8	11.9111	39.5043	7.21	62,24	0.9887	3.2791	5,26	0.7089	-0.4044	0.7359	
Jel.+Sm.	696,0	6.6849	85.8691	12.33	417,1	2.4737	31.7759	7.61	60,62	0.5351	6.8725	11,33	0.6803	-0.7942	0.6397	
Jelša	820,9	19.4565	82.5471	10.05	460,7	5.6219	23.8521	5.17	56,11	1.2844	5.4493	9,71	0.4135	-0.7688	0.2523	
Kostanj	917,2	16.1064	75.5459	8.23	497,3	7.6423	35.8571	7.21	54,43	0.9819	4.6056	8,46	0.3644	-0.5731	0.5486	
Lipa	744,0	14.6273	71.6591	9.63	422,6	7.8183	38.3017	9.06	57,01	0.9529	4.6682	8,18	0.5723	-0.7945	0.4269	
Macesen	729,4	17.8369	73.5433	10.08	476,7	8.9892	37.0637	7.77	65,67	1.2482	5.1463	7,83	0.5985	-0.6411	0.7671	
R.bor	807,9	15.8453	102.689	12.71	436,2	5.4201	35.1256	8.05	54,97	1.1756	7.6191	13,86	0.4841	-0.8171	0.6921	
Robinija	836,9	15.5004	41.0103	4.91	540,2	18.3654	48.5901	8.99	64,63	2.2894	6.0571	9,37	0.1847	-0.3311	0.8657	
Brest	855,1	18.8965	37.9731	4.44	536,0	11.3871	22.7741	4.25	62,72	1.1182	2.2365	3,56	0.6727	-0.4318	0.6769	
Trepetlj.	809,2	10.2069	70.7152	8.73	448,4	6.3174	43.7684	9.76	55,53	0.5939	4.1149	7,41	0.6957	-0.7548	0.5129	
Č.bor	922,7	7.3005	41.2978	4.47	481,0	4.0072	22.6681	4.71	52,35	0.5165	2.9217	5,58	0.4023	-0.4843	0.5322	

1* = kg/m³ ; 2* = Stand. napaka ; 3* = Stand. odklon ; 4* = Koefficient var.(%)

1** = masni delež suhega lesa ; 2** = Koef.korelac. med "lutro" in "atro" maso ; 3** = Koef.korel. med "lutro" maso in deležem suh.lesa

4** = koef.korelacije med "atro" maso in deležem suh. lesa



Srednja volumenska masa drobnega dolgega bukovega lesa (v lubju), izračunana iz povprečnih vrednosti za posamezne tovore, je bila $1008,89 \pm 64,76 \text{ kg/m}^3$. Volumenska masa posameznega tovara bukovine se je torej razlikovala od povprečja vseh tovorov za največ $\pm 6,4\%$. Prikazana vrednost volumenske mase je bila ugotovljena pri povprečnem masnem deležu suhe snovi $58,07\%$, oziroma pri vsebnosti vlage $41,93\%$ in pri srednjem premeru $19,1 \text{ cm}$.

Minimalna volumenska masa v posameznem tovoru je bila $847,9 \text{ kg/m}^3$, maksimalna pa $1154,7 \text{ kg/m}^3$. Volumenska masa se je v posameznih tovorih razlikovala od povprečja največ za $+ 145,8 \text{ kg}$, ali za $14,4\%$ ter za $- 161,0 \text{ kg}$, to je 16% .

Srednja vrednost volumenske mase bukovega lesa, izračunana iz 905 individualnih vrednosti vzorcev (povprečno 6 kosov v tovoru) je bila $1007,67 \text{ kg/m}^3 \pm 86,97 \text{ kg/m}^3$, ali $\pm 8,6\%$. Absolutno minimalna vrednost volumenske mase pri posameznem kosu (kolobarju) je bila $566,1 \text{ kg/m}^3$, absolutno največja pa $1263,0 \text{ kg/m}^3$. Vrednosti pri posameznih kosih so se od skupnega povprečja razlikovale največ za $+ 255,3 \text{ kg}$, ali za $25,3\%$ in za $- 441,6 \text{ kg}$, to je kar za $43,8\%$.

Iz prikazanih analiz je razvidno, da je nihanje volumenske mase, ob prevzemu lesa pri posameznih kosih zelo veliko, saj se poznanim dejavnikom variabilnosti mase stoječega lesa in lesa ob poseku, tu pridružijo še dejavnik skladiščenja (čas, kraj, trajanje), neredko pa tudi že dejavnik biološko-kemičnega razkroja lesa. Oba sklopa dejavnikov pa odločilno vplivata na vlažnost (običajno osušitev) in delež (maso) suhega lesa ter posredno tudi na maso lesa ob prevzemu. Po Mayer-Wegelinu (1953) se volumenska masa bukovine pri 100% piravi površini prereza zmanjša kar za 14% .

V primerjavi z povprečno maso bukovine (neglede na sečišča, čas sečnje in trajanja skladiščenja), ki jo je ugotovil v svojih raziskavah Lipoglavšek (1976), to je $1061 \text{ kg/m}^3 \pm 7,8\%$, je volumenska masa po naših raziskavah ob prevzemu lesa ($1008,9 \text{ kg/m}^3 \pm 6,4\%$), v povprečju le za 52 kg , oziroma za $4,9\%$ nižja.

Kot predstavnika skupine mehkih listavcev si oglejmo vrednosti in nihanja volumenskih mas lesa trepetljike, ki je bila v naših raziskavah udeležena z 48 tovari in 304 individualnimi vzorci. Srednja volumenska masa lesa trepetljike je $809,20 \pm 70,71 \text{ kg/m}^3$, ali $809,20 \text{ kg/m}^3 \pm 8,7\%$. Najnižja masa, ki je bila ugotovljena za

tovor je bila $666,3 \text{ kg/m}^3$, za posamezen kos v tovoru pa $544,7 \text{ kg/m}^3$. Najvišja vrednost po posameznih tovorih je bila $1032,0 \text{ kg}$, za posamezen kos v tovoru pa $1102,9 \text{ kg/m}^3$.

Največja nihanja volumenskih mas so bila pri lesu smreke in jelke. Ugotovljena srednja vrednost je bila $696,02 \pm 85,87 \text{ kg/m}^3$, to je $\pm 12,3\%$ okrog srednje vrednosti. Takšno povprečje je bilo ugotovljeno pri srednjem deležu suhega lesa $60,62\%$ (vlažnost $39,38\%$), s povprečnim odklonom $\pm 11,3\%$. Najnižja vrednost volumenske mase smreke in jelke po posameznih tovorih je bila $510,0 \text{ kg/m}^3$, najvišja pa $976,9 \text{ kg/m}^3$. Se večja nihanja pa so bila ugotovljena med posameznimi kosi, in sicer med $300,9$ in $1075,8 \text{ kg/m}^3$. Razlika je torej kar $3,6$ kratna. Od izračunane srednje vrednosti $696,02 \text{ kg/m}^3$ se je masa posameznega kosa razlikovala največ kar za plus 380 kg/m^3 ($54,6\%$) in za minus 395 kg/m^3 ($43,2\%$).

Velika nihanja mas lesa ob prevzemu smo ugotovili tudi pri rdečem boru. Srednja vrednost je bila 808 kg/m^3 , v intervalu $\pm 102,7 \text{ kg}$, to je $\pm 12,7\%$. Takšna volumenska masa je bila pri sušnosti $54,97\%$. Najlažji tovor je tehtal $651,0 \text{ kg/m}^3$, najtežji pa $958,0 \text{ kg/m}^3$. Najlažji kos lesa je imel volumensko maso le $472,5 \text{ kg/m}^3$, najtežji $1060,2 \text{ kg/m}^3$. Nihanja mas posameznih vzorcev (kosov) lesa rdečega bora so bila torej med plus $31,2\%$ in minus $58,5\%$.

Veliko bolj homogen je bil les črnega bora, saj so bila nihanja volumenskih mas v ozkem intervalu med $922,7 \pm 41,3 \text{ kg/m}^3$, to je $\pm 4,4\%$. Povprečen delež suhega lesa pa je bil $52,35\%$ mase. Po naši oceni so relativno majhna nihanja pogojevali tile dejavniki:

- Pretežna količina lesa je bila s Krasa (ZPMK), torej iz enakega geografskega in rastiščnega vira;
- Slo je za pospravne sečnje po ujmi (izenačen čas sečnje);
- Večina dobav je bila opravljena v istem obdobju (izenačen čas, kraj in način skladiščenja).

Na osnovi dosedanjih analiz in v tabeli prikazanih vrednosti in nihanj le-teh tudi pri drugih vrstah lesa, lahko potrdimo že znano dejstvo, da so nihanja volumenskih mas pri iglavcih nasplošno večja kot pri listavcih. Značilne razlike pa so tudi med lesom mehkih in trdih listavcev. Kot je znano, so te razlike pogojene predvsem z razlikami v anatomski zgradbi lesa.

Za vse raziskovane vrste lesa so povprečne vrednosti volumenskih mas ter njihove ekstremne vrednosti prikazane v tabelah 2 in 3.

4.3.1.1 Vpliv izvora lesa na spreminjanje mase lesa

Raziskave mase bukovega lesa ob sečnji (Lipoglavšek, 1976) so pokazale, da so razlike v masah lesa med posameznimi sečišči značilne, vendar relativno majhne, največ 28 kg, ali 2,6%. Tudi med povprečji mas lesa iz sečišč v nižjih in višjih legah praktično ni bilo razlik. Podobne so ugotovitve Dietza (Dietz, 1975) na osnovi raziskav nominalnih gostot lesa različnih drevesnih vrst ter medsebojnih primerjav vrednosti med različnimi rastišči (v horizontalnem in vertikalnem smislu)--- v Švici in Nemčiji. Tako je npr. ugotovil, da znaša razlika med nominalno gostoto lesa smreke iz različnih predelov JZ Nemčije največ 5,7%, oz. največ plus 2,7% in minus 2,0% okrog srednje vrednosti. Za bukev iz različnih predelov je ugotovil nihanja le v intervalu $\pm 3,3$ % okrog srednje vrednosti. Med povprečno vrednostjo nominalne gostote lesa smreke v Švici in Nemčiji so bile razlike minimalne (401 kg/m^3 , oz. 403 kg/m^3). Neznatne razlike so bile tudi v bukovem lesu (584 kg/m^3 , 586 kg/m^3 v Švici).

Maksimalna razlika nominalne gostote smrekovega lesa, glede na različno nadmorsko višino, je bila + 1,5% in - 2,5%. Nihanje gostote bukovega lesa pod vplivom nadmorske višine je bilo v Švici med 1,5% in 2,6%, v Nemčiji pa med + 1,7 in - 1,04 % okrog srednje vrednosti. Podobne so ugotovitve tudi drugih avtorjev.

Če ne upoštevamo ostalih dejavnikov, ki vplivajo na spreminjanje (čas sečnje, čas in trajanje skladiščenja) volumenske mase lesa, so naše raziskave pokazale značilne razlike po virih dobave. Najvišje vrednosti je imela bukovina iz območja GG Ljubljana - 1050 kg/m^3 (delež suhega lesa 57,50%), nato iz območja GG Novo mesto - 1047 kg/m^3 (delež suhega lesa 56,35%) in Postojne - 1043 kg/m^3 . Najnižja vrednost pa je bila pri bukovini iz GG Kranj - $972,3 \text{ kg/m}^3$ (59,06% sušnost) in iz GG Ljubljana - 987 kg/m^3 (sušnosti 58,96%). Razlika med najnižjo in najvišjo povprečno vrednostjo je tako bila 78 kg/m^3 , to je 7,4% največje vrednosti volumenske mase. Od srednje vrednosti pa so ekstremi odstopali za + 3,7% in - 4,0%.

Tudi po virih dobav so bila nihanja lesa smreke in jelke večja kot pri bukovem lesu. Največjo volumensko maso je imel les smreke in jelke iz območja SGG Tolmin, to je 761 kg/m^3 , nato iz GG Postojne $733,7 \text{ kg/m}^3$ in GG Ljubljana - $717,4 \text{ kg/m}^3$. Najlažji les smreke in jelke pa je bil dobavljen iz GG Kočevja - $678,6 \text{ kg/m}^3$ in GG Kranja - $680,4 \text{ kg/m}^3$. Razlika med najnižjo in najvišjo vrednostjo je bila $82,4 \text{ kg/m}^3$, to je 10,8%. Največja nihanja okrog srednje vrednosti (696 kg/m^3) pa so med + 9,3 in - 9,7%.

Tab. 3 : *Ekstremne vrednosti glavnih fizikalnih lastnosti lesa*

Vrste lesa	Volum.masa kg/m ³		Nom.gostota kg/m ³		Delež suh.lesa v %	
	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.
B.gaber	1067.5	824.3	644.3	576.8	69.98	58.21
Breza	1002.8	736.4	584.4	440.5	66.15	54.1
Bukev	1154.7	847.9	650.7	523.1	66.05	49.49
Hrast	1102.9	852.2	669.0	479.6	65.41	49.59
Javor	972.8	834.4	606.3	485.8	68.05	57.94
Sm. + Jel.	976.9	510.0	493.1	301.5	76.24	40.56
Jelša	943.8	638.2	509.4	402.2	71.53	49.01
Kostanj	1152.0	794.0	562.2	378.8	64.21	43.77
Lipa	907.5	606.5	523.4	348.9	66.55	49.02
Macesen	893.6	627.1	553.0	396.6	74.48	52.79
R.bor	958.0	651.0	528.4	354.8	70.62	40.07
Robinija	916.6	793.0	595.9	464.1	70.86	56.02
Brest	892.4	811.0	552.3	502.4	66.05	61.33
Trepetljika	1032.0	666.3	553.5	325.9	63.69	48.63
Vrba	870.5	870.5	421.2	421.2	48.39	48.39
Z.bor	696.4	696.4	307.9	307.9	44.21	44.21
Č.bor	1044.9	802.6	533.0	401.0	59.34	46.98
Česnja	794.5	737.1	493.9	482.6	60.74	59.34
Č.gaber	1090.3	1027.1	609.8	577.9	56.27	55.93
SKUPAJ	1154.7	510.0	669.0	301.5	67.24	40.07

Značilna nihanja volumenskih mas v odvisnosti od virov dobav so bila tudi pri lesu rdečega bora. Tu je bil najlažji les iz območja GG Ljubljana - 740 kg/m^3 (delež suhe mase 40,64%), nato iz GG Kranj - $789,6 \text{ kg/m}^3$ najtežji pa iz GG Postojna - 881 kg/m^3 in ZPMK, Sežana - 805 kg/m^3 . Razlika med najmanjšim in največjim povprečjem po viru dobave je bila kar 141 kg/m^3 , to je 19% zgornje vrednosti. Maksimalni odklon povprečij od srednje vrednosti pa je med + 9,0 in - 8,4%.

Kot predstavnika mehkih listavcev si oglejmo še spreminjanje lea trepetljike. Najtežji les trepetljike je bil iz območja GG Novo mesto - $830,65 \text{ kg/m}^3$ (55,53% delež suh. lesa), najlažji pa iz GG Ljubljana - $715,07 \text{ kg/m}^3$. Razlika med najmanjšim in največjim povprečjem po viru dobav je bila $115,7 \text{ kg/m}^3$, to je kar 13,9% zgornjega povprečja (GG Novo mesto). Maksimalni odklon povprečij od srednje vrednosti pa je bil med + 2,6 in - 11,6%.

Povprečne vrednosti volumenskih mas po virih dobav za navedene in ostale analizirane vrste lesa so prikazane v tab. 4. Tabela 5 pa prikazuje povprečne vrednosti pomembnejših vrst lesa za vse tri glavne raziskovane parametre, po virih dobav in za obdobje skladiščenja treh mesecev. Za te vrste lesa so v grafikoni 1 a do 1f razvidne tudi frekvenčne porazdelitve volumenskih mas in deležev suhega lesa.

4.3.1.2 Spreminjanje volumenske mase lesa v odvisnosti od trajanja skladiščenja

Uvodoma smo že omenili težave, ki smo jih imeli pri natančnejšem določanju mesta in časa poseka dobavljenega lesa ter s tem tudi trajanja skladiščenja. Pri nekaterih tovorih je bil čas skladiščenja celo daljši od enega leta, kar je še bolj zapletlo vpliv posameznih parametrov (letno obdobje poseka, čas skladiščenja, mesto in način skladiščenja ter potek sušenja).

Najmanjša časovna enota, za katero je bilo še mogoče kolikor-toliko zanesljivo opredeliti čas sečnje, je bil mesec. Vsak prevzeti tovor lesa smo glede na čas med posekom in prevzemom razporedili v časovne razrede, in sicer od enega do osem mesecev.

Struktura analiziranih (prevzetih) količin lesa po trajanju skladiščenja, to je času med posekom in prevzemom lesa, ločeno za posamezne vrste in skupine lesa, je prikazana v graf. 2a, 2b, 2c in 2 d. Iz grafikona 2 d je razvidno, da je bila tretjina (31%)

Tab. 4 :Srednje vrednosti volumenskih mas lesa po virih dobav

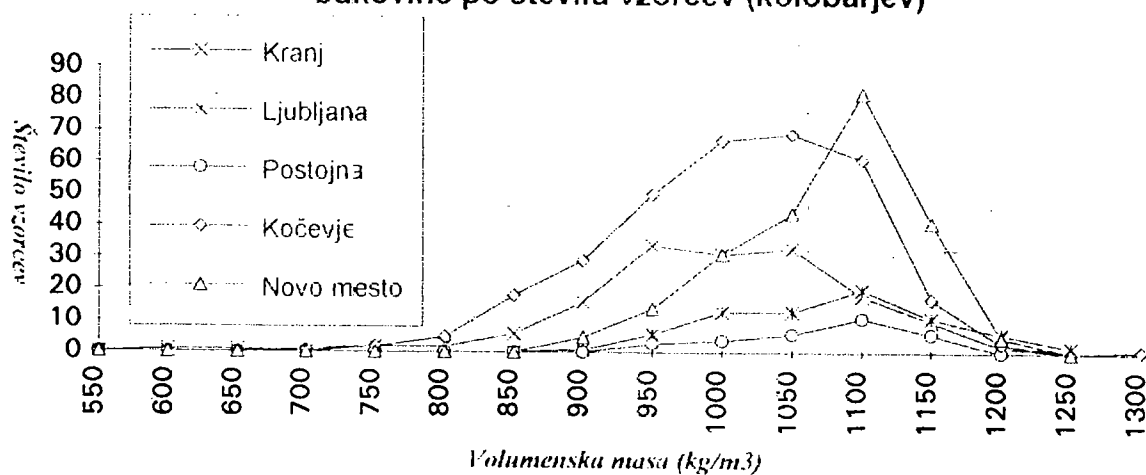
Vir dobave	Tolmin	Kranj	Ljublj.	Postoj.	Kočevje	N.mesto	Brežice	Celje	M.Sobota	Kras	SKUPAJ
Vrste lesa											
B.gaber	-	-	-	-	928.8	1058	-	1019	-	-	982
Breza	-	-	-	-	886.1	934.6	-	-	-	-	888.4
Bukev	1007.0	972.3	1050	1043	987	1047	1010	-	-	-	1008.9
Hrast	-	939.1	999.9	959	1012	1017	-	-	887.4	1034	991.9
Javor	-	-	878.9	733.7	885.3	862.2	-	-	-	-	880
Smr.+Jel.	760.9	680.4	717.4	939.2	678.6	-	-	-	-	-	696
Jelša	-	-	822.3	-	721.9	-	-	-	743.5	-	821
D.kost.	-	937.9	906.8	-	875.6	979.5	-	-	-	-	917.2
Lipa	-	786.5	-	-	742.2	-	-	-	-	-	744
Macesen	-	742.6	-	-	630	-	-	-	-	-	729.4
R.bor	-	789.6	739.9	881.4	761.5	838	-	-	-	-	807.9
Robinija	-	-	836.9	-	-	-	-	-	-	-	836.9
Brest	-	-	-	811	869.7	-	-	-	-	-	855.1
Trepelji.	-	866.5	715	-	817.4	830.6	-	-	-	-	809.2
Vrba	-	-	-	-	-	870.5	-	-	-	-	870.5
Z.bor	-	-	696.4	-	-	-	-	-	-	-	696.4
Č.bor	-	-	913.8	-	-	-	-	-	-	921.3	992.7
Č.ešnja	-	-	765.8	-	-	-	-	-	-	-	765.8
Č.gaber	-	-	-	1058	-	-	-	-	-	-	1058

Tab. 5 : Primerjava povprečnih vrednosti osnovnih parametrov za glavne vrste lesa po virih dobav in za obdobje skladiščenja treh mesecev

