

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andrej GRAHOR

**STRUKTURNE ZNAČILNOSTI IN FIZIKALNO-
MEHANSKE LASTNOSTI JUVENILNEGA,
ADULTNEGA IN PORANITVENEGA LESA ČRNEGA
BORA (*Pinus nigra* Arn.)**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andrej GRAHOR

**STRUKTURNE ZNAČILNOSTI IN FIZIKALNO-MEHANSKE
LASTNOSTI JUVENILNEGA, ADULTNEGA IN PORANITVENEGA
LESA ČRNEGA BORA (*Pinus nigra* Arn.)**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

**STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND PHYSICAL-
MECHANICAL PROPERTIES OF JUVENILE, ADULT AND WOUND
PINE WOOD (*Pinus nigra* Arn.)**

GRADUATION THESIS

Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Željka Goriška, za somentorja prof. dr. Primoža Ovna in za recenzentko prof. dr. Katarino Čufar.

Mentor: prof. dr. Željko Gorišek

Somentor: prof. dr. Primož Oven

Recezentka: prof. dr. Katarina Čufar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Andrej Grahor

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*811+630*812:630*174.7 (<i>Pinus nigra</i> Arn.)
KG	juvenilni les/adultni les/poranitveni les/krčenje/dimenzijska stabilnost/mehanske lastnosti/ <i>Pinus nigra</i> Arn.
AV	GRAHOR, Andrej
SA	GORIŠEK, Željko (mentor)/OVEN, Primož (somentor)/ČUFAR, Katarina (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2007
IN	STRUKTURNE ZNAČILNOSTI IN FIZIKALNO-MEHANSKE LASTNOSTI JUVENILNEGA, ADULTNEGA IN PORANITVENEGA LESA ČRNEGA BORA (<i>Pinus nigra</i> Arn.)
TD	Diplomsko delo (visokošolski študij)
OP	XIV, 56 str., 34 pregl., 40 sl., 37 pril., 23 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Na lesu črnega bora (<i>Pinus nigra</i> Arn.) smo primerjali gostoto ($r_u \approx 12\%$), ravnovesne vlažnosti lesa (u_r), sušilnične in totalne skrčke (β), prečno krčitveno anizotropijo (A_n), diferencialno nabrekanje (q), koeficient nabrekanja (h), sorpcijski kvocient (s), tlačno (vzporedno z vlakni) in upogibno trdnost (σ), ter modul elastičnosti (E_{modul}) pri juvenilnem, adultnem in poranitvenem lesu. Gostota (pri $MC \approx 12\%$) juvenilnega, kakor tudi poranitvenega lesa, je bila višja od gostote adultnega. Vzrok za višjo gostoto juvenilnega lesa je bila povečana vsebnost smole; ta je vplivala tudi na navidezno višjo ravnovesno vlažnost juvenilnega lesa v primerjavi z adultnim oziroma poranitvenim; med slednjima pa ni bilo opaznih razlik. Značilnih razlik pri krčenju (podobno velja tudi za kazalnike dimenzijske stabilnosti) v radialni in longitudinalni smeri med normalnim in poranitvenim lesom ni bilo, kar pa ne velja za krčenje v tangencialni smeri, ki je bilo pri normalnem lesu večje. Juvenilni les je imel v vseh 3 smereh manjše skrčke od normalnega in poranitvenega. Prečna krčitvena anizotropija je bila največja pri juvenilnem lesu, med ostalima kategorijama pa ni bilo značilnih razlik. Tlačna trdnost vzporedno z vlakni in modul elastičnosti adultnega lesa sta bila večja kot pri poranitvenem lesu, medtem ko je bila upogibna trdnost med obema kategorijama primerljiva. Najslabše mehanske lastnosti (tlačno in upogibno trdnost ter modul elastičnosti) je imel juvenilni les.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*811+630*812:630*174.7 (*Pinus nigra* Arn.)
CX wood/juvenile/adult/wound/shrinkage/dimensional stability/mechanical properties/*Pinus nigra* Arn.
AU GRAHOR, Andrej
AA GORIŠEK, Željko (supervisor)/OVEN, Primož (co-supervisor)/ČUFAR, Katarina (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2007
TI STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF JUVENILE, ADULT AND WOUND PINE WOOD (*Pinus nigra* Arn.)
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO XIV, 56 p., 34 tab., 40 fig., 37 ann., 23 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Density ($r_u \approx 12\%$), equilibrium moisture content (u_r), drying and total shrinkage (β), transversal shrinkage anisotropy (A_n), ratio of swelling (q), coefficient of swelling (h), ratio of sorption (s), compressive (parallel to grain) and bending strength (σ), and the modulus of elasticity (E_{modul}) of juvenile, adult and wound of black pine wood (*Pinus nigra* Arn.) were compared. The density of juvenile wood (at MC $\approx 12\%$), as well as of wound wood, was higher than the density of adult wood due to high resin content. This was also the reason that the equilibrium moisture content of juvenile wood was higher than those of adult wood and wound wood; the differences between the latter being negligible. There were no typical characteristics in shrinkage (the same pattern was observed also in dimensional stability) in the radial and longitudinal directions between the normal and juvenile wood, which could not be said for the shrinkage in tangential direction – it was more intensive in normal wood. Juvenile wood had lower shrinkage compared to normal and wound wood in all 3 directions. The transversal shrinkage anisotropy was the highest in juvenile wood, while the differences between the other 2 categories were not characteristic. The compressive strength parallel to grain and the modulus of elasticity of adult wood were higher than those of wound wood, while the bending strength between the 2 categories was comparable. Juvenile wood had the lowest mechanical properties (compressive and bending strength, and the modulus of elasticity).

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	XI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN HIPOTEZE	1
1.2 CILJI NALOGE	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 VARIABILNOST IN HETEROGENOST LESNEGA TKIVA	3
2.2 STAROSTNE KATEGORIJE LESA	4
2.2.1 Juvenilni les	4
2.2.2 Adultni les	6
2.2.3 Senescentni les	6
2.3 PORANITVENI LES	7
2.3.1 Model omejitve razkroja v drevesu (CODIT) (iz Oven, 1997)	7
2.3.2 Anatomske in druge značilnosti poranitvenega lesa (iz Oven, 1997, 1999)	9
2.4 ČRNI BOR (<i>Pinus nigra</i> Arnold)	11
2.4.1 Anatomska zgradba lesa črnega bora	11
3 MATERIAL IN METODE	12
3.1 MATERIAL	12
3.1.1 Material za določanje fizikalnih lastnosti	14
3.1.2 Material za določanje mehanskih lastnosti	15
3.2 METODE	15
3.2.1 Metode za določanje fizikalnih lastnosti	16
3.2.1.1 Gostota	16
3.2.1.2 Ravnovesna vlažnost	16
3.2.1.3 Krčenje	17
3.2.1.4 Kazalniki dimenzijske stabilnosti	17
3.2.2 Metode za določanje mehanskih lastnosti	19
3.2.2.1 Upogibna trdnost	19
3.2.2.2 Tlačna trdnost vzporedno z vlakni	21
4 REZULTATI	22
4.1 FIZIKALNE LASTNOSTI LESA ČRNEGA BORA	22
4.1.1 Gostota	22
4.1.2 Ravnovesne vlažnosti	23
4.1.3 Krčenje in prečna krčitvena anizotropija	26
4.1.4 Kazalniki dimenzijske stabilnosti	33
4.1.4.1 Diferencialno nabrekanje	33
4.1.4.2 Koeficient nabrekanja	35
4.1.4.3 Sorpcijski kvocient	37
4.2 MEHANSKE LASTNOSTI LESA ČRNEGA BORA	38
4.2.1 Tlačna trdnost vzporedno z vlakni	38

4.2.2	Upogibna trdnost	39
4.2.3	Modul elastičnosti	40
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	42
5.1	RAZPRAVA	42
5.2	SKLEPI	52
6	POVZETEK	53
7	VIRI	55
	PRILOGE	
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razvrstitev skupin po kategorijah lesa	13
Preglednica 2: Razporeditev vzorcev po skupinah.	13
Preglednica 3: Pregled opravljenih preizkusov, dimenzije in število vzorcev	15
Preglednica 4: Relativne zračne vlažnosti in pričakovana ravnovesna vlažnost lesa nad nasičenimi raztopinami treh različnih soli.	18
Preglednica 5: Gostota borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	22
Preglednica 6: Ravnovesne vlažnosti borovine pri $\phi = 65\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	23
Preglednica 7: Ravnovesne vlažnosti borovine pri $\phi = 86\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	24
Preglednica 8: Ravnovesne vlažnosti borovine pri $\phi = 33\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	25
Preglednica 9: Sušilnični skrček borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	26
Preglednica 10: Sušilnični skrček borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	27
Preglednica 11: Sušilnični skrček borovine v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	28
Preglednica 12: Totalni skrček borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	29
Preglednica 13: Totalni skrček borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	30
Preglednica 14: Totalni skrček borovine v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	31
Preglednica 15: Anizotropija (q_T / q_R) borovine po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	32
Preglednica 16: Diferencialni nabrek borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	33
Preglednica 17: Diferencialni nabrek borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	34
Preglednica 18: Koeficient nabreka borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	35
Preglednica 19: Koeficient nabreka borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	36
Preglednica 20: Sorpcijski kvocient borovine po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	37

Preglednica 21: Tlačna trdnost vzporedno z vlakni borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	38
Preglednica 22: Upogibna trdnost borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	39
Preglednica 23: Modul elastičnosti (pridobljen pri tlaku vzporedno z vlakni) borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.	40
Preglednica 24: Modul elastičnosti (pridobljen pri upogibu) borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.	41
Preglednica 25: Statistična primerjava razlik ravnovesnih vlažnosti pri $\varphi = 33\%$ s t – testom.	43
Preglednica 26: Statistična primerjava razlik ravnovesnih vlažnosti pri $\varphi = 86\%$ s t – testom.	44
Preglednica 27: Razmerje ravnovesnih vlažnosti, vzpostavljenih v procesu adsorpcije in desorpcije (U_A / U_D) pri (a) $\varphi = 33\%$, (b) $\varphi = 86\%$.	44
Preglednica 28: Statistična primerjava razlik totalnih skrčkov v longitudinalni smeri s t – testom.	46
Preglednica 29: Statistična primerjava razlik anizotropije s t – testom.	47
Preglednica 30: Statistična primerjava razlik koeficienta nabreka v radialni smeri s t – testom.	48
Preglednica 31: Statistična primerjava razlik koeficienta nabreka v tangencialni smeri s t – testom.	48
Preglednica 32: Statistična primerjava razlik sorpcijskega kvocienta s t – testom.	49
Preglednica 33: Ovrednotenje dimenzijske stabilnosti lesa črnega bora v povprečju in po lokacijah lesa po kriterijih iz Torelli in Čufar (1983).	49
Preglednica 34: Statistična primerjava razlik modula elastičnosti s t – testom.	51

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Starostne kategorije lesa in njihova razporeditev v deblu (povzeto iz Klinc, 1995).	4
Slika 2: Odvisnost anatomske zgradbe in fizikalnih ter mehanskih lastnosti od starosti (prirejeno iz Koprivnikar, 2002).	6
Slika 3: Cone, ki predstavljajo zaščitni les (prirejeno iz Oven, 1997).	9
Slika 4: Lokacija odvzema vzorcev po prečnem prerezu koluta.	12
Slika 5: Lokacija odvzema vzorcev po prečnem prerezu koluta.	12
Slika 6: Lega in dimenzije vzorcev za določevanje fizikalnih lastnosti.	14
Slika 7: Primer shematskega prikaza določitve števila vzorcev za določanje kazalnikov dim. stabilnosti (ads. – adsorpcija, des. – desorpcija).	15
Slika 8: Potek uravnovešanja vzorcev v klimah različnih vlažnosti za vzorce: (a) desorpcijski vzorci (De) in (b) adsorpcijski vzorci (Ad) (povzeto iz Klinc, 1995).	19
Slika 9: Stroj za preizkušanje upogibne trdnosti – ZWICK Z100.	20
Slika 10: Povprečna gostota (pri $u \approx 12\%$) borovine po lokacijah z min in maks vrednostjo.	22
Slika 11: Povprečne ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 65\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	23
Slika 12: Povprečne ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 86\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	24
Slika 13: Povprečne ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 33\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	25
Slika 14: Povprečni sušilnični skrčki borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	26
Slika 15: Povprečni sušilnični skrčki borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	27
Slika 16: Povprečni sušilnični skrčki borovine v longitudinalni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	28
Slika 17: Povprečni totalni skrčki borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	29
Slika 18: Povprečni totalni skrčki borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	30
Slika 19: Povprečni totalni skrčki borovine v longitudinalni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	31
Slika 20: Povprečna anizotropija (q_T / q_R) borovine po lokacijah z min in maks vrednostjo.	32
Slika 21: Povprečni diferencialni nabrek borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	33
Slika 22: Povprečni diferencialni nabrek borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	34
Slika 23: Povprečni koeficient nabreka borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	35
Slika 24: Povprečni koeficient nabreka borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	36

Slika 25: Povprečni sorpcijski kvocient borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	37
Slika 26: Povprečna tlačna trdnost vzporedno z vlakni (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	38
Slika 27: Povprečna upogibna trdnost (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	39
Slika 28: Povprečni modul elastičnosti (pridobljen pri tlaku vzporedno z vlakni) (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	40
Slika 29: Povprečni modul elastičnosti (pridobljen pri upogibu) (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.	41
Slika 30: Gostota (pri $u \approx 12\%$) borovine po lokacijah, prikazana z okvirjem z ročaji.	42
Slika 31: Ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 65\%$) borovine po lokacijah, prikazane z okvirjem z ročaji.	43
Slika 32: Povprečne ravnovesne vlažnosti desorpcijskega in adsorpcijskega eksperimenta pri $\phi = 33\%$.	44
Slika 33: Totalni skrčec v radialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.	45
Slika 34: Totalni skrčec v tangencialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.	45
Slika 35: Odvisnost radialnega (β_R) in tangencialnega (β_T) skrčka od gostote lesa v absolutno suhem stanju r_0 .	46
Slika 36: Diferencialni nabrek v radialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.	47
Slika 37: Diferencialni nabrek v tangencialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.	48
Slika 38: Tlačna trdnost vzporedno z vlakni po lokacijah, prikazana z okvirjem z ročaji.	50
Slika 39: Upogibna trdnost po lokacijah, prikazana z okvirjem z ročaji.	50
Slika 40: Modul elastičnosti (pri upogibu) po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.	51

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Statistična primerjava razlik gostote pri $u \approx 12\%$ s t – testom.
- Priloga A2: Statistična primerjava razlik ravnovesnih vlažnosti pri $\varphi = 65\%$ s t – testom.
- Priloga A3: Statistična primerjava totalnih skrčkov v radialni smeri s t – testom.
- Priloga A4: Statistična primerjava razlik totalnih skrčkov v tangencialni smeri s t – testom.
- Priloga A5: Statistična primerjava razlik diferencialnega nabreka v radialni smeri s t – testom.
- Priloga A6: Statistična primerjava razlik diferencialnega nabreka v tangencialni smeri s t – testom.
- Priloga A7: Statistična primerjava razlik tlačne trdnosti (vzporedno z vlakni) s t – testom.
- Priloga A8: Statistična primerjava razlik upogibne trdnosti s t – testom.
- Priloga A9: Statistična primerjava razlik modula elastičnosti s t – testom.
- Priloga B1: Gostota pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B2: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 86\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B3: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 65\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B4: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 33\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B5: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 86\%$ v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B6: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 33\%$ v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B7: Sušilnični skrček v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B8: Sušilnični skrček v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

- Priloga B9: Sušilnični skrček v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B10: Totalni skrček v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B11: Totalni skrček v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B12: Totalni skrček v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B13: Prečna krčitvena anizotropija po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B14: Prečna krčitvena anizotropija v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B15: Diferencialni nabrek v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B16: Diferencialni nabrek v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B17: Diferencialni nabrek v radialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B18: Diferencialni nabrek v tangencialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B19: Koeficient nabreka v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B20: Koeficient nabreka v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija –

st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

- Priloga B21: Koeficient nabreka v radialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B22: Koeficient nabreka v tangencialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B23: Sorpcijski kvocient po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga B24: Sorpcijski kvocient v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga C1: Tlačna trdnost (vzporedno z vlakni) po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga C2: Upogibna trdnost po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga C3: Modul elastičnosti iz tlaka (vzporedno z vlakni) po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.
- Priloga C4: Modul elastičnosti iz upogiba po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

1 UVOD

Normalna rast drevesa je odvisna od najrazličnejših dejavnikov med katere štejemo; klimatske razmere, rastišče, razne poškodbe in druge. V primeru poškodb, ki lahko nastanejo na različne načine (udar strele, odlom vej, namerne poškodbe) in so za drevo lahko usodne, se pokaže vsa sposobnost drevesa, da preživi. "Zasluge" za to, da drevo preživi pripisujemo obrambnim mehanizmom, ki se odzovejo v primeru poškodbe. Ti mehanizmi so opisani v modelu CODIT (Compartmentalization of Decay in Trees).

Na mestu poškodbe se sčasoma tvori tako imenovani poranitveni les, ki se v vseh pogledih loči od normalnega lesa tako po strukturi kot po zgradbi lesa. Menimo, da verjetno poranitveni les izkazuje, tako kot juvenilni les, slabše fizikalne in mehanske lastnosti od normalnega lesa.

Če zanemarimo poranitveni les, ki nastaja le ob znanih dogodkih, pa v drevesu glede na obdobje nastajanja ločimo juvenilni (mladostni), adultni (zreli ali normalni) in starostni (senescentni) les.

Juvenilni les nastaja v obdobju, ko kambijeve inicialke še nimajo stabilne dolžine. Lastnosti tega lesa so, kot smo že omenili v vseh pogledih slabše, vzroke za to pa gre iskati v krajših vlaknih s tanjšimi stenami, večjem mikrofibrilarnem kotu v srednjem sloju sekundarne stene (S2) in več amorfnih področjih.

Adultni ali normalni les je produkt zrelega kambija z razmeroma stalnimi in maksimalnimi dimenzijami elementov, ki ima idealne tako mehanske kot fizikalne lastnosti.

Zadnja kategorija lesa glede na obdobje nastajanja pa je starostni les, ki gospodarsko ni zanimiv, saj zelo malo dreves dočaka takšno starost, da bi tvorila starostni les.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN HIPOTEZE

Pričakujemo, da znane strukturne razlike med juvenilnim, adultnim in poranitvenim lesom vplivajo tudi na njihove razlike v fizikalnih in mehanskih lastnostih. Predvsem slabše lastnosti juvenilnega in poranitvenega lesa v primerjavi z adultnim naj bi vplivale tudi na omejeno možnost uporabe takšnega lesa za kvalitetne lesene izdelke. Prisotnost in delež različnih kategorij lesa določa kakovostni izkoristek lesne surovine ter tako direktno vpliva na doseganje cenovnih razredov končnega izdelka. Izkoristek in uporaba lesa s slabšimi lastnostmi je odvisna tudi od namembnosti, gotovo pa je mejo uporabnosti mogoče določiti le z dobrim poznavanjem lastnosti lesa in tudi s poznavanjem odzivnosti lesa med njegovo predelavo in kasnejšo uporabo.

Predvidevam, da značilna anatomsko zgradba juvenilnega, adultnega in poranitvenega lesa narekuje tudi njihove fizikalno-mehanske lastnosti. Proučevanje relevantnih pa omogoča napovedovanje njihove uporabnosti.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj diplomske naloge je primerjalno proučiti nekatere najpomembnejše fizikalno-mehanske lastnosti juvenilnega, adultnega in poranitvenega lesa črnega bora ter na osnovi poznavanja značilnosti anatomske zgradbe ugotoviti in pojasniti vzroke večjih medsebojnih odstopanj.

Proučevali smo:

- gostoto,
- ravnovesne vlažnosti,
- skrčke v radialni, tangencialni in longitudinalni smeri,
- prečno krčitveno anizotropijo,
- dimenzijsko stabilnost (diferencialni nabrek, koeficient nabrekanja, sorpcijski kvocient) in
- mehanske lastnosti (tlačno – vzporedno z vlakni in upogibno trdnost, ter modul elastičnosti).

2 SPLOŠNI DEL

2.1 VARIABILNOST IN HETEROGENOST LESNEGA TKIVA

Les je heterogen, ker ga sestavlja več različnih specializiranih tkiv, heterogenost pa povečujejo še razmerje ranega in kasnega lesa, potek in usmerjenost vlaken, pojavna oblika drevesa, prisotnost in pojav reakcijskega lesa, čas nastanka lesa v kambiju, rastne napetosti, razlike med beljavo in jedrovino, grče ter biološke in mehanske poškodbe, kar skupno vpliva na zelo variabilne fizikalne in mehanske lastnosti.

Zaradi značilnega plastnega priraščanja in najrazličnejših rastnih pogojev se pojavljajo razlike v zgradbi med lesnimi vrstami, v okviru iste lesne vrste ter v posameznem drevesu.

Znotraj posameznega drevesa se razlike v zgradbi pojavljajo:

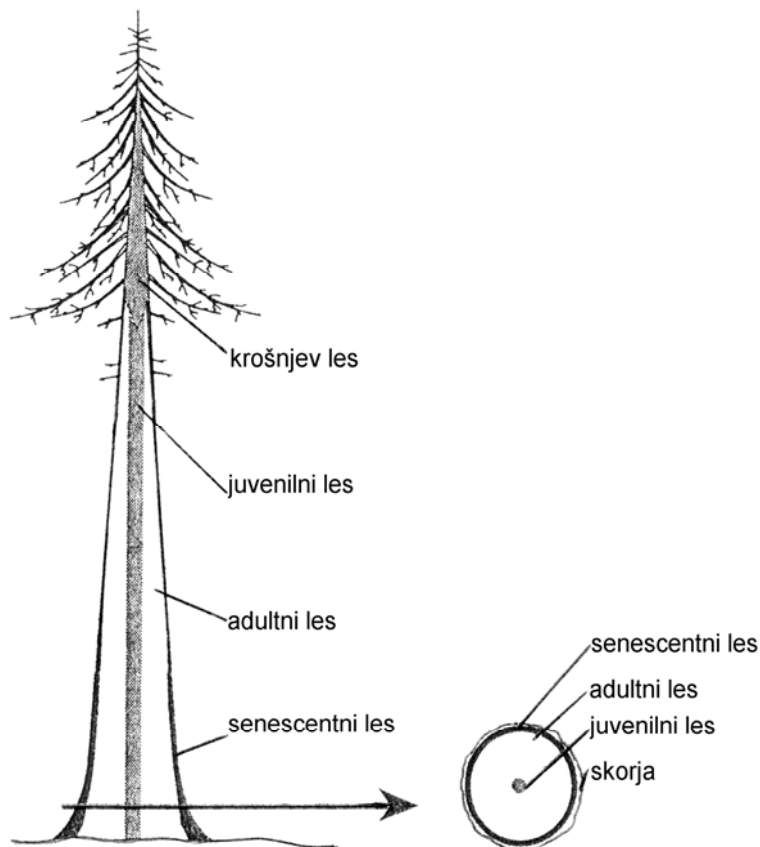
- a. znotraj letne prirastne plasti (branike),
- b. vzdolž debla oziroma po višini drevesa,
- c. v radialni smeri od stržena proti kambiju z naraščajočo starostjo ter
- d. med deblom, vejami in koreninami.

Zaradi različne usmerjenosti tkiv in značilnega priraščanja v plasteh, je les anizotropen. Zaradi takšne zgradbe obravnavamo les kot ortotropen material, posledica tega je, da ima v različnih anatomskih smereh različne fizikalne in mehanske lastnosti.

Na zgradbo lesa vpliva vrsta dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši; klimatske razmere (npr. temperatura, količina padavin, osončenost, vremenske ujme), rastišče (npr. naklon tal, nadmorska višina, sestoj, vrsta in sestava tal), razne poškodbe (npr. ki nastanejo pri odlomu vej, smolarjenju,) in seveda genetske predispozicije.

2.2 STAROSTNE KATEGORIJE LESA

Glede na obdobje nastajanja ločimo v drevesu juvenilni (mladostni), adultni (zreli) in starostni (senescentni) les.



Slika 1: Starostne kategorije lesa in njihova razporeditev v deblu (povzeto iz Klinc, 1995).

2.2.1 Juvenilni les

Juvenilni ali mladostni les nastaja v zgodnjem obdobju rasti drevesa v bližini krošnje in kot rezultat delovanja mladega kambija s krajšimi fuziformnimi inicialkami. Juvenilni les je formiran v osrednjem delu debla in vej. Njegov nastanek usmerja proizvodnja avksina v listih in apikalnih meristemih. Ko se z rastjo drevesa njihov vpliv zmanjšuje, začne nastajati zreli les (Gorišek in Klinc, 1997). V lesni tehnologiji omejujemo juvenilnost z obdobjem, ko vlakna še ne dosežejo svoje "normalne", t.j. maksimalne in stabilne dolžine. Anatomska definicija bolj ali manj sovпада s širšo biološko definicijo juvenilnega obdobja, ki ga zaključuje prvo cvetenje in semenenje dreves (Gorišek in Klinc, 1997). Juvenilno obdobje se pri nekaterih drevesnih vrstah konča dokaj odrezano, pri drugih pa je prehod postopen (Klinc, 1995). Juvenilno obdobje traja navadno prvih 10 do 20 let, sicer pa variira od 5 do 60 let, in se končuje ko kulminira letni višinski prirastek (Arko, 1997). Trajanje juvenilnega obdobja lahko ocenjujemo s spreminjanjem dolžine traheid, lahko pa tudi z drugimi lastnostmi lesa. Trajanje juvenilnega obdobja je genetsko pogojeno. Nanj vplivajo tudi areal, klimatski pogoji ter gospodarjenje z gozdom, slednje obsega predvsem redčenje,

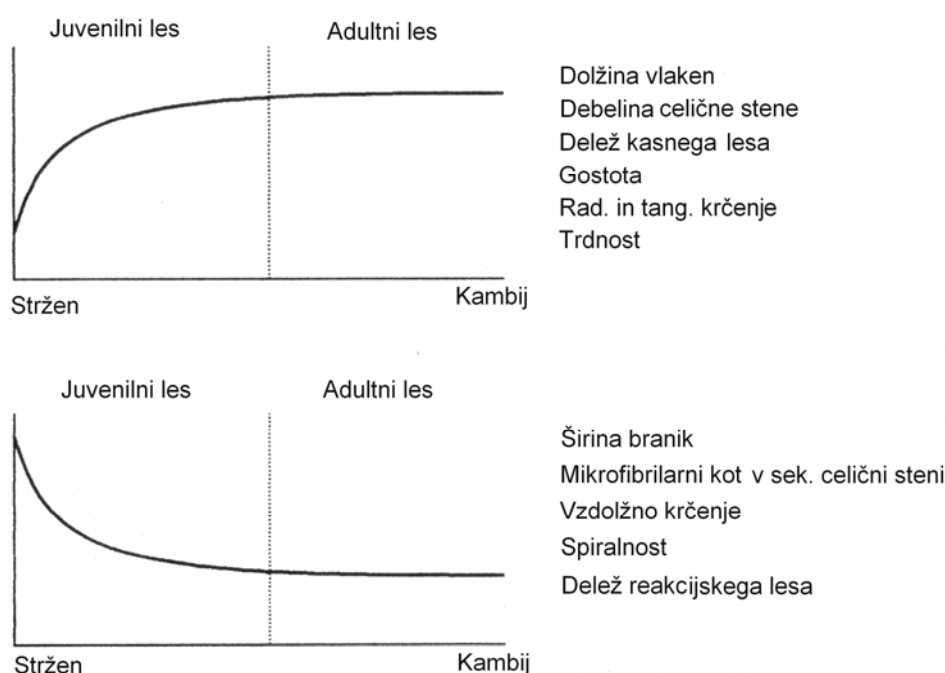
gnojenje, razmak med drevjem in druge posege (Arko, 1997). Glede na odstopajočo zgradbo je juvenilni les anomalen in je z vidika tehnologije obdelave in predelave bolj problematičen, mehanske lastnosti so slabše (krhki zlom). Iz fizioloških razlogov (apikalni in listni meristemi, ki producirajo avksin so blizu kambijeve cone) v juvenilnem lesu ni pravega kasnega lesa, temveč le rani in prehodni (intermediarni) les. Juvenilni les pri iglavcih je zato redkejši in manj trden, po nekaterih podatkih (Gorišek in Klinc, 1997) pa naj bi se tudi bolj krčil in nabrekal, praviloma pa se tudi razkrojni procesi najprej pojavijo v sredici debla, v juvenilnem lesu.