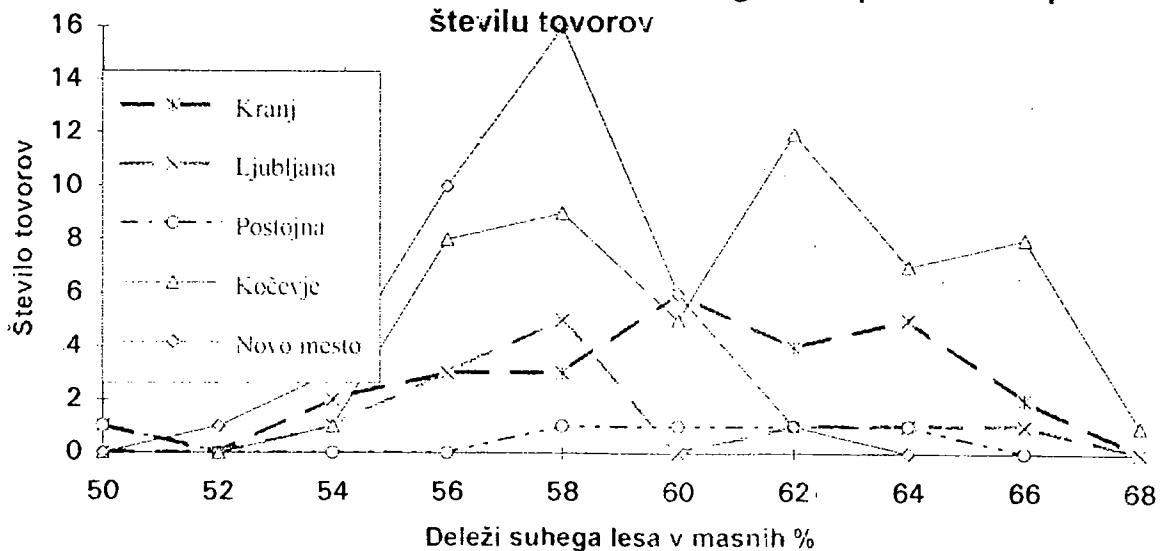
Vrsta lesa	Vir dobave*	Vol.masa	Nom.gost.	Delež suh.les.
Sm.+Jel.		kg/m ³	kg/m ³	%
	Kranj	696,7	404,8	59,12
	Ljubljana	729,1	422,8	57,63
	Postojna	740,9	429,2	58,05
	Kočevje	696,0	419,5	60,61
	Povprečje	715,7	419,0	58,85
R.bor	Kranj	899,5	441,7	52,91
	Ljubljana	754,3	433,2	57,76
	Postojna	924,6	418,3	45,24
	Kočevje	761,5	417,2	55,73
	Sežana	840,35	471,65	56,60
	Povprečje	836,0	436,4	53,65
Bukev	Tolmin	1013,35	585,8	57,94
	Kranj	999,37	573,0	58,15
	Ljubljana	1050,20	600,9	57,33
	Kočevje	990,0	593,2	60,05
	N.mesto	1032,35	580,4	56,24
	Povprečje	1017,0	586,6	57,94
Trepeljka	Kranj	866,50	489,4	56,48
	Ljubljana	709,15	372,8	52,78
	Kočevje	801,30	443,4	55,35
	N.mesto	821,35	437,5	53,30
	Povprečje	799,6	435,8	54,48

* Vir dobave = območje GG

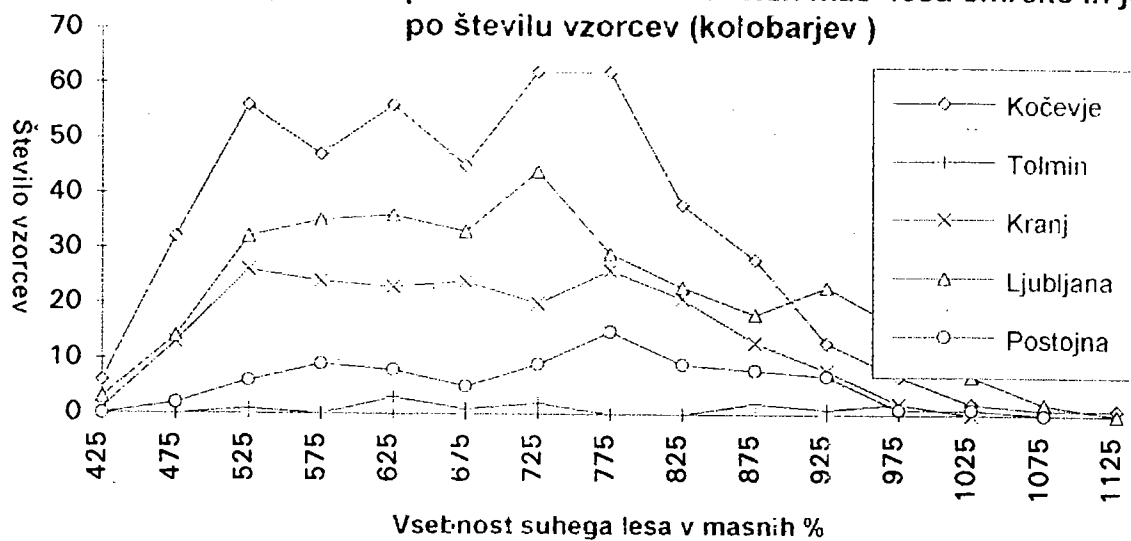
Graf. 1a : Frekvenca porazdelitev volumenskih mas bukovine po številu vzorcev (kolobarjev)



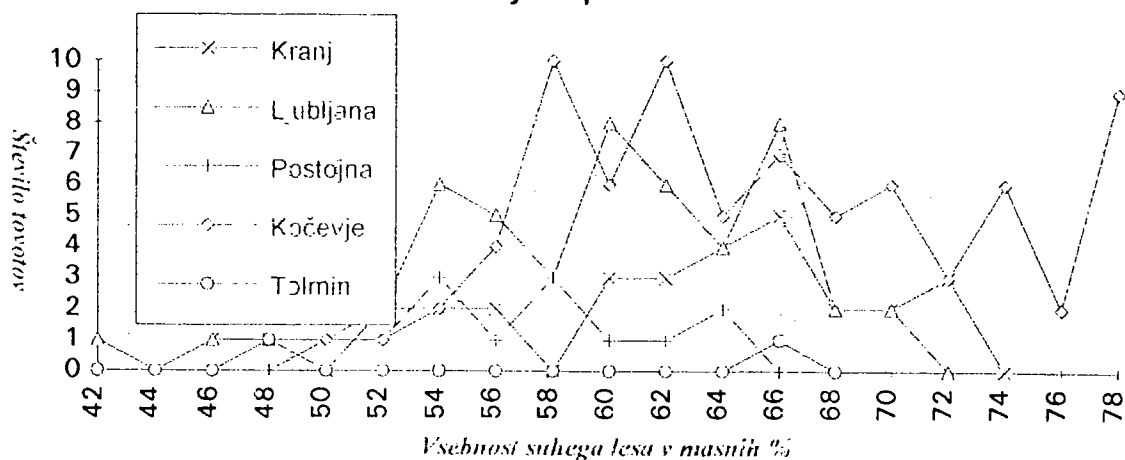
Graf. 1 b : Frekvenčna porazdelitev deležev suhega lesa pri bukovini po številu tovorov



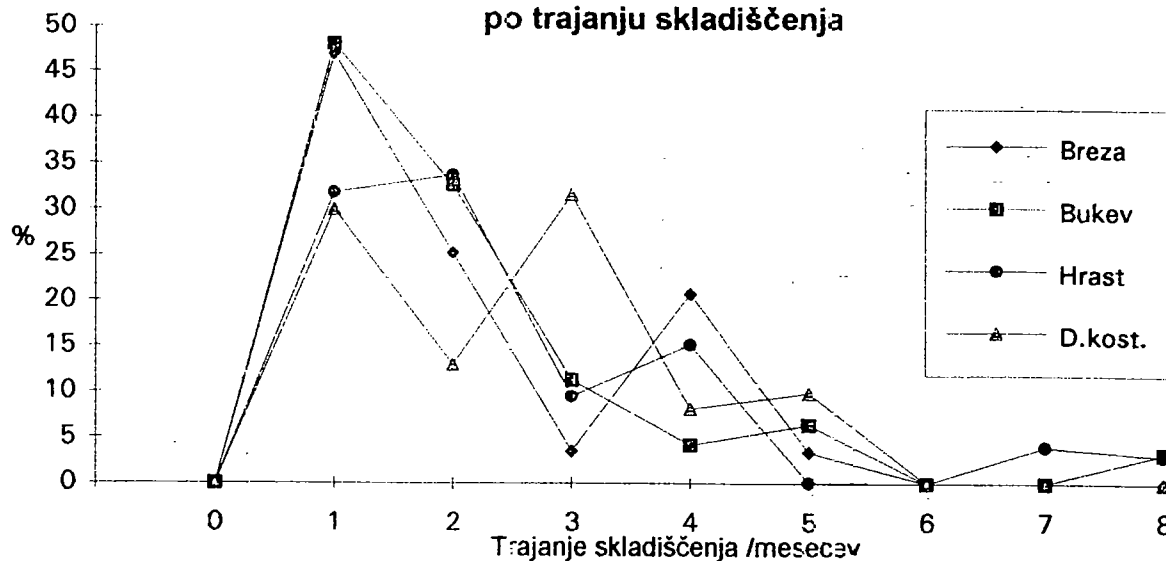
Graf.1c : Frekvenčna porazdelitev volumenskih mas lesa smreke in jelke po številu vzorcev (košobarjev)



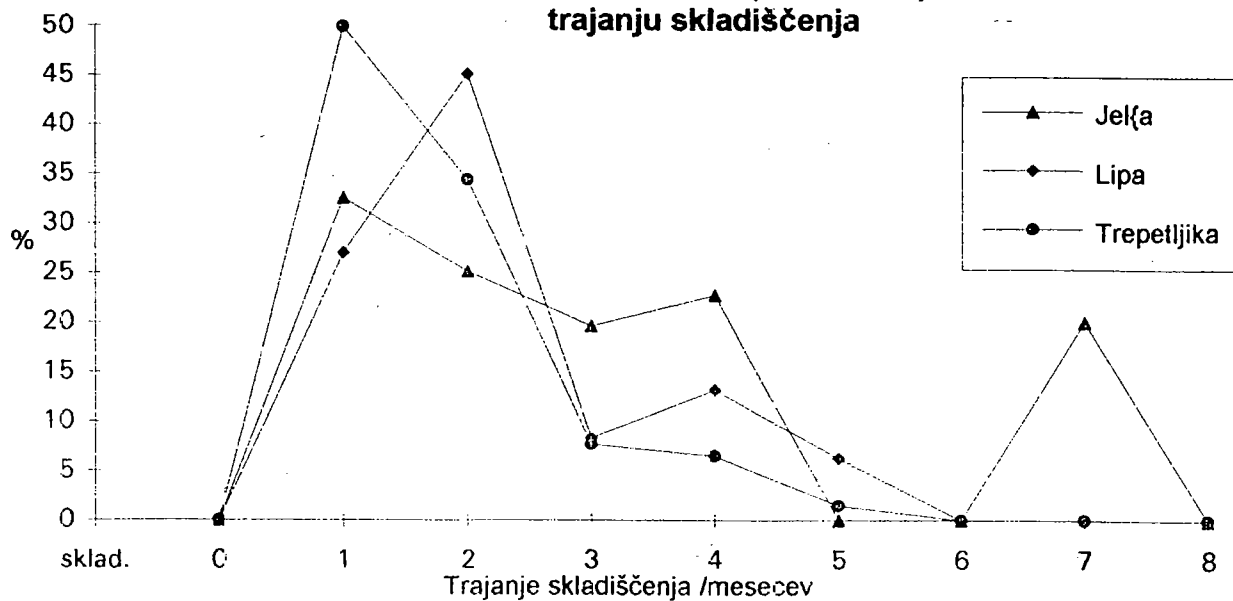
Graf.1d : Frekvenčna porazdelitev deležev suhega lesa pri smreki in jelki po številu tovorov



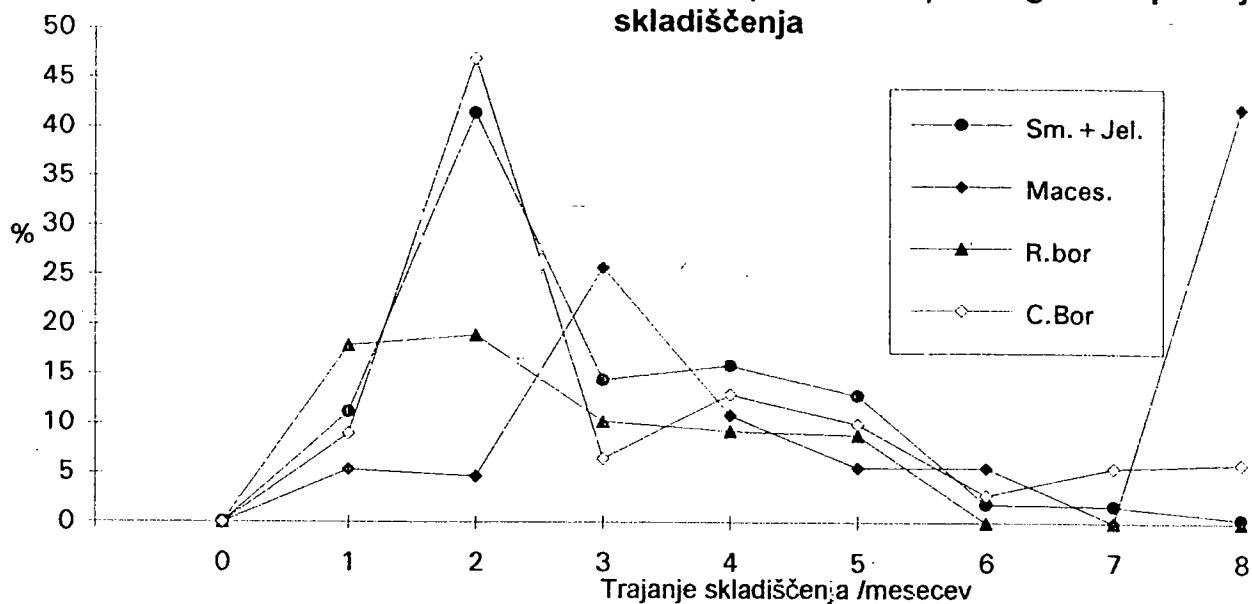
Graf.2a :Razporeditev analiziranih količin ("lutrc " ton) lesa trdih listavcev po trajanju skladiščenja



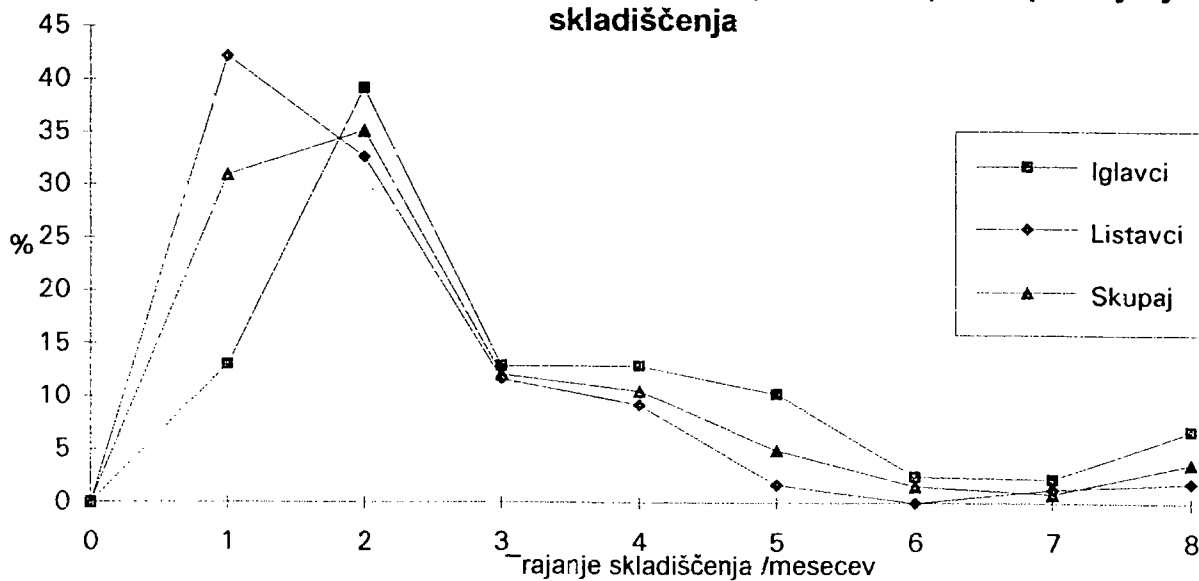
Graf. 2b : Razporeditev analiziranih količin ("lutro" ton) lesa mehkih listavcev po trajanju skladiščenja



Graf. 2c :Razporeditev analiziranih količin ("lutro" ton) lesa iglavcev po trajanju skladiščenja



Graf. 2d : Razporeditev analiziranih količin ("lutro" ton) lesa po trajanju skladiščenja



vseh analiziranih količin lesa skladiščena manj kot mesec dni. Velike razlike so med lesom iglavcev (13,0%) in listavcev (42,2%). Od enega do dveh mesecev časa je bilo skladiščenih 35,2% vseh količin lesa, in sicer pri iglavcih 39,2% in pri lesu listavcev 32,7%. Manj kot dva meseca je bilo skladiščenih skupaj 66,2% vseh količin lesa. V tolikem času po poseku je bila dobavljena dobra polovica (52,2%) vsega lesa iglavcev in kar tri četrtine lesa listavcev.

Okrog 6% količin analiziranega lesa je bilo skladiščenih več kot pet mesecev. Tu je šlo največkrat za les, ki je "pozabljen" obležal na različnih skladiščih (tudi v gozdovih). Logična posledica tega je bila močno zmanjšana kakovost in tehnološka uporabnost takšnega lesa, saj je bil les v posameznih dobavah že močno biološko-kemično načet (trohnoba).

Če ne upoštevamo letnega obdobja skladiščenja (v zimskem času je propadanje lesa neznatno), načina skladiščenja ter dejstva, da je velik del industrijskega drobnega lesa iz negovalnih (sanitarnih) sečenj, torej iz odmirajočega in odmrlega drevja, lahko iz trajanja skladiščenja ugotovimo, da kakovosti lesa namenimo vse premalo pozornosti. To je rezultat neurejenega tržišča, neizdelanih standardov in povprečnih cen lesa, brez doslednega upoštevanja kakovosti.

Glede na dejstvo, da je delno osušen les tehnološko uporabnejši (manjša poraba energije, boljše zleplenje iveri), obenem pa se zmanjšajo tudi prevozní in manipulativni stroški, je skladiščenje lesa za industrijo ivernih plošč celo pozitivno. Odvisno od kraja, trajanja, letnega časa in načina skladiščenja pa to ne bi smelo trajati več kot tri mesece. V naših raziskavah je bilo v obdobju treh mesecev po sečnji dobavljenih 78,3% vsega lesa.

V neposredni odvisnosti s časom skladiščenja je vlažnost lesa in z njo pogojeno tudi spreminjanje volumenske mase. Izsledke raziskav časovnega spreminjanja volumenskih mas proučevanih vrst lesa prikazujeta tabeli 6a in 6b, in sicer absolutne (izravnane) vrednosti (tab. 6a) in indekse spreminjanja volumenskih mas v času skladiščenja (tab. 6b). Primerjave trendov spreminjanja med posameznimi vrstami v okviru sorodnih vrst lesa (trdi listavci, mehki listavci, iglavci) ter med skupinami pa so razvidne iz graf. 3a, 3b, 3c in 3d.

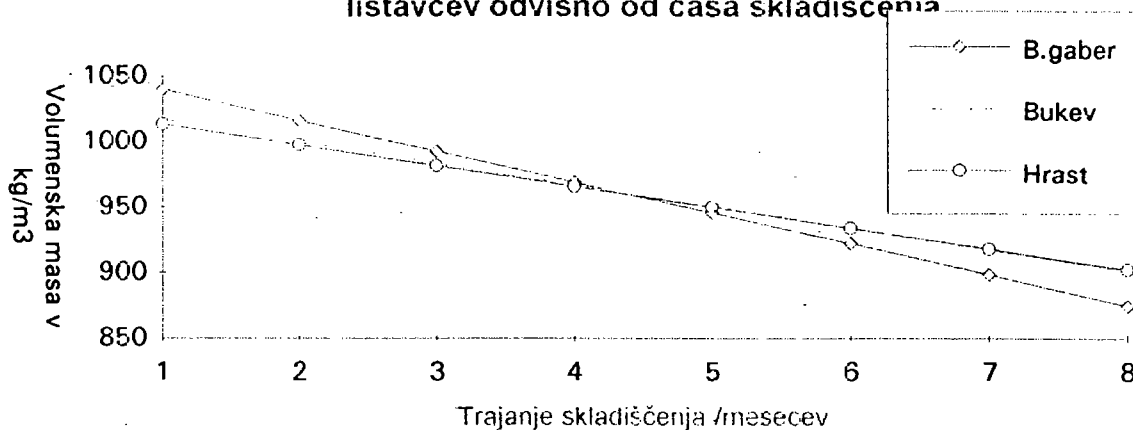
Tab.6a: Spreminjanje volumenske mase lesa v odvisnosti od trajanja skladiščenja
(Linearno izravnane vrednosti)

Traj. sklad. (mesecev)	B. gaber	Breza	Bukev	Hrast	Javor	Sm. + Jel.	Jelša	Kostanj	Lipa	Maceseni	R. bor	Robinija	Trepetlj.	Č. bor
1	1039,6	877,1	1016,6	1013,0	877,9	728,0	870,3	926,2	788,1	785,1	847,7	831,2	813,5	957,4
2	1016,1	871,6	1000,1	997,2	880,2	712,6	842,9	914,4	767,6	766,0	832,0	826,6	799,6	941,1
3	992,5	866,2	983,5	981,3	882,5	697,2	815,4	902,5	747,2	746,9	816,4	821,9	785,6	924,8
4	969,0	860,7	967,0	965,5	-	681,7	788,0	890,6	726,7	727,9	800,8	817,3	771,7	908,6
5	945,5	855,3	950,4	949,7	-	666,3	760,5	878,7	706,3	708,8	785,1	812,7	757,8	892,3
6	922,0	849,8	933,9	933,8	-	650,9	733,1	866,3	685,8	689,7	769,5	808,1	743,9	876,0
7	898,4	844,4	917,3	918,0	-	635,5	705,6	854,1	665,3	670,6	753,8	803,5	729,9	859,7
8	874,8	839,0	900,8	902,2	-	620,1	678,2	842,0	644,8	651,5	738,2	798,9	716,0	843,5

Tab.6b : Indeksi spreminjanja volumenske mase lesa v odvisnosti od trajanja skladiščenja
(Indeks 100 = izhodiščna masa lesa)

Traj. sklad. (mesecev)	B. gaber	Breza	Bukev	Hrast	Javor	Sm. + Jel.	Jelša	Kost.	Lipa	Maces.	R. bor	Robinija	Trepetlj.	Č. bor
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	89	99	98	98	100	98	97	99	97	98	98	99	98	98
3	95	99	97	96	101	95	94	97	95	95	96	99	96	96
4	93	98	96	95	-	93	90	96	92	93	94	98	95	95
5	91	97	94	94	-	91	97	95	90	90	92	98	93	93
6	89	96	92	92	-	89	84	93	87	88	91	97	91	91
7	86	95	90	90	-	87	81	92	84	85	89	97	90	90
8	84	94	88	89	-	85	78	91	82	83	87	96	88	88

Graf. 3a: Spreminjanje volumenske mase lesa trdih listavcev odvisno od časa skladiščenja



B.gaber

$$Y' = 1081,15 - 23,5369X$$

$$R_{xy} = -0,79084$$

Bukev

$$Y' = 1033,16 - 16,5477X$$

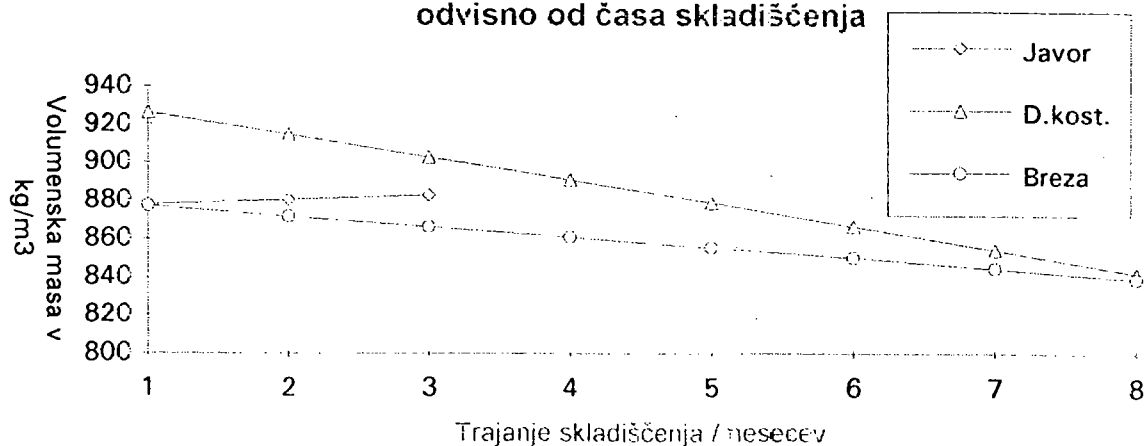
$$R_{xy} = -0,98149$$

Hrast

$$Y' = 1028,83 - 15,8322X$$

$$R_{xy} = -0,90502$$

Graf.3b: Spreminjanje volumenske mase lesa trdih listavcev odvisno od časa skladiščenja



Dom.kostanj

$$Y' = 938,53 - 12,0405X$$

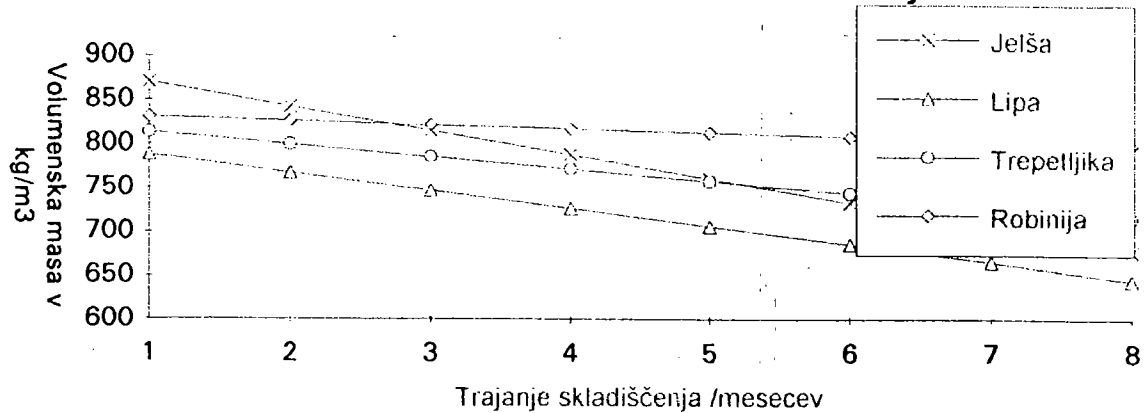
$$R_{xy} = -0,84313$$

Breza

$$Y' = 918,17 - 12,6131X$$

$$R_{xy} = -0,64422$$

Graf.3c : Spreminjanje volumenske mase lesa mehkih listavcev odvisno od časa skladiščenja



Jelša

$$Y' = 892,74 - 22,210X$$

$$R_{xy} = -0,99611$$

Lipa

$$Y' = 833,02 - 28,623X$$

$$R_{xy} = -0,99124$$

Trepetlj.

$$Y' = 858,05 - 18,510X$$

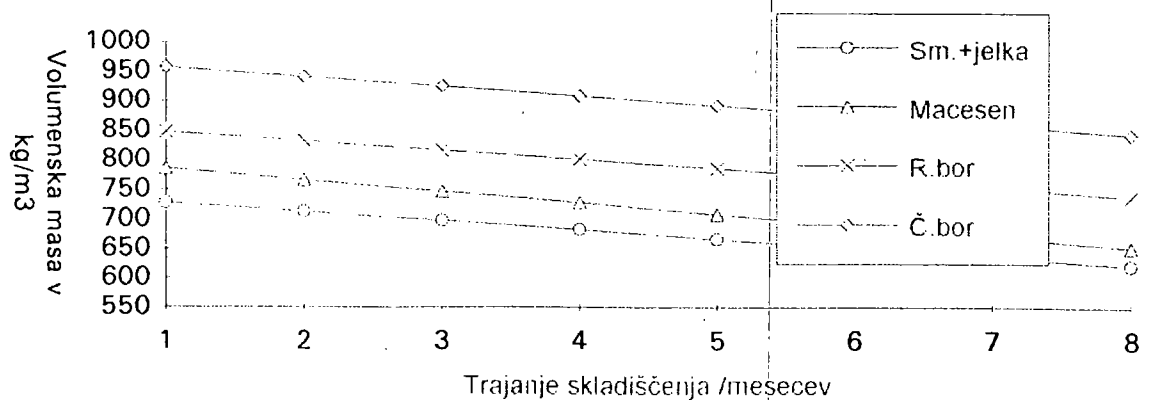
$$R_{xy} = -0,95258$$

Robinija

$$Y' = 927,08 - 28,3821X$$

$$R_{xy} = 0,95321$$

Graf.3 d : Spreminjanje volumenske mase lesa iglavcev odvisno od časa skladiščenja



Sm. + Jel.

$$Y' = 743,42 - 15,4167X$$

$$R_{xy} = -0,80459$$

Macesen

$$Y' = 843,957 - 30,7965X$$

$$R_{xy} = -0,8940$$

R.bor

$$Y' = 891,15 - 20,7964X$$

$$R_{xy} = -0,95393$$

$$\text{Č.bor: } Y' = 981,35 - 17,0667X ; R_{xy} = -0,83173$$

Analize in primerjave prikazanih trendov spreminjanja (zmanjševanja) povprečnih volumenskih mas kažejo občutne razlike med posameznimi vrstami in skupinami lesa. Daleč največja mesečna stopnja zmanjševanja volumenske mase je ugotovljena pri skupini mehkih listavcev, in sicer povprečno mesečno za 2,5%. V tej skupini vodi jelša s povprečno stopnjo 3,14%. V povprečju se njena volumenska masa zmanjšuje mesečno za 27,3 kg/m³.

Volumenska masa bukovega lesa se je zmanjševala s povprečno mesečno stopnjo 1,71%, oziroma za 16,5 kg. Zelo podobni trendi so bili ugotovljeni tudi pri hrastovini (1,5%; 15,83 kg). Med lesovi iglavcev se je najhitreje zmanjševala masa macesnovine, in sicer z mesečno stopnjo 2,43%, ali 19,08 kg. Stopnja zmanjševanja mase lesa smreke in jelke je bila 2,14%, to je 15,41 kg mesečno.

Povprečna stopnja zmanjševanja mase lesov mehkih listavcev je bila 2,47%, to je mesečno zmanjšanje za 20,61 kg. Pri lesovi trdih listavcev je bila ugotovljena stopnja 1,36%, kar je povprečno mesečno zmanjšanje mase za 14,68 kg pri 1 m³ lesa. Volumenska masa lesa iglavcev pa se je spreminjala (manjšala) s povprečno mesečno stopnjo 2,03%, oziroma za 13,03 kg mesečno.

Korelacijska odvisnost in koeficient korelacije med volumensko maso in časom skladiščenja sta prikazana v grafikonih 3a, 3b, 3c in 3d. V vseh primerih je korelacija dokaj tesna in negativna. Najtesnejša odvisnost je pri lesu mehkih listavcev (povpr. koefic. korekcije je - 0,97835), manj pa pri lesu iglavcev, kjer je povprečni koeficient korelacije 0,87106 in trdih listavcev kjer je 0,88012.

4.3.1.3 Vpliv letnega časa poseka lesa na spreminjanje volumenske mase

Glede na že poznano dejstvo, da smo čas poseka prevzetega lesa lahko le grobo opredelili po mesecih in da nam je bila izhodiščna (tako ob poseku!) vrednost volumenske mase lesa nepoznana, je razumljivo, da so te naše analize in primerjave lahko le približne. Skupaj z letnim časom in trajanjem skladiščenja pa bodo ti podatki kljub temu uporaben pripomoček pri praktičnem ocenjevanju mase lesa.

Tab.7 : Prikaz vrednosti nekaterih pomembnejših raziskovanih parametrov po letnih obdobjih poseka

Letno obdobje poseka					
Parameter		1.10.-30.3	1.4.-30.6.	1.7.-30.9.-	SKUPAJ
Skupaj	ton	5144	2406	1365	8915
masa :	%	57,7	27,0	15,3	100,0
Masa suh.	ton	2906	1464	808	5180
lesa :	%	56,1	28,3	15,6	100,0
Skupaj	m ³	5853	3083	1544	10580
vol.lesa :	%	55,3	29,1	15,6	100,0
Delež suh.					
lesa :	%	57,0	61,0	59,3	58,4
Povpr.vol.					
masa :	kg/m ³	878	780	825	843
Povpr.uporab.					
pretvor.:	kg/m ³	989	949	999	979

Tab.8 : Struktura analiziranih količin ("lutro" ton) lesa po letnih obdobjih poseka in dobavi lesa (v %)

Letno obdobje poseka:*	1	2	3	SKUPAJ
Letno obdobje dobave:*				
1	44,8	4,9	8,8	58,5
2	11,4	14,3	0,0	25,7
3	1,5	7,8	6,5	15,8
SKUPAJ	57,7	27,0	15,3	100,0

* Letno obdobje poseka in dobave : 1 = 1.10.-30.3.

2 = 1.4.-30.6.

3 = 1.7.-30.9.

Za letna obdobja, v katera smo razvrščali čas poseka prevzetega lesa, smo upoštevali v gozdarski praksi že ustaljena obdobja, ki so odločilna pri fiziologiji gozdnega drevja in tudi specifična glede vremenskih elementov.

Razporeditev celotne analizirane "lutro" in "atro" količine lesa, deležev suhega lesa ter povprečje pri prevzemu uporabljenih pretvornih koeficientov je po letnih obdobjih poseka in sumarno prikazana v tabeli 7. Tabela 8 pa prikazuje razporeditev celotne analizirane "lutro" mase (ton) lesa, in sicer primerjalno po letnih obdobjih poseka in prevzema (dobave) lesa.

Iz tabele 8 je razvidno, da je bilo skoraj tri petine (57,7%) posekanega in tudi dobavljenega lesa v jesensko-zimskem obdobju. Dobra četrtina vsega lesa je bila posekana (27,0%) in dobavljena (25,7%) v spomladanskem obdobju in le okrog 15% v poletnem obdobju. Dokaj izenačeni deleži v istem obdobju posekanega in prevzetega lesa seveda ne pomenijo, da je bil ves v enem obdobju posekan les, v istem tudi dobavljen. Seveda gre tu za večje in manjše časovne in količinske zamike, ki pa so v našem primeru verjetno relativno majhni.

Vsekakor pa lahko iz prikazanih podatkov sklepamo, da je bila večina v enem obdobju posekanega lesa v istem tudi dobavljenega porabniku. Prav tako očitno je, da je bil povprečni čas med posekom in dobavo lesa (čas skladiščenja) krajši od meseca dni, pretežni del količin posekanega lesa pa dobavljen najkasneje v treh mesecih.

Natančnejše analize vpliva letnega obdobja poseka na spreminjanje vrednosti glavnih raziskovanih parametrov so za vse obravnavane vrste prikazane v tabeli 9. Za predstavnike skupin vrst lesa so povprečja razvidna iz tabele 10. V teh analizah so zajete le količine lesa, ki je bil skladiščen manj kot tri mesece. V obeh tabelah so prikazane vrednosti za volumensko maso (lutro kg/m^3), nominalno gostoto (atro kg/m^3) in masne deleže suhega lesa (%). V tabeli 11 pa smo za glavne vrste lesa v analize vključili še tretji vplivni dejavnik, to je izvor lesa po gozdnogospodarskih območjih. Za primerjavo med dejanskimi (raziskanimi) in pri prevzemu uporabljenimi vrednostmi (pretvorniki) volumenske mase lesa smo tabeli dodali še povprečne pretvornike za vse tri vplivne dejavnike.



Razen pri nominalni gostoti lesa, pri kateri ni večje variabilnosti, ne po obdobjih sečnje in ne po trajanju skladiščenja, je nihanje vrednosti ostalih dveh parametrov relativno veliko tako, da ni očitnih zakonitosti. Z nekaterimi izjemami je v splošnem pri vseh prikazanih vrstah lesa in vseh časih (trajanjih) skladiščenja opazno, da je najmanjši delež suhega lesa pri lesu iz jesensko-zimske sečnje, največji pa pri lesu iz poletne sečnje. Povedano drugače ima les iz jesensko-zimskega obdobja poseka največjo stopnjo vlažnosti in je torej najtežji. V primerjavi z vrednostmi volumenskih mas, ki jih je v svojih raziskavah drobnega bukovega lesa ugotovil in predlagal za praktično uporabo leta 1976 Lipoglavšek, in sicer:

- v jesensko-zimskem obdobju: 1084 kg/m³ bukovega lesa
- v spomladanskem obdobju: 1020 kg/m³ bukovega lesa
- v poletnem obdobju: 957 kg/m³ bukovega lesa

ali povprečno 1061 ± 83 kg/m³, so ekvivalentne vrednosti po naših ugotovitvah nižje, in sicer:

- v jesensko-zimskem obdobju: 1026 kg/m³, to je za 5,4%
- v spomladanskem obdobju: 990,6 kg/m³, to je za 3,7%
- v poletnem obdobju: 970,1 kg/m³, to je za 1,4% večja.

Ugotovljena povprečna volumenska masa bukovine, za vse analizirane količine, za vsa obdobja sečnje in neglede na trajanje skladiščenja, ki je 1009 kg/m³, pa se od povprečja po Lipoglavšku razlikuje za 52 kg in je torej po m³ manjša za 5%.

Podobne, manjše razlike med vrednostmi volumenske mase po podatkih iz literature in našimi ugotovitvami, so tudi pri lesovih drugih trdih listavcev (hrast, javor, kostanj, beli in črni gaber). Občutno večje razlike pa so pri lesu iglavcev, še posebej pri smreki in jelki. Vzroki za ugotovljene razlike so lahko številni in različni, zlasti še, če upoštevamo poznara nihanja vseh vrednosti fizikalnih lastnosti lesa pod vplivom številnih dejavnikov. Kljub temu pa menimo, da sta pri tem odločilna dva, med seboj povezana dejavnika. To sta:

Tab. 9 Povprečne vrednosti fizikalnih lastnosti lesa posekanega v različnih letnih obdobjih

Vrste lesa	Volumenska masa lesa v kg/m ³			Nominalna gostota v kg/m ³			Delež suhega lesa v %			Povprečne vrednosti		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Vol. masa	Nomin. gost.	% suh. les.
1-B.gaber	1048.5	955	824.3	629.9	619.8	576.8	60.1	64.94	69.98	982	619.5	63.35
2-Breza	902.8	866.7	878.5	53.6	540.7	560.2	59.31	62.39	63.85	888.4	539	60.77
3-Bukev	1024.5	857.2	995	589.6	586.7	589.6	57.53	60.65	57.53	1008.9	588.2	58.48
4-Hrast	982.4	940.3	962.6	580.8	579.3	580.8	61.01	62.95	0	991.5	580.6	58.62
5-Javor	870.6	885.3	0	531.2	557.3	0	58.59	62.94	61.32	880	547.8	62.24
6-Sm.+Jel.	707.9	685.6	700.9	411.6	422.5	422.7	53.66	57.99	53.66	696	417.1	60.62
7-Ješča	880.4	767	783.1	470.9	451.3	470.9	54.33	56.74	53.6	820.9	460.7	56.11
8-Dom.kost.	827.6	903.1	905.3	500.4	511.3	486	54.33	56.74	53.6	917.2	497.3	54.43
9-Lipa	788.1	712.6	690.9	429.8	442.7	395.9	54.8	61.95	57.28	744	422.6	57.01
10-Maces.	743.2	717.1	690.9	478.9	473.5	478.9	64.95	60.07	69.32	729.4	476.7	65.67
11-R.bor	874.6	746.7	755	437.9	439.5	437.9	50.14	58.66	50.14	807.9	436.2	54.07
12-Robinija	815.2	0	865.9	536.3	0	545.4	65.82	0	63.04	836.9	540.2	64.63
13-Brest	811	869.7	0	502.4	547.1	0	61.95	62.97	65.82	855.1	536	62.72
14-Trpetlj.	851.1	763.6	749.7	458.5	429.5	439	54.32	55.93	58.1	809.2	448.4	55.53
15-Vrba	870.5	0	0	421.2	0	0	48.39	0	0	870.5	421.2	48.39
16-Z.bor	696.4	0	0	307.9	0	0	44.21	0	0	696.4	307.9	44.21
17-Č.bor	932	917.9	0	477.5	487.5	0	52.07	52.9	0	922.7	481	52.35
18-Cešnja	765.8	0	0	488.2	0	0	83.87	0	0	765.8	488.2	63.87
19-Č.gaber	1058.7	0	0	593.9	0	0	56.1	0	0	1058.7	593.9	56.1
Skupaj	890.8	798.2	844.8	504.4	483.3	499.3	56.95	61	59.33	856.8	497.5	58.49

*Letno obdobje poseka:

1=1.okt.-30.marec

2=1.april-30.junij

3=1.julij-30.sept.

Tab.10 :Povprečne vrednosti proučevanih parametrov pomembnejših vrst lesa po obdobjih poseka in trajanju skladiščenja

Vrste lesa	Letno obd. poseka*	Trajanje skladiščenja (mesecev)											
		1			2			3			SKUPAJ		
		%suh. lesa	lutro kg/m3	atro kg/m3	%suh. lesa	lutro kg/m3	atro kg/m3	%suh. lesa	lutro kg/m3	atro kg/m3	%suh. lesa	lutro kg/m3	atro kg/m3
Smr.+Jel.	1	52,30	767,0	397,8	53,82	710,9	395,5	59,49	702,6	415,1	55,20	726,8	402,8
	2	62,09	690,9	428,0	62,02	701,2	431,3	63,47	664,2	417,8	65,53	685,4	425,7
	3	60,92	731,9	409,0	67,38	649,9	436,8	57,96	707,7	406,1	62,09	696,5	417,3
	Povpr.	58,4	729,9	411,6	61,07	687,3	421,2	60,31	691,5	413,0	60,94	702,9	415,3
R.bor	1	48,41	868,2	419,5	53,06	870,6	465,0	44,02	908,3	399,8	48,50	882,3	428,1
	2	55,43	830,0	460,1	56,18	772,3	426,9	61,45	715,4	439,4	57,68	772,6	442,1
	3	59,21	963,0	470,2	42,70	958,0	409,1	0	0	0	50,95	960,5	439,6
	Povpr.	54,35	887,0	450,3	50,64	866,9	433,7	52,73	811,5	419,6	52,37	871,8	436,6
Bukev	1	57,54	1040,3	597,0	55,30	1062,3	586,0	58,37	975,4	568,8	57,07	1026,0	584,5
	2	58,41	1000,4	583,0	58,01	1028,6	585,0	59,88	961,2	575,2	60,00	996,0	580,2
	3	59,21	963,0	570,2	59,43	986,2	584,8	62,15	953,3	574,3	59,04	970,1	576,8
	Povpr.	58,39	1001,2	583,7	57,58	1025,0	585,6	60,13	953,5	572,3	58,70	993,3	580,5
Trepelj.	1	53,75	857,0	459,4	54,65	840,7	459,5	0	0	0	54,20	848,8	459,4
	2	0	0	0	54,15	778,1	428,8	49,59	788,4	441,6	51,87	733,2	435,2
	3	61,20	730,0	446,6	54,71	748,4	406,3	53,15	884,4	470,1	56,35	787,6	441,0
	Povpr.	57,47	793,5	453,0	54,50	789,1	431,5	51,37	786,4	455,8	54,14	789,9	445,2

* Letno obdobje poseka lesa : 1 = 1.10. - 30.3. ; 2 = 1.7. - 30.6. ; 3 = 1.7. - 30.9.