Juvenilni les ima nekatere značilnosti, ki jih moramo pred uporabo kritično ovrednotiti in sicer (Gorišek in Klinc, 1997):

1. Juvenilni les ima praviloma tanjše celične stene in večje premere celičnih lumnov zato ima običajno nižjo (relativno) gostoto. Po Larsonu (1960) (Klinc, 1995) juvenilni les nima izrazitega kasnega lesa, oziroma lesa, ki bi ustrezal Morkovi (1928) (Klinc, 1995) definiciji za kasni les.
2. V juvenilni coni se zaradi potrebe po intenzivni reorientacijah osi drevesa praviloma pojavlja veliko reakcijskega lesa (npr. kompresijski les pri iglavcih), ki ima z nekaterih vidikov podobne lastnosti kot juvenilni les. Kljub večji gostoti pa so nekatere njegove trdnostne lastnosti slabše, krčenje in nabrekanje kompresijskega lesa je, predvsem v vzdolžni smeri, nekajkrat večje od normalnega lesa (Klinc, 1995).
3. Pri normalnem mikrofibrilarnem kotu (10° do 15°) je aksialni skrčec zanemarljiv. Pri večjih mikrofibrilarnih kotih, kot so značilni za juvenilni in kompresijski les, se aksialni skrčec precej poveča. Velik aksialni skrčec pa je vzrok za veženje lesa (Klinc, 1995).
4. Juvenilni les se razlikuje od zrelega tudi kemijsko. Ima več lignina in ksilana ter manj celuloze in galaktoglukomana. Kemijske razlike med juvenilnim in adultnim lesom vplivajo manj na kakovost proizvodov iz lesa kot anatomske (Klinc, 1995).
5. Zaradi svoje središčne lege v deblu je vlažnost juvenilnega lesa praviloma nižja kot v perifernem adultnem lesu. Razlog je povsem fiziološki, saj je zunanji del udeležen pri prevajanju vode, medtem ko srednji ne opravlja več te funkcije. Izjema so mokrine in diskoloriran les (Klinc, 1995).
6. Za juvenilni les je v primerjavi z adultnim značilna bolj ali manj izražena spiralna rast, ki med sušenjem močno povečuje nevarnost veženja (Gorišek, 1997).
7. Dolžine fuziformnih inicialk so spočetka relativno kratke (1 mm), vendar do konca juvenilnega obdobja nekajkrat povečajo svojo dolžino. Postkambialna rast pri iglavcih je majhna (10 – 15%) ali pa je sploh ni. Kambijeve inicialke so najkrajše pri evolucijsko visoko razvitih listavcih z etažnim kambijem in njihova dolžina se s starostjo praktično ne povečuje. Juvenilnost, ki se odraža v dolžini vlaken je pri iglavcih mnogo bolj izražena kot pri listavcih (Čufar, 2001).

2.2.2 Adultni les

Adultni ali zreli les je »normalni« les, ki je produkt zrelega kambija v pogojih normalnih fizioloških gradientov z razmeroma stalnimi in maksimalnimi dimenzijami elementov ter stabilnim fizikalnim obnašanjem. Čas nastanka adultnega lesa sovpada s prvim cvetenjem in semenjenjem dreves, in je odvisen od vsake posamezne drevesne vrste posebej. Zrel les lahko začne nastajati že po 5., v nekaterih primerih celo po 60. letu. Adultni les nastaja po koncu juvenilnega obdobja, (ko fuziformne inicialke dosežejo svojo končno velikost) in se nahaja med juvenilnim delom lesa ter skrajnim perifernim delom (senescentni les) lesa debel in vej. Kadar govorimo o lesu imamo v mislih adultni les, ki ima znatno boljše fizikalne, mehanske in druge lastnosti v primerjavi z juvenilnim lesom (sl. 2), pri slednjem se našteje lastnosti zelo razlikujejo tudi znotraj juvenilnega območja, kar pa ne velja za adultno območje, kjer so lastnosti mnogo bolj stabilne.



Slika 2: Odvisnost anatomske zgradbe in fizikalnih ter mehanskih lastnosti od starosti (prirejeno iz Koprivnikar, 2002).

2.2.3 Senescentni les

Senescentni ali starostni les se pojavlja izredno redko in gospodarsko ni zanimiv, saj drevesa v gospodarskih gozdovih ne dočakajo tolikšne starosti, da bi tvorila starostni les. Nekatera drevesa pa (zlasti v raznih parkih ter težko dostopnem terenu) tvorijo senescentni les, ki se nahaja na skrajnem perifernem delu debel. Čas nastanka starostnega lesa je odvisen od drevesne vrste, saj dolgožive drevesne vrste (macesen, bor,...) dočakajo starost tudi do tisoč let, v takšnih primerih začne nastajati po nekaj sto letih, nekatere druge drevesne vrste pa imajo prekratek življenjski cikel, da bi ga lahko sploh tvorile. Senescentni les ima načeloma višjo gostoto in posledično boljše trdnosti lesa od adultnega. Vzrok temu je, da je v zadnji rastni dobi (senescenci) prirastek manjši, kar se kaže tudi v

širini branike. Za iglavce je značilno, da je v ozkih branikah delež kasnega lesa večji kot v širokih.

2.3 PORANITVENI LES

Vzroki za nastanek poranitvenega lesa so različni. Nastane po mehanskih poškodbah (odlom vej, poškodba zaradi divjadi, ob poseku sosednjih dreves in po spravilu lesa, pri pridobivanju smole, zaradi udara strele).

Odziv vaskularnega kambija na mehanska poškodovanja predstavljata dva dogodka (Oven, 1997);

- (a) pojav nepravilnih delitev v kambijevi coni in
- (b) pričetek nepravilne diferenciacije ranitvenega lesa, (ki je pri iglavcih in listavcih podobna) s precejšnjo variabilnostjo glede na oddaljenost od roba poškodbe.

V trenutku ranitve se prične izsuševanje izpostavljene površine in vdor zraka v notranjost drevesa, zaradi česar se sprožijo diskoloracijski, kasneje pa še razkrojitveni procesi.

Obseg in razvoj razbarvanja ter razkroja v drevesu pojasnjujejo štiri modeli (Oven 1997): (a) model omejitve razkroja v drevesu (CODIT), (b) model reakcijskih con, (c) koncept zaščitne vloge integralne vlažnosti beljave in (d) model zaščitnega lesa, ki nastaja na površini beljave.

2.3.1 Model omejitve razkroja v drevesu (CODIT) (iz Oven, 1997)

Model omejitve razkroja v drevesu CODIT ima dva dela:

1. Pojasnjuje časovno zaporedje sprememb v tkivu po poškodovanju
2. Predpostavlja prepreke, ki omejujejo širjenje in razvoj razbarvanja

Prvi del modela CODIT predvideva tri zaporedne faze, ki sledijo mehanski poškodbi. Prva faza vključuje procese, ki so povezani z neposrednim odzivom drevesnih tkiv na poškodovanje: med katere spadajo abiotske (dehidracija, aeracija), fiziološke, biokemične in kemične spremembe. Na začetku razvojne stopnje je nastanek razbarvanja in jedrovine zelo podoben: parenhimske celice v beljavi odmrejo in pri tem tvorijo snovi (fenole), ki povečajo odpornost lesa. Tako spremenjen les ima zaščitno vlogo, zato se je uveljavil izraz zaščitni les. Druga faza vključuje kolonizacijo zaščitnega lesa in beljave s pionirskimi bakterijami. Tretja faza po poškodovanju je razkroj lesa, v kateri les izgubi oporno funkcijo. Proces v drevesu se lahko ustavi na katerikoli opisani stopnji, odvisno od njegove zmožnosti omejitve učinkov poškodb.

Drugi del modela CODIT opisuje prostorsko orientacijo obstoječih in novonastalih fizičnih ter kemičnih preprek, ki temelji na dveh predpostavkah: (a) drevo je visoko predeljen organizem in (b) učinki poškodb so omejeni na predelke. Predelke omejujejo štiri stene:

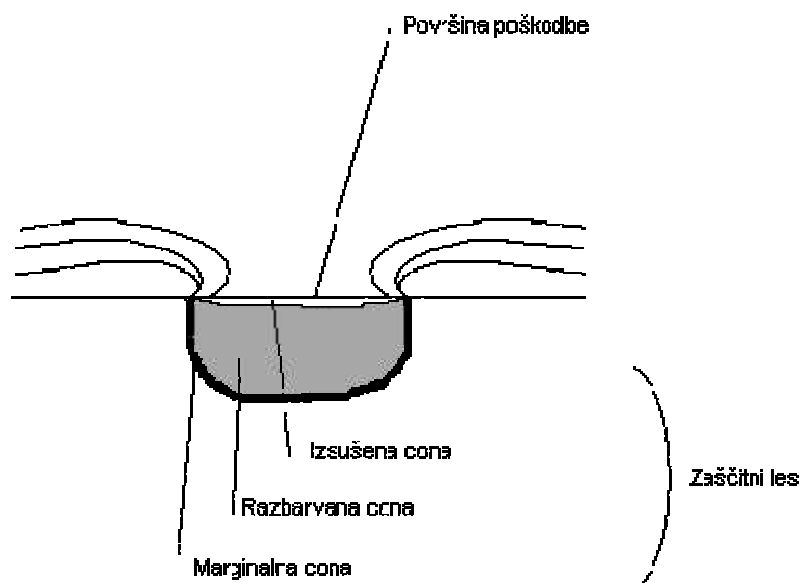
"Stena 1" omejuje širjenje razbarvanja in okužbe v vzdolžni smeri in je rezultat aktivnega odziva lesnega tkiva takoj po poškodovanju. Sestoji se iz okluzij osnih elementov (tile, depoziti gume, kopičenje dodatnih pomožnih snovi in pri iglavcih zasmoljevanje traheid). Učinkovitost te stene je odvisna od anatomskih posebnosti lesa ter sposobnosti drevesne vrste za tvorbo okluzij (pri iglavcih okluzijo vrši smola, polifenolne snovi, ponekod tudi tile).

"Stena 2" je anatomska komponenta, ki zavira širjenje učinkov v centripetalni smeri. Predstavlja jo plast gostejšega kasnega lesa v prirastnem plašču, kot tudi plasti terminalnega in inicialnega parenhima. V drevesu predstavlja "stena 2" sklenjen plašč tkiva od baze do vrha drevesa.

"Stena 3" je vitalna komponenta, ki zavira širjenje infekcije in diskoloracije v tangencialni smeri. Tvori jo radialno usmerjeno trakovno tkivo. "Stena 3" ni sklenjena, ker večina trakov ni strženovih, višina trakov je omejena, med njimi pa ni aksialnega stika.

"Stena 4" ali omejitvena stena oz. barierna cona je ključni element modela CODIT. "Stena 4" (a) je del ranitvenega lesa, ki ga tvori kambij po mehanskem poškodovanju in zato predstavlja naspecifični obrambni mehanizem; (b) je specializirano tkivo, ki deluje kot izolacijsko tkivo med odmrlo beljavo in kambijem oz. lesom, ki nastaja po poškodovanju; (c) ima povečan delež parenhimskih celic in s tem tudi večji zaščitni potencial kot normalni les; (d) je najučinkovitejša in najtrajnejša omejitvena stena; (e) ščiti najmlajši les in tudi vaskularni kambij, ki sta v letih po poškodovanju vitalnega pomena za nadaljnjo rast in preživetje drevesa; (f) je zaradi strukturnih karakteristik mehansko šibko mesto. splošna lastnost "Stene 4" pri vseh vrstah je njena neprevodnost v radialni in osni smeri. Učinkovitost te bariere je odvisna tudi od številnih celic, ki jo sestavljajo in njenega obsega okrog poškodbe. "Stene 4" se včasih tvorijo daleč od mesta poškodbe ali pa le v neposredni bližini rane. Vlogo "Stene 4" pri golosemenkah lahko vrši plast s polifenoli zapolnjenih parenhimskih celic in/ali tangencialni niz(i) travmatskih smolnih kanalov. "Stena 1" je najšibkejša in najmanj učinkovita stena, steni 2 in 3 sta del normalne strukture lesa. Steni 1 in 4 pa nastaneta po poškodovanju. Stene razdelkov niso vedno popolnoma učinkovite, če popustijo, se na novem mestu ponovno vzpostavijo.

Zaščitni les ščiti nepoškodovano beljavo pred vdorom zraka in izsuševanjem ter glivno okužbo. Zaščitni les pri nekaterih listavcih sestavlja površinska izsušena cona, osrednja razbarvana cona in notranja prehodna cona (sl.3).



Slika 3: Cone, ki predstavljajo zaščitni les (prirejeno iz Oven, 1997).

2.3.2 Anatomske in druge značilnosti poranitvenega lesa (iz Oven, 1997, 1999)

Ranitev povzroči hormonalno neravnovesje v tkivu, ki se odraža v spremenjeni strukturi lesa nastalega po ranitvi. Tvorba kalusa je prva faza nastajanja novega tkiva po poškodovanju. Danes velja prepričanje, da kalus nastane predvsem iz nediferenciranih derivatov kambija in le v manjši meri tudi iz inicialne plasti kambija. Nastanek kalusa je verjetno posledica zmanjšanja skorjinega tlaka takoj po poškodovanju. Raziskave pa kažejo, da pri nastanku kalusa lahko sodelujejo tudi parenhimske celice floema. Ne glede na izvor kalusa, se je na njegovi površini najprej razvije nov felogen in kasneje še nov kambij globlje v kalusu, lahko pa se pojavita tudi istočasno.

Z delitvami v novem vaskularnem kambiju v kalusu in diferenciacijo njegovih derivatov nastaja poranitveni les. Na robovih poškodb se lahko razvije tudi makroskopsko viden obroč poranitvenega lesa, pri čemer kalus, ki oleseni ali pa tudi ne, predstavlja manjši del poranitvenega lesa. Z nastankom poranitvenega lesa se prične proces preraščanja rane. Če poranitveni les od robov poškodbe raste preko razkritega lesa proti središču poškodbe, se lahko poškodba dokončno preraste. Pri tem se obnovi sklenjenost sekundarnega vaskularnega sistema in obeh meristemov, vaskularnega kambija in felogena. Vendar pa ni glavni namen drevesa preraščanje in prekritje rane, temveč čimprejšnja obnovitev in sklenitev kambijevega obroča.

Primarni poranitveni les je notranja plast, ki kot prva nastane iz poškodovanega kambija. Zaradi številnih prečnih delitev nastajajo kratke in slabo diferencirane celice. Za njim postopno nastaja sekundarni poranitveni les, ki ga sestavljajo dolge in vse bolj normalne celice.

Primerljive dimenzije celic poranitvenega in mladostnega lesa kažejo na "juvenilizacijo" lesa, ki nastaja po poškodovanju. Mehanske in fizikalne lastnosti poranitvenega lesa so slabše v primerjavi z adultnim lesom.

Poranitveni les, ki nastaja pri večini golosemenk, sestavlja obilo aksialnega parenhima. V pramenih parenhima so lahko vključene tudi traheoidne celice in deorientirane kratke traheide, pogosto pa se tudi razvijejo tangencialni pasovi travmatskih smolnih kanalov.

V poranitvenem lesu se trakovne celice povečajo, nastajajo tudi novi enoredni in dvoredni trakovi, parenhimske celice trakov pa so krajše. Traheide poranitvenega lesa imajo debelejšje celične stene in manjše lumne kot traheide normalnega lesa, pogosto debelo sekundarno steno z veliko vsebnostjo lignina, plasti S3 ni, pojavljajo pa se helikalne razpoke, intercelularni prostori, "vijugaste" vzdolžne stene in obokane piknje na vseh vzdolžnih stenah.

Anatomija traheid poranitvenega lesa je odvisna tudi od sezonsko spremenljive širine in sestave kambijeve cone oziroma od diferenciacijske faze celic v trenutku poškodovanja.

Prvi odziv na mehansko poškodbo se pojavi že nekaj minut po poškodovanju, s tem, da se tam pojavi smola. Smola se lahko pojavi pri posameznih drevesnih vrstah samo na površini poškodovane skorje ali pa na površini skorje in lesa (bori). Strjena smola na površini predstavlja predvsem mehansko oviro za hife gliv.

Travmatski smolni kanali, ki nastanejo po poškodovanju, so praviloma osni in le redkeje tudi radialni. Med normalnimi in travmatskimi smolnimi kanali pri borih ni opaziti anatomskih razlik, pri drugih drevesnih vrstah pa obstajajo razlike med normalnimi in poranitvenimi smolnimi kanali. Pri borih, ki imajo tankostene epitelne celice, se v lumnih smolnih kanalov tvorijo tilozoidi, v traheidah pa s poškodovanjem inducirane tile, ki nastajajo podobno kot pri listavcih, z vraščanjem parenhimskih celic v lumne sosednjih celic (traheid). Prepojitev poškodovanega ali inficiranega lesa s smolo je tipična za bore, ki nastaja v razvejanem sistemu smolnih kanalov in tudi v parenhimskih celicah trakov in se v sosednje traheide izloča skozi piknje v križnih poljih. Smola v poškodovanem lesu deluje kot hidrofozna prepreka, ki ščiti beljavo pred izsuševanjem.

2.4 ČRNI BOR (*Pinus nigra* Arnold)

Črni bor je do 30, včasih do 40 m visoko in do 1,3 m debelo vednozeleno iglasto drevo, ki doživi starost do 500 let. Krošnja je pri mlajših drevesih široko valjasta, pri starejših pa dežnikasta. Skorja je sivočrna, debela in razpokana.

Les črnega bora je srednje gost (gostota ρ_0 je 380...580...910 kg/m³), trd in zmernega krčenja. Je trajnejši od lesa rdečega bora, obenem pa ima tudi večjo trdnost in modul elastičnosti.

Tlačna trdnost borovine vzporedno s potekom aksialnih elementov znaša 55 N/mm² (od 35 do 65 N/mm²), upogibna trdnost pa znaša 105 N/mm² (od 55 do 138 N/mm²). Modul elastičnosti iz upogiba znaša okoli 11000 N/mm² (od 4300 do 17000 N/mm²), med tem ko modul elastičnosti iz tlaka znaša 3500 (od 2500 do 4600 N/mm²) (Pazdrowski W. 2004).

Zaradi velike vsebnosti smole se pojavljajo težave pri površinski obdelavi, na splošno pa velja, da se dobro žeblija in vijači. Proti atmosferilijam, insektom in glivam je odpornejši od rdečega bora, po drugi strani pa se težje impregnira.

Borovina se uporablja v gradbeništvu in mizarstvu, pri vodogradnjah, za izdelovanje stavbnega pohištva, ladijskih podov, za rudniški les in za še marsikaj drugega. Med našimi drevesnimi vrstami je črni bor zaradi velikih količin smole najprimernejši za smolarjenje, ki pa je danes povsem zamrlo. Na smolarjenje, ki je bilo najintenzivnejše po 2. svetovni vojni nas opozorijo sledovi nekdanjega zarezovanja skorje.

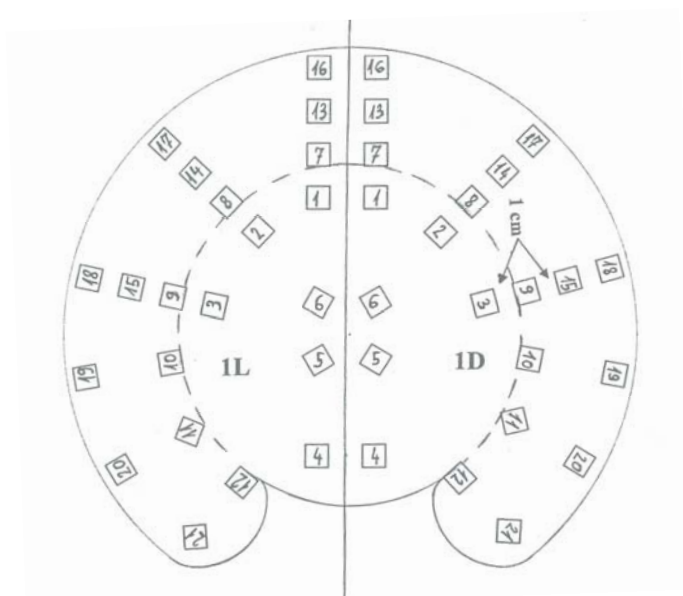
2.4.1 Anatomska zgradba lesa črnega bora

Črni bor ima rumenkastobelo beljavo in rdečkastorjavo jedrovino. Mikroskopsko črnega bora ne moremo ločiti od rdečega bora. Branike in prehod iz ranega v kasni les so dobro vidne (Schweingruber, 1990). V lesu črnega bora se lahko pojavljajo zelo ozke branike. Pogosto pride tudi do nesklenjenih in lažnih branik ter izpada branik. Trakovno tkivo je heterocelularno, sestavljajo ga parenhimske celice in trakovne traheide, ki imajo v lesu črnega bora nazobljene stene. Med trakovnimi parenhimskimi celicami in aksialnimi traheidami, v križnem polju, se nahajajo oknaste oziroma fenestrioformne piknje. Vsebuje radialne in aksialne smolne kanale. Smolne kanale obdajajo epitelne celice s tankimi stenami.

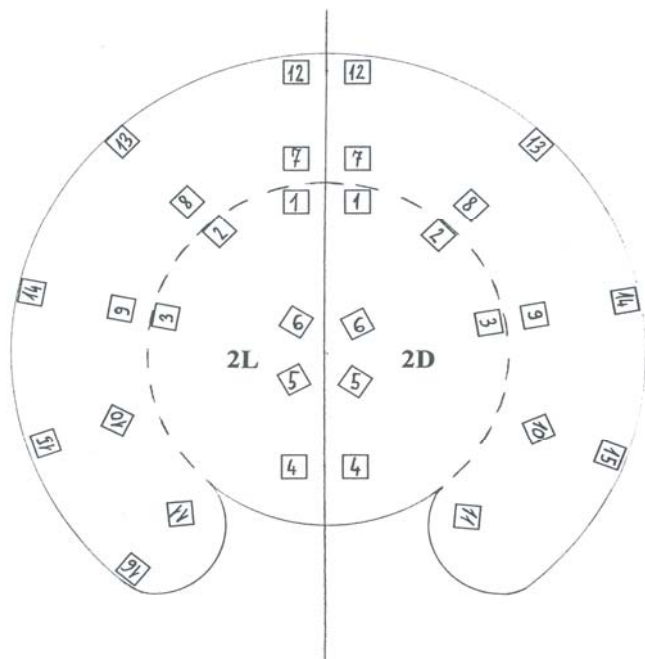
3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Iz dveh dreves črnega bora so bili izžagani trije koluti dolžine približno 35 cm, iz katerih so bili odvzeti vzorci za izvedbo meritev. Prvi kolut iz prvega drevesa je bil v svežem stanju, drugi kolut iz prvega drevesa in prvi kolut iz drugega drevesa pa sta bila že osušena oziroma uravnovešena v normalni klimi. Lokacije odvzema vzorcev po prečnem prerezu so bile določene s ciljem, da zajamejo vse kategorije lesa, katere smo pozneje primerjali med seboj (sl. 4, 5).



Slika 4: Lokacija odvzema vzorcev po prečnem prerezu koluta.



Slika 5: Lokacija odvzema vzorcev po prečnem prerezu koluta.

Da bi primerjali lastnosti med samimi kategorijami lesa, smo posamezne lokacije združili v skupine od A do H (pregl. 1). Za skupino A smo izbrali les, ki se nahaja ob samem centru debla, kjer se nahaja juvenilni les. Za primerjavo lastnosti med normalnim in poranitvenim lesom smo izbrali skupine B, C, D, E, katere predstavljajo normalen les; skupina B predstavlja adultni les pred poškodbo, kateri se razteza na nasprotni strani poškodbe, skupina C označuje normalen les takoj po poškodbi prav tako na nasprotni strani poškodbe, skupina D predstavlja adultni nastal nekaj let po poškodbi, kateri se nahaja na nepoškodovani polovici debla ter skupina E, katera predstavlja najkasneje nastali les po poškodbi to je beljava. Skupina F predstavlja osušen jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe, za katerega lahko sklepamo, da vsebuje zaščitni les. Poranitveni les pa predstavljata skupini G in H; skupina G zajema les nastal takoj po poškodbi na robu rane ob »pazduhi«, skupina H pa zajema les nastal nekaj let po poškodbi (preraščanje rane).

Preglednica 1: Razvrstitev skupin po kategorijah lesa

Skupina	
A	Juvenilni les
B	Adultni les pred ranitvijo
C	Adultni les po ranitvi
D	Adultni les – sredina
E	Adultni les – beljava
F	Les pred ranitvijo (osušen) – jedrovina na strani poškodbe
G	Poranitveni les ob »pazduhi«
H	Poranitveni les

Glede na to, da je bilo iz prvega drevesa odvzetih številčno več vzorcev kot iz drugega drevesa smo morali pozicije vzorcev iz slednjega nekoliko prilagoditi (pregl. 2).

Preglednica 2: Razporeditev vzorcev po skupinah.