Tabela 11: Prikaz srednjih vrednosti glavnih raziskovanih parametrov za pomembnejše vrste lesa (predstavnik skupin) po vir h dobave in letnih obdobjih poseka

VRSTE LESA	VIR DOBAVE GG	LETNO OBDOBJE POSEKA	SREDNJE VREDNOSTI			
			Delež suh.lesa %	Volumen.masa kg/m ³	Nom. gostota kg/m ³	Uporab. pretvor. kg/m ³
Smreka in jelka	Tolmin	2	65.18	635.6	414.3	1000
		3	47.67	886.3	422.5	1000
	Kranj	1	60.02	671.3	406.9	875
		2	60.14	687.2	413.3	790
		3	64.60	679.7	439.0	846
	Ljubljana	1	56.87	737.0	419.1	900
		2	61.89	684.9	423.9	835
		3	64.18	590.0	378.6	700
	Postojna	1	54.78	739.7	405.2	900
		2	62.21	750.8	467.0	861
		3	62.57	651.2	407.4	900
	Kočevje	1	61.42	683.6	419.8	929
		2	64.63	669.5	432.7	931
		3	60.91	697.4	425.0	931
Rdeči bor	Kranj	1	49.60	896.7	444.8	883
		2	57.99	754.4	437.5	856
		3	63.38	690.4	437.6	900
	Ljubljana	1	55.18	754.9	416.5	794
		2	62.15	729.8	453.6	905
	Postojna	1	47.76	911.8	435.5	977
		2	51.02	851.8	434.6	1000
		3	48.48	819.7	397.4	978
	Kočevje	1	49.23	872.0	429.3	1000
		2	62.23	651.0	405.1	950
	M.Sobota	1	52.93	937.6	496.3	1100
		2	59.86	751.8	450.0	1030
Bukev	Tolmin	1	57.56	1017.7	585.8	1000
		2	61.70	905.0	558.4	1000
		3	58.95	1002.5	591.0	1000
	Kranj	1	59.19	974.2	576.6	1041
		2	61.27	915.4	550.8	1033
		3	57.26	999.4	572.3	1040
	Ljubljana	1	57.51	1050.7	604.2	1000
		Postojna	1	57.79	1043.3	602.9
	Kočevje	1	58.01	1026.4	595.4	1000
		2	60.93	974.8	593.9	1001
		3	61.26	962.1	589.4	1025
	N. mesto	1	56.34	1048.8	591.3	1000
		2	55.91	1033.5	577.8	1000
		3	56.27	1012.5	569.7	1000
	Brežice	1	58.21	1010.2	588.0	1000
Trepeljika	Kranj	1	56.48	866.5	489.4	1000
		2	49.08	691.4	339.3	850
	Ljubljana	3	56.48	726.9	410.5	1000
		1	54.12	854.0	462.2	948
	Kočevje	2	58.59	795.7	466.2	1000
		3	58.82	772.5	454.4	967
	M.Sobota	1	54.36	832.9	452.7	1000
		2	52.33	803.7	420.6	1000

1. Povprečne vrednosti volumenskih mas in drugih parametrov, ki so navedeni v znanstveni in strokovni literaturi ter jih še vedno bolj ali manj nespremenjene tudi uporabljamo v praksi, so predvsem plod starejših raziskav, opravljenih pretežno pred in v začetku sedemdesetih let. V tem obdobju pa je bilo stanje gozdov (umiranje, propadanje) in s tem pogojena tudi kakovost posekanega lesa ter vrednosti glavnih parametrov, drugačno kot je sedaj. Znano je, da je danes pretežni del drobnega industrijskega lesa, iglavci skoraj v celoti, iz sanitarnih sečenj, torej iz že odmrlega in odmirajočega drevja. V tem kontekstu se tudi močno zameglijo razlike v vrednostih parametrov, ki jih pogojujejo čas sečnje ter čas in trajanje skladiščenja.
2. Industrija ivernih plošč je glede vrste in tehnološke kakovosti lesa med najmanj zahtevnimi porabniki. Prav v obdobju naših terenskih meritev je bilo tudi veliko pomanjkanje industrijskega lesa vseh vrst, še posebej pa iglavcev. Za ohranitev kolikor-oliko kontinuirane proizvodnje je bila zato Iverka Brest, kjer smo opravljali meritve, prisiljena prevzeti vse dobavljene količine lesa, neglede na kakovost. Za gozdnogospodarske in druge organizacije, ki upravljajo z gozdovi, zasebne lastnike, predelovalce in trgovce z lesom pa so bile takšne razmere lepa priložnost za "čiščenje" skladišč in odprodajo manjvrednega lesa. Temu primerne kakovosti je bil tudi pretežni del prevzetega lesa.

Menimo, da je bilo zgornje kratko pojasnilo potrebno za lažje razumevanje razlik med našimi dosedaj in v nadaljevanju prikazanimi vrednostmi osnovnih parametrov ter vrednostmi, ki so poznane iz strokovne literature in vsakdanje prakse.

4.3.2 Vrednosti in nihanja vrednosti nominalne gostote raziskovanega lesa

Pri tem parametru gre za količino (kg) suhega lesa v volumenski enoti (m^3) svežega lesa ("lutro"). Gre za volumensko maso lesa, zmanjšano za maso v ležju vsebovane vode, torej osušenega na vlažnost 0,5-1% (absolutna suhost). Enako kot velja za "lutro" maso je tudi nominalna gostota močno variabilna lastnost lesa. Niha v drevesu, med drevesi, med vrstami lesa, med rastišči in geografskimi območji. Odločilni vplivni dejavniki so zgradba, zdravost in vlažnost, kot najpomembnejši dejavnik.

Ugotovljene vrednosti naših raziskav ter statistični kazalci so razvidni iz že prikazanih tabel, skupaj z ostalimi raziskovanimi parametri lesa. Na kratko si oglejmo nekatere vrednosti in njihove značilnosti.

Povprečne srednje vrednosti neglede na vplivne dejavnike in variabilnost teh vrednosti v okviru iste vrste lesa prikazuje tabela 2. S primerjavo z vrednostmi iz raziskav drugih avtorjev lahko zaključimo, da so vse naše ugotovitve blizu povprečja in v mejah variabilnosti drugih avtorjev. Tako so za les smreke in jelke največkrat navedene povprečne vrednosti med 400 in 430 kg/m³, za bukev in hrast med 560 in 590 kg/m³ ter za lesove mehkih listavcev med 350 in 480 kg/m³. Po naših raziskavah je povprečna nominalna gostota lesa smreke in jelke 417 kg/m³, za bukovino in hrastovino 588, oz. 581 kg/m³ ter za trepetljiko in jelšo 448 oz. 461 kg/m³. Enako primerljive so tudi vrednosti za ostale analizirane vrste lesa. Nekoliko večja razlika (v primerjavi s podatki iz Šumarske enciklopedije 1, str. 421) so le pri brestovini.

Enako, kot ugotavljajo drugi avtorji so tudi naše raziskave pokazale velika nihanja vrednosti volumenskih mas, tako med posameznimi kosi (drevesi), kot tudi med povprečji za tovore lesa. Ugotovljene ekstremne vrednosti za tovore lesa so prikazane v tabeli 3. Primerjave obeh ugotovljenih ekstremnih vrednosti nam pokažejo, da je v povprečju za vse vrste lesa maksimalna vrednost kar za tretjino večja od minimalne volumenske mase. Največje razlike se pojavljajo pri iglavcih (sm+jel: 53,5%, r.bor: 48%, č.bor: 50,5%) in pri lesu mehkih listavcev. Manjše pa so razlike pri lesu trdih listavcev: b.gaber: 11,7%, bukev: 24,4%, hrast: 39,5%.

Povprečna nihanja nominalnih volumenskih mas nam kažejo standardni odkloni od srednjih vrednosti in iz njih izračunani variacijski koeficienti. Čboji so prikazani v tabeli 2. Na splošno so tudi tu nihanja večja pri lesu iglavcev in mehkih listavcev kot pri trdih listavcih. Največja nihanja so bila pri lesu trepetljike (KV% = 9,76; nominalna vol.masa = 448,4 ± 44 kg/m³) in pri lipovem lesu (KV% = 9,06 nom.vol. masa = 422,6 ± 38,3 kg/m³). Pri smreki in jelki se vrednosti gibljejo med 417,1 ± 31,8 kg/m³ (KV% = 7,61), pri rdečem boru med 436,2 ± 35,0 kg/m³ (KV% = 8,05) in pri črnem boru: 481,0 ± 23 kg/m³ (KV% = 4,71). Interval nihanja pri bukovini je relativno majhen (588,2 ± 24

kg/m³, KV% = 4,09), nekoliko večji pri hrastovini (580,6 ± 37 kg/m³; KV% = 6,34), najmanjši pa pri lesu belega gabra (619,5 ± 19,82 kg/m³; KV% = 3,21).

S primerjavo nihanj povprečnih vrednosti nominalnih volumenskih gostot po raziskavah različnih drugih avtorjev (med ± 3 in ± 6 %; so v splošnem nihanja po naših raziskavah nekoliko večja. Tudi te razlike si lahko pojasnimo z že omenjenim dejstvom, to je s slabo kakovostjo (zdravostjo) analiziranega lesa.

Bolj zanimiva pa je ugotovitev na osnovi primerjave nihanj med volumenskimi masami svežega lesa in nominalnimi volumenskimi masami. Razlike med povprečnima variacijskima koeficientoma pri "lutro" (KV% = 7,85%) in "atro" masi (KV = 6,70%) so sicer značilne (absolutna razlika je pri "lutro" večja za 1,15 odstotnih točk, relativna za 17%), vendar pa za praktično delo manj pomembne. Na teh zaključkih bi bilo seveda neprimerno sklepati o večji splošni uporabnosti "lutro" metode, zlasti zaradi njene preprostosti in cenenosti. Vsekakor pa prikazane analize (tab.2) kažejo na nujnost selektivnega pristopa pri posameznih vrstah lesa.

4.3.2.1 Spreminjanje nominalne gostote lesa odvisno od vira dobav

Tudi z raziskavami vplivov porekla lesa (geografska območja, nadmorska višina, rastišča) na spreminjanje vrednosti nominalne gostote (nominalne vol.mase) lesa so se že ukvarjali številni avtorji. Vsi ugotavljajo spreminjanje vrednosti nominalnih volumenskih mas lesa v horizontalnem (geografska območja, regije) in vertikalnem smislu (nadm.višina). Razlike so sicer statistično značilne, vendar pa v primerjavi z razlikami znotraj stratuma relativno majhne. S primerjavo vrednosti nominalnih gostot različnih vrst lesa v Nemčiji in Švici je npr. Dietz (1975) ugotovil pri smrekovini iz Nemčije le za 0,5% večje vrednosti kot pri smrekovini iz Švice. Nemška jelovina je bila v povprečju za 2% težja od švicarske, bukovina pa za 1% lažja. Pri rdečem boru so se povprečja razlikovala za 3% (v korist Švice), in pri macesnu le za 1,3% v korist Nemčije. Podobno majhne razlike so bile ugotovljene tudi pri medsebojni primerjavi ostalih vrst lesov.

Nekoliko večje razlike v nominalnih gostotah so bile ugotovljene med povprečnimi vrednostmi za posamezna geografska območja v okviru Nemčije oz. Švice. V Nemčiji so bile ugotovljene vrednosti za smreko med 395 (Schwarzwald) in 419 kg/m³ (Odenwald), v Švici pa med 388 (Alpen) in 410 kg/m³ (Mittelland). Vrednosti za bukev so bile v Nemčiji med 557 in 595 kg/m³, v Švici pa med 580 in 606 kg/m³.

Dokaj neizrazita soodvisnost je bila ugotovljena tudi pri spreminjanju nominalne volumenske mase lesa glede na spreminjanje nadmorske višine kot elementa izvora lesa. Iz ugotovljenih povprečij, tako v Švici kot v Nemčiji lahko ocenimo, da je korelacija prej negativna kot pozitivna, kar bi normalno pričakovali (višja nadmorska višina - počasnejša rast - gostejši, težji les).

Pri naših analizah vplivov porekla lesa na gostoto lesa smo, iz že pojasnenih razlogov, registrirali vir dobave lesa le po gozdnogospodarskih območjih. Primerjali in analizirali smo povprečne vrednosti le za najpomembnejše vrste lesa (predstavnike skupin) ter tudi le za tiste količine lesa, ki so bile skladiščene manj kot tri mesece. S tem smo se skušali izogniti vplivu biološko-kemičnega razkroja lesa na spreminjanje nominalne gostote lesa zaradi daljšega skladiščenja. Spet pa nismo mogli izločiti variabilnosti gostote lesa zaradi različnega zdravstvenega stanja (ohranjenosti) drevja ob poseku.

Kolikšen vpliv ima izvor lesa na spreminjanje nominalne gostote lesa prikazuje tabela 5. Vidimo, da so povprečne vrednosti za posamezna območja v dokaj širokem intervalu, in sicer pri lesu smreke in jelke med 405 in 429 kg/m³ (razlika je 5,6%), oziroma med - 3,4 in + 2,4% okrog srednje vrednosti za vsa primerjana območja.

Še večje razlike so bile ugotovljene pri lesu rdečega bora, in sicer je bila tu maksimalna vrednost (območje ZPMK, Sežana), to je 472 kg/m³, kar za 13% večja od ugotovljene minimalne vrednosti volumenske mase (Kočevje, 417 kg/m³). Od povprečne vrednosti za vsa območja pa se posamezna povprečja razlikujejo za največ + 8,2 in najmanj - 4,4%.

V primerjavi z lesom omenjenih iglavcev so povprečne vrednosti pri bukovini precej bolj izenačene, saj je razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo le 4,7%. Povprečne vrednosti nominalnih volumenskih gostot pa so za vsa območja v intervalu med plus in minus 2,4% okrog srednje vrednosti.

Občutnejše razlike pa so bile ugotovljene spet pri lesu trepetljike, kot predstavniku skupine mehkih listavcev. Tu je bila razlika med maksimalnim in minimalnim povprečjem kar 23,7%. Ugotovljena minimalna povprečna vrednost, ki se močno razlikuje od ostalih povprečij, je predvsem posledica dejstva, da je bil tu prevladujoč delež topolovine iz plantaž, za razliko od ostalih območji kjer je bil skoraj izključno les trepetljike. Če upoštevamo omenjeno dejstvo so razlike občutno manjše, in sicer v mejah med -4,2 in +7,1% okrog skupnega povprečja.

Praktični zaključki iz prikazanih analiz so lahko naslednji:

- Najbolj kakovosten in najvrednejši les smreke in jelke, iz vidika konkretnega porabnika, je bil iz območja GG Postojne.
- Tudi najvrednejši les rdečega bora je bil iz območja GG Postojna, najslabši pa iz območja GG Kočevje.
- Bukovina iz območja GG Ljubljana in GG Kočevje je bila kakovostnejša od bukovine iz ostalih območij
- Najbolj uporaben les trepetljike je bil dobavljen iz območja GG Kranj in GG Kočevje.

4.3.2.2 Vpliv letnega obdobja poseka in dobave lesa ter trajanja skladiščenja na spreminjanje nominalne volumenske mase

Vse naštete primerjave in analize so skupaj z ostalimi raziskovanimi parametri prikazane v tabelah 9,10,11 in 12. Razen v tabeli 9, kjer so prikazane vrednosti za vse raziskovane vrste lesa, so v ostalih tabelah analizirane le najpomembnejše (količinsko) vrste lesa, kot predstavniki posameznih skupin.

Čeprav med letnim obdobjem poseka in nominalno volumensko gostoto ni neposredne soodvisnosti in tudi nikakršne zakonitosti, to kažejo tudi neznatne razlike pri vseh analiziranih vrstah lesa z zadostnim številom vzorcev (tab.9), so pri posameznih vrstah te razlike občutnejše. Poleg možnih razlik zaradi napake vzorčenja so te razlike pogojene tudi z razlikami med viri dobav ter različnim stanjem lesa (drevesa) v času poseka, kar je tudi posledica različnih gozdnogospodarskih ukrepov (načinov, vrste sečenj) v različnih letnih obdobjih (sanitarne sečnje, redčenja, končne sečnje, krčitve, premene itd.).

Letnemu obdobju poseka, kot potencialnemu vplivnemu dejavniku na spreminjanje nominalne volumenske mase lesa, smo v tabeli 10 dodali še vpliv časa skladiščenja. Zaradi objektivnejših medsebojnih primerjav smo tudi tu, pri vseh glavnih vrstah lesa, analizirali nihanja le za obdobje skladiščenja treh mesecev. Kot nam je že poznano je bilo $3/4$ vseh količin lesa skladiščenih krajši čas kot tri mesece.

Pri smrekovo-jelovem lesu se je nominalna gostota po času skladiščenja (meseceh) gibala v mejah med $- 0,9$ in $+ 1,4\%$ okrog povprečja za vse tri mesece. Pri tej vrsti lesa in v obdobju skladiščenja treh mesecev tudi ni izrazite negativne korelacije med obema spremenljivkama.

Bolj izrazita odvisnost je bila ugotovljena pri lesu rdečega bora, kjer se je nominalna gostota zmanjševala s povprečno mesečno stopnjo $2,27\%$, ali povprečno mesečno za $13,6 \text{ kg/m}^3$. Srednje vrednosti za posamezna obdobja skladiščenja so bila v intervalu med $- 3,9$ in $+ 3,1\%$ okrog povprečja za vse tri mesece skladiščenja. Razlika med povprečno vrednostjo po enomesečnem skladiščenju in tromesečnem skladiščenju pa je bila $6,8\%$, to je $30,7 \text{ kg/m}^3$.

Tudi pri bukovini ni izrazite linearne soodvisnosti med nominalno gostoto in trajanjem skladiščenja. Vsa povprečja so bila v intervalu med $- 1,42$ in $+ 0,87 \%$ okrog srednje vrednosti, oziroma v absolutni vrednosti med $572,3$ in $585,6 \text{ kg/m}^3$.

Pri lesu trepetljike so nihanja nominalnih volumenskih mas v intervalu med $431,5$ in $455,8 \text{ kg/m}^3$, to je med $- 3,1$ in $+ 2,3\%$ okrog povprečne vrednosti za tromesečno obdobje skladiščenja.

Na zaključku prikazov in analiz spreminjanja nominalne gostote lesa pod vplivom različnih dejavnikov si ogledajmo še vpliv letnega obdobja prevzema (dobave) lesa. Ti izsledki so prikazani v tabeli 12, spet le za najpomembnejše vrste lesa.

Čeprav tudi pri tem dejavniku ne gre za neposredno soodvisnost se med povprečji nominalnih gostot po posameznih obdobjih pojavljajo večje ali manjše razlike. Tudi te razlike so lahko pogojene le z dejavniki, ki smo jih navedli pri obdobjih poseka lesa.

Tabela 12: Povprečne nominalne gostote nekaterih vrst lesa v različnih letnih obdobjih dobave v kg/m^3 :

Vrste lesa	Letno obdobje dobave			Povprečje
	1=1.10.-30.3.	2=1.4.-30.6.	3=1.7.-30.9.	
bukev	588.6	584.7	591.6	588.2
hrast	573.8	582.1	614.1	580.6
sm.+jelka	410.3	419.8	418.9	417.1
rdeči bor	436.6	436.7	433.4	436.2
trepetljika	452.5	478.2	414.7	448.4

Pri bukovini je največja razlika med povprečji za posamezna obdobja le $6,9 \text{ kg}/\text{m}^3$, to je le $1,2\%$. Vsa povprečja so v mejah intervala med $\pm 0,6\%$. Povprečja pa so v mejah med $-1,2$ in $+5,7\%$ okrog srednje vrednosti. Pri iglavcih so te razlike zanemarljive, nekoliko večje pa so pri trepetljiki.

Z ozirom na navedeno lahko zaključimo, da ugotovljene razlike niso značilne ter da čas dobave lesa ni zanesljiv kazalec variabilnosti nominalne volumenske mase lesa.

4.3.3 Vsebnost suhega lesa (suhost-vlažnost lesa) in spreminjanje vrednosti pod vplivom različnih dejavnikov

Način in obseg ugotavljanja deležev suhega lesa ter utemeljitev načina in vrste izbranih merskih enot smo že opisali v poglavju 4.2.1.3. Da bi se izognili vsem možnim nejasnostim naj le opozorimo nekatera pomembnejša dejstva, in sicer:

- a: Prikazani deleži suhega lesa so laboratorijsko ugotovljeni odstotni masni (utežni) deleži suhega lesa v skupni masi celotnega vzorca. Praktično to pomeni kolikšen je masni delež suhega lesa v masi volumenske enote svežega (nesuhega) lesa. Razlika med deležem suhega lesa in skupno maso (=100%) pa je odstotni masni delež (nevezane) vode v lesu, oziroma vlažnost lesa.
- b: Deleži suhega lesa so bili ugotovljeni pri stanju lesa v času prevzema. Odvisno od stanja lesa ter časa in načina skladiščenja se te vrednosti bolj ali manj razlikujejo od deležev pri stoječem drevju, oziroma pri lesu takoj po poseku.
- c: Pri nobenem vzorcu (tovoru) v naših raziskavah nismo ugotovili vlažnost lesa pod zasičenostjo lesnih vlaken. Zato popravki zaradi krčitev in nabrekanja volumna niso bili potrebni.

Vsebnost suhega lesa oziroma njena recipročna vrednost, to je vlažnost lesa, je ena izmed najpomembnejših lastnosti lesa, tako v tehnično-tehnološkem, kot tudi v ekonomskem pomenu. Zato je razumljivo, da je temu parametru vseskozi namenjeno veliko pozornosti in raziskav. Še posebej je to razumljivo zaradi njegove velike variabilnosti v času in prostoru, pod vplivom številnih dejavnikov. Razlike so med vrstami lesa (drevesnimi vrstami), med lesovi iste vrste, med deli in sestavinami drevesa, med lesovi drevja iz različnih sestojnih položajev, različne starosti, dimenzij, zdravstvenega stanja, rastišča, letnega časa, vremenskih razmer itd. Pri posekanem lesu pa se tem številnim vplivnim dejavnikom pridružijo še novi: letni čas (obdobje) poseka, stopnja izdelave in dodelave v gozdu, način, čas, kraj in trajanje skladiščenja. Še poseben problem pa je higroskopičnost lesa.

V naših raziskavah smo seveda lahko upoštevali in merili vplive le nekaterih dejavnikov: vrste lesa (drevesne vrste), vrste in dimenzije sortimentov (industrijski dolgi obli les v lubju, srednji premer 20 cm) letno obdobje poseka in dobave (prevzema), trajanje skladiščenja (čas med posekom in prevzemom) ter poreklo lesa v regionalnem smislu. V naslednjih poglavjih bomo prikazali in analizirali naše ugotovitve vrednosti deležev suhega lesa ter njih nihanja in jih tudi primerjali z ustreznimi izsledki drugih avtorjev.

4.3.3.1 Srednje vrednosti in nihanja vrednosti deležev suhega lesa pri različnih vrstah lesa

Frekvenčna porazdelitev analiziranih količin lesa po deležih suhega lesa za glavne dobavitelje in za najpomembnejši vrsti lesa, to sta bukev ter smrekov-jelov les, je prikazana v graf. 1 b in 1 d. Pri obeh vrstah lesa so razvidna velika nihanja deležev suhega lesa, še posebej pa je to izrazito pri smrekovo-jelovem lesu. Enaka razstresenost je razvidna tudi pri posameznih virih dobav. Nekoliko izrazitejša zgostitev vrednosti je le pri bukovini iz območja GG Novo mesto in smrekovini iz območja GG Ljubljana.

Povprečne in ekstremne vrednosti ter nihanja deležev suhega lesa so za vse raziskovane vrste in količine lesa prikazane v tabelah 2 in 3. V tabeli 2 so poleg srednjih vrednosti prikazani tudi statistični kazalci variabilnosti (standardni odkloni, variacijski koeficienti).

Znano je, da imajo gostejše vrste lesa (trdi listavci) v splošnem večji delež suhega lesa kot iglavci in mehki listavci. Tudi variabilnost in nihanje vlažnosti pod vplivom različnih dejavnikov je večja pri iglavcih kot pri listavcih. Te ugotovitve so evidentne tudi iz prikazov v tabelah 2 in 3.

Povprečno odstopanje deležev od srednjih vrednosti je pri trdih listavcih v intervalu med ± 3 in 4 absolutnih odstotnih točk (δ) oziroma med ± 5 in 6 odstotki (KV %). Pri mehkih listavcih so povprečni odkloni večji, in sicer absolutno med $\pm 5-6$ točk in $\pm 7-8$ %. Še večji pa so odkloni pri lesu iglavcev, in sicer povprečno med ± 7 odstotnimi točkami in ± 10 %. Največja variabilnost je bila ugotovljena pri lesovih rdečega bora (KV% = 13,86) ter smreke in jelke (KV%=11,33). Pri obeh vrstah lesa so

bile ugotovljene tudi ekstremne vrednosti deležev suhega lesa, to sta spodnja 40% (60% vlažnost lesa) in zgornja 76,24% (24% vlažnost).

Med številnimi raziskavami vlažnosti lesa kot tržnega proizvoda in industrijske surovine je bilo največ pozornosti namenjeno lesu bukve ter jelke in smreke. Pri tem je bilo proučevano predvsem stanje lesa ob sečnji (svež les) in stopnja vlažnosti ob prevzemu (prodaji) lesa. V obeh primerih so prikazane vrednosti pri posameznih avtorjih v dokaj širokih intervalih. Značilne pa so tudi razlike v vrednostih med avtorji.

V svojih raziskavah industrijskega drobnega bukovega lesa je Lipoglavšek (1976) ugotovil ob poseku delež suhega lesa v intervalu med 50,9 in 64,1%, ali povprečno 54,5%. Krpan (1960) navaja povprečno suhost 57,6%, z nihanji v vodoravni in navpični smeri med 51,5 in 64,8%. Karašasanović (1973) navaja nihanje med 46,5 in 71,0%. Pri posameznih delih drevesa (panj, deblo, vejevine) je ugotovil nihanje v intervalu med 57 in 60% suhosti. V sami beljavi pa so bila nihanja med 48,5 in 54,1%.

Cividini (1969) je pri bukvi za posamezne vzorce ugotovil nihanja med 45,0 in 66,0% suhosti. Kot srednjo vrednost pa navaja 55,3%. Sachsse (1967) navaja za droben bukov les v Nemčiji srednjo vrednost 54,1%.

V svojem učbeniku (Lipoglavšek, 1980) navaja avtor po različnih virih in za različne vrste lesa te minimalne vrednosti deležev suhega lesa v svežem lesu:

- Smreka:	33,2%	- Bukev:	46,3%
- R.bor:	37,3%	- Hrast:	47,7%
- Macesen:	43,3%	- B.gaber:	52,1%
- R.bor:	30,2%	- Topol:	32,8%

V Šumarski enciklopediji, 1. zvezek, so za iglavce navedene povprečne vrednosti med 43,5 in 74,1%. Za posamezne vrste lesa in sestavine drevesa pa so navedena tale povprečja (% suhega lesa):

	Beljava	Jedrovina	Povprečje
- Smreka:	40,7	75,2	-
- Jelka:	37,8	72,5	-
- Bor:	43,0	76,3	-
- Macesen:	50,0	77,0	-
- Bukev:	53,0	57,8	-

- Hrast:	-	57,2	-
- Breza:	-	-	53,8
- Jelša:	-	-	46,3

V FPP sporazumu v Avstriji iz leta 1987 so navedeni tile povprečni deleži suhega lesa:

	Beljava	Jedrovine	Lubje
- Smreka:	41	75	50
- R. bor:	43	76	50
- Bukev.	53	58	60
- Breza:	54	-	60

Vyskot (1981) je raziskoval spreminjanje deležev suhega lesa pri svežem lesu smreke v odvisnosti od debeline (premera) in starosti. Tako je pri oblovinu smreke do premera 30 cm ugotovil povprečne deleže suhega lesa v intervalu med 52,0 in 55,5%, pri debelini nad 30 cm pa med 49,2 in 55,1%. Povprečna suhost lesa pri starosti 20 let je bila 55,0%, pri 52 letih 51,6% in pri 68 letih 48,8%. Vidimo, da se s starostjo in večanjem premera zmanjšuje delež suhega lesa, oziroma povečuje vlažnost.

Če zgoraj navedene deleže suhega lesa primerjamo z našimi ugotovitvami (tab. 2,3), lahko zaključimo, da med njimi ni večjih razlik, ne v povprečjih in ne v ekstremnih vrednostih. Nekoliko višje povprečne vrednosti v naših raziskavah so pogojene s stanjem drevja ob poseku (sušice!) in osušitvijo v času med posekom in prevzemom lesa (skladiščenje!).

4.3.3.2 Vpliv izvora lesa na nihanje vsebnosti suhega lesa

Enako kot pri nihanju volumenske mase in nominalne gostote se tudi v suhosti lesa pojavljajo nihanja odvisno od izvora lesa, tako v horizontalnem (geografska območja) kot tudi v vertikalnem smislu (nadmorska višina, rastišče). Te razlike in nihanja so razvidna iz dosedanjih prikazov povprečij in nihanj vrednosti okrog povprečij. Pri bukovini je Lipoglavšek ugotovil, da se ob sečni vrednosti med različnimi sečišči v Sloveniji gibljejo med 52,5 in 57,7%, to je - 2,7 do + 6,0 odstotnih točk, ali med - 4,9 in + 11,0 % okrog srednje vrednosti (54,5% suhost). Podobne so tudi razlike, ki jih navajajo drugi avtorji. Na splošno ugotavljajo,

da so razlike v deležu suhe snovi (vlažnosti) večje znotraj in med posameznimi drevesi, kot pa razlike med povprečji iz različnih območij in rastišč.

Izsledki naših raziskav vplivov izvora lesa na spreminjanje vsebnosti suhega lesa so prikazani v tabeli 5, in sicer le za glavne predstavnike vrst lesa ter za enako obdobje skladiščenja (tri mesece) za vse vire dobav. Pri smrekovini in jelovini so povprečni deleži suhega lesa za vse vire dobav v intervalu med - 2,1 in + 3,6% okrog srednje vrednosti. Razlika med najnižjim deležem (iz območja GG Ljubljana) in najvišjim deležem (les iz območja GG Kočevje) je le 3,0 odstotnih točk, oziroma 4,9%.

Občutno večje so razlike v povprečni suhosti pri lesu rdečega bora. Razlika med maksimalno (območje GG Ljubljana) in minimalno (GG Postojna) povprečno vrednostjo je kar 12,52 odstotnih točk. Povprečne vrednosti vseh virov dobav pa so v intervalu med - 15,7 in + 7,7% okrog srednje vrednosti (53,65% suhost).

Dokaj izenačeni deleži suhega lesa po virih dobav so pri bukovini in lesu trdih listavcev nasploh. Iz tabele je razvidno, da so vse povprečne vrednosti v intervalu med 56,24 in 60,05%, to je med - 3,0 in + 3,6% okrog srednje vrednosti. Razlika med največjim in najmanjšim povprečjem je 3,81 odstotnih točk ali 6,4%

Relativno majhne, čeprav značilne, so razlike med deleži suhega lesa tudi pri trepetljiki. Tu se vse vrednosti gibljejo v intervalu med 52,78 in 56,48%, to je v mejah med minus 3,1 in plus 3,6% okrog srednje vrednosti.

4.3.3.3 Vpliv letnega obdobja poseka lesa na spreminjanje vsebnosti suhega lesa

Tudi o tej soodvisnosti so bile opravljene številne raziskave. Vsi avtorji so si bolj ali manj edini, da gre tudi tu za razlike, ki so značilne, vendar v povprečju manjše kot so individualne razlike znotraj drevesa in med drevesi.

V svojih raziskavah časovnega spreminjanja deležav suhega lesa (vlažnost) je Dietz (1972) ugotovil, da je smrekovina spomladi za 10% vlažnejša kot pozimi. Pri bukvi je ta razlika le 5%. Ob koncu avgusta je pri bukovini ugotovil povprečni delež suhega lesa



56,7%, decembra pa se je delež povečal na 61,5%. Sachsse (1971) ugotavlja, da so razlike med deleži v različnih letnih časih posekanega lesa majhne, vendar značilne. Po Wedermayerju (1971) je razlika v deležu suhe snovi med pozimi in poleti posekano bukovino 5,6% (pozimi večji delež), pri lesu drugih trdih listavcev je ugotovil neznačilne razlike (0,6%), velike razlike pri lesu mehkih listavcev (10,6%) in značilne, čeprav majhne razlike pri borovini (6,7%).

Izsledki naših raziskav spreminjanja deležev suhega lesa, v odvisnosti od letnega obdobja poseka, so prikazani v tabeli 9. Iz tabele je razvidno, da je skoraj pri vseh vrstah lesa najmanjši delež suhega lesa (najvišja vlažnost) pri lesu, ki je bil posekan v jesensko-zimskem obdobju (1. okt.-30. marec), večji v poletnem obdobju (1. julij-30. sept.) posekan les in najvišji delež les, ki je bil posekan v spomladanskem obdobju. V splošnem pa so razlike v povprečnih deležih suhega lesa v jesensko-zimskem in poletnem obdobju, pri večini obravnavanih vrst lesa, neznatne.

Med glavne vzroke, ki pogojujejo razlike med našimi ugotovitvami in ugotovitvami drugih avtorjev, ki smo jih navedli v uvodnem delu tega poglavja lahko štejemo:

- Neupoštevanje stanja lesa (drevja) v času poseka;
- Neupoštevanje vplivov letnega obdobja in trajanja skladiščenja.

Gre torej za prevladovanje nihanja deležev suhega lesa zaradi vplivov navedenih dejavnikov nad vplivom dejavnika letnega obdobja poseka lesa. To pomeni, da pri prevzemu lesa, ki je bil skladiščen več kot mesec dni, zlasti v obdobju od spomladi do jeseni, vpliv obdobja sečnje lahko zanemarimo.

4.3.3.4 Spreminjanje vsebnosti suhega lesa v odvisnosti od letnega časa dobave (prevzema) lesa

Tudi tem raziskavam je bilo namenjeno že veliko pozornosti, še posebej v Nemčiji. Zlasti obsežne raziskave dolgega industrijskega lesa (les za lesne plošče, celulozni les) je v letih 1967-1970 opravil Dietz (1972), in sicer za bukovino in smrekovino. Ugotovljene razlike v vsebnosti suhega lesa med povprečji v posameznih mesecih prevzetega lesa so bile značilne, vendar majhne. Vsa mesečna povprečja so bila pri bukovini v intervalu med 56,7 in 61,6%. Okrog letnega povprečja, ki je bilo 59,6%, so bile vse vrednosti v intervalu med $\pm 3,2\%$.

V obdobju dobav med oktobrom in aprilom (jesensko-zimsko obdobje) je bil povprečni delež suhega lesa $57,5 \pm 4,5\%$, v obdobju od maja do decembra $60,9 \pm 4,2\%$ ter v času prevzema od oktobra do decembra $59,6 \pm 5,4\%$.

Pri smrekovem lesu so bile razlike med mesečnimi povprečji večje, in sicer v mejah med $48,26$ in $54,88\%$. Celoletno povprečje je bilo $51,94 \pm 10\%$. Najnižja vsebnost (največja vlažnost) suhega lesa je bila v mesecu februarju, najvišja v septembru in oktobru. V obdobju prevzema lesa od januarja do maja so bila mesečna povprečja v intervalu $49,09 \pm 10,48\%$, v obdobju od junija do oktobra v mejah $53,79 \pm 11,04\%$ in od oktobra do decembra $51,84 \pm 11,83\%$.

Pri raziskavah vrednosti osnovnih parametrov celuloznega lesa - te raziskave so bile opravljene ob prevzemu celuloznega lesa v TCP Goričane v letu 1991 (Hrovat, Zgajnar, 1991), so bili pri smrekovo -jelovem lesu ugotovljeni tile deleži suhega lesa:

- za les prevzet v marcu: $57,28\%$
- za les prevzet v aprilu: $53,00\%$
- za les prevzet v maju: $54,23\%$
- za les prevzet v juniju: $52,28\%$

Za celotno obdobje pa je bila povprečna vrednost $54,4\%$, kar je blizu zgornje meje vrednosti po Dietzu.

Izsledki tovrstnih naših raziskav so prikazani v tabeli 13, in sicer le za pomembnejše vrste lesa - predstavnike skupin vrst lesa. Pri vseh vrstah lesa je značilna najmanjša vsebnost suhega lesa pri dobavah v jesensko-zimskem obdobju, največja pa v poletnem obdobju. Pri bukovini so razlike med zimskimi in poletnimi dobavami $3,89$ odstotnih točk, to je $6,4\%$. Od celoletnega povprečja, ki je $58,48\%$, se povprečja po obdobjih razlikujejo od $- 1,8\%$ do $+ 4,8\%$. Zelo podobna povprečja in nihanja so tudi pri hrastovini.

Občutno večja nihanja pa so spet pri smrekovo-jelovem lesu. Tu je razlika med zimskim in poletnim povprečjem kar $9,13$ odstotnih točk, oziroma $14,21\%$. Od celoletne povprečne suhosti, to je $60,62\%$ se povprečja po letnih obdobjih dobav razlikujejo za največ $- 9,1\%$ in $+ 6,0\%$.

Tabela 13: Odvisnost deleža suhega lesa od letnega obdobja dobave za nekatere glavne vrste lesa v %:

Vrste lesa	Letno obdobje dobave		
	1=1.10 - 30.3.	2=1.4 - 30.6	3=1.7. - 30.9.
bukev	57.44	60.99	61.33
hrast	57.91	61.20	61.41
smreka + jelka	55.13	61.30	64.26
rdeči bor	53.22	56.15	58.66
trepetljika	54.32	58.50	57.13

Precej nižje povprečne vrednosti vsebnosti deležev suhega lesa, vendar pa s smrekvino izenačena nihanja, so tudi pri borovini in lesu mehkih listavcev. Pri lesu rdečega bora so povprečja po obdobjih v intervalu med -3,2 in 6,7% okrog celoletnega povprečja. Povprečne vrednosti po letnih obdobjih pri lesu trepetljike pa so v mejah med 54,32% in 57,13%, oziroma v mejah med -2,2 in + 5,3% okrog skupnega povprečja.

4.3.3.5 Soodvisnost med vsebnostjo suhega lesa in trajanjem skladiščenja

Tudi te analize, ki so prikazane v tabeli 10, smo napravili le za pomembnejše vrste lesa in le za obdobje skladiščenja treh mesecev. Kot vemo, je bil v obdobju treh mesecev po poseku porabniku dobavljen pretežni del vseh analiziranih količin lesa.

Medsebojna primerjava povprečnih vsebnosti suhega lesa po trajanju skladiščenja (mesecev) pri nobeni obravnavani vrsti lesa ne kaže značilne soodvisnosti, to je večanja deleža suhega lesa z daljšim skladiščenjem. Po naši oceni so glavni vzroki za to anomalijo tale dejstva:

- že nekajkrat omenjeno stanje lesa (drevja) ob poseku (sušice!), torej nenormalna izhodiščna vlažnost lesa.
- Velik higroskopski potencial lesa, to je sposobnost vpijanja zračne in meteorne vode, ki je še posebej značilna za les iglavcev. Težnja po higroskopskem ravnovesju je tudi glavni razlog, da del raziskovalcev v prvih dveh, treh mesecih po poseku, ugotavlja stagnacijo mase in vlažnosti lesa, še več pa jih ugotavlja povečanje vlažnosti v prvih mesecih skladiščenja. Te ugotovitve veljajo seveda predvsem za jesensko-zimsko in zgodnje spomladansko obdobje, ter posebne razmere skladiščenja (višje lege, zaprta, vlažna, senčna mesta). V toplem in suhem obdobju pa prične sušenje lesa takoj po poseku.

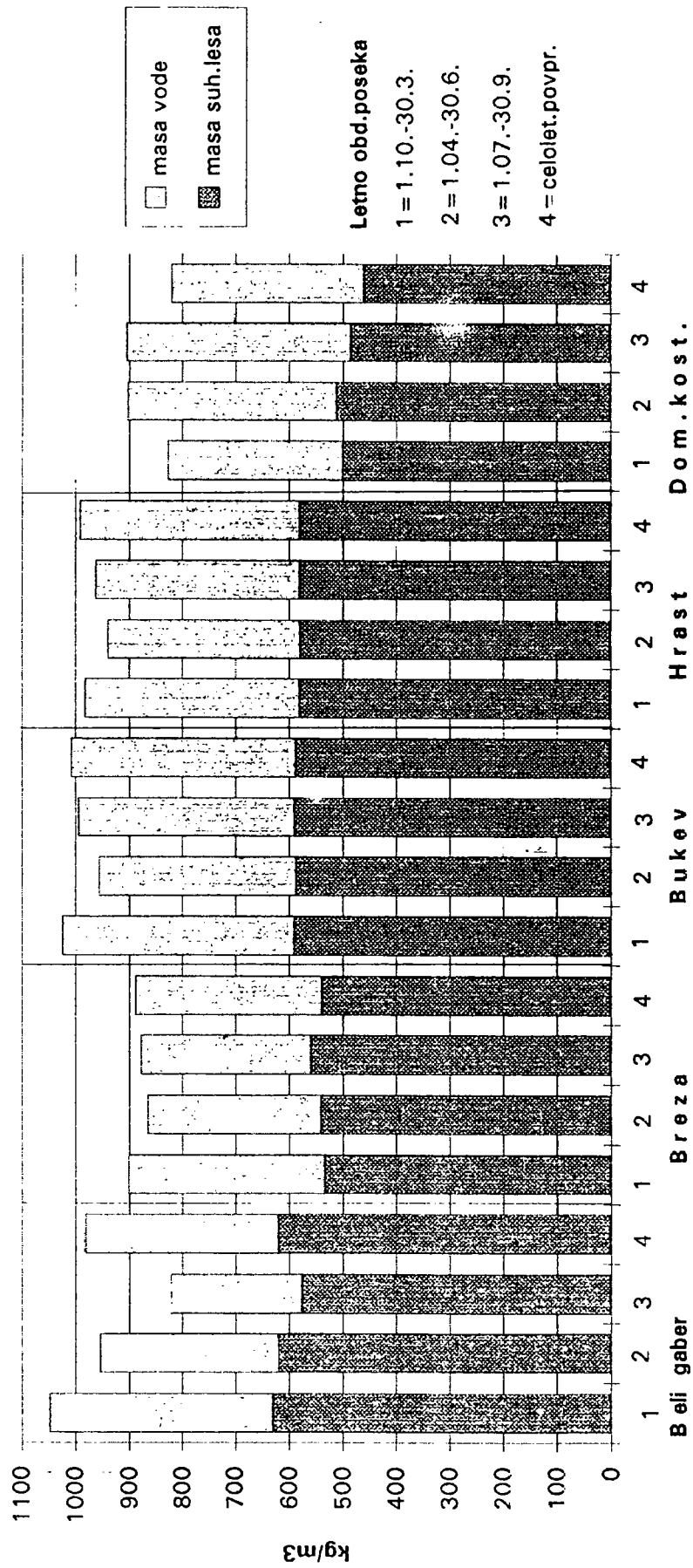
V kontekstu z zgoraj navedenimi dejstvi so pojasnjene tudi naše ugotovitve, ki so navidezno nelogične.