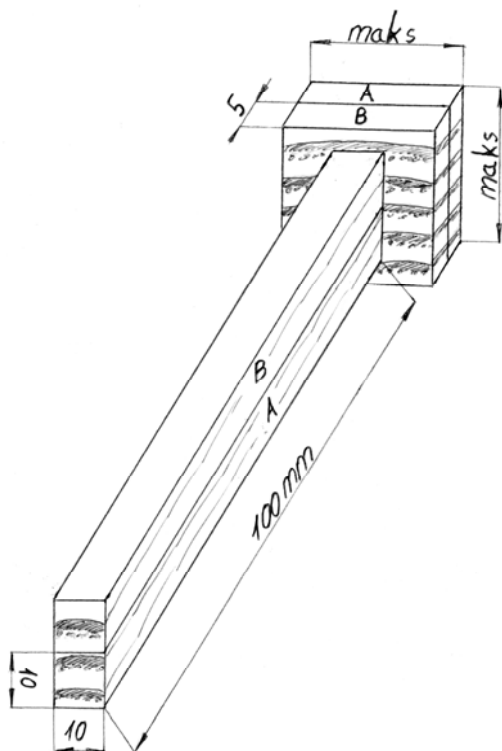
Skupina	Pozicija vzorca v prvem drevesu	Pozicija vzorca v drugem drevesu
A	5,6	5,6
B	1,2,3	1,2,3
C	7,8,9,10	7,8,9
D	13,14,15	
E	16,17,18,19	12,13,14
F	4	4
G	11,20	10,15
H	12,21	11,16

Iz dveh kolotov prvega drevesa je bilo skupno izžaganih 84 palic in sicer po 42 iz vsakega koluta, oziroma po 21 palic iz leve in desne strani koluta (sl. 6). Iz koluta drugega drevesa pa je bilo izžaganih 16 palic iz leve in 15 palic z desne strani koluta, skupno torej 31 palic.

Palice smo nato pravilno orientirali v vseh treh anatomskih smereh (R, T, L) in jih poskobljali na maksimalno debelino in širino. Po skobljanju smo palice na krožnem žagalnem stroju očelili, da smo izničili vpliv čela na lastnosti.

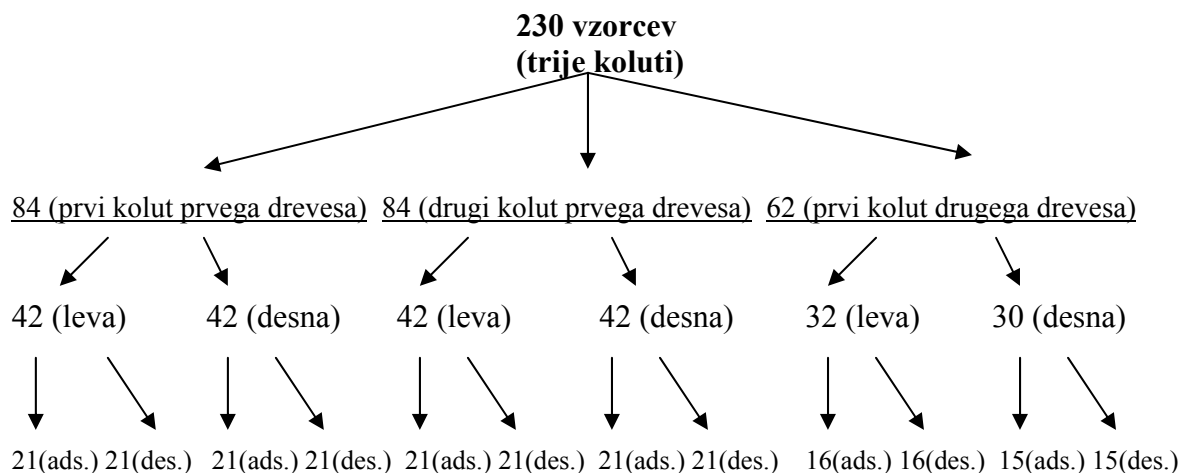
3.1.1 Material za določanje fizikalnih lastnosti

Iz palic smo izžagali po dva vzorca dimenzij $100 \times 30 \times 30$ mm, in dva vzporedna vzorčka dimenzij $5 \times 30 \times 30$ mm (sl. 6 in pregl. 3).



Slika 6: Lega in dimenzije vzorcev za določevanje fizikalnih lastnosti.

Prva dva vzorca dimenzij $100 \times 30 \times 30$ mm smo uporabili za določevanje vzdolžnega skrčka, (skupno smo potrebovali 84 vzorcev) druga dva dimenzij $5 \times 30 \times 30$ mm pa za določevanje gostote (skupno 84 vzorcev), ravnovesnih vlažnosti (230 vzorcev) (sl. 7), krčenja v prečni smeri (84 vzorcev) in določanja kazalnikov dimenzijske stabilnosti (230 vzorcev). Dimenzije smo merili z digitalnim kljunastim merilom na 0,01 mm natančno, na laboratorijski tehtnici pa smo mase tehtali na 0,001 g natančno.



Slika 7: Primer shematskega prikaza določitve števila vzorcev za določanje kazalnikov dim. stabilnosti (ads. – adsorpcija, des. – desorpcija).

3.1.2 Material za določanje mehanskih lastnosti

Iz vsake palice smo za določevanje upogibne trdnosti izžagali po en vzorec dimenzij 210×17×17 mm (skupno 73 vzorcev (21+ 21+ 16 +15 – uporabljena sta bila dva koluta uravnotežena v normalni klimi) ter po en vzorec dimenzij 40×20×20 mm za določevanje tlačne trdnosti vzporedno z vlakni (skupno 73 vzorcev) (pregl. 3).

3.2 METODE

Uporabljali smo različne standardizirane in nestandardizirane metode (preg. 3).

Preglednica 3: Pregled opravljenih preizkusov, dimenzije in število vzorcev

	Vrsta preizkusa:	Dimenzija vzorcev: dolžina×širina×debeli na [mm×mm×mm]	Št. vzorcev:	Metoda
Fizikalne lastnosti	gostota	$\approx 30 \times \approx 30 \times 5$	84	DIN 52182
	vlažnost		230	SIST EN 13183-1: 2002
	dimenzijska stabilnost		230	SIST EN 1910: 2003
	skrčec v R in T smeri		84	
	skrčec v L smeri	$100 \times 10 \times 5$	84	
Mehanske lastnosti	upogibna trdnost	$210 \times 17 \times 17$	73	DIN 52186
	tlačna trdnost	$40 \times 20 \times 20$	73	DIN 52185

3.2.1 Metode za določanje fizikalnih lastnosti

3.2.1.1 Gostota

Gostoto smo določali gravimetrično, kot predpisuje standard (DIN 52182). Meritve smo izvedli na vzorcih (pregl. 3) uravnovešenih v komori z normalno klimo (temperatura $20\pm 1^{\circ}\text{C}$, relativna zračna vlažnost $65\pm 3\%$), ki smo jih nato v sušilniku pri temperaturi $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ osušili do absolutno suhega stanja.

$$r_u = \frac{m_u}{(h_u \times b_u \times l_u)} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \dots(1)$$

pri čemer je:

- r_u gostota lesa pri vlažnosti u
- m masa vzorca pri vlažnosti u
- h_u višina vzorca pri vlažnosti u
- b_u širina vzorca pri vlažnosti u
- l_u dolžina vzorca pri vlažnosti u

3.2.1.2 Ravnovesna vlažnost

Vlažnost smo določali po standardizirani gravimetrični metodi SIST EN 13183-1:2002 ter jo izračunali po naslednji formuli:

$$u = \frac{m_{vode}}{m_0} \times 100 = \frac{m_{vl} - m_0}{m_0} \times 100 [\%] \quad \dots(2)$$

pri čemer je:

- u vlažnost lesa
- m_{vl} masa vlažnega vzorca
- m_0 masa vzorca v končnem absolutno suhem stanju

Ravnovesne vlažnosti v posameznih klimatskih pogojih smo določali po vsakem uravnovešanju v določeni klimi.

3.2.1.3 Krčenje

Iz meritev dobljenih v fazi uravnovešanja oziroma sušenja smo izračunali maksimalne skrčke v radialni (β_R), tangencialni (β_T) in longitudinalni (β_L) smeri po enačbi (3).

$$\beta_{L,R,T} = \frac{l_{vl} - l_0}{l_{vl}} \times 100 [\%] \quad \dots(3)$$

Sušilnični skrček v radialni ($\beta_{sušR}$), tangencialni ($\beta_{sušT}$) in longitudinalni ($\beta_{sušL}$) smeri smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\beta_{sušR,T,L} = \frac{l_{vl} - l_{(\varphi=65\%)}}{l_{vl}} \times 100 [\%] \quad \dots(4)$$

pri čemer je:

- $\beta_{sušR,T,L}$ sušenje iz svežega stanja do rav. vl. pri $\varphi = 65\%$ oz. do ravnovesja v normalni klimi
- l_{vl} radialna oziroma tangencialna dimenzija v svežem stanju
- l_0 dimenzija absolutno suhega lesa
- $l_{(\varphi=65)}$ radialna oziroma tangencialna dimenzija vzorca uravnovešenega v klimi z relativno zračno vlažnostjo 33, 65 in 86% pri temperaturi 20°C

3.2.1.4 Kazalniki dimenzijske stabilnosti

Kazalnike dimenzijske stabilnosti smo določali po standardni metodi (SIST EN 1910: 2003). Uravnovešanje vzorcev za določitev kazalnikov dimenzijske stabilnosti je potekalo v kvazilinearnem območju, to je od spodnje meje v klimi z $\varphi = 33\%$ do zgornje meje v klimi z $\varphi = 86$. Uravnovešali smo po dveh postopkih, tako, da smo dobili vrednosti za desorpcijo in adsorpcijo (sl. 8).

Diferencialni nabrek v radialni (q_R) in tangencialni (q_T) smeri podaja spremembo dimenzij lesa, če se lesna vlažnost spremeni za 1%.

$$q_{R,T} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta u} = \frac{\left(\frac{l_{R,T86} - l_{R,T33}}{l_{R,T0}} \right) \times 100 \left[\frac{\%}{\%} \right]}{u_{86} - u_{33}} \quad \dots(5)$$

Anizotropijo diferencialnega nabrekanja A_n smo izračunali po naslednji enačbi:

$$A_n = \frac{q_T}{q_R} \quad \dots(6)$$

pri čemer sta q_T diferencialni nabrek v tangencialni smeri in q_R diferencialni nabrek v radialni smeri izračunana po enačbi (5).

Koeficient nabrekanja v radialni (h_R) in tangencialni (h_T) smeri nakazuje spremembo dimenzije, če se relativna zračna vlažnost spremeni za 1%.

$$h_{R,T} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta \varphi} = \frac{\left(\frac{(l_{R,T86} - l_{R,T33})}{l_{R,T0}} \right) \times 100}{(\varphi_2 - \varphi_1)} \left[\frac{\%}{\%} \right] \quad \dots(7)$$

Sorpcijski kvocient (s) je neposredna mera lesne higroskopnosti, saj pove, za koliko se spremeni lesna vlažnost, če se relativna zračna vlažnost spremeni za 1%.

$$s = \frac{h}{q} = \frac{\Delta u}{\Delta \varphi} = \frac{(u_{86} - u_{33})}{(\varphi_2 - \varphi_1)} \left[\frac{\%}{\%} \right] \quad \dots(8)$$

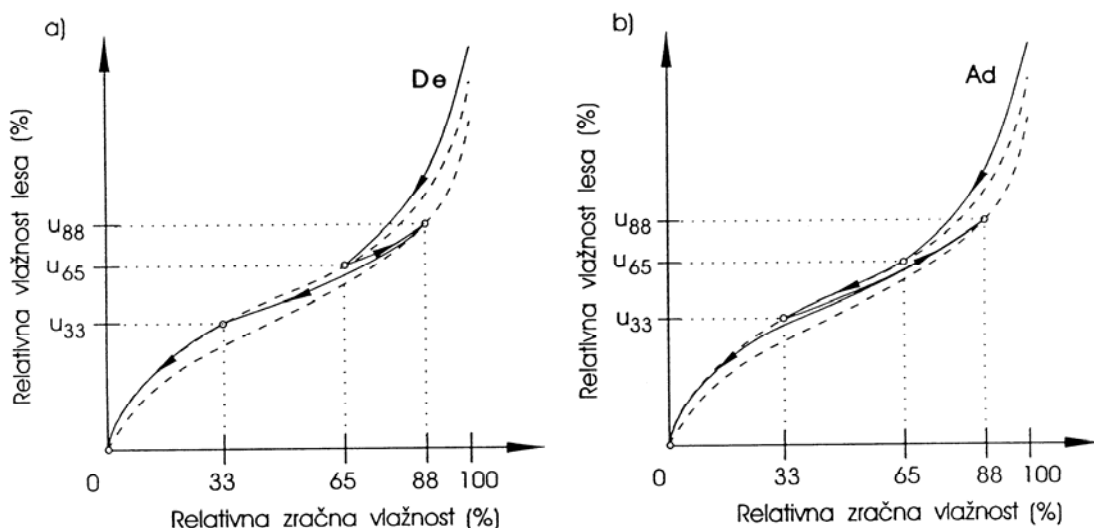
Na začetku smo vzorcem (iz vsake palice sta bila po dva vzorca) stehali maso in izmerili prečne dimenzije, nato pa smo jih naložili na mrežne podstavke in jih dali v stekleno komoro, v kateri so bili izpostavljeni normalni klimi z naslednjimi parametri: $T = 20^\circ\text{C}$ in $\varphi = 65\%$. Po uravnovešanju smo polovico vzorcev izpostavili klimi z relativno zračno vlažnostjo 33%, drugo polovico pa klimi z relativno zračno vlažnostjo 86%. Po uravnovešanju, ki je trajalo približno en mesec, smo vzorce v klimah zamenjali, tiste iz višje relativne zračne vlažnosti smo prestavili v komoro z nižjo relativno zračno vlažnostjo in obratno. Odgovarjajoče relativne zračne vlažnosti smo uravnavali z nasičenimi solnimi raztopinami (pregl. 4).

Preglednica 4: Relativne zračne vlažnosti in pričakovana ravnovesna vlažnost lesa nad nasičenimi raztopinami treh različnih soli.

	Kemijska formula	φ soli pri $T = 20^\circ\text{C}$	u_r = (iz tabel)
Natrijev nitrit	Na NO_2	65%	$\approx 12\%$
Cinkov sulfat	$\text{Zn SO}_4 * 7 \text{ H}_2\text{O}$	86%	$\approx 18\%$
Magnezijev diklorid	$\text{Mg Cl}_2 * 6 \text{ H}_2\text{O}$	33%	$\approx 6,5\%$

Po zadnjem končanem uravnovešanju smo vse vzorce posušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi $103 \pm 2^\circ\text{C}$ do sušilnično suhega stanja. Po vsakem uravnovešanju smo vzorcem najprej določili maso na 0,001g natančno in izmerili dimenzije v radialni in tangencialni smeri na 0,01mm natančno.

Vzorci, ki smo jih posušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi $103 \pm 2^\circ\text{C}$ so izločili precej smole, zato smo opravili še dodatna uravnovešanja v procesu adsorpcije.



Slika 8: Potek uravnovešanja vzorcev v klimah različnih vlažnosti za vzorce: (a) desorpcijski vzorci (De) in (b) adsorpcijski vzorci (Ad) (povzeto iz Klinc, 1995).

3.2.2 Metode za določanje mehanskih lastnosti

3.2.2.1 Upogibna trdnost

Za preverjanje upogibne trdnosti smo metodo delno prilagodili po standardu (DIN 52186). V našem primeru smo skrajšali razdaljo med podporama, na dvanajst višin vzorca, medtem ko je po standardu določenih petnajst višin vzorca.

Upogibno trdnost smo izračunali po enačbi:

$$\sigma = \frac{3 \times F_{maks} \times l_1}{2 \times b \times t^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \dots(9)$$

pri čemer je:

- σ upogibna trdnost
- F_{maks} sila loma
- l_1 razdalja med podporama

- b širina vzorca
- t debelina vzorca

Modul elastičnosti smo izračunali po enačbi:

$$E_m = \frac{l^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_2 - a_1)} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \dots(10)$$

pri čemer je:

- E_m modul elastičnosti
- $F_2 - F_1$ – prirastek sile v linearnem deformacijskem območju ($F_2 \approx 40\% F_{maks}$;
 $F_1 \approx 10\% F_{maks}$)
- l razdalja med podporama
- b širina vzorca
- t debelina vzorca
- $a_2 - a_1$ – prirastek deformacije merjen na sredini vzorca pri prirastku sile $F_2 - F_1$

Preizkus smo opravili na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti, ZWICK Z100. Na stroju smo nastavili razdaljo med podporama 200 mm. Test upogibne trdnosti smo izvajali v dveh delih. Najprej smo vzorce obremenjevali v elastičnem območju, in sicer do 40% maksimalne sile. Vzorcev v tej fazi še nismo lomili, da ne bi poškodovali induktivnega merilca pomika (LVDT - *Linear Variable Diferencial Transformer*), ki se je nahajal na polovici dolžine vzorca, točno pod pritisknim valjem (sl. 9). Tako smo dobili podatke za izračun modula elastičnosti. Po odstranitvi induktivnega merilca pomika pa smo vzorce obremenjevali do porušitve in tako izmerili silo loma.



Slika 9: Stroj za preizkušanje upogibne trdnosti – ZWICK Z100.

3.2.2.2 Tlačna trdnost vzporedno z vlakni

Tlačno trdnost vzporedno z vlakni smo izračunali po enačbi:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{b \times t} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \dots(11)$$

pri čemer je:

- σ tlačna trdnost
- F_{maks} sila porušitve
- b širina vzorca
- t debelina vzorca

Pri postopkih preverjanja tlačne trdnosti vzporedno z vlakni, smo se navezovali na predpise standarda (DIN 52185), ki določa postopke določanja tlačne trdnosti vzporedno z vlakni lesa in modula elastičnosti iz tlaka na majhnih čistih vzorcih. Meritve smo izvajali na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti, ZWICK Z100. Za preizkus tlačne trdnosti vzporedno z vlakni smo na stroj namestili dve vzporedni ravni plošči. Vzorce smo postavili na predhodno narisano pozicijo, ki se je nahajala na sredini spodnje plošče, zgornja plošča pa se je s konstantno hitrostjo približevala vzorcu. Pri testiranju nam je program na računalniku, ki je povezan s testirnim strojem izračunal tlačno trdnost vzporedno z vlakni, modul elastičnosti, maksimalno silo in delo, ki je bilo potrebno, da pride do porušitve.

4 REZULTATI

4.1 FIZIKALNE LASTNOSTI LESA ČRNEGA BORA

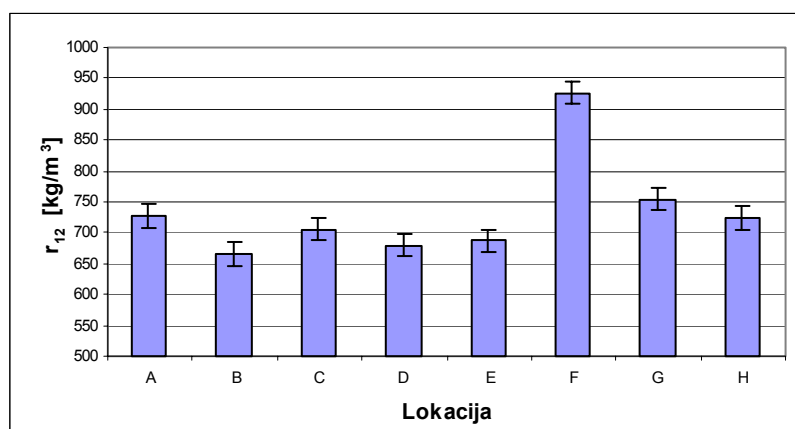
4.1.1 Gostota

Povprečne gostote borovine (pri $u \approx 12\%$) so bile od $665,4 \text{ kg/m}^3$ do $926,6 \text{ kg/m}^3$ (pregl. 5, sl. 10 in pril. B1) pri čemer je bistveno odstopala gostota na lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 5: Gostota borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Gostota r_{12} [kg/m^3]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	727	13,6	1,9	708	750	X X
B	12	665	39,2	5,9	624	742	X
C	16	706	34,8	4,9	653	774	X X
D	12	680	38,5	5,7	608	728	X
E	16	687	34,0	4,9	621	731	X X
F	4	927	1,8	0,2	925	929	X
G	8	755	30,5	4,0	712	809	X
H	8	725	25,5	3,5	686	751	X X

¹ Če je X vertikalno poravnan ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



Slika 10: Povprečna gostota (pri $u \approx 12\%$) borovine po lokacijah z min in maks vrednostjo.

4.1.2 Ravnovesne vlažnosti

Ravnovesna vlažnost na lokaciji A in F je pri vseh relativnih zračnih vlažnostih daleč največja, še posebno na lokaciji F, kar ni po pričakovanju, saj gre za juvenilni (lokacija A) ter jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe (lokacija F). Predpostavka, da bosta beljava (lokacija E) in poranitveni les (lokacija G in H) morala imeti najvišjo ravnovesno vlažnost, se ni izkazalo za točno.

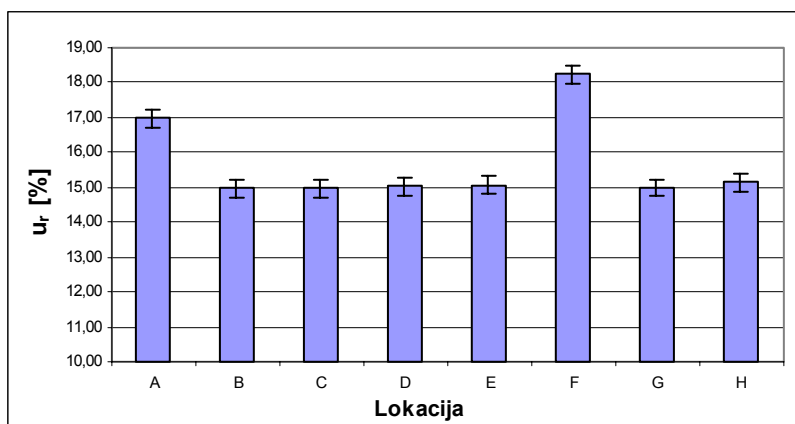
Povprečne ravnovesne vlažnosti lesa so bile od 15,0% do 18,2% (pregl. 6, sl. 11 in pril. B3) pri čemer so bistveno odstopale ravnovesne vlažnosti na lokaciji A in F.

Preglednica 6: Ravnovesne vlažnosti borovine pri $\phi = 65\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Ravnovesna vlažnost u_r [%]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	17,0*	0,70	4,1	16,4	18,4	X
B	12	15,0	0,36	2,4	14,5	15,6	X
C	16	15,0	0,16	1,1	14,7	15,3	X
D	12	15,0	0,23	1,5	14,7	15,4	X
E	16	15,1	0,18	1,2	14,7	15,5	X
F	4	18,2*	0,90	4,9	17,6	19,5	X
G	8	15,0	0,23	1,5	14,8	15,4	X
H	8	15,2	0,18	1,2	14,8	15,4	X

¹ Če je X vertikalno poravnani ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.

* odstopanja ravnovesnih vlažnosti na lokacijah juvenilnega (A) in jedrovinskega lesa na strani poškodbe (F) so posledica uporabe gravimetrične metode določanja lesne vlažnosti in visoke vsebnosti hlapljivih snovi



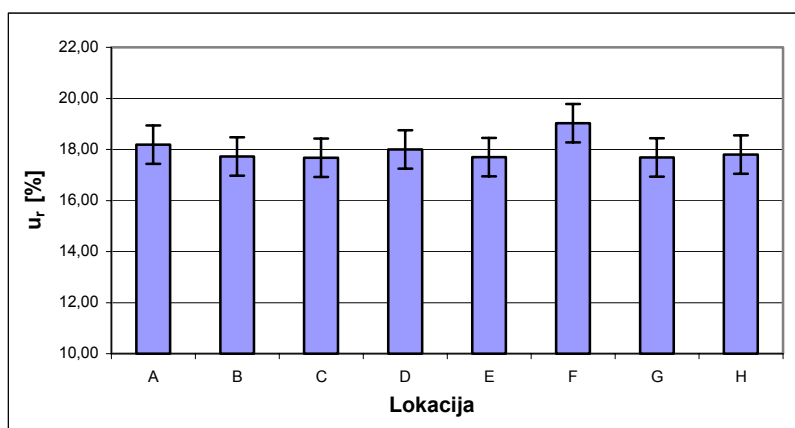
Slika 11: Povprečne ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 65\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečne ravnovesne vlažnosti lesa so bile od 17,7% do 19,0% (pregl. 7, sl. 12 in pril. B2) pri čemer so bistveno odstopale ravnovesne vlažnosti na lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 7: Ravnovesne vlažnosti borovine pri $\phi = 86\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Ravnovesna vlažnost u_r [%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	21	18,2*	1,00	5,5	16,5	19,6
B	34	17,7	1,08	6,1	16,5	20,0
C	40	17,7	1,10	6,2	16,5	19,8
D	22	18,0	1,27	7,1	16,3	20,0
E	44	17,7	1,16	6,6	16,4	19,9
F	11	19,0*	0,81	4,3	17,5	20,3
G	24	17,7	1,06	6,0	16,7	20,0
H	20	17,8	1,20	6,7	16,6	19,8

* odstopanja ravnovesnih vlažnosti na lokacijah juvenilnega (A) in jedrovinskega lesa na strani poškodbe (F) so posledica uporabe gravimetrične metode določanja lesne vlažnosti in visoke vsebnosti hlapljivih snovi



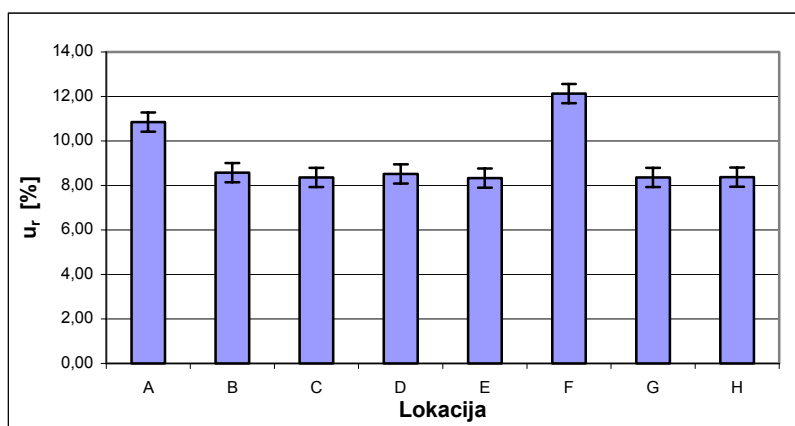
Slika 12: Povprečne ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 86\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečne ravnovesne vlažnosti lesa so bile od 8,3% do 12,1% (pregl. 8, sl. 13 in pril. B4) pri čemer so bistveno odstopale ravnovesne vlažnosti na lokaciji A (juvenilni les) in F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 8: Ravnovesne vlažnosti borovine pri $\phi = 33\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Ravnovesna vlažnost u_r [%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	22	10,9*	1,33	12,3	8,4	13,0
B	34	8,6	0,84	9,8	8,0	11,6
C	40	8,4	0,36	4,3	7,9	9,1
D	22	8,5	0,49	5,7	7,9	9,3
E	44	8,3	0,41	4,9	7,8	9,4
F	12	12,1*	0,81	6,7	11,3	13,9
G	24	8,4	0,35	4,2	7,9	9,1
H	20	8,4	0,41	4,9	7,9	9,0

* odstopanja ravnovesnih vlažnosti na lokacijah juvenilnega (A) in jedrovinskega lesa na strani poškodbe (F) so posledica uporabe gravimetrične metode določanja lesne vlažnosti in visoke vsebnosti hlapljivih snovi



Slika 13: Povprečne ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 33\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

4.1.3 Krčenje in prečna krčitvena anizotropija

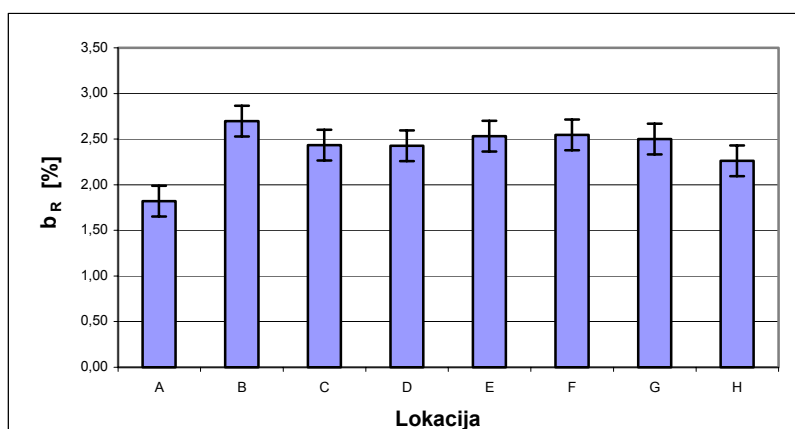
Totalni skrček v radialni smeri izkazuje podoben trend kot sušilnični skrček z minimalnim odstopanjem znotraj tega trenda, podoben trend izkazuje tudi skrček v tangencialni smeri.