4.3.4 Prikaz in analiza medsebojne soodvisnosti najpomembnejših raziskovanih parametrov lesa

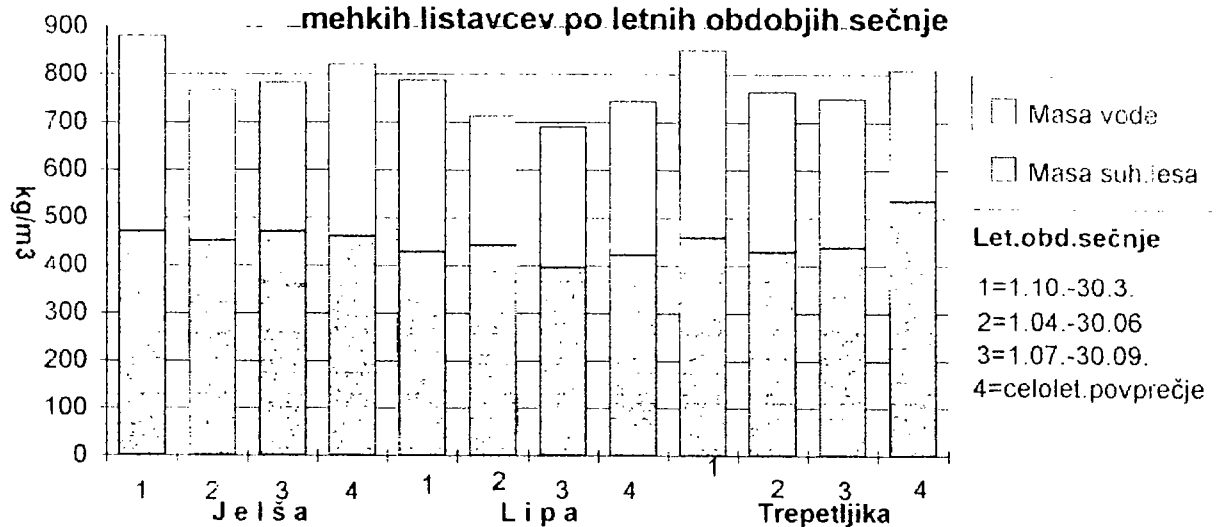
Izhodiščni in nepogrešljivi parametri pri merjenju lesa s tehtanjem so volumenska masa pri določeni stopnji vlažnosti (bruto, lutro, masa svežega lesa), nominalna volumenska masa (atro, masa suh. lesa) in delež suhega lesa, oz. vlažnost lesa. Vsi ti trije naštetni parametri so medsebojno odvisni, bodisi da gre za vzročne ali čiste korelacijske odvisnosti. Tako je volumenska masa lesa neposredno odvisna od gostote lesa in vsebnosti vode, vsebnost vode je odvisna tudi od gostote lesa in obratno.

Stopnje medsebojne odvisnosti za navedene parametre, izražene s korelacijskim koeficientom, so prikazane v tabeli 2. Iz tabele je razvidno, da sta korelaciji med "lutro" in "atro" maso ter med "atro" maso in vsebnostjo suhega lesa pozitivni, korelaciji med "lutro" maso in deležem suhega lesa pa negativni. Za vse tri korelacije pa je nasplošno značilna relativno ohlapna soodvisnost in veliko nihanje le-te pri posameznih vrstah lesa. Tako je pri soodvisnosti med "lutro" in "atro" maso lesa pri lesu robinije koeficient korelacije le 0,1847, pri lesu belega gabra pa 0,7892. V splošnem je tu tesnejša korelacija pri lesu trdih listavcev, ohlapnejša pa pri iglavcih in mehkih listavcih.

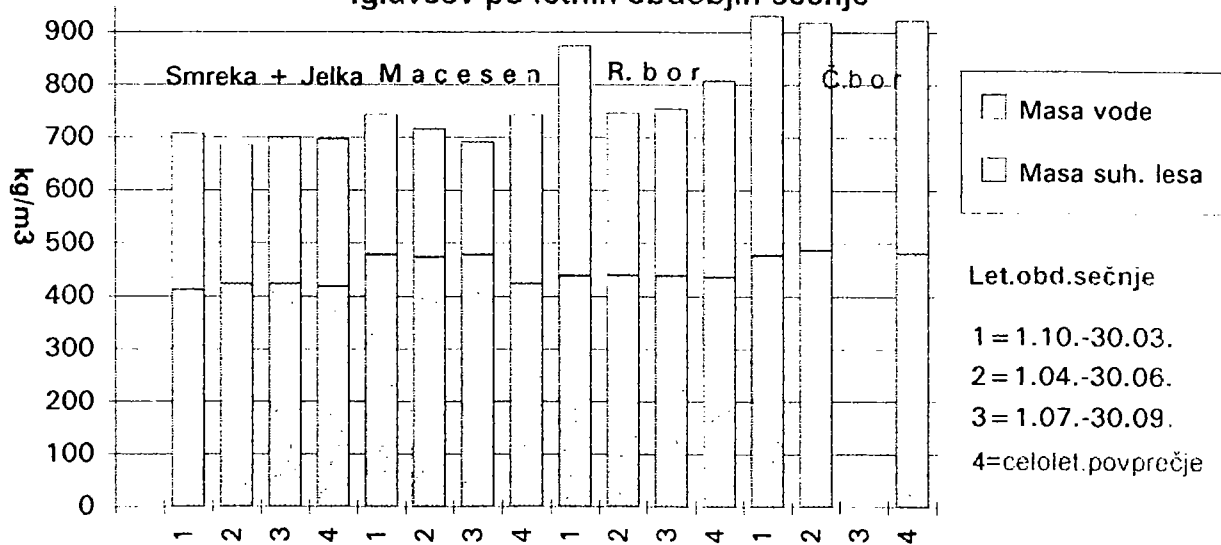
Graf. 4a: Vrednosti in sestava volumenske mase lesa po letnih obdobjih sečnje



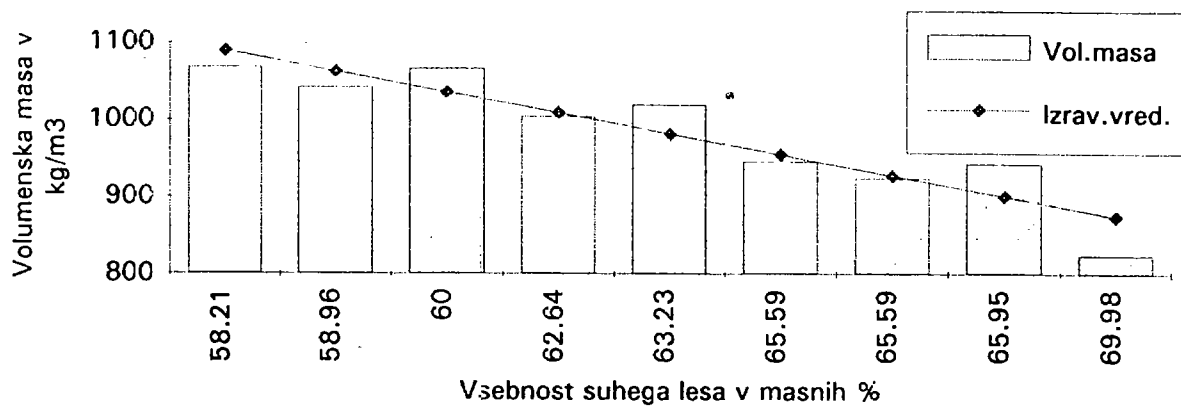
Graf. 4 b: Vrednosti in razmerje volumenske mase in nominalne gostote lesa mehkih listavcev po letnih obdobjih sečnje



Graf. 4 c: Vrednosti in razmerje volumenske mase in nom. gostote lesa iglavcev po letnih obdobjih sečnje



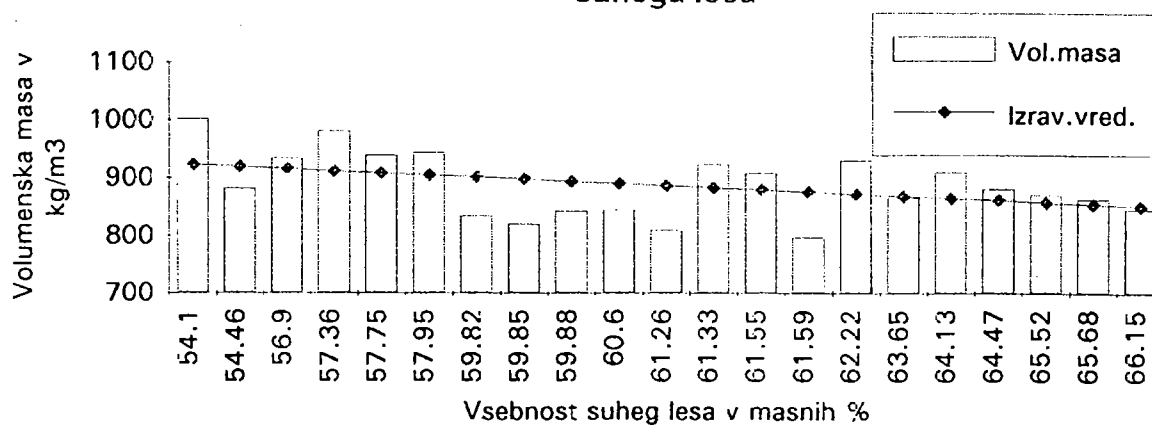
Graf. 5: Odvisnost volumenske mase lesa belega gabra od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 2159,13 - 18,5810X$$

$$R_{xy} = -0,96241$$

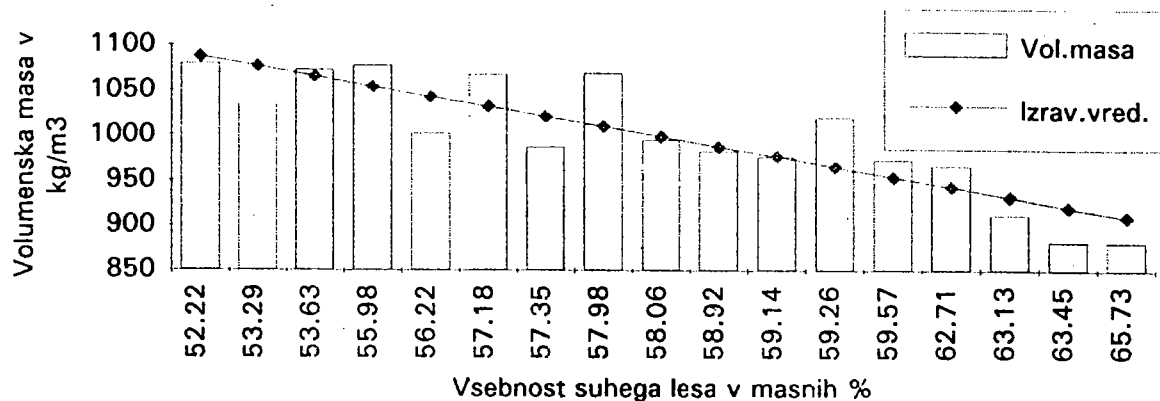
Graf. 6: Odvisnost volumenske mase lesa breze od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1268,01 - 6,2461X$$

$$R_{xy} = -0,85017$$

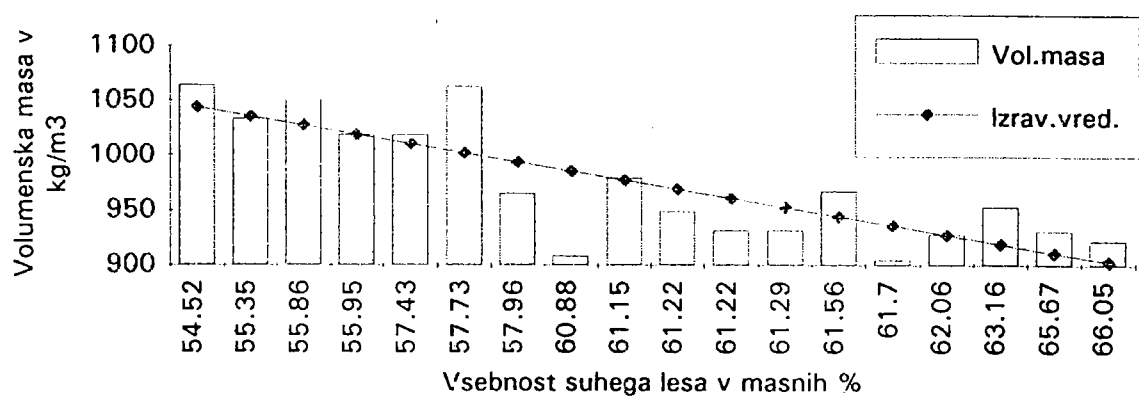
Graf. 7 a: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri bukovini iz zimske sečnje



$$Y' = 1681,36 - 11,225X$$

$$R_{xy} = -0,90389$$

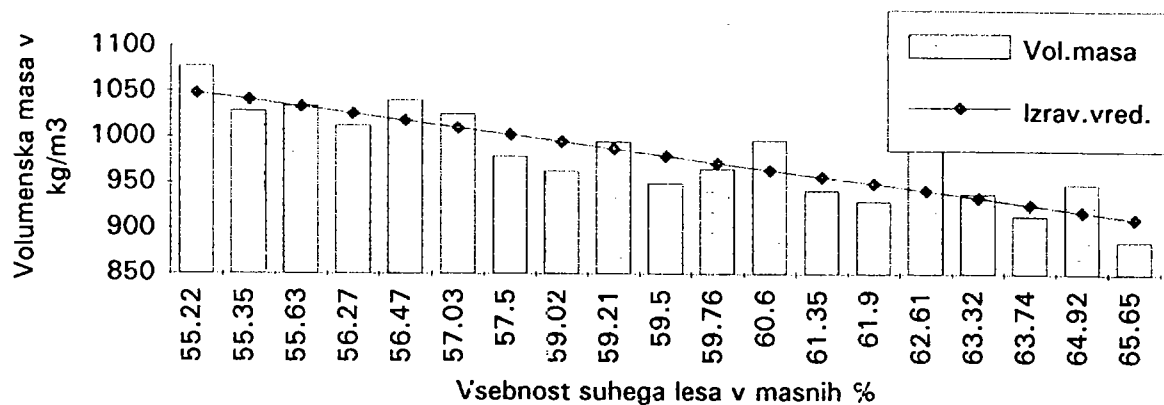
Graf. 7 b: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri bukovini iz spomladanske sečnje



$$Y' = 1726,65 - 12,848X$$

$$R_{xy} = -0,96656$$

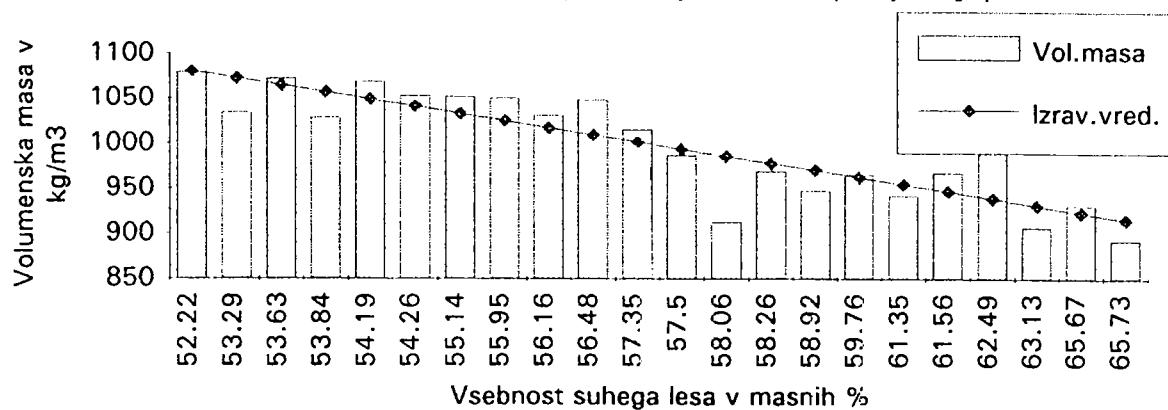
Graf. 7c: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri bukovini iz poletne sečnje



$$Y' = 1747,78 - 12,858X$$

$$R_{xy} = -0,86957$$

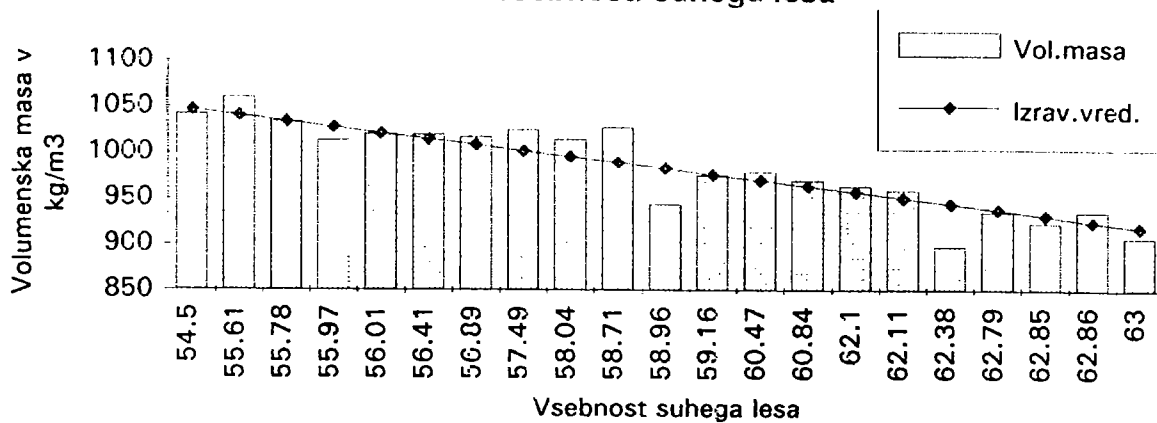
Graf. 7d: Odvisnost volumenske mase bukovine od vsebnosti suhega lesa (celoletno povprečje)



$$Y' = 1726,47 - 12,573X$$

$$R_{xy} = -0,85680$$

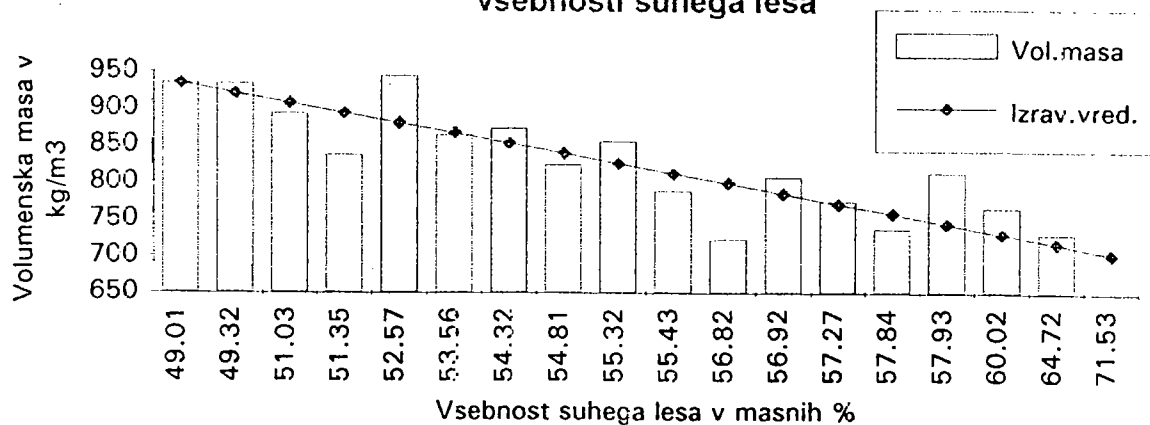
Graf. 8 : Odvisnost volumenske mase hrastovega lesa od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1782,87 - 13,516X$$

$$R_{xy} = -0,74285$$

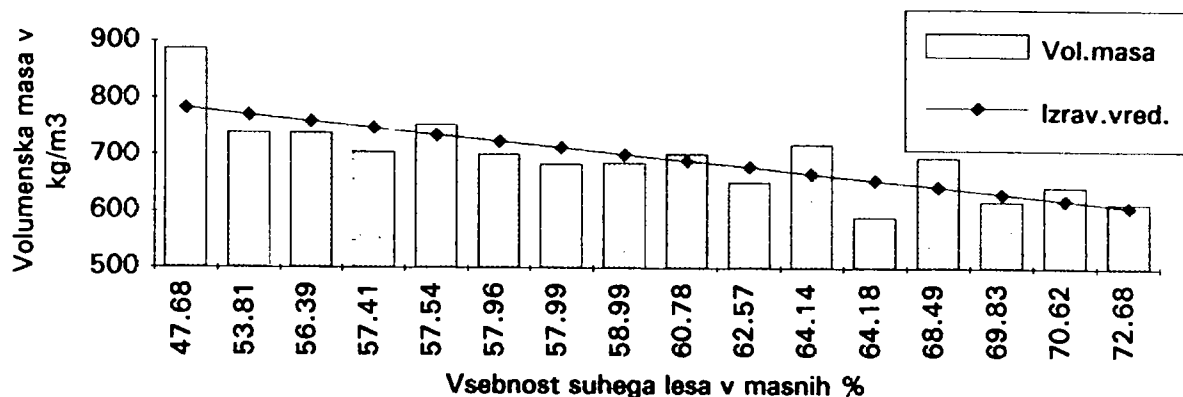
Graf.9 : Odvisnost volumenske mase lesa jelše od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1495,27 - 12,059X$$

$$R_{xy} = -0,88069$$

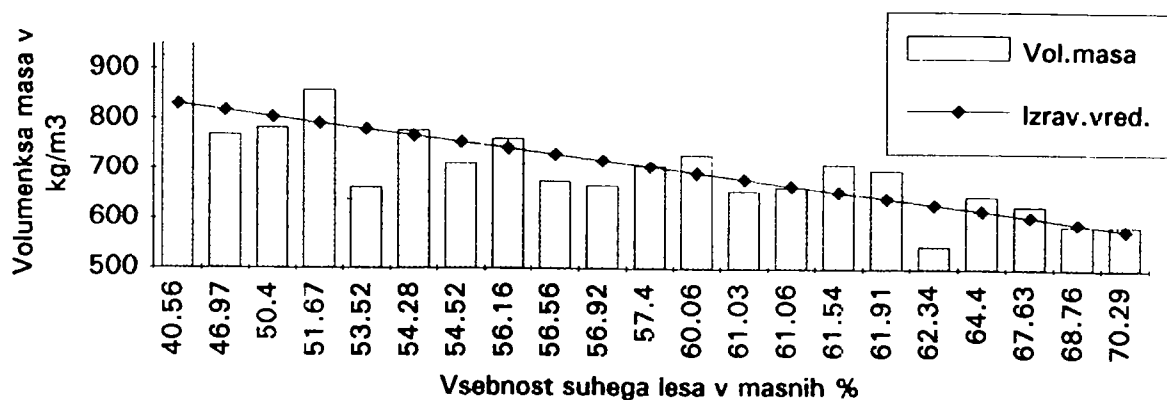
Graf. 10a: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri smrekovo-jelovem lesu iz poletne sečnje