Juvenilni les (lokacija A) ima najmanjši radialni in tangencialni skrček, takoj za njim pa sledi poranitveni les (lokacija H), ki ima prav tako majhne skrčke v obeh smereh. Največje radialne in tangencialne skrčke pa ima po pričakovanjih zreli adultni les (lokacija B, C, D, E).

Povprečni sušilnični skrčki borovine v radialni smeri so bili od 1,8% do 2,7% (pregl. 9, sl. 14 in pril. B7) pri čemer sta bistveno odstopala skrčka na lokaciji A (juvenilni les) in B (adultni les pred ranitvijo).

Preglednica 9: Sušilnični skrček borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Radialni sušilnični skrček β_R [%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	8	1,8	0,18	9,7	1,7	2,1
B	10	2,7	0,23	8,6	2,5	3,1
C	16	2,4	0,29	12,1	2,0	2,9
D	12	2,4	0,35	14,2	2,0	3,0
E	16	2,5	0,26	10,4	2,0	2,9
F	4	2,6	0,04	1,5	2,5	2,6
G	7	2,5	0,14	5,5	2,3	2,7
H	8	2,3	0,46	20,3	1,6	2,8

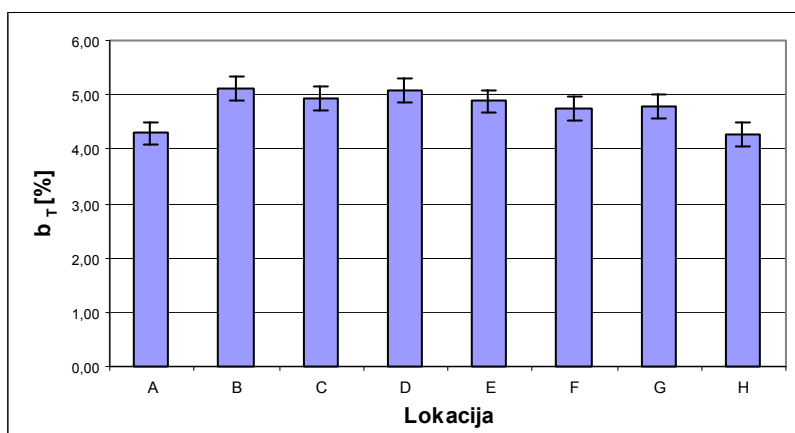


Slika 14: Povprečni sušilnični skrčki borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni sušilnični skrčki borovine v tangencialni smeri so bili od 4,3% do 5,1% (pregl. 10, sl. 15 in pril. B8) pri čemer sta bistveno odstopala skrčka na lokaciji A (juvenilni les) in H (poranitveni les).

Preglednica 10: Sušilnični skrček borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Tangencialni sušilnični skrček β_T [%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	8	4,3	0,24	5,6	4,1	4,7
B	10	5,1	0,16	3,1	4,9	5,4
C	16	4,9	0,51	10,3	3,8	5,5
D	12	5,1	0,32	6,3	4,6	5,5
E	16	4,9	0,29	5,9	4,3	5,2
F	4	4,8	0,11	2,3	4,7	4,9
G	8	4,8	0,22	4,6	4,3	5,1
H	8	4,3	0,59	13,9	3,3	5,1

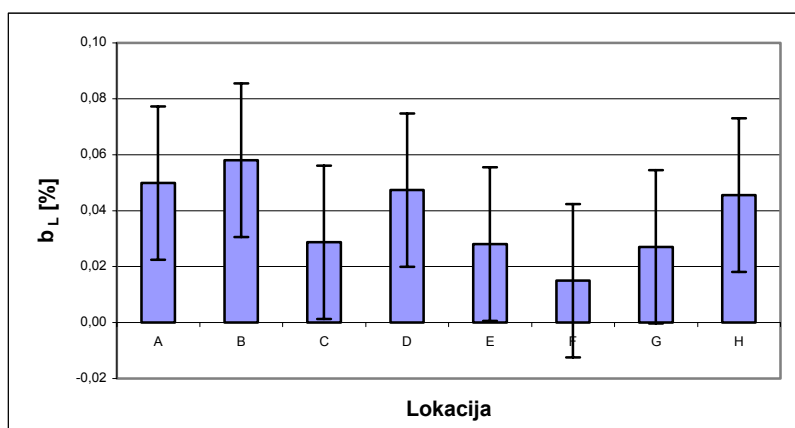


Slika 15: Povprečni sušilnični skrčki borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni sušilnični skrčki borovine v longitudinalni smeri so bili od 0,01% do 0,06% (pregl. 11, sl. 16 in pril. B9) pri čemer je bistveno odstopal skrček na lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 11: Sušilnični skrček borovine v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Vzdolžni sušilnični skrček β_L [%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	7	0,05	0,035	69,3	0,00	0,09
B	11	0,06	0,081	139,8	0,00	0,21
C	16	0,03	0,036	124,4	0,00	0,10
D	12	0,05	0,048	102,0	0,00	0,13
E	16	0,03	0,036	128,6	0,00	0,12
F	4	0,01	0,013	86,1	0,00	0,03
G	7	0,03	0,025	92,0	0,00	0,06
H	7	0,05	0,043	94,4	0,00	0,10



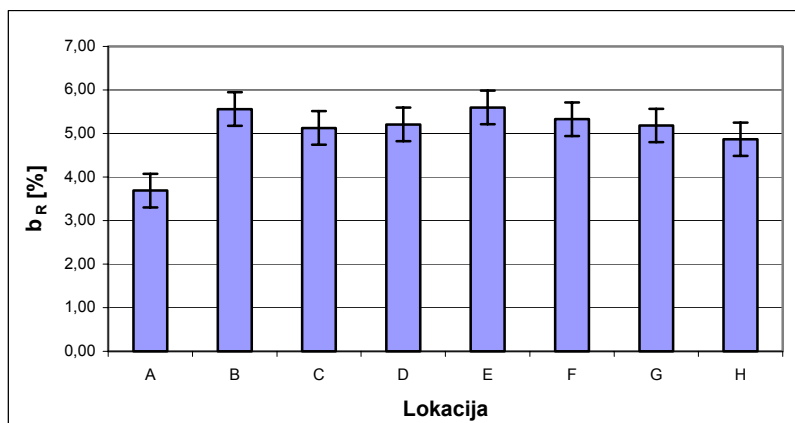
Slika 16: Povprečni sušilnični skrčki borovine v longitudinalni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni totalni skrčki borovine v radialni smeri so bili od 3,7% do 5,6% (pregl. 12, sl. 17 in pril. B10) pri čemer je bistveno odstopal skrček na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 12: Totalni skrček borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Radialni totalni skrček β_r [%]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	3,7	0,24	6,6	3,4	4,1	X
B	10	5,6	0,46	8,2	5,2	6,4	X X
C	16	5,1	0,68	13,2	4,0	6,0	X X
D	12	5,2	0,69	13,3	4,2	6,1	X X X
E	16	5,6	0,48	8,6	4,6	6,1	X
F	4	5,3	0,26	4,9	5,0	5,5	X X X
G	8	5,2	0,85	16,5	3,6	5,9	X X X
H	8	4,9	0,79	16,2	3,6	5,6	X

¹ Če je X vertikalno poravnani ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



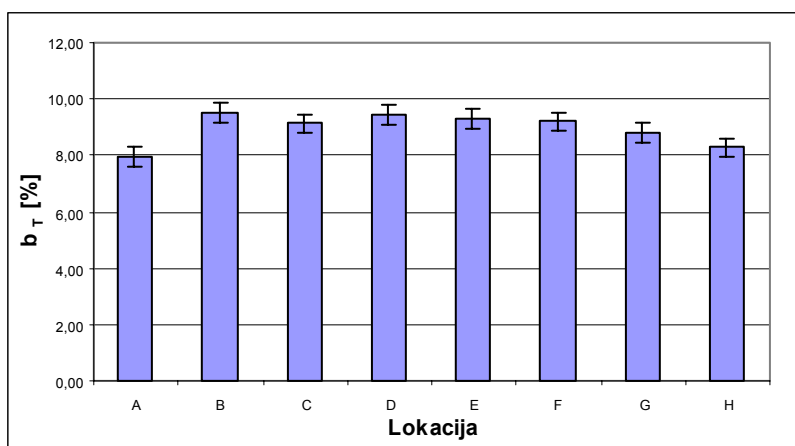
Slika 17: Povprečni totalni skrčki borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni totalni skrčki borovine v tangencialni smeri so bili od 7,9% do 9,5% (pregl. 13, sl. 18 in pril. B11) pri čemer sta bistveno odstopala skrčka na lokaciji A (juvenilni les) in H (poranitveni les).

Preglednica 13: Totalni skrček borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Tangencialni totalni skrček β_t [%]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	7,9	0,20	2,5	7,7	8,3	X
B	10	9,5	0,23	2,4	9,1	9,7	X
C	16	9,1	0,79	8,7	7,3	10,2	X X
D	12	9,4	0,68	7,2	8,5	10,3	X
E	16	9,3	0,53	5,7	8,3	9,9	X X
F	4	9,2	0,10	1,0	9,1	9,4	X X
G	8	8,8	0,45	5,1	8,0	9,3	X X
H	8	8,3	0,99	12,0	6,7	9,5	X X

¹ Če je X vertikalno poravnani ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.

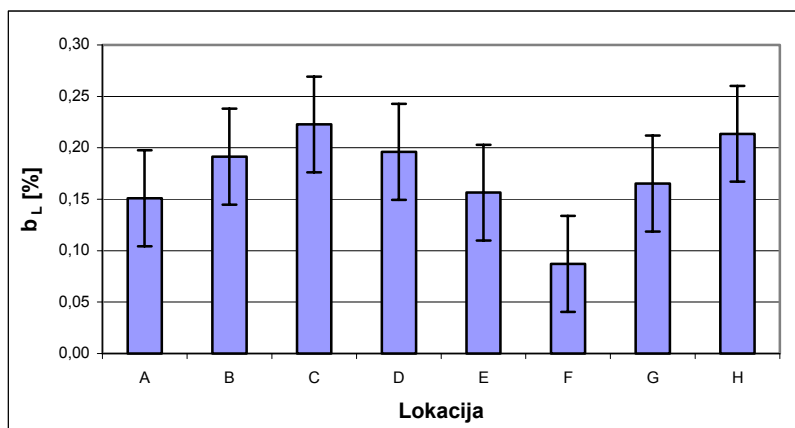


Slika 18: Povprečni totalni skrčki borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni totalni skrčki borovine v longitudinalni smeri so bili od 0,09% do 0,22% (pregl. 14, sl. 19 in pril. B12) pri čemer je bistveno odstopal skrček na lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 14: Totalni skrček borovine v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Vzdolžni totalni skrček β_l [%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	a_{min}	a_{maks}
A	7	0,15	0,057	37,6	0,07	0,25
B	10	0,19	0,109	56,8	0,12	0,43
C	16	0,22	0,094	42,0	0,12	0,42
D	12	0,20	0,060	30,7	0,12	0,30
E	16	0,16	0,050	32,2	0,10	0,29
F	4	0,09	0,049	56,3	0,04	0,13
G	7	0,17	0,057	34,6	0,10	0,27
H	7	0,21	0,062	29,2	0,11	0,30

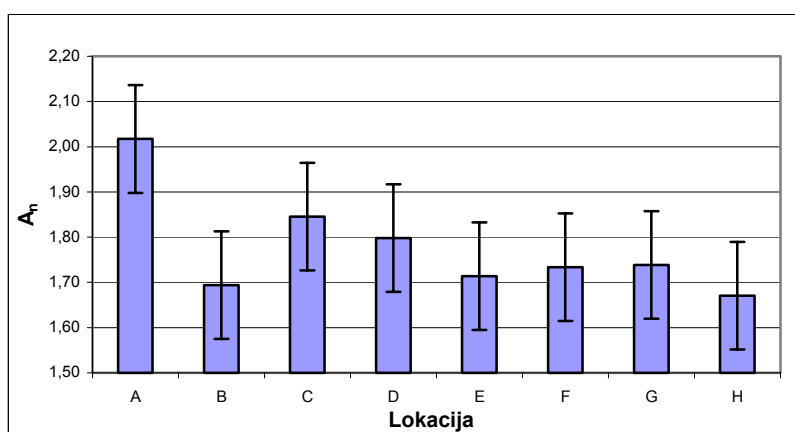


Slika 19: Povprečni totalni skrčki borovine v longitudinalni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečne anizotropije lesa so bile od 1,7 do 2,0 (pregl. 15, sl. 20 in pril. B13 ter B14) pri čemer je bistveno odstopala anizotropija na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 15: Anizotropija (q_T / q_R) borovine po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Prečna anizotropija A_n						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	24	2,0	0,19	9,2	1,7	2,4
B	32	1,7	0,18	10,3	1,4	2,1
C	40	1,9	0,21	11,4	1,5	2,4
D	21	1,8	0,16	9,0	1,6	2,2
E	44	1,7	0,12	6,9	1,5	2,1
F	12	1,7	0,11	6,2	1,6	2,0
G	24	1,7	0,21	11,9	1,4	2,3
H	20	1,7	0,21	12,4	1,4	2,1



Slika 20: Povprečna anizotropija (q_T / q_R) borovine po lokacijah z min in maks vrednostjo.

4.1.4 Kazalniki dimenzijske stabilnosti

4.1.4.1 Diferencialno nabrekanje

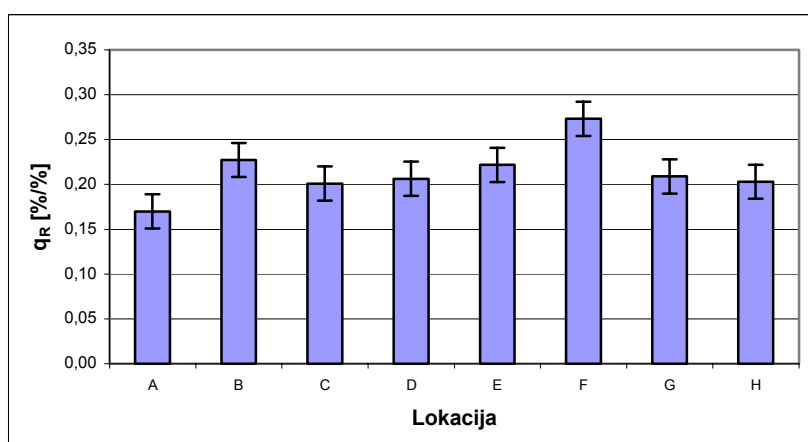
Dane vrednosti diferencialnega nabreka so izračunane pri radialnem ali tangencialnem skrčku v absolutnem stanju (enačba 5), za primerjavo smo preverili, kako bi bilo če bi skrček v radialni ali tangencialni smeri določili pri relativni zračni vlažnosti 65%, vendar so rezultati pokazali, da so razlike tako majhne, da ne vplivajo na dane vrednosti.

Povprečni diferencialni nabreki lesa v radialni smeri so bili od 0,17 [%/%] do 0,27 [%/%] (pregl. 16, sl. 21 in pril. B15 ter B17) pri čemer sta bistveno odstopala diferencialna nabreka na lokaciji A (juvenilni les) in F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 16: Diferencialni nabrek borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Radialni diferencialni nabrek q_R [%/%]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	a_{min}	a_{maks}	
A	24	0,17	0,026	15,1	0,11	0,21	X
B	32	0,23	0,032	14,0	0,16	0,30	X
C	40	0,20	0,034	17,0	0,12	0,24	X
D	22	0,21	0,030	14,7	0,14	0,25	X X
E	44	0,22	0,018	8,1	0,16	0,26	X
F	12	0,27	0,015	5,6	0,24	0,30	X
G	24	0,21	0,031	15,0	0,15	0,26	X
H	20	0,20	0,033	16,0	0,12	0,26	X

¹ Če je X vertikalno poravnani ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



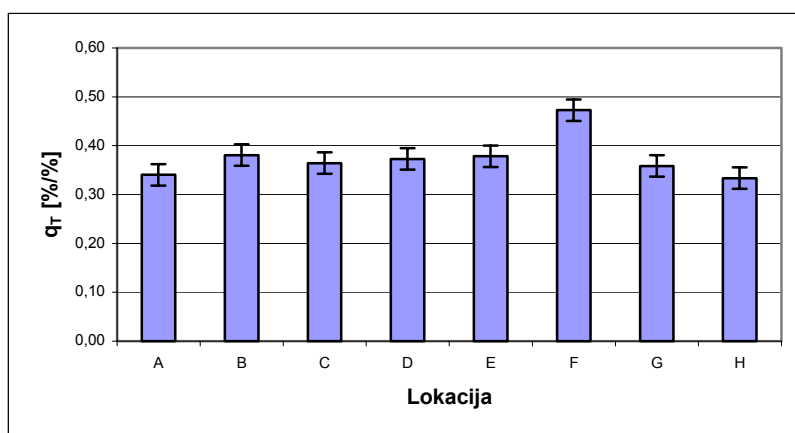
Slika 21: Povprečni diferencialni nabrek borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni diferencialni nabreki lesa v tangencialni smeri so bili od 0,33 [%/%] do 0,47 [%/%] (pregl. 17, sl. 22 in pril. B16 ter B18) pri čemer je bistveno odstopal diferencialni nabrek na lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 17: Diferencialni nabrek borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Tangencialni diferencialni nabrek q_T [%/%]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	a_{min}	a_{maks}	
A	24	0,34	0,044	13,0	0,25	0,41	X
B	32	0,38	0,030	7,8	0,34	0,46	X
C	40	0,36	0,034	9,4	0,26	0,41	X X
D	22	0,37	0,029	7,9	0,32	0,42	X X
E	44	0,38	0,022	5,7	0,32	0,43	X
F	12	0,47	0,027	5,6	0,44	0,52	X
G	24	0,36	0,037	10,2	0,28	0,40	X
H	20	0,33	0,031	9,4	0,26	0,38	X

¹ Če je X vertikalno poravnani ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



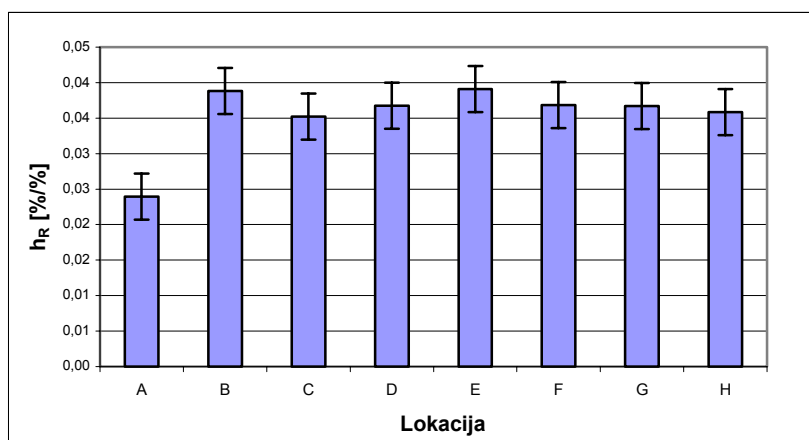
Slika 22: Povprečni diferencialni nabrek borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

4.1.4.2 Koeficient nabrekanja

Povprečni koeficienti nabreka lesa v radialni smeri so bili od 0,02 [%/%] do 0,04 [%/%] (pregl. 18, sl. 23 in pril. B19 ter B21) pri čemer je bistveno odstopal koeficient nabreka na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 18: Koeficient nabreka borovine v radialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Radialni koeficient nabreka h_R [%/%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	24	0,02	0,003	13,2	0,02	0,03
B	32	0,04	0,005	12,1	0,03	0,05
C	40	0,04	0,006	17,7	0,02	0,05
D	22	0,04	0,005	14,9	0,03	0,05
E	44	0,04	0,004	9,6	0,03	0,05
F	12	0,04	0,003	8,4	0,03	0,04
G	24	0,04	0,006	16,2	0,03	0,05
H	20	0,04	0,005	14,2	0,02	0,05

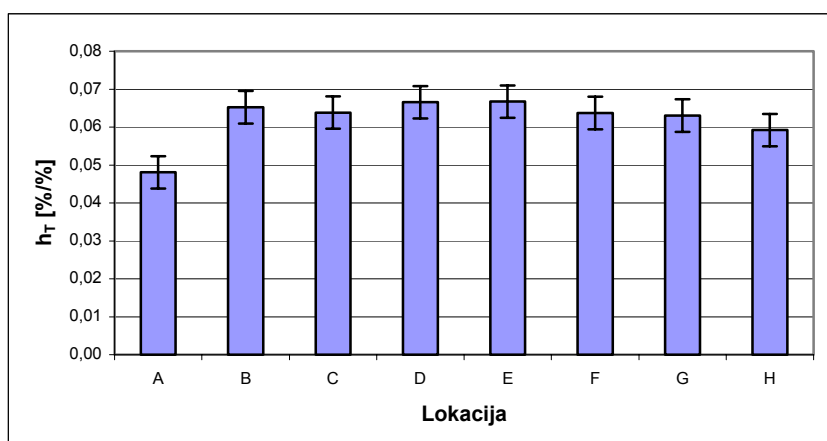


Slika 23: Povprečni koeficient nabreka borovine v radialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni koeficienti nabreka lesa v tangencialni smeri so bili od 0,05 [%/%] do 0,07 [%/%] (pregl.19, sl. 24 in pril. B20 ter B22) pri čemer je bistveno odstopal koeficient nabreka na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 19: Koeficient nabreka borovine v tangencialni smeri po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Tangencialni koeficient nabreka h_T [%/%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	a_{min}	a_{maks}
A	24	0,05	0,006	12,8	0,04	0,06
B	32	0,07	0,006	9,2	0,06	0,08
C	40	0,06	0,006	10,0	0,05	0,08
D	22	0,07	0,007	10,3	0,06	0,08
E	44	0,07	0,005	7,4	0,06	0,08
F	12	0,06	0,005	7,4	0,06	0,07
G	24	0,06	0,008	11,9	0,05	0,08
H	20	0,06	0,007	11,6	0,05	0,08



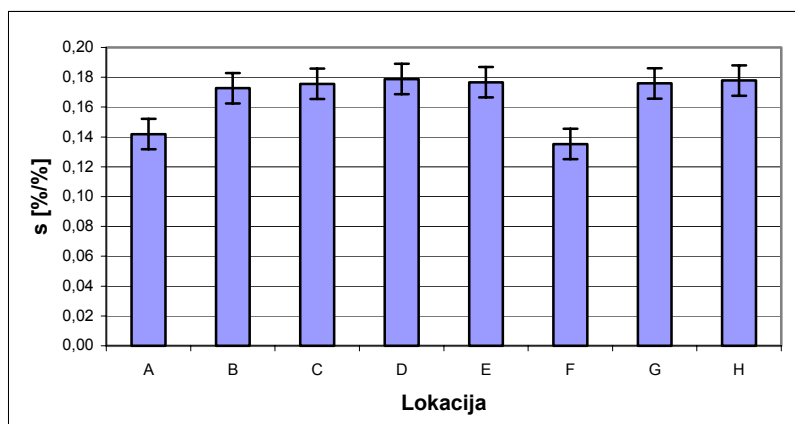
Slika 24: Povprečni koeficient nabreka borovine v tangencialni smeri glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

4.1.4.3 Sorpcijski kvocient

Povprečni sorpcijski kvocienti lesa so bili od 0,14 [%/%] do 0,18 [%/%] (pregl. 20, sl. 25 in pril. B23 ter B24) pri čemer sta bistveno odstopala sorpcijska kvocienta na lokaciji A (juvenilni les) in F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 20: Sorpcijski kvocient borovine po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Sorpcijski kvocient s [%/%]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$
A	24	0,14	0,013	9,1	0,11	0,16
B	34	0,17	0,017	10,1	0,13	0,20
C	40	0,18	0,015	8,4	0,16	0,20
D	22	0,18	0,016	8,8	0,16	0,20
E	44	0,18	0,015	8,3	0,16	0,21
F	12	0,14	0,013	9,7	0,11	0,16
G	24	0,18	0,014	7,8	0,16	0,20
H	20	0,18	0,015	8,7	0,16	0,20



Slika 25: Povprečni sorpcijski kvocient borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

4.2 MEHANSKE LASTNOSTI LESA ČRNEGA BORA

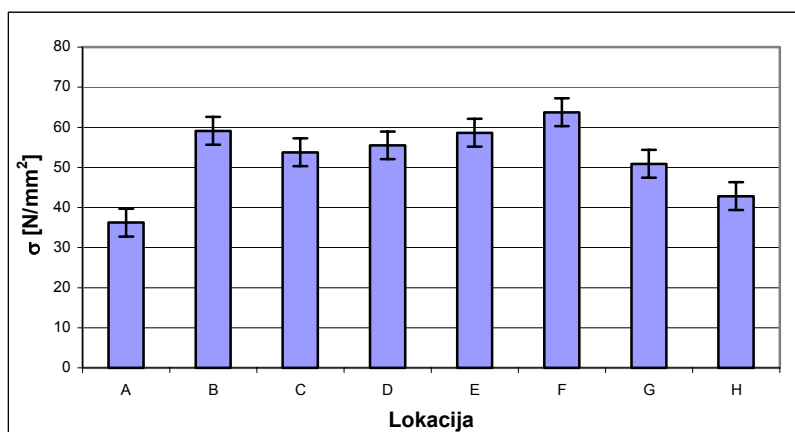
4.2.1 Tlačna trdnost vzporedno z vlakni

Povprečne tlačne trdnosti (vzporedno z vlakni) lesa z ravnovesno lesno vlažnostjo 12%, so bile od 36,2 N/mm² do 63,8 N/mm² (pregl. 21, sl. 26 in pril. C1) pri čemer je bistveno odstopala tlačna trdnost vzporedno z vlakni na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 21: Tlačna trdnost vzporedno z vlakni borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Tlačna trdnost vzporedno z vlakni σ [N/mm ²]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	36	2,1	5,7	33	39	X
B	11	59	4,2	7,1	50	64	X X
C	11	54	6,8	12,7	41	64	X
D	5	55	4,8	8,7	49	61	X X
E	14	59	3,5	6,0	51	64	X X
F	4	64	3,5	5,5	59	67	X
G	8	51	6,9	13,5	42	61	X
H	6	43	8,2	19,2	34	55	X

¹ Če je X vertikalno poravnan ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



Slika 26: Povprečna tlačna trdnost vzporedno z vlakni (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

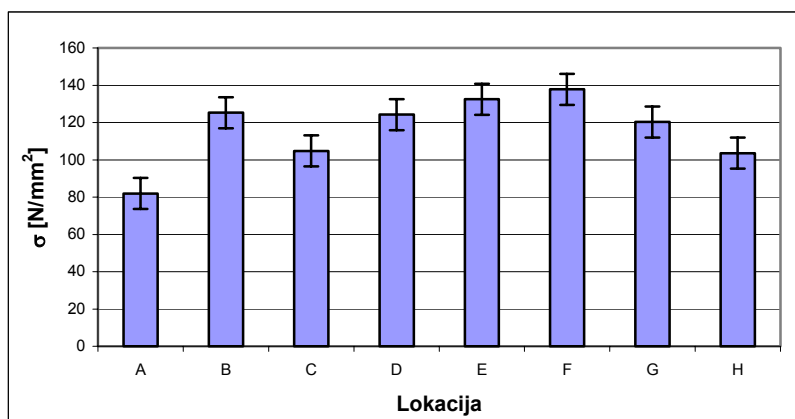
4.2.2 Upogibna trdnost

Povprečne upogibne trdnosti lesa z ravnovesno lesno vlažnostjo 12%, so bile od 82,0 N/mm² do 137,8 N/mm² (pregl. 22, sl. 27 in pril. C2) pri čemer je bistveno odstopala tlačna trdnost na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 22: Upogibna trdnost borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Upogibna trdnost σ [N/mm ²]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	82	8,2	10,0	65	92	X
B	11	125	10,5	8,4	105	143	X
C	12	105	25,0	23,9	72	140	X
D	5	124	3,7	3,0	120	128	X
E	14	132	9,3	7,0	116	148	X
F	4	138	9,3	6,7	127	149	X
G	7	120	14,0	11,6	103	142	X X
H	5	104	16,0	15,5	80	117	X X

¹ Če je X vertikalno poravnan ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



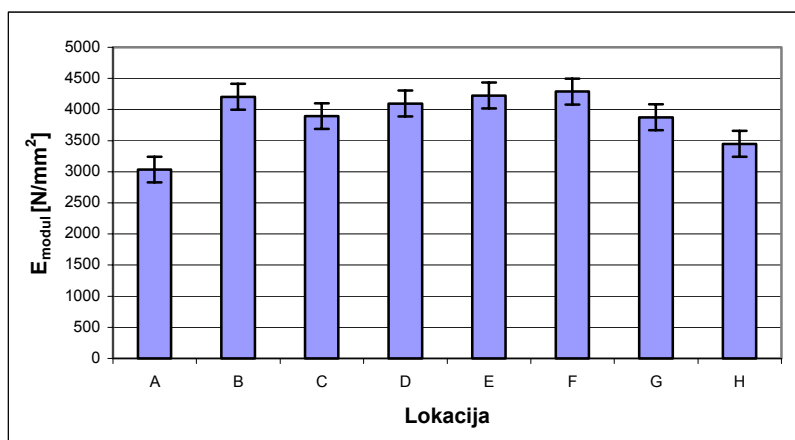
Slika 27: Povprečna upogibna trdnost (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

4.2.3 Modul elastičnosti

Povprečni moduli elastičnosti (pri tlaku vzporedno z vlakni) lesa z ravnovesno lesno vlažnostjo 12%, so bili od 3035 N/mm² do 4288 N/mm² (pregl. 23, sl. 28 in pril. C3) pri čemer je bistveno odstopal modul elastičnosti na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 23: Modul elastičnosti (pridobljen pri tlaku vzporedno z vlakni) borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika.

Modul elastičnosti E_{modul} [N/mm ²]						
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	a_{min}	a_{maks}
A	8	3035	213,6	7,0	2708	3355
B	11	4205	217,7	5,2	3823	4615
C	12	3894	486,5	12,5	3058	4603
D	5	4096	198,7	4,9	3901	4380
E	14	4226	189,4	4,5	3851	4479
F	4	4288	228,6	5,3	3989	4546
G	8	3876	390,8	10,1	3396	4421
H	6	3448	470,6	13,6	2719	3872



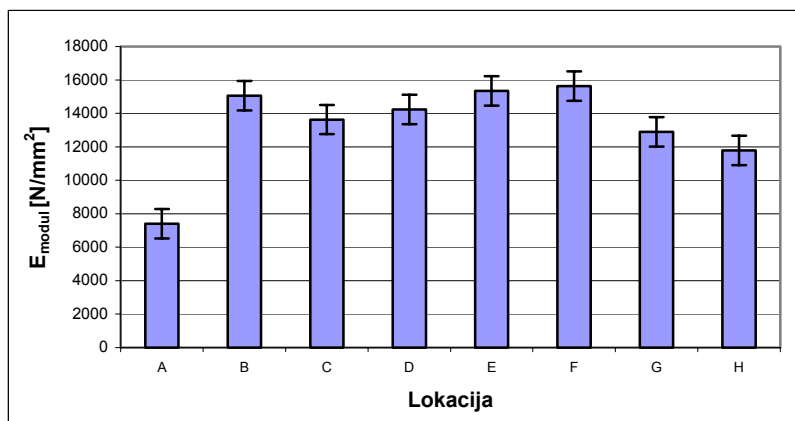
Slika 28: Povprečni modul elastičnosti (pridobljen pri tlaku vzporedno z vlakni) (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

Povprečni moduli elastičnosti (pri upogibu) lesa z ravnovesno lesno vlažnostjo 12%, so bili od 7399 N/mm² do 15625 N/mm² (pregl. 24, sl. 29 in pril. C4) pri čemer je bistveno odstopal modul elastičnosti na lokaciji A (juvenilni les).

Preglednica 24: Modul elastičnosti (pridobljen pri upogibu) borovine pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah na prečnem prerezu, število vzorcev in osnovna statistika ter homogenost po 95% LSD metodi.

Modul elastičnosti E modul [N/mm ²]							Homogenost (95% LSD metoda) ¹
Lokacija	n	$\bar{a}$	St. dev.	KV %	$a_{\min}$	$a_{\max}$	
A	8	7399	898,5	12,1	6363	8575	X
B	10	15048	1105,3	7,3	12814	16465	X
C	10	13627	2018,0	14,8	10090	16038	X
D	5	14225	844,2	5,9	13029	14883	X X
E	14	15347	865,9	5,6	14008	16959	X
F	4	15625	1157,9	7,4	14463	17049	X
G	7	12887	2052,7	15,9	10388	15333	X X
H	5	11785	1189,5	10,1	9979	12678	X

¹ Če je X vertikalno poravnan ni razlik med lokacijami, v nasprotnem primeru so lokacije različne.



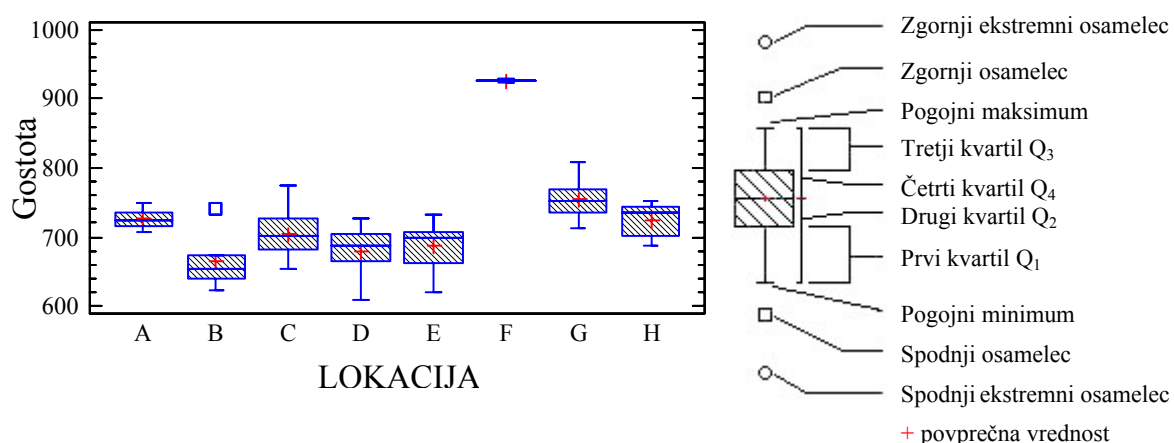
Slika 29: Povprečni modul elastičnosti (pridobljen pri upogibu) (pri $u \approx 12\%$) borovine glede na lokacijo z min in maks vrednostjo.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Primerjave juvenilnega, adultnega in poranitvenega lesa bora kažejo na določene razlike v fizikalnih in mehanskih lastnosti, kot odraz specifičnih rastnih značilnosti ali kot posledica odziva drevesa na poškodbe, ki se ne odražajo samo v poranitvenem lesu.

Ugotovili smo, da je povprečna gostota (pri $u \approx 12\%$) poranitvenega lesa višja od gostote normalnega lesa, kar potrjuje tudi statistična primerjava (sl. 30 in pril. A1), izjemi sta lokaciji A (juvenilni les) in F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe), za kateri pa velja dejstvo, da so vzorci iz teh dveh lokacij vsebovali velike količine smole, ki so neposredno vplivali na večjo povprečno gostoto lesa teh dveh lokacij.

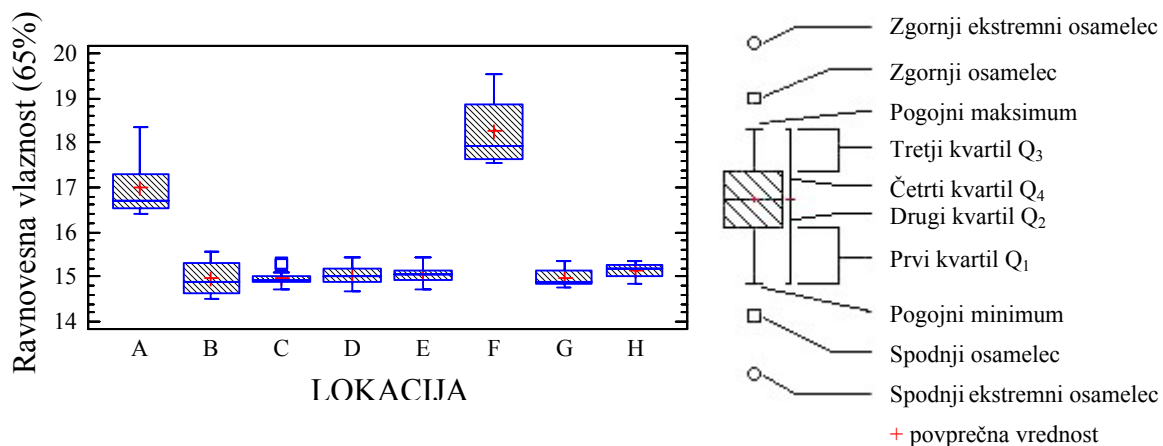


Slika 30: Gostota (pri $u \approx 12\%$) borovine po lokacijah, prikazana z okvirjem z ročaji.

Traheide poranitvenega lesa imajo debelejšje celične stene in manjše lumne kot traheide normalnega lesa ter pogosto debele sekundarne stene z veliko vsebnostjo lignina (Oven, 1999), kar posledično vodi do povečane gostote poranitvenega lesa.

Ravnovesne vlažnosti poranitvenega lesa so primerljive z ravnovesnimi vlažnostmi normalnega lesa. Statistično gledano ne obstajajo značilne razlike med normalnim in poranitvenim lesom, kar pa ne moremo sledeč po statističnih rezultatih (pregl. 25, 26 in pril. A2) in statistični primerjavi (sl. 31) trditi za lokacijo A in F. Med posameznimi lokacijami so z najvišjo ravnovesno vlažnostjo izstopali vzorci juvenilnega obdobja (lokacija A) in jedrovinski vzorci pred ranitvijo na strani poškodbe (lokacija F). Vzrok visoki ravnovesni vlažnosti vzorcev juvenilnega lesa in jedrovinskih vzorcev pred ranitvijo na strani poškodbe gre iskati v eksperimentalni napaki, ki je verjetno nastala zaradi uporabe standardne gravimetrične metode določevanja vlažnosti. Kajti za določitev absolutno suhega stanja lesa so bili vzorci sušeni pri temperaturi 103°C , kar je poleg izparevanja vode povzročilo tudi izparevanje komponent smole.

Vpliv smolnih substanc na ravnovesno stanje smo ugotavljali s ponovnim navlaževanjem lesa. Pričakovano so bile največje razlike v ravnovesnih vlažnostih desorpcije in adsorpcije na jedrovinskih vzorcih na strani poškodbe in juvenilnih vzorcih (sl. 32, pril. B5 in B6). Razlike ravnovesnih stanj na ostalih lokacijah pripisujemo sorpcijski histerezi (pregl. 27) (razmerje $U_A / U_D = 0,79 - 0,9$), vzorcem A in F pa tudi izhajanja hlapljivih komponent (smola) (pregl. 27) (razmerje $U_A / U_D \neq 0,79 - 0,9$) med določanjem sušilnično suhega stanja. Še en vzrok za visoke ravnovesne vlažnosti jedrovinskih vzorcev na strani poškodbe je visoka gostota.



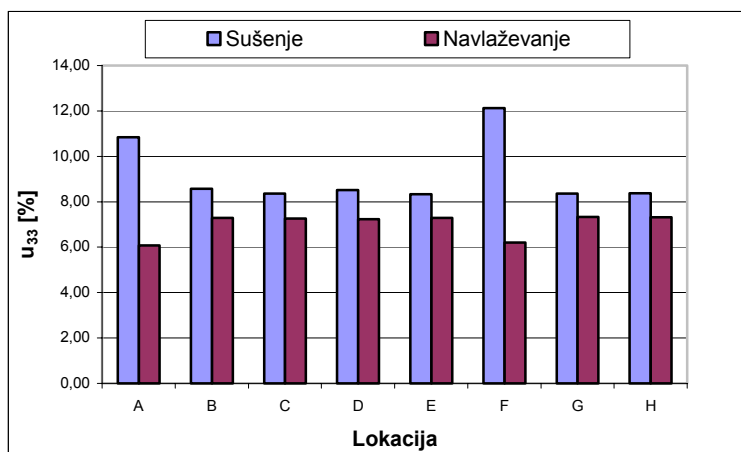
Slika 31: Ravnovesne vlažnosti (pri $\phi = 65\%$) borovine po lokacijah, prikazane z okvirjem z ročaji.

Preglednica 25: Statistična primerjava razlik ravnovesnih vlažnosti pri $\phi = 33\%$ s t – testom.

u ₃₃ [%]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	4,439E-08	1,445E-08	3,106E-08	1,117E-08	4,762E-03	1,207E-08	1,166E-08
B	DA	-	0,177	0,735	0,131	2,263E-16	0,184	0,250
C	DA	NE	-	0,166	0,735	1,634E-09	0,957	0,894
D	DA	NE	NE	-	0,119	2,936E-10	0,214	0,328
E	DA	NE	NE	NE	-	1,187E-09	0,813	0,703
F	DA	DA	DA	DA	DA	-	8,301E-10	3,365E-10
G	DA	NE	NE	NE	NE	DA	-	0,871
H	DA	NE	NE	NE	NE	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	p ≤ 0,05	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	p ≥ 0,05	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

Preglednica 26: Statistična primerjava razlik ravnovesnih vlažnosti pri $\phi = 86\%$ s t – testom.

$u_{86} [\%]$								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	0,126	8,194E-02	0,593	0,107	2,22E-02	0,113	0,277
B	NE	-	0,826	0,406	0,913	6,99E-04	0,874	0,815
C	NE	NE	-	0,302	0,911	4,15E-04	0,970	0,676
D	NE	NE	NE	-	0,351	2,02E-02	0,371	0,621
E	NE	NE	NE	NE	-	7,81E-04	0,952	0,746
F	DA	DA	DA	DA	DA	-	7,284E-04	5,291E-03
G	NE	NE	NE	NE	NE	DA	-	0,726
H	NE	NE	NE	NE	NE	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$ Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij							
NE	$p \geq 0,05$ Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij							



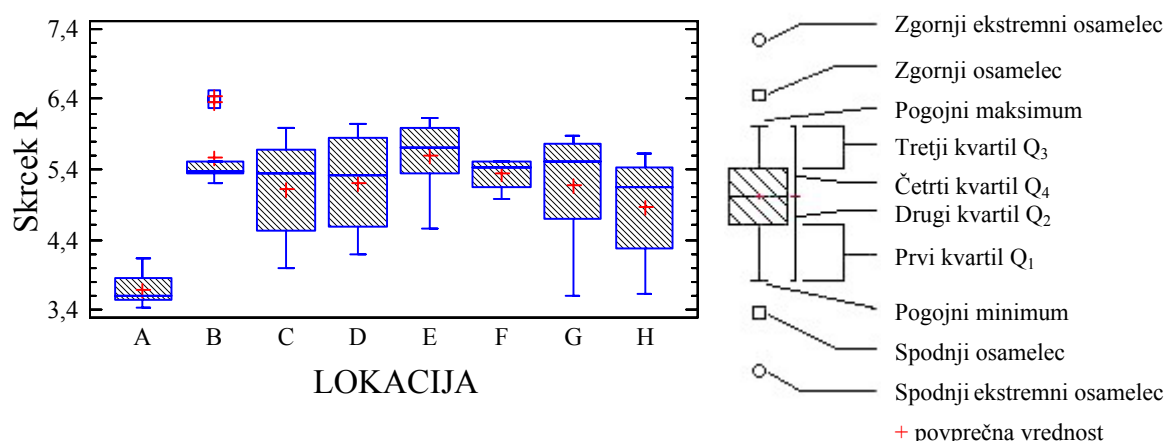
Slika 32: Povprečne ravnovesne vlažnosti desorpcijskega in adsorpcijskega eksperimenta pri $\phi = 33\%$.

Najnižja ravnovesna vlažnost juvenilnega lesa pri ponovnem navlaževanju sovpada s podatki za smrekovino (Gorišek in Klinc, 1997).

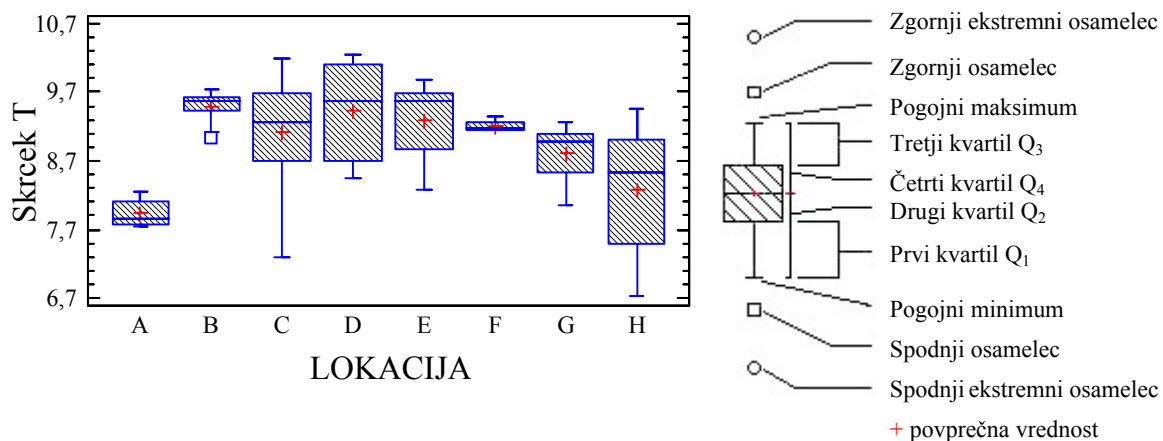
Preglednica 27: Razmerje ravnovesnih vlažnosti, vzpostavljenih v procesu adsorpcije in desorpcije (U_A / U_D) pri (a) $\phi = 33\%$, (b) $\phi = 86\%$.

a		b	
Lokacija	U_A / U_D	Lokacija	U_A / U_D
A	0,560	A	0,654
B	0,849	B	0,807
C	0,869	C	0,812
D	0,849	D	0,794
E	0,874	E	0,815
F	0,511	F	0,619
G	0,876	G	0,816
H	0,873	H	0,809

Krčenje v radialni in tangencialni smeri je bilo najmanjše v juvenilnem lesu (lokacija A), kar bi v optimalnih razmerah lahko pojasnili z nižjo gostoto juvenilnega lesa. V našem primeru je bila gostota na omenjeni lokaciji večja, vendar na račun povečanega deleža smole, ki pa je na krčenje delovala zaviralno. Krčenje v radialni smeri med normalnim in poranitvenim lesom ne izkazuje značilnih razlik, kar potrjuje tudi statistična primerjava (sl. 33 in pril. A3), medtem, ko ima v tangencialni smeri poranitveni les manjši skrček od normalnega lesa, vendar razlike niso statistično značilne (sl. 34 in pril. A4). Razloge za manjše krčenje poranitvenega lesa gre iskati v deorientiranosti tkiva in v nepravilni orientiranosti vzorcev pri odvzemu iz debla, ki je delovalo zaviralno na prečno krčenje in delovanje lesa.



Slika 33: Totalni skrček v radialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.



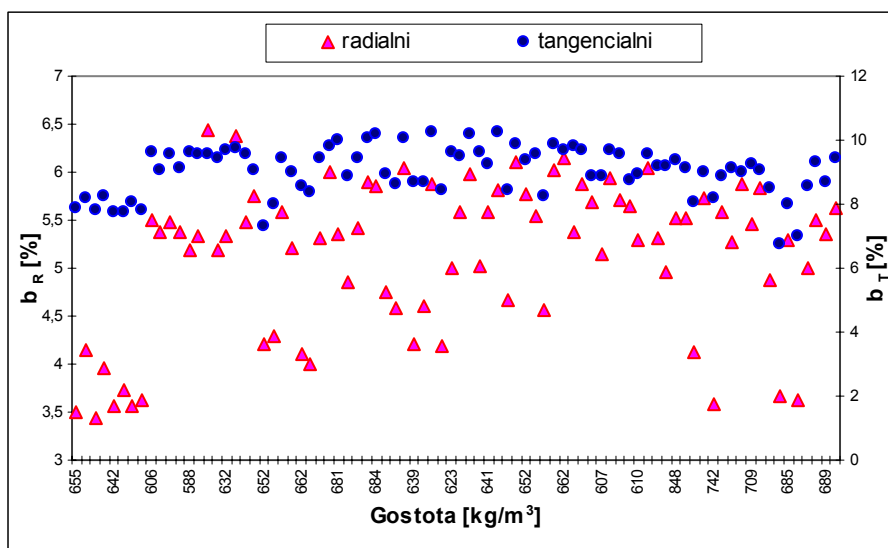
Slika 34: Totalni skrček v tangencialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.

Longitudinalno krčenje med poranitvenim in normalnim lesom ne izkazuje izrazitih razlik, kar potrjujejo tudi statistični rezultati, izjema je le lokacija F (pregl. 28). Pričakovane večje krčenje juvenilnega lesa, kot ga navajajo v literaturi (Torelli in sod., 1998), nismo ugotovili. Najmanjši longitudinalni skrček je na lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe) in lokaciji A (juvenilni les). Vzrok je verjetno v povečani vsebnosti smole.

Preglednica 28: Statistična primerjava razlik totalnih skrčkov v longitudinalni smeri s t – testom.

β_L [%]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	0,335	7,580E-02	0,127	0,821	0,094	0,650	7,333E-02
B	NE	-	0,462	0,905	0,359	3,032E-02	0,570	0,635
C	NE	NE	-	0,398	2,021E-02	1,280E-02	0,149	0,818
D	NE	NE	NE	-	6,894E-02	5,769E-03	0,285	0,553
E	NE	NE	DA	NE	-	2,381E-02	0,733	0,059
F	NE	DA	DA	DA	DA	-	4,873E-02	7,179E-03
G	NE	NE	NE	NE	NE	DA	-	0,156
H	NE	NE	NE	NE	NE	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	$p \geq 0,05$	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

Korelacija med gostoto in krčenjem v radialni ter tangencialni smeri ni razločna, oziroma ne izkazuje medsebojne odvisnosti (sl. 35).



Slika 35: Odvisnost radialnega (β_R) in tangencialnega (β_T) skrčka od gostote lesa v absolutno suhem stanju r_0 .

Razlik prečne krčitvene anizotropije med poranitvenim in normalnim lesom ne moremo potrditi, saj sta lokaciji B in E izkazali manjšo, lokaciji C in D pa večjo anizotropijo v primerjavi s poranitvenim lesom (lokaciji G in H). Tudi statistično gledano ne obstajajo značilne razlike med normalnim in poranitvenim lesom, izjemi sta le lokaciji C in D. Prečna krčitvena anizotropija juvenilnega lesa (lokacija A) je daleč največja, kar sovпада z navedbami (Gorišek, 1992), da se z večjim deležem ranega lesa, (juvenilni les vsebuje rani in prehodni les, pravi kasni les manjka) anizotropija povečuje. Sledeč po statističnih rezultatih obstaja značilna razlika med lokacijo A (juvenilni les) in ostalimi lokacijami (pregl. 29).