$$Y' = 1209,95 - 8,430X$$

$$R_{xy} = -0,97017$$

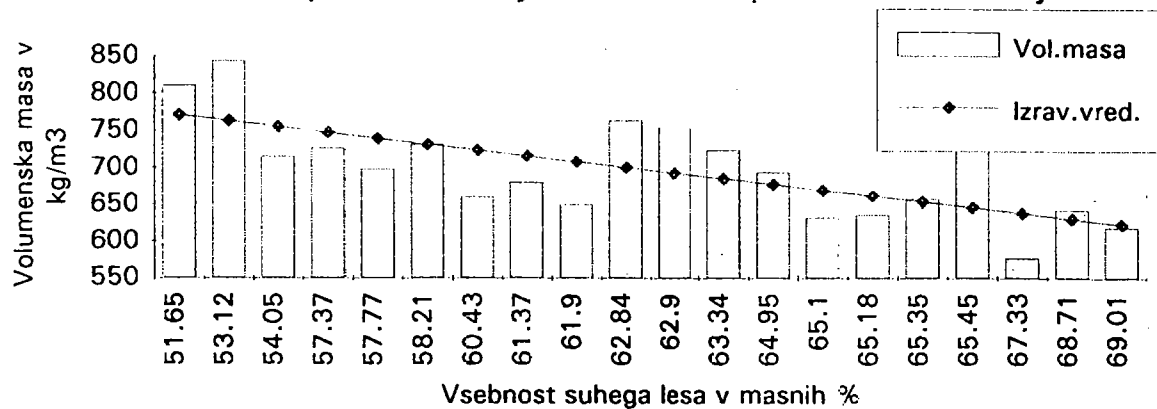
Graf. 10b: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri smrekovo-jelovem lesu iz zimske sečnje



$$Y' = 1303,99 - 10,3293X$$

$$R_{xy} = -0,85005$$

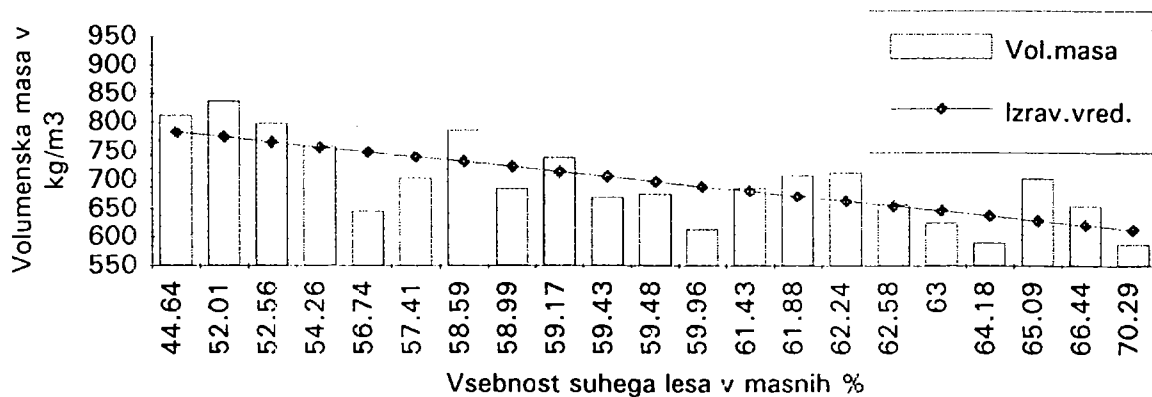
Graf.10c: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri smrekovo-jelovem lesu iz pomladanske sečnje



$$Y' = 1244,63 - 8,8614X$$

$$R_{xy} = -0,97124$$

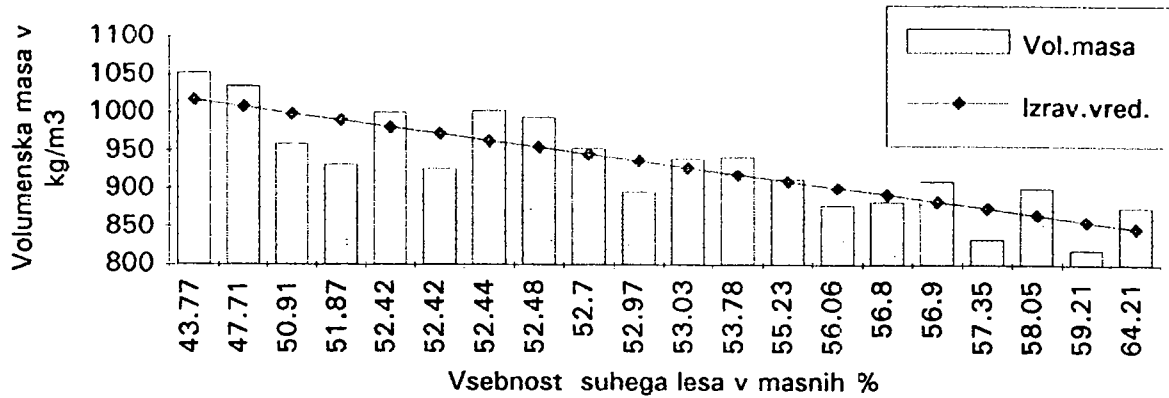
Graf.10d: Odvisnost volumenske mase od vsebnosti suhega lesa pri smrekovo-jelovem lesu (celoletno povprečje)



$$Y' = 11226,43 - 8,8757X$$

$$R_{xy} = -0,93582$$

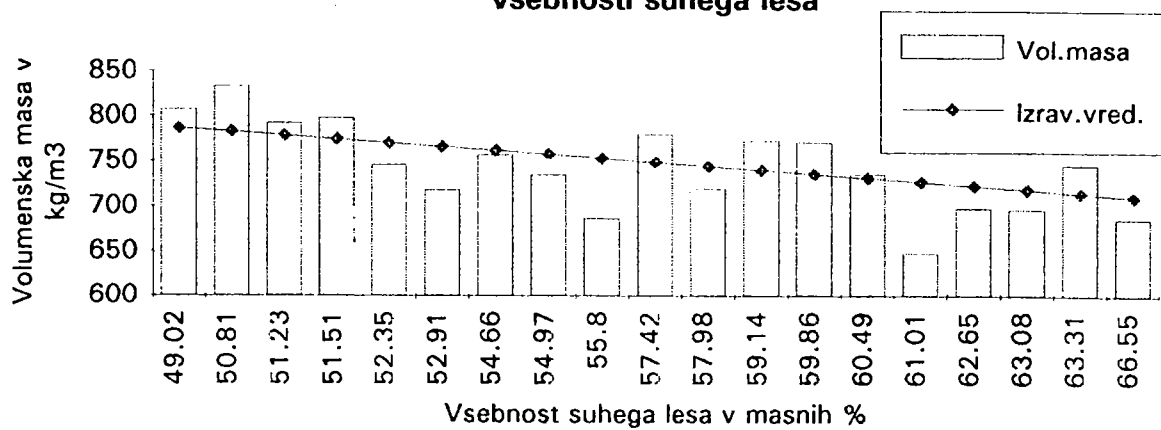
Graf. 11 ; Odvisnost volumenske mase lesa domačega kostanja od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1572,10 - 11,2457X$$

$$R_{xy} = - 0,82609$$

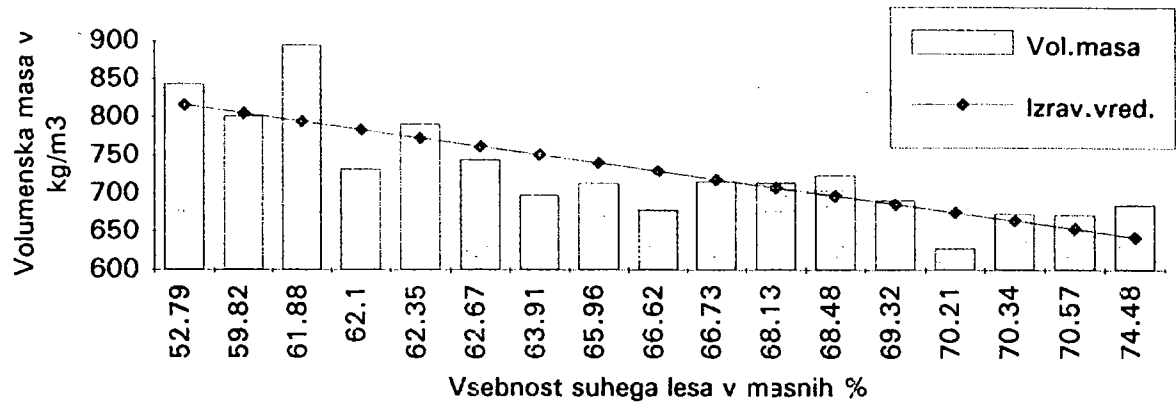
Graf. 12 ; Odvisnost volumenske mase lipovega lesa od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1218,22 - 4,7207X$$

$$R_{xy} = - 0,65018$$

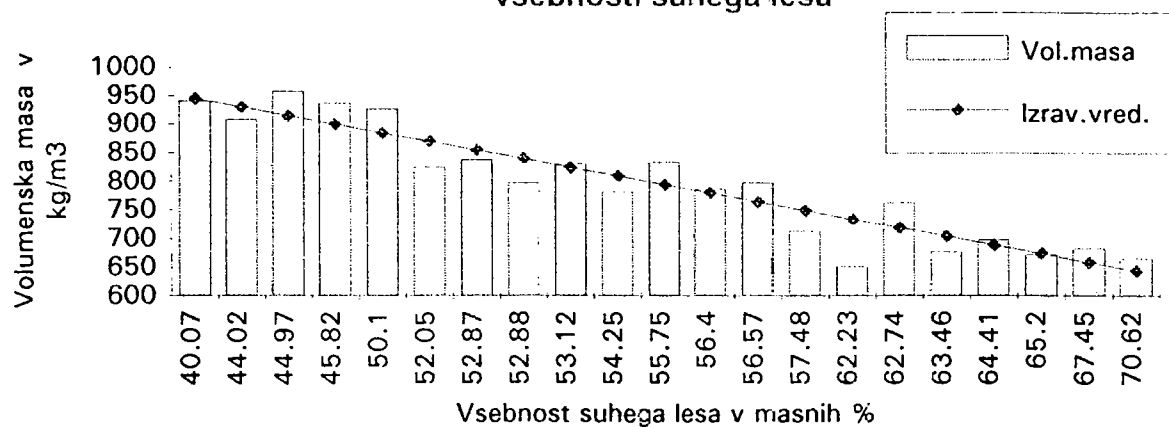
Graf. 13: Odvisnost volumenske mase macesnovega lesa od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1322,11 - 9,0337X$$

$$R_{xy} = -0,78087$$

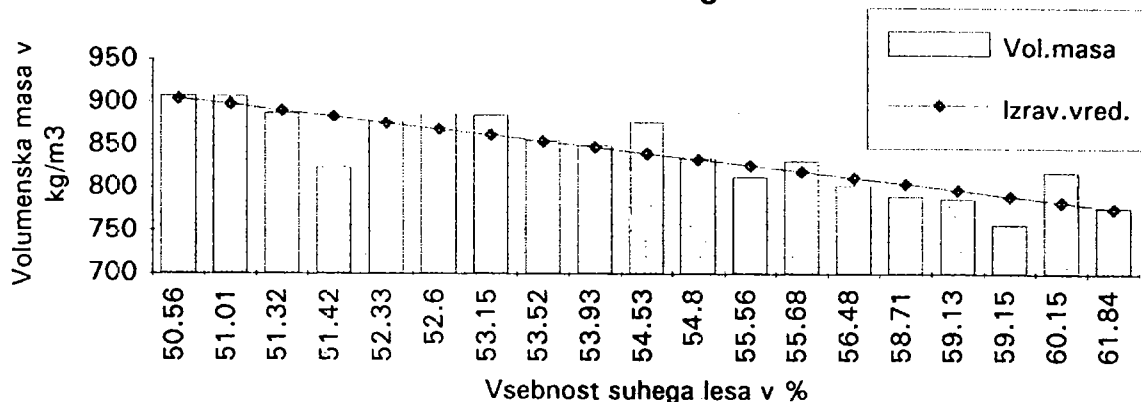
Graf. 14: Odvisnost volumenske mase rdečega bora od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1422,55 - 11,2541X$$

$$R_{xy} = -0,9322$$

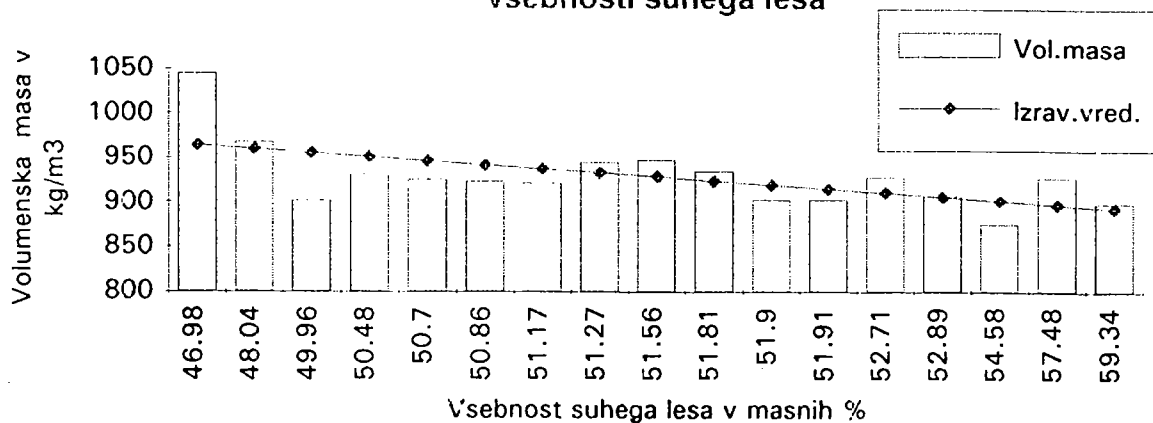
Graf. 15; Odvisnost volumenske mase lesa trepetljike od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 147.66 - 11.5261 X$$

$$R_{xy} = 0,8591$$

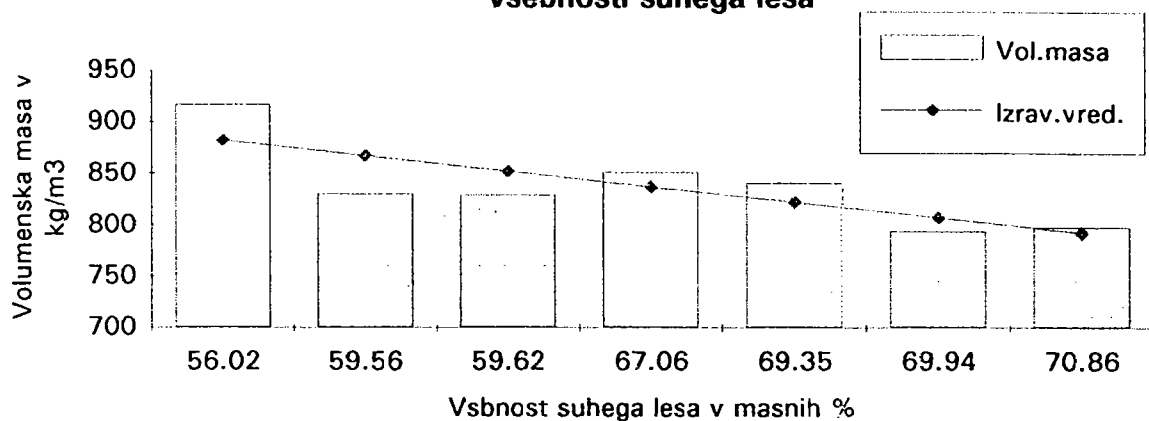
Graf. 16; Odvisnost volumenske mase lesa črnega bora od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1281,62 - 6,788 X$$

$$R_{xy} = -0,60405$$

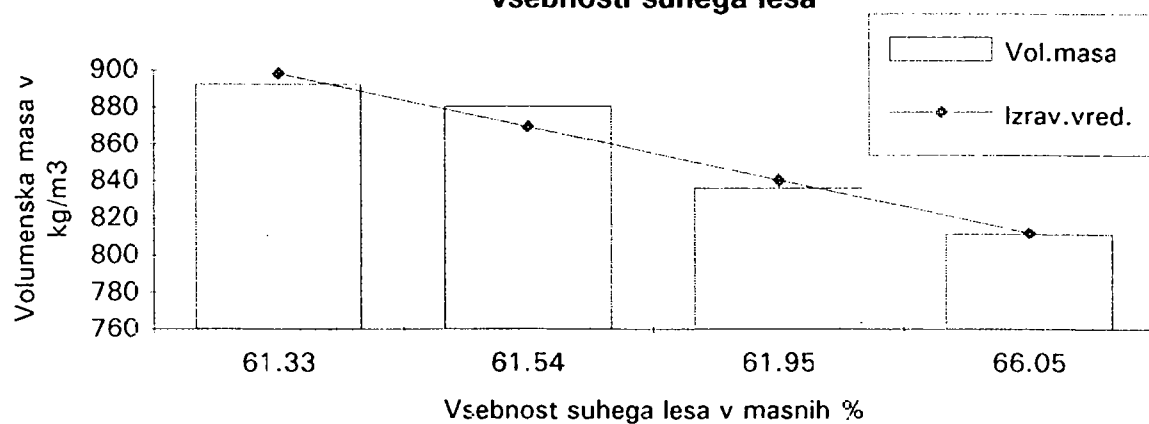
Graf. 17: Odvisnost volumenske mase lesa robinije od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1165,17 - 5.0797X$$

$$R_{xy} = 0,69268$$

Graf. 18: Odvisnost volumenske mase brestovine od vsebnosti suhega lesa



$$Y' = 1731,67 - 13.9765X$$

$$R_{xy} = -0,84008$$



Soodvisnost med "lutro" maso in deležem suhega lesa je v splošnem tesnejša, kot med "lutro" in "atro" maso. Enako velika pa so nihanja koeficientov pri različnih vrstah lesa. Tako je najbolj ohlapna soodvisnost spet pri lesu trepetljike (0,3311), najtesnejša pa pri lesu belega gabra. Relativno tesna soodvisnost je tudi pri lesu smreke in jelke ter r.bora.

Podobne ugotovitve veljajo tudi za soodvisnost med "atro" maso in deležem suhega lesa. Tu je najtesnejša soodvisnost pri lesu robinije, najmanjša pa pri jelši. V splošnem je tudi tu tesnejša soodvisnost pri lesovih trdih listavcev, relativno tesna pa tudi pri lesu iglavcev.

Absolutne vrednosti in medsebojna razmerja med osnovnimi raziskovanimi parametri so za pomembnejše vrste lesa ter po letnih obdobjih poseka lesa prikazana v grafikonih 4a, 4b in 4c. Iz prikazov je razvidno, da gre za relativno majhne razlike med nominalnimi gostotami v okviru iste skupine vrst lesa (trdi-mehki listavci, iglavci) in še manjše med vrednostmi po obdobjih sečnje. V vseh primerih pa so velika nihanja v vrednostih volumenskih mas svežega lesa ("lutro").

V grafikonih 5 do 18 je za posamezne vrste lesa, za bukovino ter smrekovino-jelovino ločeno tudi po obdobjih sečnje, prikazana soodvisnost (linearna regresija) volumenske mase in vsebnosti suhega lesa.

Grafikonom so dodane tudi regresijske enačbe in izračunani korelacijski koeficienti.

4.4 Primerjava med nominalnimi (uporabljenimi) in dejanskimi vrednostmi volumenskih mas ter praktične posledice razlik

Poleg osnovnega cilja naših raziskav, to je ugotovitev, analiza in primerjava vrednosti osnovnih fizikalnih lastnosti lesa ter spreminjanje teh vrednosti pod vplivom različnih dejavnikov, nas je posebej zanimala razlika med dejanskimi in prevzetimi (obračunskimi, plačanimi) količinami lesa ter vprašanje, v čigavo škodo, oziroma dobro gre ta razlika. Te raziskave smo napravili s pomočjo primerjav povprečnih vrednosti volumenskih mas, ki smo jih ugotovili z vzorčenjem ~~z~~ povprečnih, vnaprej določenih pretvornih koeficientov, ki jih je uporabljal porabnik lesa. Ti koeficienti (za preračun s tehtanjem ugotovljene mase v

volumenske enote = m³) niso bili za določeno vrsto lesa za vse dobavitelje enaki, pač pa so bili pri večjih dobaviteljih sporazumno vnaprej dogovorjeni, pri manjših, občasnih in slučajnih dobaviteljih pa so bili določeni sproti, največkrat po presoji prevzemalca lesa. Kriterij pri izbiri višjega ali nižjega koeficienta za preračun običajno ni bila objektivna ocena stanja (kakovost, vlažnost-suhost, zdravost) dobavljenega in prevzetega lesa, pač pa največkrat pogajalsko-poslovna spretnost nabavne službe in prevzemalca. Vse količine lesa, ki jih je že sam dobavitelj izmeril s klupanjem ter to tudi specificiral na dobavnici, je prevzemalec tudi dosledno upošteval.

Izračunane povprečne vrednosti koeficientov za preračunavanje masnih količin (kg, ton) v volumenske (m³), ki so bili uporabljeni pri prevzemu raziskovanih količin lesa, po posameznih virih dobav in vrstah lesa, so prikazane v tabeli 14. Obenem so tu prikazane tudi z raziskavami ugotovljene srednje vrednosti volumenskih mas lesa. Medsebojna primerjava obeh vrednosti nam pokaže razlike v masah (v kg/m³) pri posameznih vrstah lesa in izvoru dobav.