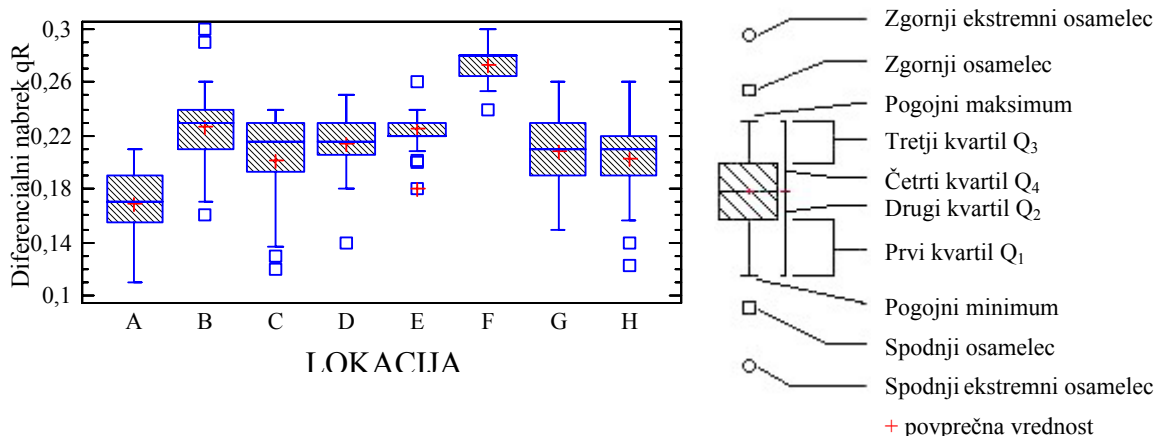
Preglednica 29: Statistična primerjava razlik anizotropije s t – testom.

An								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1,47E-08	1,59E-03	1,39E-04	2,574E-08	2,642E-05	1,271E-05	6,644E-07
B	DA	-	1,632E-03	3,366E-02	0,586	0,372	0,388	0,664
C	DA	DA	-	0,369	8,771E-04	1,891E-02	5,193E-02	3,354E-03
D	DA	DA	NE	-	4,096E-02	0,182	0,295	3,354E-02
E	DA	NE	DA	DA	-	0,598	0,591	0,395
F	DA	NE	DA	NE	NE	-	0,928	0,267
G	DA	NE	NE	NE	NE	NE	-	0,285
H	DA	NE	DA	DA	NE	NE	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	$p \geq 0,05$	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

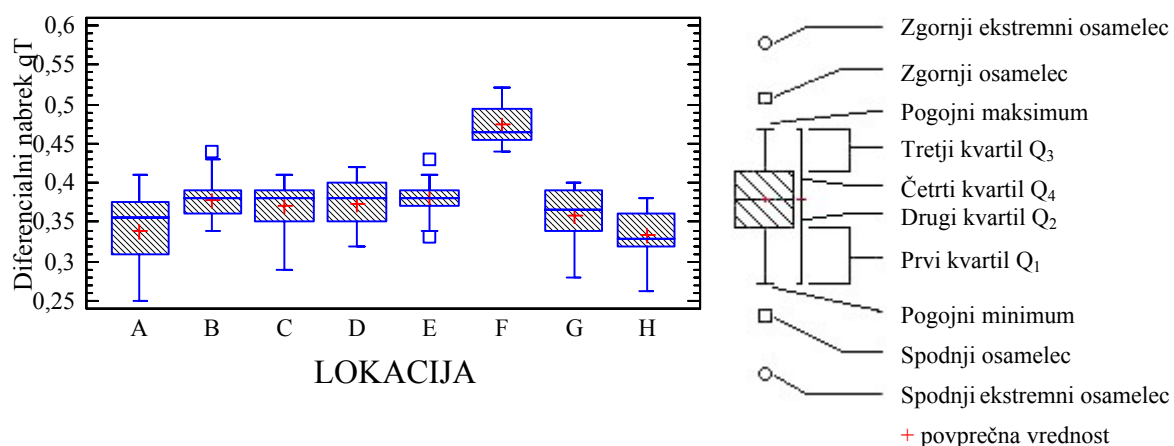
Diferencialni nabrek v radialni smeri ne izkazuje izrazitih razlik med normalnim in poranitvenim lesom (sl. 36 in pril. A5). Najmanjši diferencialni nabrek ima juvenilni les, največji pa jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe (lokacija F) za kar gre vzrok iskati v gostoti. V tangencialni smeri ima poranitveni les za približno 8% manjši diferencialni nabrek kot normalen les, vendar razlike niso statistično značilne (sl. 37 in pril. A6).

Koeficient nabreka v radialni smeri ima primerljive vrednosti pri normalnem in poranitvenem lesu, kar potrjujejo tudi statistični rezultati (pregl. 30). V tangencialni smeri je koeficient nabreka pri normalnem lesu za približno 7% večji kot pri poranitvenem lesu, vendar razlike niso statistično značilne (pregl. 31). Tako v radialni kot tangencialni smeri je najmanjši koeficient nabreka v juvenilnem lesu.

Sorpcijski kvocient pri normalnem in poranitvenem lesu ne izkazuje značilnih razlik, kar potrjujejo tudi statistični rezultati, izstopata le lokaciji A in F (pregl. 32). Po pričakovanju pa je bil sorpcijski kvocient, najmanjši na lokaciji A (juvenilni les) in F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe), vzrok temu pa gre pripisati zelo smolnatim vzorcem, saj je namreč znano, da smola zavira sprejemanje in oddajanje vode.



Slika 36: Diferencialni nabrek v radialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.



Slika 37: Diferencialni nabrek v tangencialni smeri po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.

Preglednica 30: Statistična primerjava razlik koeficienta nabreka v radialni smeri s t – testom.

h_R [%/‰]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1,093E-19	1,154E-13	4,540E-11	1,727E-25	2,280E-13	5,646E-11	3,618E-10
B	DA	-	8,044E-03	0,138	0,802	0,114	0,139	3,499E-02
C	DA	DA	-	0,337	1,117E-03	0,224	0,347	0,697
D	DA	NE	NE	-	7,921E-02	0,949	0,983	0,584
E	DA	NE	DA	NE	-	6,287E-02	8,329E-02	5,629E-03
F	DA	NE	NE	NE	NE	-	0,923	0,539
G	DA	NE	NE	NE	NE	NE	-	0,609
H	DA	DA	NE	NE	DA	NE	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	$p \geq 0,05$	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

Preglednica 31: Statistična primerjava razlik koeficienta nabreka v tangencialni smeri s t – testom.

h_T [%/%]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1,195E-14	4,971E-14	2,064E-12	7,544E-21	5,387E-09	1,444E-09	1,229E-06
B	DA	-	0,343	0,455	0,253	0,391	0,230	1,650E-03
C	DA	NE	-	0,122	2,179E-02	0,962	0,657	1,280E-02
D	DA	NE	NE	-	0,909	0,213	0,106	1,314E-03
E	DA	NE	DA	NE	-	6,579E-02	3,829E-02	5,812E-06
F	DA	NE	NE	NE	NE	-	0,773	5,464E-02
G	DA	NE	NE	NE	DA	NE	-	8,904E-02
H	DA	DA	DA	DA	DA	NE	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	$p \geq 0,05$	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

Preglednica 32: Statistična primerjava razlik sorpcijskega kvocienta s t – testom.

S [%/%%]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	9,073E-10	2,711E-13	3,735E-11	1,829E-14	0,156	1,857E-11	1,481E-10
B	DA	-	0,436	0,187	0,274	2,377E-08	0,454	0,279
C	DA	NE	-	0,427	0,741	2,835E-11	0,938	0,593
D	DA	NE	NE	-	0,585	2,652E-09	0,507	0,837
E	DA	NE	NE	NE	-	3,578E-12	0,832	0,776
F	NE	DA	DA	DA	DA	-	6,833E-10	6,746E-09
G	DA	NE	NE	NE	NE	DA	-	0,666
H	DA	NE	NE	NE	NE	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	$p \geq 0,05$	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

Kazalniki dimenzijske stabilnosti uvrščajo les črnega bora med lesne vrste z normalno dimenzijsko stabilnostjo (pregl. 33).

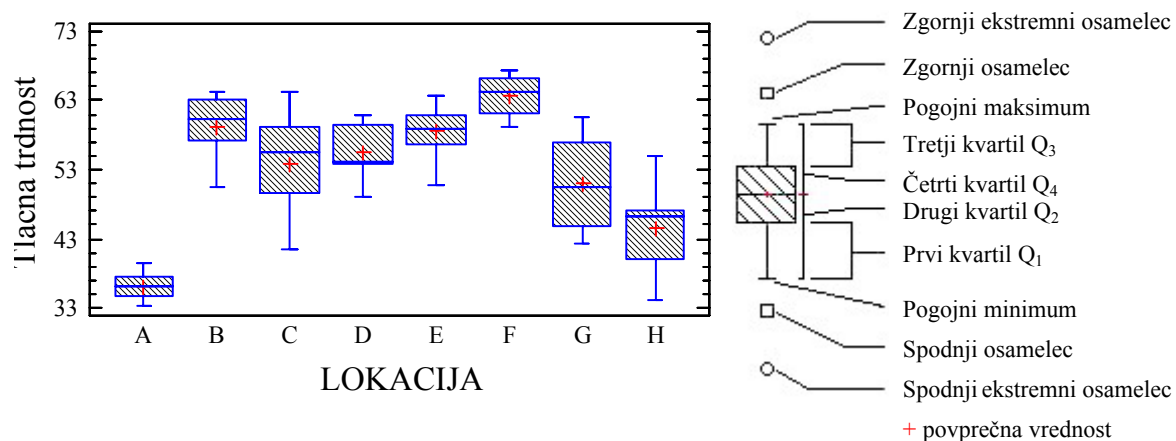
S pomočjo kriterijev za ocenjevanje, lahko povprečne vrednosti diferencialnega nabreka v tangencialni smeri ocenimo kot normalne (v intervalu od 0,3 do 0,4 %/%%), razen pri lokaciji F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe) kjer je bila ocena neugodna. Razlika diferencialnega nabreka v tangencialni in radialni smeri ($q_T - q_R$) je bila ocenjena kot normalna (v intervalu od 0,12 do 0,2 %/%%). Koeficient nabreka je bil v povprečju normalen, izstopala je lokacija A (juvenilni les), kjer je bila ocena ugodno, ter lokacije B, D, E, kjer je bila ocena neugodno. Razlika koeficientov nabreka v tangencialni in radialni smeri ($h_T - h_R$) je bila ocenjena kot normalna (v intervalu od 0,020 do 0,035 %/%%). Sorpcijski kvocient je bil v povprečju neugoden. Ugoden sorpcijski kvocient sta imeli le lokaciji A (juvenilni les) in F (jedrovinski les pred ranitvijo na strani poškodbe).

Preglednica 33: Ovrednotenje dimenzijske stabilnosti lesa črnega bora v povprečju in po lokacijah lesa po kriterijih iz Torelli in Čufar (1983).

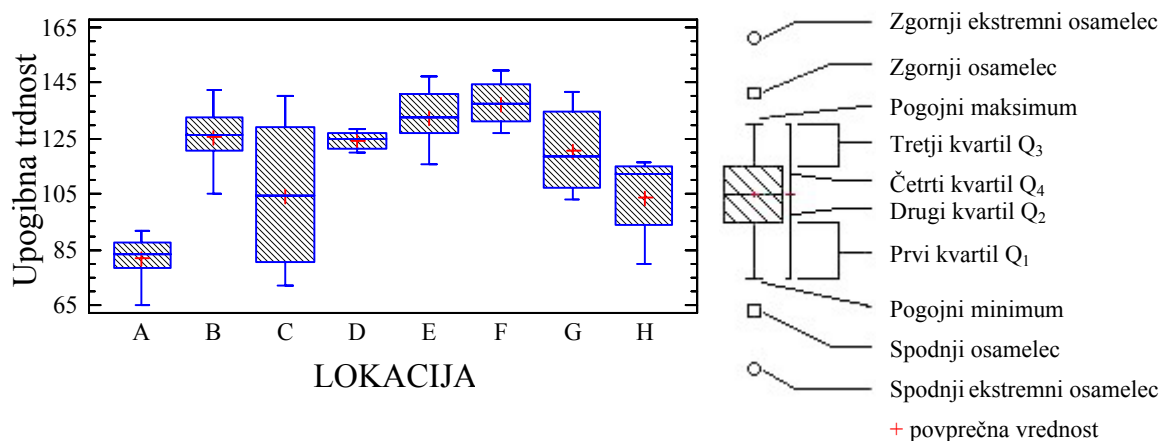
LOKACIJA	q_T [%/%%]	$q_T - q_R$ [%/%%]	h_T [%/%%]	$h_T - h_R$ [%/%%]	s [%/%%]
A	O	O	+	O	+
B	O	O	-	O	-
C	O	O	O	O	-
D	O	O	-	O	-
E	O	O	-	O	-
F	-	O	O	O	+
G	O	O	O	O	-
H	O	O	O	O	-
Skupaj	O	O	O	O	-

Ocene kriterijev dimenzijske stabilnosti: + ugodno o normalno - neugodno

Pričakovano najnižjo tlačno (vzporedno z vlakni) in upogibno trdnost ima juvenilni les, saj je znano, da ima krajše traheide, tanjše celične stene in večje premere celičnih lumnov, zato ima običajno nižjo (relativno) gostoto in posledično s tem slabšo trdnost. Tlačna trdnost (vzporedno z vlakni) poranitvenega lesa je manjša od normalnega lesa. Vendar razlike niso statistično značilne (sl. 38 in pril. A7). Upogibna trdnost med poranitvenim in normalnim lesom pa ni tako izrazita, kar potrjuje tudi statistična primerjava (sl. 39 in pril. A8). Vzrok za manjšo trdnost poranitvenega lesa je »juvenilizacija« lesa, ki nastaja po poškodovanju (Oven, 1997).



Slika 38: Tlačna trdnost vzporedno z vlakni po lokacijah, prikazana z okvirjem z ročaji.

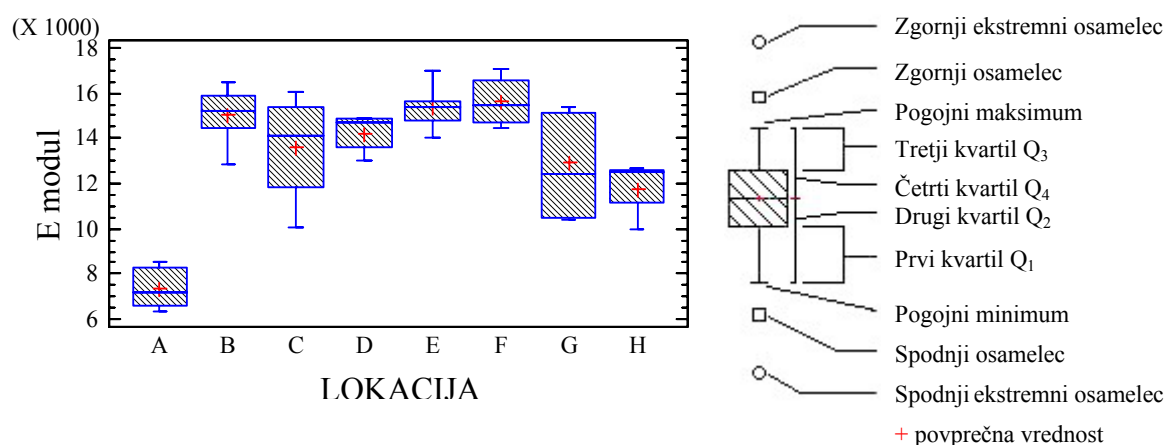


Slika 39: Upogibna trdnost po lokacijah, prikazana z okvirjem z ročaji.

Modul elastičnosti (tako pri tlaku vzporedno z vlakni, kot pri upogibu) je pri normalnem lesu večji kot pri poranitvenem lesu, kar potrjujejo tudi statistični rezultati (izjemi sta lokaciji C in D) (pregl. 34 in pril. A9), in statistična primerjava z izjemo lokacije G (sl. 40). Najnižji modul elastičnosti se podobno kot trdnost nahaja pri juvenilnem lesu (lokacija A), vzroki za to pa so isti kot pri trdnosti.

Preglednica 34: Statistična primerjava razlik modula elastičnosti s t – testom.

E modul [Mpa] – tlak _{II}								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1,565E-09	5,870E-05	2,242E-06	1,537E-11	2,846E-06	1,042E-04	4,667E-02
B	DA	-	6,227E-02	0,359	0,804	0,528	3,099E-02	9,191E-03
C	DA	NE	-	0,389	4,335E-02	0,146	0,932	8,265E-02
D	DA	NE	NE	-	0,213	0,219	0,271	1,889E-02
E	DA	NE	DA	NE	-	0,582	4,169E-02	8,662E-03
F	DA	NE	NE	NE	NE	-	8,321E-02	1,125E-02
G	DA	DA	NE	NE	DA	NE	-	8,740E-02
H	DA	DA	NE	DA	DA	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	$p \leq 0,05$	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	$p \geq 0,05$	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						



Slika 40: Modul elastičnosti (pri upogibu) po lokacijah, prikazan z okvirjem z ročaji.

5.2 SKLEPI

Na podlagi opravljene raziskave lahko oblikujemo naslednje sklepe.

1. Gostota (pri $u \approx 12\%$) poranitvenega lesa bora je za 8% večja od gostote normalnega lesa. Na povečano gostoto juvenilnega lesa ima vpliv predvsem povečana količina smole.
2. Ravnovesne vlažnosti poranitvenega lesa bora so primerljive, oziroma skoraj enake ravnovesnim vlažnostim normalnega lesa. Ravnovesne vlažnosti juvenilnega lesa so se pri adsorpciji izkazale za najnižje.
3. Tangencialno krčenje poranitvenega lesa je v primerjavi z normalnim lesom bora manjše, medtem ko je krčenje v radialni smeri primerljivo. Najmanjši skrčki so na vzorcih iz juvenilnega obdobja.
4. Longitudinalni skrčki poranitvenega lesa so primerljivi s skrčki normalnega lesa bora. Longitudinalno krčenje juvenilnega lesa je manjše od krčenja normalnega lesa, kljub navedbam literature o večjem skrčku juvenilnega lesa (Torelli in sod., 1998).
5. Prečna krčitvena anizotropija med poranitvenim in normalnim lesom bora je primerljiva. Največjo prečno krčitveno anizotropijo imajo vzorci iz juvenilnega obdobja.
6. Krčenje borovine v radialni in tangencialni smeri ne izkazuje odvisnosti od gostote.
7. Diferencialni nabrek in koeficient nabreka v tangencialni smeri sta pri normalnem lesu višja kot pri poranitvenem lesu, v radialni smeri pa sta diferencialni nabrek in koeficient nabreka pri normalnem in poranitvenem lesu primerljiva. Majhen oziroma najmanjši diferencialni nabrek in koeficient nabreka pa ima juvenilni les. Sorpcijski kvocient poranitvenega in normalnega lesa je primerljiv, najmanjši sorpcijski kvocient pa ima juvenilni les. Po kriterijih za ocenitev dimenzijske stabilnosti spada les črnega bora med lesne vrste z normalnimi dimenzijskimi stabilnostmi.
8. Tlačna trdnost (vzporedno z vlakni) normalnega lesa je za 24% večja od tlačne trdnosti (vzporedno z vlakni) poranitvenega lesa, medtem ko je upogibna trdnost pri normalnem in poranitvenem lesu primerljiva. Juvenilni les ima najnižjo tlačno (vzporedno z vlakni) kot tudi upogibno trdnost.
9. Modul elastičnosti juvenilnega lesa je manjši kot pri poranitvenem lesu, slednji pa je manjši kot pri normalnem lesu črnega bora.

6 POVZETEK

Strukturne razlike med juvenilnim, adultnim in poranitvenim lesom vplivajo na njihove razlike v fizikalnih in mehanskih lastnostih. Predvsem slabše lastnosti juvenilnega in poranitvenega lesa v primerjavi z adultnim vplivajo tudi na omejeno možnost uporabe takšnega lesa za kvalitetne lesene izdelke.

Namen naloge je bil primerjalno ovrednotiti lastnosti juvenilnega, adultnega in poranitvenega lesa z uravnovešanjem teh kategorij lesa v različnih klimah.

Za raziskavo smo uporabili vzorce lesa črnega bora (*Pinus nigra* Arn.), ki smo jih odvzeli iz dveh dreves in sicer na eni lokaciji juvenilnega lesa, petih lokacijah adultnega lesa in dveh lokacijah poranitvenega lesa. Za določevanje fizikalnih in mehanskih lastnosti smo uporabili vzorce dimenzij 100×30×30 mm (za določevanje vzdolžnega skrčka), 40×20×20 mm (za določevanje tlačne trdnosti in modula elastičnosti), 210×17×17mm (za določevanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti) in 5×30×30 mm (za določevanje vseh ostalih fizikalnih lastnosti) (pregl. 3). Po uravnovešanjih, ki smo jih opravili v zaprtih steklenih kadeh v treh različnih klimah ($T = 20^{\circ}\text{C}$ in $\phi = 33\%$; $T = 20^{\circ}\text{C}$ in $\phi = 65\%$; $T = 20^{\circ}\text{C}$ in $\phi = 86\%$) in sušenju do absolutno suhega stanja smo določili ravnovesno vlažnost (z gravimetrično metodo po standardu SIST EN 13183-1: 2002), kazalnike dimenzijske stabilnosti (po standardu SIST EN 1910: 2003), anizotropijo, totalne in sušilnične skrčke ter gostoto lesa (po standardu DIN 52182). Tlačno (po standardu DIN 52185) in upogibno trdnost (po standardu DIN 52186) ter E-modul pa smo ugotavljali na univerzalnem testirnem stroju ZWICK Z100 pri normalnih klimatskih pogojih ($T = 20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $\phi = 65 \pm 3\%$).

Gostota (pri $u \approx 12\%$) poranitvenega lesa je za 8% večja od gostote adultnega lesa. Na povečano gostoto jedrovinskih vzorcev na strani poškodbe in vzorcev iz juvenilnega lesa pa ima vpliv smola.

Ravnovesne vlažnosti poranitvenega lesa so primerljive, oziroma skoraj enake ravnovesnim vlažnostim adultnega lesa. Med posameznimi lokacijami so z najvišjo ravnovesno vlažnostjo izstopali vzorci juvenilnega lesa (lokacija A) in jedrovinski vzorci pred ranitvijo na strani poškodbe (lokacija F). Vzrok visoki ravnovesni vlažnosti juvenilnega lesa gre iskati v eksperimentalni napaki, ki je nastala zaradi uporabe standardne metode določevanja vlažnosti, zato smo opravili dodatni test s katerim smo določili vpliv smolnih substanc na ravnovesno vlažnost. Ravnovesne vlažnosti juvenilnega lesa so se po ponovnem navlaževanju (pri adsorpciji) izkazale za najnižje.

Krčenje v radialni in tangencialni smeri je bilo najmanjše v juvenilnem lesu, kar bi v optimalnih razmerah lahko pojasnili z nižjo gostoto juvenilnega lesa. V našem primeru je bila gostota na omenjeni lokaciji večja, vendar na račun povečanega deleža smole, ki pa je na krčenje delovala zaviralno. Krčenje v radialni smeri med adultnim in poranitvenim lesom ne izkazuje značilnih razlik, medtem ko ima v tangencialni smeri poranitveni les manjši skrček od adultnega lesa. Razloge za manjše krčenje poranitvenega lesa gre iskati v deorientiranosti tkiva in v nepravilni orientiranosti vzorcev pri odvzemu iz debla, ki je delovalo zaviralno na prečno krčenje in delovanje lesa.

Longitudinalno krčenje pri poranitvenem in adultnem lesu ne izkazuje izrazitih razlik. Pričakovane večje krčenja juvenilnega lesa, kot ga navajajo v literaturi (Torelli in sod., 1998) nismo ugotovili. Najmanjši longitudinalni skrček je na lokaciji F in lokaciji A, razlog temu je verjetno v povečani vsebnosti smole. Na splošno krčenje ne izkazuje tesne odvisnosti od gostote.

Razlik prečne krčitvene anizotropije pri poranitvenem in adultnem lesu ne moremo potrditi. Prečna krčitvena anizotropija juvenilnega lesa je daleč največja, kar sovпада z navedbami (Gorišek, 1992), da se z večjim deležem ranega lesa anizotropija povečuje.

Diferencialni nabrek v radialni smeri ne izkazuje izrazitih razlik pri adultnem in poranitvenem lesu. Najmanjši diferencialni nabrek ima juvenilni les, največji pa jedrovinski del lesa na strani poškodbe, za kar gre vzrok iskati v gostoti. V tangencialni smeri ima poranitveni les za približno 8% manjši diferencialni nabrek kot pri adultnem lesu, druge vrednosti pa so podobne diferencialnem nabreku v radialni smeri.

Koeficient nabreka v radialni smeri ima primerljive vrednosti pri adultnem in poranitvenem lesu, v tangencialni smeri pa je koeficient nabreka pri adultnem lesu za približno 7% večji kot pri poranitvenem lesu. Tako v radialni kot tangencialni smeri je najmanjši koeficient nabreka v juvenilnem lesu.

Sorpcijski kvocient pri adultnem in poranitvenem lesu ne izkazuje značilnih razlik. Po pričakovanju pa je bil sorpcijski kvocient, najmanjši na lokaciji A in F, vzrok temu pa gre pripisati zelo smolnatim vzorcem, saj je namreč znano, da smola zavira sprejemanje in oddajanje vode.

S pomočjo kriterijev za ocenitev dimenzijske stabilnosti lesa lahko trdimo, da spada les črnega bora med vrste z normalnimi dimenzijskimi stabilnostmi.

Pričakovano najnižjo tlačno (vzporedno z vlakni) in upogibno trdnost ima juvenilni les. Tlačna trdnost (vzporedno z vlakni) poranitvenega lesa je za 24 % nižja od adultnega lesa, medtem ko je upogibna trdnost pri adultnem in poranitvenem lesu primerljiva. Juvenilni les ima najnižjo tlačno (vzporedno z vlakni) kot tudi upogibno trdnost.

Modul elastičnosti (tako pri upogibu, kot pri tlaku vzporedno z vlakni) je pri adultnem lesu večji kot pri poranitvenem lesu. Najnižji modul elastičnosti pa se podobno kot pri tlačni (vzporedno z vlakni) in upogibni trdnosti nahaja pri juvenilnem lesu.

Raziskava je potrdila razlike med juvenilnim in adultnim lesom, vendar se nekatere lastnosti (ravnovesne vlažnosti, longitudinalno krčenje) niso ujemale s splošno znanimi trditvami. Razlike med poranitvenim in adultnim lesom smo lahko potrdili pri gostoti, krčenju v tangencialni smeri, diferencialnem nabreku in koeficientu nabreka v tangencialni smeri, tlačni trdnosti (vzporedno z vlakni) in modulu elastičnosti, medtem ko ravnovesne vlažnosti, krčenje v radialni in longitudinalni smeri, anizotropija, diferencialni nabrek in koeficient nabreka v radialni smeri, sorpcijski kvocient in upogibna trdnost niso izkazali značilnih razlik med obema kategorijama lesa.

7 VIRI

1. Arko M. 1997. Difuzivnost adultnega, juvenilnega in kompresijskega lesa smrekovine (*Picea abies* Karst.). Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 95 str.
2. Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 399 str.
3. Čufar K. 2001. Anatomija lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 124 str.
4. DIN 52182. Testing of wood: determination of density – Določanje gostote. 1976
5. DIN 52185. Testing of wood: compression test parallel to grain – Tlačna trdnost vzporedno na vlakna. 1976
6. DIN 52186. Testing of wood: bending test – Upogibna trdnost. 1978
7. Gorišek Ž. 1992. Vpliv prečne krčitvene anizotropije lesa na sušenje in stabilnost. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 120 str.
8. Gorišek Ž., Geršak M., Velušček V., Čop T., Mrak C. 1994. Sušenje lesa. Priročnik za pouk in delo. 1. natis. Ljubljana, Lesarska založba: 235 str.
9. Gorišek Ž., Klinc M. 1997. Krčenje in nabrekanje ter dimenzijska stabilnost juvenilnega in adultnega lesa smreke in jelke. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 54: 141 - 162
10. Klinc M. 1995. Sorpcijske lastnosti in dimenzijska stabilnost smrekovine (*Picea abies* Karst.) in jelovine (*Abies alba* Mill.) v odvisnosti od starosti kambija. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 86 str.
11. Koprivnikar R. 2002. Vpliv prirastnih značilnosti na mehanske lastnosti smrekovine subalpskega področja. Visokošolska (univerzitetna) diplomska naloga, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 46 str.
12. Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 37 – 41
13. Medved S., Pirkmaier S. 2000. Praktikum za preskušanje lesnih tvoriv iz dezintegriranega lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.
14. Oven P. 1997. Odziv sekundarnega floema in ksilema ter kambija na mehanske poškodbe bele jelke (*Abies alba* Mill.), navadne smreke (*Picea abies* Karst.), rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) in evropskega macesna (*Larix decidua* Mill.).

Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 167 str.

15. Oven P. 1999. Odziv drevesnih tkiv na poškodbe in infekcijo 2. kambijeva cona. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 58: 189 – 217
16. Pazdrowski W. 2004. The proportion and some selected physical and mechanical properties of juvenile maturing and adult wood of black pine and scots pine. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry, 7, 1. <http://www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue1/forestry/art-03.html>, (06. jun. 2006)
17. Plut M. 2000. Sorpcijske in nabrekovalne značilnosti poranitvenega in normalnega lesa bukovine (*Fagus silvatica* L.). Visokošolska (univerzitetna) diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 91 str.
18. Schweingruber F.H. 1990. Anatomy of European woods. Bern, Verlag: 800 str.
19. SIST EN 1910. Lesene talne obloge – Dimenzijska stabilnost lesa. 2003
20. SIST EN 13183-1. Vlažnost lesa – Gravimetrična metoda določanja vlažnosti lesa. 2002
21. Straže A., Gorišek Ž. 2000. Gostota in mehanske lastnosti smrekovine (*Picea abies* Karst.) in jelovine (*Abies alba* Mill.). Les, 52, 6: 185 – 191
22. Torelli N., Čufar K. 1983. Sorpcija in stabilnost lesa. Les, 35, 5 – 6: 101 – 106
23. Torelli N., Gorišek Ž., Zupančič M., Logar T. 1998. Juvenilni les pri jelki (*Abies alba* Mill.) in smreki (*Picea abies* Karst.). Les, 50, 1 - 2: 5 - 6

ZAHVALA

Ob koncu študija bi se še posebej zahvalil svojemu mentorju prof. dr. Željku Gorišku za koristne nasvete, usmeritve in pomoč pri oblikovanju in izdelavi te diplomske naloge kakor tudi somentorju prof. dr. Primožu Ovnu in recenzentki prof. dr. Katarini Čufar.

Zahvaljujem se doc. dr. Tomu Levaniču, dipl. ing. Martinu Zupančiču in prof. dr. Primožu Ovnu, ki so pridobili in dostavili material.

Zahvala gre tudi ing. Petru Cundru, za izdelavo in pomoč pri izvedbi vzorcev in asistentu mag. Alešu Stražetu ter ostalim zaposlenim, ki so mi na kakršenkoli način pomagali pri izdelavi diplomske naloge.

Posebej pa se zahvaljujem svojim staršem in bratu za podporo in potrpežljivost v vseh letih študija.

q _R [%/‰]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	7,412E-10	2,979E-04	6,581E-05	1,974E-10	1,518E-14	2,394E-05	5,190E-04
B	DA	-	1,298E-03	1,807E-02	0,376	1,309E-07	3,540E-02	1,033E-02
C	DA	DA	-	0,539	1,115E-03	3,740E-13	0,359	0,829
D	DA	DA	NE	-	3,624E-02	9,243E-10	0,782	0,728
E	DA	NE	DA	DA	-	2,340E-12	7,461E-02	2,343E-02
F	DA	DA	DA	DA	DA	-	1,228E-09	4,499E-09
G	DA	DA	NE	NE	NE	DA	-	0,543
H	DA	DA	NE	NE	DA	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	p ≤ 0,05	Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						
NE	p ≥ 0,05	Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij						

Priloga A6: Statistična primerjava razlik diferencialnega nabreka v tangencialni smeri s t – testom.

q _T [%/%]								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1,608E-04	1,819E-02	5,994E-03	4,529E-04	4,532E-11	0,129	0,562
B	DA	-	3,553E-02	0,343	0,724	1,549E-09	1,623E-02	3,692E-06
C	DA	DA	-	0,339	3,025E-02	1,384E-13	0,522	1,279E-03
D	DA	NE	NE	-	0,379	4,060E-11	0,157	1,487E-04
E	DA	NE	DA	NE	-	6,421E-18	2,087E-02	3,079E-06
F	DA	DA	DA	DA	DA	-	3,709E-11	9,699E-14
G	NE	DA	NE	NE	DA	DA	-	2,053E-02
H	NE	DA	DA	DA	DA	DA	DA	-
Legenda	Kriterij							
DA	p ≤ 0,05		Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij					
NE	p ≥ 0,05		Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij					

Priloga A7: Statistična primerjava razlik tlačne trdnosti (vzporedno z vlakni) s t – testom.

σ [N/mm ²] - tlak								
Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	7,476E-11	2,946E-06	6,548E-07	4,937E-13	8,299E-09	3,722E-04	0,109
B	DA	-	4,054E-02	0,146	0,749	7,130E-02	4,832E-03	6,242E-05
C	DA	DA	-	0,618	4,945E-02	1,651E-02	0,383	1,010E-02
D	DA	NE	NE	-	0,139	2,421E-02	0,221	1,439E-02
E	DA	NE	DA	NE	-	2,051E-02	1,580E-02	4,333E-03
F	DA	NE	DA	DA	DA	-	6,183E-03	1,478E-03
G	DA	DA	NE	NE	DA	DA	-	6,839E-02
H	NE	DA	DA	DA	DA	DA	NE	-
Legenda	Kriterij							
DA	p ≤ 0,05		Obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij					
NE	p ≥ 0,05		Ne obstaja statistično značilna razlika med povprečjema lokacij					

Priloga B Fizikalne lastnosti po posameznih lokacijah

Priloga B1: Gostota pri $u \approx 12\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n , povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

ρ_{12} [kg/m ³]							
A	B	C	D	E	F	G	H
722,0	643,7	670,3	608,3	621,1	926,4	782,9	751,4
749,8	667,1	689,7	707,2	707,1	928,9	750,7	688,2
725,8	639,1	709,0	689,4	691,5	924,5	809,2	739,8
736,5	646,5	759,3	609,3	710,8	926,7	746,9	686,3
707,7	663,7	674,9	703,9	623,7		752,5	713,8
734,0	642,8	689,1	691,6	702,0		725,4	732,5
712,0	627,6	707,1	666,9	697,7		757,5	738,0
724,3	674,3	773,5	683,5	699,5		712,2	746,1
	741,9	657,1	727,8	708,2			
	623,9	740,7	663,1	680,8			
	672,7	723,5	687,2	650,3			
	740,9	695,2	722,4	730,0			
		653,0		707,9			
		732,3		674,6			
		722,3		652,0			
		693,5		731,2			
n	8	12	16	12	16	4	8
$\bar{a}$	726,5	665,4	705,7	680,1	686,8	926,6	754,7
St. dev.	13,564	39,174	34,780	38,472	33,953	1,783	25,512
KV	1,867	5,888	4,929	5,657	4,944	0,192	3,521
maks	749,8	741,9	773,5	727,8	731,2	928,9	809,2
min	707,7	623,9	653,0	608,3	621,1	924,5	686,3

Priloga B2: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 86\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

U _{φ = 86} [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
18,81	18,33	18,51	18,60	18,58	19,41	18,35	18,70	
18,60	18,37	18,54	18,34	18,64	20,33	18,58	18,70	
19,55	18,37	18,49	18,61	18,52	19,82	19,08	19,49	
19,57	19,40	18,34	19,56	18,34	18,85	19,45	19,65	
18,80	19,11	19,21	19,14	19,47	19,42	18,53	18,73	
18,65	19,50	19,14	19,48	19,52	18,89	18,88	18,77	
18,23	18,21	19,37	18,53	19,52	19,63	19,74	19,79	
17,61	18,66	19,19	18,47	19,62	18,20	19,96	19,63	
19,60	18,45	18,35	18,57	18,89	18,86	17,06	16,80	
18,74	19,79	18,52	19,69	18,73	17,45	16,87	16,77	
18,86	20,00	18,32	20,02	18,93	18,45	17,07	16,77	
18,51	19,48	18,42	19,66	18,68		16,83	16,64	
19,37	16,88	19,53	16,56	19,71		16,87	17,03	
17,36	16,84	19,84	16,87	19,59		17,03	16,58	
17,01	16,78	19,55	16,85	19,89		16,83	16,85	
17,75	16,74	19,58	17,06	19,77		16,67	17,09	
17,45	16,73	16,82	16,70	16,80		17,13	17,07	
16,76	16,74	16,74	16,81	16,77		17,16	17,05	
16,46	16,53	16,50	16,34	16,83		17,00	16,90	
17,44	18,09	16,90	16,80	16,82		17,17	17,06	
16,72	16,71	16,82	16,69	16,94		17,09		
	18,90	16,77	16,55	16,92		16,95		
	16,91	16,83		16,78		16,98		
	17,11	16,96		16,88		17,11		
	17,23	16,52		16,70				
	17,03	16,48		16,89				
	16,97	16,46		16,61				
	17,04	16,57		16,67				
	16,81	17,09		16,64				
	17,06	16,88		16,37				
	17,03	16,79		16,66				
	17,01	17,18		16,53				
	16,98	17,08		16,97				
	17,03	17,20		17,21				
		16,92		17,02				
		16,74		16,98				
		16,85		17,05				
		16,98		17,07				
		16,97		16,94				
		17,02		17,13				
				16,96				
				17,05				
				17,15				
				17,12				
n	21	34	40	22	44	11	24	20
$\bar{a}$	18,18	17,73	17,67	18,00	17,70	19,03	17,68	17,80
St. dev.	1,001	1,082	1,104	1,271	1,163	0,811	1,061	1,200
KV	5,503	6,102	6,247	7,066	6,568	4,260	5,997	6,740
maks	19,60	20,00	19,84	20,02	19,89	20,33	19,96	19,79
min	16,46	16,53	16,46	16,34	16,37	17,45	16,67	16,58

Priloga B3: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 65\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

$U_{\varphi = 65} [\%]$								
A	B	C	D	E	F	G	H	
16,79	14,62	14,87	14,93	15,02	17,74	14,83	15,05	
16,53	14,51	14,91	14,81	15,13	17,56	14,75	15,23	
16,72	15,44	14,91	15,20	14,91	18,14	14,87	15,36	
16,70	15,02	15,00	15,20	14,85	19,54	14,91	15,34	
16,53	14,64	14,88	14,93	15,03		14,98	14,84	
16,43	15,55	14,97	15,25	15,10		14,89	14,98	
18,37	14,71	15,00	14,96	14,97		15,36	15,15	
17,77	14,85	15,12	14,68	15,20		15,32	15,23	
	14,63	14,74	14,76	15,10				
	15,24	14,93	15,18	14,72				
	15,37	14,80	15,44	15,16				
	14,95	14,74	15,10	14,88				
		15,01		15,13				
		15,31		14,95				
		14,99		15,45				
		15,25		15,26				
n	8	12	16	12	16	4	8	8
$\bar{a}$	16,98	14,96	14,96	15,04	15,06	18,24	14,99	15,15
St. dev.	0,702	0,360	0,160	0,227	0,176	0,895	0,226	0,180
KV	4,137	2,406	1,071	1,512	1,171	4,906	1,510	1,190
maks	18,37	15,55	15,31	15,44	15,45	19,54	15,36	15,36
min	16,43	14,51	14,74	14,68	14,72	17,56	14,75	14,84

Priloga B4: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 33\%$ po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

U _{φ = 33} [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
11,79	8,41	8,67	8,72	8,77	12,61	8,58	8,67	
11,29	8,53	8,61	9,25	8,79	12,05	8,54	8,72	
11,13	9,29	8,64	8,87	8,59	13,19	8,68	8,98	
11,03	8,68	8,56	9,04	8,58	13,94	8,82	8,85	
11,68	8,57	8,66	8,63	8,92	12,09	8,72	8,78	
11,56	9,17	8,73	8,91	8,82	11,80	8,76	8,77	
11,82	8,71	8,82	8,85	8,72	12,35	9,10	9,02	
10,63	8,82	8,63	8,77	8,83	12,05	9,14	8,86	
12,21	8,65	8,61	8,79	8,91	11,38	8,37	8,02	
11,04	9,00	8,88	9,06	8,72	11,46	8,20	8,11	
12,84	9,35	8,59	9,23	8,97	11,38	8,33	8,08	
12,06	8,82	8,65	9,01	8,68	11,25	8,18	7,93	
13,01	7,98	8,87	8,09	8,85		8,10	8,48	
11,86	8,09	9,09	7,96	8,86		8,00	7,85	
9,97	8,14	8,95	8,10	9,38		8,02	7,93	
9,32	8,35	9,00	8,08	9,03		7,89	8,27	
10,07	8,23	8,00	7,94	7,95		8,09	8,03	
9,51	8,26	8,04	8,12	7,93		8,16	8,02	
9,32	8,03	8,23	7,86	8,00		8,15	8,00	
8,35	11,42	8,19	8,06	8,05		8,30	8,21	
9,46	8,04	8,13	8,14	8,15		8,07		
8,65	11,58	8,41	7,91	8,11		8,01		
	8,08	8,49		8,17		8,13		
	8,06	8,33		8,07		8,29		
	8,38	7,94		8,08				
	8,19	7,91		8,00				
	8,15	7,92		7,83				
	8,29	7,88		7,94				
	8,09	8,06		7,94				
	8,01	8,06		7,87				
	7,97	8,03		7,88				
	8,04	8,26		7,86				
	8,06	8,20		8,10				
	8,18	8,36		8,19				
		7,94		8,09				
		7,95		8,21				
		7,93		8,21				
		8,09		8,14				
		8,14		8,10				
		8,16		8,07				
				7,95				
				8,21				
				8,17				
				8,12				
n	22	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	10,85	8,58	8,37	8,52	8,34	12,13	8,36	8,38
St. dev.	1,332	0,837	0,357	0,485	0,411	0,807	0,352	0,409
KV	12,280	9,764	4,274	5,690	4,930	6,657	4,214	4,877
maks	13,01	11,58	9,09	9,25	9,38	13,94	9,14	9,02
min	8,35	7,97	7,88	7,86	7,83	11,25	7,89	7,85

Priloga B5: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 86\%$ v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

U _{$\varphi = 86$} [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
11,14	14,83	14,66	16,14	14,63	10,98	14,58	14,94	
11,11	14,72	14,71	14,77	15,00	10,45	14,71	15,00	
10,67	14,20	14,37	14,74	14,83	10,63	13,86	14,08	
10,81	16,02	14,53	13,89	14,74	10,82	14,02	14,23	
10,71	14,15	14,06	14,14	13,89	13,20	14,36	14,07	
10,41	13,53	14,17	13,97	14,34	12,45	14,55	14,39	
10,94	14,19	14,10	14,25	14,42	12,38	13,73	13,62	
10,74	13,99	14,10	14,40	13,99	11,95	13,73	13,82	
12,02	14,15	14,65	14,46	14,58	12,87	14,73	14,81	
12,52	13,73	13,98	13,61	14,60	12,19	14,48	13,93	
11,56	13,77	14,47	13,92	13,93	12,18	14,01	14,39	
12,21	13,64	14,18	13,81	14,17	11,22	14,10	14,49	
11,53	14,55	14,03	14,70	13,97		14,50	14,25	
11,83	14,64	13,55	14,46	13,98		14,73	14,17	
11,04	14,53	13,83	13,66	13,23		14,04	14,88	
10,98	14,09	13,64	13,89	13,66		14,14	14,28	
13,27	14,03	14,59	14,49	14,64		15,27	14,85	
13,87	14,10	14,70	14,48	14,70		15,38	14,75	
12,28	14,61	14,62	14,40	14,73		14,08	14,33	
12,92	12,34	14,64	14,08	14,79		14,36	14,63	
12,93	13,84	14,21	14,09	13,89		14,89		
13,44	11,82	13,72	13,93	13,93		15,10		
12,97	15,22	13,97		13,96		14,43		
13,34	15,28	13,87		13,89		14,55		
	15,19	14,36		14,63				
	14,57	14,35		14,67				
	14,46	13,85		14,47				
	14,15	13,89		14,60				
	14,76	15,06		14,21				
	14,80	15,13		14,15				
	14,90	15,15		14,21				
	14,67	14,48		14,10				
	14,56	14,33		15,20				
	14,65	14,41		15,29				
		14,60		15,42				
		14,60		14,25				
		14,82		14,18				
		14,46		14,27				
		14,52		14,61				
		14,45		15,01				
				15,09				
				14,58				
				14,63				
				14,63				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	11,88	14,31	14,35	14,28	14,42	11,78	14,43	14,40
St. dev.	1,058	0,774	0,394	0,537	0,459	0,921	0,453	0,393
KV	8,898	5,407	2,749	3,760	3,184	7,823	3,137	2,733
maks	13,87	16,02	15,15	16,14	15,42	13,20	15,38	15,00
min	10,41	11,82	13,55	13,61	13,23	10,45	13,73	13,62

Priloga B6: Ravnovesne vlažnosti pri $\varphi = 33\%$ v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev - n, povprečna vrednost - $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

U _{φ = 33} [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
4,96	7,04	6,99	8,49	6,64	5,03	6,66	6,92	
4,87	6,93	6,94	6,91	7,02	5,30	6,90	7,31	
5,20	6,77	6,44	7,08	6,92	4,76	7,10	7,31	
5,40	8,47	6,75	7,19	6,81	5,63	7,27	7,55	
4,53	7,26	7,23	7,37	7,12	6,97	6,64	6,65	
4,12	7,08	7,29	7,29	7,38	6,97	6,65	6,69	
5,61	6,52	7,17	6,61	7,49	6,82	7,01	6,96	
5,35	6,36	7,16	6,65	7,31	6,66	7,20	7,08	
6,41	6,51	6,84	6,66	6,83	6,40	7,61	7,47	
6,50	7,17	6,80	7,03	6,85	6,67	7,57	7,52	
6,58	6,99	6,70	7,26	6,51	6,61	7,75	7,60	
6,79	6,99	6,53	7,18	6,46	6,63	7,67	7,35	
6,24	7,38	7,16	7,45	7,22		7,36	7,38	
6,12	7,48	6,91	7,36	7,11		7,49	7,34	
6,18	7,46	7,09	7,45	6,93		7,28	7,22	
5,93	7,61	7,08	7,69	7,17		7,22	7,57	
6,61	7,56	7,48	7,46	7,44		7,37	7,68	
6,74	7,64	7,38	6,84	7,32		7,58	7,80	
6,69	7,46	7,46	7,18	7,49		7,44	7,31	
6,99	6,63	7,58	7,33	7,37		7,57	7,56	
6,86	7,31	7,57	7,39	7,50		7,73		
6,91	6,49	7,56	7,23	7,56		7,61		
6,96	7,32	7,66		7,56		7,48		
7,16	7,37	7,60		7,55		7,68		
	7,62	7,35		7,34				
	7,55	7,36		7,47				
	7,47	7,21		7,32				
	7,42	7,18		7,55				
	7,62	7,42		7,26				
	7,69	7,29		7,34				
	7,75	7,36		7,29				
	7,62	7,69		7,35				
	7,53	7,60		7,45				
	7,57	7,54		7,51				
		7,50		7,33				
		7,58		7,56				
		7,58		7,54				
		7,56		7,53				
		7,49		7,52				
		7,55		7,64				
				7,50				
				7,49				
				7,56				
				7,52				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	6,07	7,28	7,27	7,23	7,29	6,20	7,33	7,31
St. dev.	0,864	0,447	0,326	0,403	0,301	0,795	0,345	0,315
KV	14,228	6,139	4,485	5,577	4,128	12,813	4,711	4,311
maks	7,16	8,47	7,69	8,49	7,64	6,97	7,75	7,80
min	4,12	6,36	6,44	6,61	6,46	4,76	6,64	6,65

Priloga B7: Sušilnični skrček v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

	b _{R 65} [%]							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	1,70	2,77	2,47	2,06	2,16	2,52	2,68	2,30
	2,07	2,71	2,67	2,96	2,85	2,59	2,34	1,59
	1,67	2,70	2,11	1,95	2,78	2,51	2,51	2,81
	2,10	2,67	2,16	2,26	2,50	2,57	2,36	1,56
	1,66	2,45	2,64	2,89	2,27		2,60	2,26
	1,86	2,48	2,68	1,95	2,70		2,40	2,41
	1,73	3,08	2,03	2,34	2,59		2,63	2,52
	1,76	2,55	2,27	2,64	2,40			2,64
		2,48	2,50	2,68	2,67			
		3,08	2,88	2,24	2,51			
			2,60	2,57	2,22			
			2,00	2,58	2,92			
			2,50		2,63			
		2,81		2,54				
		2,60		2,00				
		2,03		2,78				
n	8	10	16	12	16	4	7	8
ā	1,82	2,70	2,43	2,43	2,53	2,55	2,50	2,26
St. dev.	0,177	0,232	0,293	0,345	0,263	0,039	0,139	0,460
KV	9,712	8,587	12,054	14,203	10,388	1,545	5,539	20,330
maks	2,10	3,08	2,88	2,96	2,92	2,59	2,68	2,81
min	1,66	2,45	2,00	1,95	2,00	2,51	2,34	1,56

Priloga B8: Sušilnični skrček v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

b_{T65} [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
4,17	5,25	5,37	4,72	4,38	4,67	4,70	4,42	
4,63	4,92	4,90	5,44	5,09	4,67	4,88	3,33	
4,14	4,97	3,99	4,65	5,10	4,79	4,32	4,21	
4,70	4,88	4,75	4,82	4,96	4,89	5,05	3,48	
4,14	5,17	5,27	5,47	4,34		4,85	4,35	
4,14	5,04	4,90	4,58	5,16		4,75	4,73	
4,31	5,24	3,75	5,19	5,04		4,96	4,50	
4,11	5,07	4,65	5,13	5,10		4,78	5,07	
	5,18	5,19	5,40	5,09				
	5,38	5,37	5,06	4,41				
		5,48	5,13	4,83				
		4,72	5,40	5,11				
		5,12		4,99				
		5,37		4,65				
		5,45		4,76				
		4,65		5,05				
n	8	10	16	12	16	4	8	8
$\bar{a}$	4,29	5,11	4,93	5,08	4,88	4,75	4,79	4,26
St. dev.	0,239	0,160	0,509	0,322	0,285	0,108	0,221	0,592
KV	5,580	3,128	10,324	6,332	5,852	2,280	4,614	13,895
maks	4,70	5,38	5,48	5,47	5,16	4,89	5,05	5,07
min	4,11	4,88	3,75	4,58	4,34	4,67	4,32	3,33

Priloga B10: Totalni skrček v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

b _R [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
3,50	5,50	5,48	4,59	4,67	5,31	4,13	4,88	
4,14	5,38	5,75	6,05	6,11	4,97	5,72	3,67	
3,43	5,47	4,21	4,22	5,77	5,52	3,59	5,29	
3,97	5,38	4,29	4,59	5,55	5,52	5,59	3,63	
3,56	5,20	5,59	5,88	4,57		5,28	5,00	
3,73	5,34	5,22	4,18	6,03		5,87	5,49	
3,56	6,44	4,10	4,99	6,14		5,46	5,36	
3,63	5,19	3,99	5,59	5,38		5,83	5,62	
	5,34	5,31	5,98	5,88				
	6,37	6,00	5,03	5,69				
		5,35	5,59	5,14				
		4,85	5,81	5,94				
		5,41		5,71				
		5,89		5,65				
		5,85		5,29				
		4,74		6,04				
n	8	10	16	12	16	4	8	8
$\bar{a}$	3,69	5,56	5,13	5,21	5,60	5,33	5,18	4,87
St. dev.	0,244	0,456	0,676	0,691	0,480	0,261	0,853	0,789
KV	6,625	8,196	13,190	13,275	8,582	4,898	16,460	16,210
maks	4,14	6,44	6,00	6,05	6,14	5,52	5,87	5,62
min	3,43	5,19	3,99	4,18	4,57	4,97	3,59	3,63

Priloga B11: Totalni skrček v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

b_T [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
7,89	9,64	9,55	8,65	8,41	9,16	8,04	8,53	
8,21	9,05	9,05	10,06	9,87	9,17	8,98	6,73	
7,80	9,58	7,30	8,68	9,39	9,35	8,17	8,00	
8,25	9,12	8,01	8,72	9,58	9,14	8,88	6,99	
7,73	9,60	9,45	10,26	8,27		9,10	8,55	
7,77	9,54	9,02	8,45	9,88		9,01	9,30	
8,03	9,57	8,55	9,65	9,67		9,25	8,70	
7,84	9,43	8,35	9,47	9,79		9,09	9,46	
	9,68	9,47	10,16	9,67				
	9,74	9,82	9,65	8,85				
		10,02	9,24	8,89				
		8,87	10,23	9,68				
		9,47		9,57				
		10,05		8,72				
		10,20		8,96				
		8,91		9,59				
n	8	10	16	12	16	4	8	8
$\bar{a}$	7,94	9,50	9,13	9,44	9,30	9,20	8,82	8,28
St. dev.	0,201	0,232	0,794	0,676	0,530	0,096	0,452	0,991
KV	2,529	2,438	8,695	7,165	5,700	1,048	5,133	11,965
maks	8,25	9,74	10,20	10,26	9,88	9,35	9,25	9,46
min	7,73	9,05	7,30	8,45	8,27	9,14	8,04	6,73