Iz prikazanih povprečnih (ne glede na vire dobav) absolutnih in relativnih razlik je razvidno, da gre skoraj pri vseh vrstah lesa za značilne pozitivne razlike, torej razlike v korist porabnika (kupca) lesa. Izjema je le les bukve, kjer sta bili nominalna (obračunska) in dejanska vrednost volumenske mase povsem enaki ter les črnega gabra, kjer je bila dejanska volumenska masa višja od pretvornega koeficienta, ki je bil uporabljen pri obračunu. Pri vseh ostalih vrstah lesa pa so bile razlike pozitivne, in sicer od relativno majhne razlike pri lesu belega gabra, kjer je bila razlika le 18 kg (1,8%) pri m³, pa vse do 36,3 odstotne razlike pri lesu robinije. Če ne upoštevamo bukovine je bila povprečna razlika pri lesu trdih listavcev okrog 11-12%, pri lesu mehkih listavcev okrog 15% in pri iglavcih okrog 18%.

Praktično to pomeni, da je bila dejanska povprečna masa lesa smreke in jelke za skoraj 200 kg/m³ nižja kot obračunska, les lipe in č. bora je bil lažji za 215 kg/m³, les trepetljike za 163 kg itd., vse v korist porabnika lesa.

Še večje razlike pa so bile po posameznih virih dobav (območjih) in pri posameznih dobaviteljih (tovorih), tako v okviru območja, kot tudi med območji. Ekstremna razlika, ki je bila ugotovljena pri tovoru smreke je bila kar 43%.

Tab.14 :Medsebojna primerjava pri prevzemu lesa uporabljenih (obračunskih) in z raziskavami ugotovljenih vrednosti volumenskih mas lesa (pretvornikov)

Vir dobave (GG območje)	Vrednosti kg/m ³	V r s t e l e s a														
		B.gaber	Breza	Bukev	Hrast	Sm.+Jel.	Jelša	Kost.	Lipa	Mac.	R.bor	Robinija	Brest	Trepelj.	Č.bor	Č.gaber
Soško	a*			1000		1000										
	b*			1007		761										
Kranjsko	a			1040	1017	829		1027	1000	837	876		1000			
	b			972	939	680		938	786	743	790		866			
Ljubljansko	a			1000	1200	875	933	1000			860	1000	950			
	b			1050	1000	717	822	907			740	837	715			
Postojnsko	a			1000	1000	897	1000				982	1000		1000		
	b			1043	959	734	907				881	811		944		
Kočevoško	a	1000	995	1006	1180	930		1000	957	777	975	1033	963			1000
	b	929	886	987	1012	678		876	742	630	762	870	817			1058
Novomeško	a	1000	1000	999	1000		1000	1000			1000		1000			
	b	1058	935	1047	1017		876	980			838		831			
Brežiško	a			1000			1000									
	b			10010			980									
Celjsko	a	1000														
	b	1019														
M.Soboško	a				960											
	b				887											
Kraško	a				1200						1050			1147		
	b				1034						805			921		
SKUPAJ	a	1000	995	1009	1117	893	926	1007	958	830	936	1025	972	1138	1000	1000
	b	982	888	1009	992	696	821	917	744	729	808	855	809	923	1058	1058
Razlika	kg/m ³	18	107	0	115	197	105	90	214	101	128	170	163	215	-58	
	%	1,8	10,8	0	11,2	22,1	11,4	9,0	22,4	12,2	13,7	16,6	16,2	18,9	-5,8	

a* = Srednje vrednosti uporabljenih pretvornikov ; b* = Dejanske povprečne vrednosti

Tab. 15 : Primerjava dejanskih(merjenih) in prevzetih količin po vrstah lesa

Vrste lesa	Dejan.količ. m3	Prevzeta količ. m3	Razlika m3	%
B.gaber	108.3	107	-1.3	-1.2
Breza	320.6	309.3	-11.3	-3.5
Bukev	2224.3	2239.5	15.2	0.7
Hrast	1011.6	900.3	-111.3	-11
Javor	143.6	125.9	-17.7	-12.3
Sm.+Jel.	3165.6	2485	-680.6	-21.5
Jelša	325.4	292.1	-33.3	-10.2
Kostanj	297.5	270.3	-27.2	-6.8
Lipa	432.8	403.5	-29.3	6.8
Macesen	250.1	219.4	-30.7	-12.3
R.bor	756.7	652	-104.7	-13.9
Robinija	77.9	65.1	-12.8	-16.4
Brest	74.4	61.9	-12.5	-16.8
Trepetlj.	847.6	710	-137.6	-16.2
Vrba	22.6	21.2	-1.4	-6.2
Z.bor	17.6	18.3	0.7	4
Č.bor	452.6	366.2	-85.4	-19.1
Češnja	23	17.6	-5.4	-23.5
Č.gaber	27.3	28.9	1.6	5.9
SKUPAJ	10579.4	9233.5	-1345.9	-12.7

Poleg razlik med nominalnimi (uporabljenimi) in dejanskimi vrednostmi volumenskih mas lesa so nas še posebej zanimala skupne razlike med dejanskimi in prevzetimi količinami lesa. Te analize so za posamezne vrste lesa in sumarno prikazane v tabeli 15. Iz tabele je razvidno, da je bila skupna razlika kar 1346 m³, to je 13% celotne analizirane količine lesa. Največja razlika v količinah lesa je bila pri lesu smreke in jelke (681 m³; 21,5% celotne količine), trepetljike (138 m³; 16,2%), hrasta (111 m³; 11,0%) in rdečega bora (105 m³; 13,9%).

Pri povprečni letni porabi 50.000 m³ dolgega oblega lesa enake kakovosti in sestave po vrstah lesa kot pri naših raziskavah, bi bila pozitivna razlika (presežek) pri porabniku kar 6350 m³ letno.

5 POVZETEK POMEMBNEJŠIH UGOTOVITEV IN ZAKLJUČKI

Osnovni namen raziskave je bil preizkus primernosti in točnosti obeh osnovnih metod ugotavljanja količin drobnega lesa s pomočjo tehtanja. Gre za t.im. "lutro" metodo, ki temelji na poznavanju bruto mase tovora in volumenske mase določene vrste lesa ter "atro" metodo, pri kateri upoštevamo (merimo) tudi vlažnost lesa, oziroma vsebnost suhega lesa. Prva metoda je cenejša in preprostejša, druga pa zahtevnejša, vendar običajno točnejša. Izsledki "atro" postopka so tudi uporabnejši pri tehnoloških izračunih, pri porabi surovine ter evidenci izdelkov.

V vsebinsko obsežnih raziskavah številnih parametrov in njihovih vrednosti smo največ pozornosti namenili trem osnovnim parametrom "težinske" metode izmere lesa, to so: volumenska masa svežega lesa ("lutro", "bruto" masa) v kg/m^3 , nominalna volumenska masa (masa suhega lesa v volumenski enoti svežega lesa v kg/m^3) ter vlažnost, oz. suhost lesa. Raziskovali smo njihove povprečne vrednosti, spreminjanje teh vrednosti pod vplivom različnih dejavnikov ter medsebojne soodvisnosti med njimi.

Raziskave smo opravili neposredno pri prevzemu lesa na skladišču in v laboratoriju tovarne ivernih plošč BREST, Cerknica, in sicer v času od oktobra 1992 do septembra 1993. Raziskovali smo le dolgi obli industrijski les (goli), in sicer skupaj 19 vrst lesa (drevesnih vrst). Skupaj pa smo obravnavali les smreke in jelke.

Skupna analizirana količina lesa je 8915 ton, oziroma 10579 m^3 svežega lesa ("lutro", bruto). Analizirali smo 637 tovorov lesa (osnovnih vzorcev) s povprečno količino 14 ton, oziroma $16,61 \text{ m}^3$ lesa. V vsakem tovoru smo vzorčili povprečno 6,25 kosov lesa s tem, da smo jemali vzorčne kolobarje za določanje volumenske mase in vzorce žagovine za določanje vsebnosti suhega lesa (vlažnosti). Tako smo skupaj analizirali 3980 delnih vzorcev (kolobarjev), s srednjim premerom 194,03 mm, povprečno maso 893,14 g in povprečnim volumnom $1065,82 \text{ cm}^3$.

Pri vseh prikazanih izsledkih in ugotovitvah raziskav za vrste lesa: robinja, brest, vrba, z.bor, češnja in č.gaber, je treba upoštevati, da so zaradi majhnih količin dobavljenega lesa in majhnega števila vzorcev, ugotovljene vrednosti le orientacijske.

Pretežni del vseh raziskovanih količin lesa je bil iz preddinarsko-dinarskega in predalpskega območja Slovenije, zlasti iz območij GG Ljubljana, Kočevje, Postojna, N.mesto in Kranj.

Količinsko sta močno prevladovala les bukve (25% vseh količin) ter smreke in jelke (24%). Večje količine so bile še hrastovine (11%), trepetljike (8%) ter les rdečega (7%) in črnega bora (5%).

Od skupne analizirane količine lesa (10580 m³) je bilo 55% lesa iz jesensko-zimske sečnje, 29% iz spomladanske in 16% iz poletne sečnje.

Povprečen čas skladiščenja lesa je bil 2-3 mesece, najdaljši čas pa celo 13 mesecev. V jesensko-zimskem obdobju je bilo dobavljenih 58%, v spomladanskem obdobju 28% in v poletnem obdobju 16% vseh količin lesa.

Ugotovljena srednja volumenska masa bukovine ob prevzemu je bila 1008,89 ± 64,76 kg/m³. Volumenska masa bukovine v posameznem tovoru se je razlikovala od skupnega povprečja za največ ± 6,4%. Ekstremni vrednosti posameznih tovorov sta 847,9 kg/m³ in 1154,7 kg/m³.

Ugotovljena povprečna nominalna volumenska masa bukovine je bila 588,2 ± 24,09 kg/m³. Ekstremni vrednosti sta bili 523,1 kg/m³ in 847,9 kg/m³. Povprečna vsebnost suhega lesa je bila pri bukovini 58,48% (vlažnost 41,52%), v mejah ± 6,03%. Ekstremni vrednosti za posamezen tovor pa sta bili 49,49 % in 66,06%.

Pri lesu smreke in jelke so bila ugotovljena največja nihanja volumenskih mas, to je 696,02 ± 85,87 kg/m³, ali povprečno ± 12% okrog srednje vrednosti. Takšno povprečje je pri srednjem deležu suhega lesa 60,52% (vlažnost 39,38%). Najnižja ugotovljena volumenska masa je bila 510,0 kg/m³, največja pa 976,9 kg/m³. Srednja nominalna gostota je bila 417,1 kg/m³, s povprečnim odklonom ± 31,77 kg/m³, to je ± 7,61 % okrog srednje vrednosti. Najnižja vrednost nominalne volumenske mase je bila pri posameznem tovoru 301,5 kg/m³, najvišja pa 493,1 kg/m³.

Pri lesu trepetljike (predstavnik skupine lesa mehkih listavcev) je bila ugotovljena povprečna vrednost volumenske mase 809,2 kg/m³, s povprečnim odklonom ± 70,71 kg/m³, to je ± 8,73%. Ekstremni vrednosti posameznega tovara sta bili 666,3 kg/m³ in 1032,0 kg/m³, oziroma ± 9,76% okrog srednje vrednosti. V povprečnem lesu trepetljike je bilo 55,53 masnih % lesne snovi in 44,47% vode.

V splošnem so nihanja vrednosti vseh treh glavnih raziskovanih parametrov najmanjša pri lesu trdih listavcev, izrazitejša pri lesu mehkih listavcev in največja pri iglavcih, zlasti pri smrekovini - jelovini.

Pri večini obravnavanih vrst lesa smo ugotovili značilne razlike v vrednostih raziskovanih fizikalnih lastnosti lesa v odvisnosti od izvora (GG območja) lesa. Vrednosti volumenskih mas različnih vrst lesa so po virih dobav nihale med - 11,6 in + 2,6% okrog srednje vrednosti. Večja nihanja so bila pri lesu iglavcev in mehkih listavcev, manjša pri lesu trdih listavcev.

Spreminjanje deleža suhega lesa, in s tem tudi nihanje volumenske mase v odvisnosti od trajanja skladiščenja, je pri različnih vrstah in skupinah lesa zelo različno. Največja mesečna stopnja zmanjševanja volumenske mase je bila ugotovljena pri lesu mehkih listavcev, in sicer 2,5%. Masa lesa bukovine in hrastovine sta se zmanjševali s stopnjo 1,71% in 1,57% mesečno, to je za 16,5 oz. 15,83 kg/m³. Pri lesu jelke in smreke je bila ta stopnja 2,14% oziroma povprečno mesečno zmanjšanje za 15,41 kg/m³.

Pri pozimi posekanem in skladiščnem lesu se masa ni zmanjševala. Nasprotno. Pri nekaterih vrstah lesa se je masa v prvem mesecu po sečnji celo nekoliko povečala (navlaženje lesa!). Pri bukovini je bilo to povečanje za 2,1%, oziroma od 1040,3 kg/m³ na 1062,3 kg/m³. Ta pojav navlaženja in povečanje mase lesa ter različno zdravstveno stanje lesa (drevja) ob poseku so glavni razlogi, da v prvih treh mesecih skladiščenja še ni značilnega zmanjšanja mase in vlažnosti lesa. Enaka ugotovitev velja tudi za ostala dva raziskovana vplivna dejavnika, to sta letno obdobje sečnje in dobave lesa.

Povprečno nihanje vsebnosti suhega lesa ob prevzemu je bilo pri lesu trdih listavcev v intervalu med ± 5% okrog srednje vrednosti. Pri lesu mehkih listavcev so bili odkloni med ± 7 do 8%. Še večji pa so bili ti odkloni pri lesu iglavcev, in sicer med ± 10%.

V splošnem so nihanja vrednosti nominalnih volumenskih mas manjša od nihanj volumenske mase, vendar značilna. Razlike so med vrstami lesa, skupinami, virih dobav, času sečnje, skladiščenja in prevzema. Tudi pri tem parametru ni izrazitega prevladujočega vplivnega dejavnika.

Z našimi raziskavami ugotovljene vrednosti in nihanja vrednosti glavnih raziskovanih parametrov so v mejah vrednosti, ki jih navajajo številni drugi avtorji. Odstopanja posameznih vrednosti (manjša vol.masa, večji delež suhe snovi, manjša nominalna gostota) zlasti pri nekaterih vrstah lesa, so po naši oceni predvsem posledica stanja lesa ob poseku in dobavi po daljšem obdobju skladiščenja.

Razen pri bukovini, kjer sta bila povprečni uporabljeni koeficient za preračun masne v volumenske količine in z raziskavami ugotovljena (dejanska) vrednost volumenske mase povsem izenačeni, ter pri lesu črnega gabra, kjer je bil uporabljeni koeficient večji od dejanske vrednosti, je bil ves ostali les "podcenjen". To pomeni, da so bili pri preračunavanju uporabljeni previsoki pretvorni koeficienti. Pri lesu trdih listavcev (izvzemši bukovino, b.gaber in č.gaber) je bil povprečni presežek 11 - 2%, pri lesu mehkih listavcev okrog 15%, pri iglavcih pa 18%. Maksimalna razlika pri tovoru smreke je bila celo 43%. Vse te razlike so bile seveda v škodo dobaviteljev.

Pri praktičnem ugotavljanju količin lesa na osnovi tehtanja prevzetega tovara predlagamo selektiven pristop pri različnih vrstah (skupinah) lesa. Pri lesu trdih listavcev, kjer je nihanje volumenskih mas relativno majhno ($\pm 6,41\%$) in tudi ni pomembnejših razlik v nihanju nominalne gostote lesa ($\pm 4,09\%$), priporočamo uporabo "lutro" metode. Pri tem bi za bukovino v zimskem obdobju uporabljali povprečno zgornjo vrednost volumenske mase ($1009 + 65 \text{ kg/m}^3$), v spomladanskem času srednjo vrednost (1009 kg/m^3) in v poletnem času spodnjo vrednost ($1009 - 65 \text{ kg/m}^3$).

Zaradi velikega nihanja volumenskih mas pri lesu iglavcev in mehkih listavcev pa je za točnejše ugotavljanje količin primernejša "atro" metoda, torej ugotavljanje nominalne volumenske mase lesa pri vsakem tovoru. Pri večjih količinah po vrsti, dimenzijah, času in kraju poseka izenačenega lesa bi lahko vzorčili le posamezne tovore.

Menimo, da ocenjevanje količin prevzetega lesa na osnovi kakovosti (zmanjševanje količin na račun slabše kakovosti) - to se pogosto v praksi dogaja - ni korektno. Za to poznamo drugačna merila.

Raziskave smo opravili v specifičnih razmerah, ki so jih pogojevali tile dejavniki:

- Industrija ivernih plošč je glede vrste in kakovosti lesne surovine med najmanj zahtevnimi porabniki dolgega industrijskega lesa, tudi v primerjavi s celulozno industrijo;
- V času raziskav je bilo kritično pomanjkanje lesa, ki je večkrat celo ogrozilo obratovanje tovarne. Zato je bil porabnik prisiljen prevzemati tudi les zelo slabe kakovosti. Po izjavah iskušenih prevzemalcev lesa bi v normalnih razmerah takšen les zavračali. Iz navedenih razlogov je razumljivo, da izsledkov in ugotovitev ne gre posploševati na vse porabnike drobnega oblega industrijskega lesa, še posebej ne na proizvajalce celuloze in papirja. Za vse te porabnike priporočamo dopolnilne raziskave, prilagojene vsakokratnim specifičnostim.

6 UPORABLJENI VIRI IN LITERATURA

- ARH, M., 1991: Teža nerazrezane bukovine. Podatki meritev mase bukovega lesa v TCF Videm, Krško.
- ARH, M., 1989: Faktorji za pretvorbo lesa iz prm v m³. Tipkopis. TCP Videm, Krško.
- BACKHAUS, G., 1970: Vermessung des Buchenindustrieholzes nach dem Bruttogewichts - Verfahren. Holz-Zentralblatt Nr. 126, Stuttgart.
- ČOKL, M., 1975: Gozdarski in lesnoindustrijski priročnik. IGLG, Ljubljana.
- DIETZ, P., 1968: Vermessung von Industrieholz. Separatdruck. Freiburg.
- DIETZ, P., 1972: Vermessung von Industrieholz nach Gewicht. Holz-Zentralblatt Nr. 33, Stuttgart.
- DIETZ, P., ALDINGER, E., ZULEGER, D., 1975: Technik der Vermessung von Industrieholz nach dem Atrogewicht. AFZ Nr. 41,
- DIETZ, P., 1975: Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz als Roh und Werkstoff Nr. 33, Stuttgart.
- DJOKOVIĆ, P., 1980: Istraživanje parametara za preračunavanje prostorne u kubnu meru celuloznog drveta i ivera. Sumarstvo 3, Beograd.
- HLADNIK, M., 1991: Les v celulozni in papirni industriji - 79. strokovno posvetovanje Lesno gospodarstvo in oskrba z lesom. ZIT gozd. in lesarstva, Ljubljana.
- HROVAT, T., 1991: Prezem lesa po teži. Ugotavljanje količin dobavljenega lesa na lesnem skladišču na osnovi teže (mase). Pripravniška naloga. TCP Goričane.
- LIPOGLAVSEK, M., 1980: Gozdni proizvodi. Učbenik za študij gozdarstva. BF, Ljubljana.
- LIPOGLAVSEK, M., 1976: Vpliv časovnega spreminjanja vlažnosti drobnega bukovega lesa na merjenje po teži. Strokovna in znanstvena dela 52. IGLG, Ljubljana.
- MOŽINA, J., 1958: Komparativna raziskovanja lesa domačih drevesnih vrst - bukev. Zbornik za kmetijstvo in gozdarstvo št. 5, Ljubljana.
- NEUSSER, H., 1987: Industrieholz. Bereitstellung, Lagerung, Gewichtsvermessung. Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier, Wien.
- NIKOLIĆ, M., 1990: Odredjivanje količine drveta merjenjem po masi. Sumarstvo br. 1, Beograd.
- ROBERT, P., 1984: De la foret aux chaufferies a bois a alimentation automatique. JDF, Paris.

- SGERM, F., 1968: Določevanje količine lesa z maso. LES št. 1-2, Ljubljana.
- SVETLICIC, A., 1977: Industrijski lesni ostanki v Sloveniji. Nastanek in poraba v l. 1977. IGLG, Ljubljana.
- UGRENOVIĆ, A., HORVAT, S., 1950: Tehnologija drveta. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.
- Vyskot, M., 1981: Biomass of the tree layer of a spruce forst in the Bohemian Uplands. ACADEMIA Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Praha.
- ŽGAJNAR, L., 1990: Količine, pridobivanje, predelava in uporaba drobne drevesne in grmovne biomase - sečnih ostankov. Raziskovalna naloga. IGLG, Ljubljana.
- ŽGAJNAR, L., 1991: Merjenje količin industrijskega drobnega lesa na osnovi mase ter strokovne osnove za njihovo standardizacijo. Fazno poročilo za raziskovalno nalogo. IGLG, Ljubljana.
- WEDEMEYER, H.W., 1971: Erfahrungen beim Kauf von Industrielangholz nach Gewicht. Allg. Forstzeitsch. Nr. 38.
- * , 1980: Šumarska enciklopedija 1. zvezek. JLZ, Zagreb.
- * , 1975: Kooperationsabkommen FPP: Gewichtübernahme von Fi/Ta - Industrielholz. Holz-Kurier Nr. 44.
- * , 1991: Ugotovitve, usmeritve in sklepi 79. strok. posvet. ZIT gozd. in les., Ljubljana.
- * , 1985: Panožni sporazum v gozdarstvu. SZG Slovenije, Ljubljana.

Opomba: * = avtor neznan ali več avtorjev