Priloga B12: Totalni skrčec v longitudinalni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

b _L [%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,17	0,15	0,22	0,15	0,29	0,13	0,18	0,21	
0,18	0,16	0,22	0,21	0,18	0,04	0,10	0,21	
0,15	0,36	0,16	0,28	0,10	0,13	0,11	0,23	
0,12	0,43	0,42	0,30	0,19	0,05	0,27	0,17	
0,25	0,13	0,14	0,25	0,21		0,19	0,27	
0,07	0,12	0,25	0,24	0,20		0,17	0,11	
0,12	0,13	0,33	0,12	0,11		0,14	0,30	
	0,16	0,39	0,21	0,13				
	0,14	0,13	0,16	0,17				
	0,14	0,14	0,15	0,14				
		0,19	0,16	0,17				
		0,24	0,13	0,10				
		0,16		0,12				
		0,12		0,16				
		0,16		0,13				
		0,30		0,11				
n	7	10	16	12	16	4	7	7
$\bar{a}$	0,15	0,19	0,22	0,20	0,16	0,09	0,17	0,21
St. dev.	0,057	0,109	0,094	0,060	0,050	0,049	0,057	0,062
KV	37,645	56,750	42,000	30,672	32,198	56,275	34,621	29,222
maks	0,25	0,43	0,42	0,30	0,29	0,13	0,27	0,30
min	0,07	0,12	0,12	0,12	0,10	0,04	0,10	0,11

Priloga B13: Prečna krčitvena anizotropija po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

An								
A	B	C	D	E	F	G	H	
2,28	1,80	1,81	2,12	2,04	1,96	1,96	2,10	
2,08	1,77	1,72	1,77	1,57	1,85	1,70	2,12	
2,16	1,72	2,11	2,21	1,77	1,76	2,34	1,65	
2,14	1,85	2,14	1,92	1,82	1,66	1,76	1,91	
2,35	2,09	1,66	1,79	1,97	1,75	1,81	1,67	
2,33	1,69	1,76	1,87	1,51	1,80	1,64	1,89	
2,20	1,62	2,12	1,69	1,59	1,78	1,65	1,72	
2,09	1,73	2,35	1,82	1,84	1,62	1,47	1,65	
1,87	1,85	1,84	1,90	1,61	1,61	1,42	1,51	
1,69	1,57	1,73	1,60	1,63	1,63	1,90	1,39	
2,00	1,72	1,94	1,64	1,90	1,75	1,60	1,53	
1,72	1,70	2,21	1,79	1,65	1,62	2,04	1,72	
2,06	2,14	1,85	1,55	1,74		1,83	1,45	
1,84	1,52	1,56	1,69	1,62		1,63	1,60	
1,79	1,66	1,52	1,89	1,67		1,67	1,59	
1,84	2,14	1,80	1,81	1,65		1,60	1,50	
1,89	1,69	1,81	1,66	1,67		1,96	1,56	
2,02	1,52	1,70	1,80	1,66		1,67	1,49	
1,83	1,73	2,19	1,88	1,57		1,97	1,84	
1,94	1,50	2,35	1,63	1,78		1,61	1,52	
2,13	1,61	1,71	1,73	1,72		1,62		
2,20	1,61	1,71		1,68		1,56		
2,04	1,39	1,90		1,60		1,76		
1,91	1,79	2,22		1,69		1,56		
	1,67	1,89		1,64				
	1,62	1,74		1,70				
	1,65	2,05		1,69				
	1,55	1,69		1,69				
	1,53	1,71		1,62				
	1,61	1,74		1,65				
	1,57	1,76		1,71				
	1,61	1,72		1,68				
		1,69		1,75				
		1,75		1,74				
		1,69		2,09				
		1,70		1,85				
		1,72		1,73				
		1,80		1,79				
		1,75		1,72				
		1,72		1,71				
				1,75				
				1,58				
				1,67				
				1,71				
n	24	32	40	21	44	12	24	20
$\bar{a}$	2,02	1,69	1,85	1,80	1,71	1,73	1,74	1,67
St. dev.	0,186	0,175	0,210	0,162	0,119	0,108	0,208	0,207
KV	9,234	10,305	11,354	8,992	6,941	6,226	11,949	12,370
maks	2,35	2,14	2,35	2,21	2,09	1,96	2,34	2,12
min	1,69	1,39	1,52	1,55	1,51	1,61	1,42	1,39

Priloga B14: Prečna krčitvena anizotropija v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

An								
A	B	C	D	E	F	G	H	
2,123	1,805	1,697	1,740	1,874	1,741	1,599	2,943	
1,624	1,673	1,848	1,606	1,488	1,425	1,564	1,776	
2,050	2,499	1,768	2,147	1,495	1,813	2,202	1,461	
2,541	1,433	1,880	1,781	1,841	1,605	1,609	1,631	
2,192	1,676	1,644	1,647	1,686	1,798	1,649	1,888	
2,158	1,696	2,602	1,896	1,529	1,784	1,433	1,626	
1,938	1,565	1,690	1,871	1,223	1,702	1,743	1,623	
2,057	1,594	1,750	1,438	1,513	1,714	1,385	1,702	
1,776	1,358	1,721	1,551	1,730	1,540	1,066	1,403	
2,428	1,703	1,608	1,508	1,503	1,697	1,725	1,407	
1,868	1,710	1,788	1,904	1,703	1,895	1,566	1,555	
1,972	1,641	2,249	1,576	1,436	1,407	1,621	1,666	
1,894	1,694	2,041	1,816	1,345		1,804	1,878	
1,720	1,805	1,356	1,622	1,883		1,681	1,518	
1,946	1,929	1,783	1,764	1,594		1,551	1,380	
2,216	1,362	1,945	2,011	1,440		1,730	1,716	
2,131	1,662	1,633	1,752	1,776		2,009	1,539	
1,948	2,250	1,787	1,689	1,481		1,570	1,549	
1,793	1,846	2,001	2,037	1,670		2,213	1,715	
2,756	1,576	2,316	1,605	1,716		1,593	1,735	
2,477	1,518	1,579	1,814	1,644		1,796		
2,040	1,407	1,645	1,633	1,616		1,540		
2,002	1,878	1,685		1,842		1,902		
2,263	1,630	1,802		1,913		1,510		
	1,585	1,904		1,661				
	1,723	1,647		1,608				
	1,525	2,254		1,558				
	1,484	1,472		1,655				
	1,662	1,588		1,669				
	1,521	1,730		1,619				
	1,707	1,707		1,794				
	1,542	1,612		1,617				
	1,432	1,500		1,914				
	1,586	1,558		1,624				
		1,565		1,604				
		1,726		1,471				
		1,758		1,919				
		1,813		1,981				
		1,751		1,716				
		1,600		1,716				
				1,733				
				1,649				
				1,644				
				1,680				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	2,080	1,667	1,775	1,746	1,654	1,677	1,669	1,685
St. dev.	0,271	0,230	0,244	0,181	0,161	0,153	0,247	0,330
KV	13,036	13,787	13,728	10,368	9,744	9,154	14,787	19,576
maks	2,756	2,499	2,602	2,147	1,981	1,895	2,213	2,943
min	1,624	1,358	1,356	1,438	1,223	1,407	1,066	1,380

Priloga B15: Diferencialni nabrek v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

q _R [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,16	0,19	0,20	0,15	0,16	0,25	0,16	0,16	
0,18	0,19	0,19	0,24	0,22	0,26	0,21	0,12	
0,17	0,21	0,14	0,15	0,20	0,29	0,15	0,20	
0,17	0,19	0,16	0,18	0,21	0,28	0,22	0,14	
0,16	0,18	0,22	0,22	0,19	0,27	0,19	0,18	
0,15	0,21	0,20	0,14	0,24	0,24	0,21	0,18	
0,16	0,23	0,12	0,20	0,22	0,28	0,21	0,20	
0,17	0,21	0,14	0,19	0,21	0,27	0,23	0,23	
0,21	0,21	0,19	0,22	0,20	0,28	0,20	0,23	
0,19	0,24	0,22	0,21	0,21	0,28	0,16	0,26	
0,19	0,20	0,20	0,22	0,18	0,30	0,18	0,21	
0,19	0,23	0,15	0,25	0,22	0,28	0,16	0,22	
0,20	0,16	0,20	0,22	0,22		0,21	0,22	
0,20	0,23	0,24	0,22	0,23		0,23	0,23	
0,21	0,24	0,24	0,24	0,22		0,24	0,20	
0,18	0,17	0,20	0,21	0,24		0,25	0,22	
0,16	0,21	0,21	0,21	0,22		0,19	0,21	
0,15	0,30	0,22	0,24	0,22		0,23	0,22	
0,18	0,22	0,14	0,21	0,24		0,20	0,20	
0,16	0,29	0,14	0,20	0,22		0,24	0,22	
0,13	0,26	0,23	0,25	0,22		0,22		
0,11	0,23	0,24	0,21	0,24		0,25		
0,13	0,25	0,18		0,26		0,22		
0,14	0,24	0,13		0,23		0,26		
	0,24	0,21		0,22				
	0,26	0,22		0,23				
	0,23	0,20		0,22				
	0,24	0,23		0,23				
	0,24	0,23		0,24				
	0,26	0,22		0,24				
	0,25	0,21		0,22				
	0,24	0,24		0,24				
		0,23		0,23				
		0,22		0,22				
		0,23		0,19				
		0,23		0,23				
		0,22		0,23				
		0,22		0,23				
		0,23		0,22				
		0,22		0,23				
				0,22				
				0,24				
				0,24				
				0,23				
n	24	32	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,17	0,23	0,20	0,21	0,22	0,27	0,21	0,20
St. dev.	0,026	0,032	0,034	0,030	0,018	0,015	0,031	0,033
KV	15,101	13,970	17,026	14,668	8,134	5,579	15,047	16,036
maks	0,21	0,30	0,24	0,25	0,26	0,30	0,26	0,26
min	0,11	0,16	0,12	0,14	0,16	0,24	0,15	0,12

Priloga B16: Diferencialni nabrek v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

q _T [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,37	0,34	0,36	0,33	0,33	0,50	0,31	0,33	
0,38	0,34	0,34	0,42	0,35	0,47	0,35	0,26	
0,37	0,37	0,29	0,33	0,36	0,51	0,34	0,34	
0,36	0,36	0,34	0,34	0,38	0,46	0,39	0,27	
0,38	0,37	0,37	0,39	0,37	0,47	0,34	0,31	
0,36	0,36	0,35	0,35	0,37	0,44	0,34	0,35	
0,36	0,38	0,26	0,37	0,35	0,49	0,35	0,35	
0,35	0,37	0,33	0,32	0,38	0,45	0,34	0,38	
0,40	0,39	0,35	0,40	0,32	0,46	0,28	0,36	
0,33	0,38	0,38	0,39	0,35	0,46	0,30	0,37	
0,38	0,35	0,38	0,35	0,34	0,52	0,29	0,32	
0,33	0,39	0,33	0,41	0,36	0,45	0,33	0,38	
0,41	0,34	0,37	0,40	0,39		0,38	0,32	
0,36	0,35	0,38	0,34	0,37		0,37	0,36	
0,38	0,40	0,36	0,40	0,37		0,39	0,32	
0,32	0,36	0,36	0,39	0,39		0,39	0,33	
0,31	0,36	0,38	0,38	0,37		0,38	0,32	
0,31	0,46	0,38	0,39	0,36		0,38	0,32	
0,33	0,38	0,32	0,38	0,38		0,39	0,37	
0,31	0,44	0,33	0,38	0,39		0,39	0,33	
0,27	0,41	0,40	0,40	0,38		0,36		
0,25	0,38	0,40	0,36	0,40		0,40		
0,27	0,35	0,33		0,41		0,39		
0,27	0,43	0,29		0,39		0,40		
	0,40	0,39		0,36				
	0,42	0,39		0,39				
	0,39	0,41		0,37				
	0,37	0,39		0,39				
	0,37	0,39		0,39				
	0,41	0,38		0,40				
	0,39	0,37		0,37				
	0,39	0,41		0,40				
		0,39		0,41				
		0,38		0,38				
		0,39		0,40				
		0,38		0,43				
		0,38		0,40				
		0,40		0,40				
		0,40		0,39				
		0,38		0,39				
				0,38				
				0,38				
				0,40				
				0,38				
n	24	32	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,34	0,38	0,36	0,37	0,38	0,47	0,36	0,33
St. dev.	0,044	0,030	0,034	0,029	0,022	0,027	0,037	0,031
KV	13,020	7,828	9,407	7,899	5,702	5,646	10,240	9,361
maks	0,41	0,46	0,41	0,42	0,43	0,52	0,40	0,38
min	0,25	0,34	0,26	0,32	0,32	0,44	0,28	0,26

Priloga B17: Diferencialni nabrek v radialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

q _R [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,165	0,197	0,220	0,190	0,173	0,266	0,183	0,107	
0,233	0,197	0,203	0,244	0,252	0,320	0,235	0,145	
0,174	0,075	0,151	0,140	0,233	0,275	0,151	0,206	
0,150	0,232	0,159	0,174	0,221	0,269	0,212	0,150	
0,176	0,197	0,221	0,229	0,178	0,256	0,222	0,178	
0,174	0,107	0,171	0,155	0,260	0,235	0,239	0,219	
0,171	0,215	0,139	0,201	0,256	0,293	0,192	0,206	
0,183	0,221	0,152	0,222	0,209	0,263	0,237	0,213	
0,222	0,256	0,215	0,245	0,213	0,284	0,189	0,270	
0,155	0,224	0,261	0,245	0,236	0,265	0,157	0,246	
0,203	0,191	0,209	0,215	0,200	0,259	0,155	0,211	
0,164	0,223	0,152	0,255	0,257	0,349	0,144	0,219	
0,226	0,233	0,193	0,228	0,281		0,226	0,162	
0,203	0,225	0,260	0,241	0,198		0,235	0,217	
0,207	0,175	0,214	0,212	0,230		0,225	0,200	
0,161	0,228	0,171	0,188	0,273		0,221	0,183	
0,156	0,223	0,268	0,232	0,227		0,192	0,205	
0,158	0,132	0,227	0,224	0,269		0,240	0,225	
0,180	0,233	0,162	0,187	0,252		0,176	0,202	
0,124	0,287	0,131	0,230	0,241		0,236	0,198	
0,109	0,268	0,232	0,215	0,213		0,226		
0,124	0,293	0,224	0,209	0,229		0,255		
0,116	0,231	0,153		0,218		0,202		
0,113	0,241	0,129		0,202		0,250		
	0,268	0,204		0,229				
	0,230	0,250		0,244				
	0,238	0,171		0,240				
	0,253	0,254		0,253				
	0,262	0,260		0,213				
	0,258	0,233		0,235				
	0,261	0,228		0,202				
	0,266	0,231		0,216				
	0,249	0,242		0,236				
	0,228	0,218		0,240				
		0,257		0,236				
		0,233		0,267				
		0,231		0,222				
		0,220		0,209				
		0,211		0,236				
		0,226		0,232				
				0,221				
				0,225				
				0,209				
				0,214				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,169	0,224	0,207	0,213	0,230	0,278	0,208	0,198
St. dev.	0,035	0,047	0,040	0,030	0,024	0,031	0,033	0,037
KV	21,007	20,821	19,327	14,173	10,346	11,035	16,048	18,476
maks	0,233	0,293	0,268	0,255	0,281	0,349	0,255	0,270
min	0,109	0,075	0,129	0,140	0,173	0,235	0,144	0,107

Priloga B18: Diferencialni nabrek v tangencialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

q _T [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,351	0,356	0,373	0,330	0,324	0,463	0,292	0,314	
0,378	0,330	0,375	0,392	0,374	0,456	0,367	0,258	
0,356	0,187	0,266	0,301	0,349	0,499	0,332	0,301	
0,382	0,332	0,299	0,311	0,408	0,432	0,342	0,244	
0,387	0,330	0,363	0,378	0,300	0,460	0,366	0,337	
0,375	0,182	0,446	0,294	0,398	0,419	0,343	0,356	
0,332	0,337	0,235	0,376	0,313	0,499	0,334	0,334	
0,376	0,353	0,267	0,319	0,316	0,451	0,328	0,362	
0,395	0,348	0,370	0,381	0,369	0,437	0,202	0,379	
0,375	0,382	0,420	0,369	0,355	0,450	0,270	0,346	
0,378	0,326	0,373	0,410	0,340	0,491	0,242	0,328	
0,324	0,366	0,341	0,403	0,370	0,490	0,234	0,366	
0,429	0,394	0,393	0,415	0,378		0,408	0,304	
0,350	0,407	0,353	0,390	0,374		0,395	0,330	
0,403	0,337	0,381	0,373	0,366		0,349	0,275	
0,356	0,310	0,333	0,377	0,393		0,383	0,315	
0,333	0,371	0,438	0,407	0,403		0,387	0,315	
0,308	0,296	0,405	0,379	0,399		0,376	0,349	
0,324	0,431	0,324	0,381	0,421		0,390	0,346	
0,343	0,453	0,304	0,369	0,413		0,375	0,343	
0,269	0,406	0,366	0,390	0,350		0,406		
0,254	0,412	0,369	0,341	0,369		0,393		
0,233	0,435	0,258		0,402		0,384		
0,255	0,393	0,232		0,387		0,377		
	0,425	0,389		0,381				
	0,397	0,411		0,392				
	0,363	0,386		0,373				
	0,376	0,375		0,418				
	0,435	0,413		0,356				
	0,392	0,403		0,380				
	0,446	0,389		0,363				
	0,410	0,372		0,349				
	0,357	0,363		0,451				
	0,362	0,339		0,389				
		0,403		0,378				
		0,402		0,393				
		0,406		0,427				
		0,399		0,413				
		0,369		0,405				
		0,361		0,399				
				0,383				
				0,371				
				0,344				
				0,359				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,344	0,366	0,362	0,368	0,377	0,462	0,345	0,325
St. dev.	0,050	0,061	0,053	0,036	0,032	0,027	0,057	0,035
KV	14,654	16,732	14,568	9,692	8,354	5,862	16,606	10,873
maks	0,429	0,453	0,446	0,415	0,451	0,499	0,408	0,379
min	0,233	0,182	0,232	0,294	0,300	0,419	0,202	0,244

Priloga B19: Koeficient nabreka v radialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

h _R [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02
0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
0,02	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
0,03	0,04	0,02	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04
0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
0,02	0,03	0,04	0,04	0,05		0,03	0,04	0,04
0,02	0,04	0,05	0,04	0,05		0,04	0,04	0,04
0,03	0,04	0,05	0,04	0,04		0,04	0,03	0,03
0,02	0,03	0,04	0,04	0,05		0,04	0,04	0,04
0,02	0,03	0,04	0,03	0,04		0,03	0,04	0,04
0,02	0,04	0,04	0,04	0,04		0,04	0,04	0,04
0,03	0,04	0,02	0,03	0,04		0,03	0,03	0,03
0,02	0,04	0,02	0,03	0,04		0,04	0,04	0,04
0,02	0,04	0,04	0,04	0,04		0,04		
0,02	0,04	0,04	0,03	0,04		0,04		
0,02	0,04	0,03		0,04		0,04		
0,02	0,04	0,02		0,04		0,04		
	0,04	0,03		0,04				
	0,04	0,04		0,04				
	0,04	0,03		0,04				
	0,04	0,04		0,04				
	0,04	0,04		0,04				
	0,04	0,04		0,04				
	0,04	0,03		0,04				
	0,04	0,04		0,04				
		0,04		0,04				
		0,04		0,04				
		0,04		0,03				
		0,04		0,04				
		0,04		0,04				
		0,04		0,04				
		0,04		0,04				
				0,04				
				0,04				
				0,04				
				0,04				
				0,04				
n	24	32	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
St. dev.	0,003	0,005	0,006	0,005	0,004	0,003	0,006	0,005
KV	13,213	12,119	17,748	14,888	9,590	8,406	16,182	14,230
maks	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
min	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02

Priloga B20: Koeficient nabreka v tangencialni smeri po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

h _T [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,056	0,06	
0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,067	0,05	
0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	
0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06	
0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	
0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	
0,06	0,07	0,05	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	
0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,08	
0,05	0,08	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	
0,04	0,08	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	
0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	
0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	
0,05	0,06	0,07	0,06	0,08		0,06	0,05	
0,04	0,06	0,08	0,06	0,07		0,06	0,06	
0,05	0,06	0,07	0,07	0,07		0,07	0,05	
0,05	0,06	0,07	0,07	0,08		0,07	0,06	
0,04	0,06	0,06	0,06	0,06		0,07	0,06	
0,04	0,06	0,06	0,06	0,06		0,07	0,05	
0,05	0,06	0,05	0,06	0,06		0,07	0,06	
0,05	0,06	0,05	0,06	0,06		0,07	0,05	
0,04	0,07	0,07	0,06	0,06		0,06		
0,04	0,06	0,06	0,06	0,07		0,07		
0,04	0,06	0,05		0,07		0,07		
0,04	0,07	0,05		0,07		0,07		
	0,07	0,06		0,06				
	0,07	0,06		0,07				
	0,06	0,07		0,06				
	0,06	0,06		0,06				
	0,06	0,07		0,06				
	0,07	0,06		0,06				
	0,07	0,06		0,06				
	0,06	0,07		0,07				
		0,07		0,07				
		0,06		0,06				
		0,07		0,07				
		0,06		0,07				
		0,06		0,07				
		0,07		0,06				
		0,06		0,07				
				0,06				
				0,06				
				0,07				
				0,07				
n	24	32	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
St. dev.	0,006	0,006	0,006	0,007	0,005	0,005	0,008	0,007
KV	12,812	9,155	9,987	10,286	7,398	7,363	11,946	11,648
maks	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08
min	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05

Priloga B21: Koeficient nabreka v radialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

h_R [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,019	0,029	0,032	0,027	0,026	0,030	0,027	0,016	
0,027	0,029	0,030	0,036	0,038	0,031	0,035	0,021	
0,018	0,010	0,023	0,020	0,035	0,030	0,019	0,026	
0,015	0,033	0,023	0,022	0,033	0,026	0,027	0,019	
0,021	0,026	0,028	0,029	0,023	0,030	0,032	0,025	
0,021	0,013	0,022	0,020	0,034	0,024	0,036	0,032	
0,017	0,031	0,018	0,029	0,033	0,031	0,024	0,026	
0,019	0,032	0,020	0,032	0,026	0,026	0,029	0,027	
0,024	0,037	0,032	0,036	0,031	0,035	0,025	0,037	
0,018	0,028	0,035	0,030	0,035	0,028	0,020	0,030	
0,019	0,024	0,031	0,027	0,028	0,027	0,018	0,027	
0,017	0,028	0,022	0,032	0,037	0,030	0,017	0,030	
0,023	0,031	0,025	0,031	0,036		0,030	0,021	
0,022	0,030	0,033	0,032	0,026		0,032	0,028	
0,019	0,023	0,027	0,025	0,027		0,029	0,029	
0,015	0,028	0,021	0,022	0,033		0,029	0,023	
0,020	0,027	0,036	0,031	0,031		0,029	0,028	
0,021	0,016	0,031	0,032	0,037		0,035	0,030	
0,019	0,031	0,022	0,026	0,034		0,022	0,027	
0,014	0,031	0,017	0,029	0,034		0,030	0,026	
0,012	0,033	0,029	0,027	0,026		0,031		
0,015	0,029	0,026	0,026	0,027		0,036		
0,013	0,035	0,018		0,026		0,026		
0,013	0,036	0,015		0,024		0,032		
	0,038	0,027		0,032				
	0,031	0,033		0,033				
	0,031	0,021		0,032				
	0,032	0,032		0,034				
	0,035	0,037		0,028				
	0,035	0,034		0,030				
	0,035	0,034		0,026				
	0,035	0,030		0,027				
	0,033	0,031		0,035				
	0,030	0,028		0,035				
		0,035		0,036				
		0,031		0,034				
		0,032		0,028				
		0,029		0,027				
		0,028		0,032				
		0,029		0,032				
				0,032				
				0,030				
				0,028				
				0,029				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,018	0,030	0,028	0,028	0,031	0,029	0,028	0,026
St. dev.	0,004	0,006	0,006	0,005	0,004	0,003	0,005	0,005
KV	19,741	21,156	20,505	16,423	12,740	9,654	19,585	17,938
maks	0,027	0,038	0,037	0,036	0,038	0,035	0,036	0,037
min	0,012	0,010	0,015	0,020	0,023	0,024	0,017	0,016

Priloga B22: Koeficient nabreka v tangencialni smeri v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

h _T [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,041	0,052	0,054	0,048	0,049	0,052	0,044	0,047	
0,044	0,049	0,055	0,058	0,056	0,044	0,054	0,037	
0,037	0,026	0,040	0,043	0,052	0,055	0,042	0,038	
0,039	0,047	0,044	0,039	0,061	0,042	0,044	0,031	
0,045	0,043	0,047	0,048	0,038	0,054	0,053	0,047	
0,044	0,022	0,058	0,037	0,052	0,043	0,051	0,052	
0,033	0,049	0,031	0,054	0,041	0,052	0,042	0,042	
0,038	0,051	0,035	0,047	0,040	0,045	0,040	0,046	
0,042	0,050	0,054	0,056	0,054	0,053	0,027	0,052	
0,043	0,047	0,057	0,046	0,052	0,047	0,035	0,042	
0,036	0,042	0,055	0,052	0,048	0,052	0,029	0,042	
0,033	0,046	0,049	0,050	0,054	0,042	0,028	0,049	
0,043	0,053	0,051	0,057	0,048		0,055	0,039	
0,038	0,055	0,044	0,052	0,048		0,054	0,043	
0,037	0,045	0,048	0,044	0,043		0,045	0,040	
0,034	0,038	0,041	0,044	0,048		0,050	0,040	
0,042	0,045	0,059	0,054	0,055		0,058	0,043	
0,041	0,036	0,056	0,055	0,055		0,055	0,046	
0,034	0,058	0,044	0,052	0,057		0,049	0,046	
0,038	0,049	0,041	0,047	0,058		0,048	0,046	
0,031	0,050	0,046	0,049	0,042		0,055		
0,031	0,041	0,043	0,043	0,044		0,055		
0,026	0,065	0,031		0,049		0,050		
0,030	0,059	0,027		0,046		0,049		
	0,061	0,051		0,052				
	0,053	0,054		0,053				
	0,048	0,048		0,050				
	0,048	0,047		0,056				
	0,059	0,060		0,047				
	0,052	0,059		0,049				
	0,060	0,057		0,047				
	0,054	0,048		0,044				
	0,047	0,046		0,066				
	0,048	0,044		0,057				
		0,054		0,058				
		0,053		0,050				
		0,055		0,053				
		0,052		0,053				
		0,049		0,054				
		0,047		0,055				
				0,055				
				0,050				
				0,046				
				0,048				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,038	0,048	0,048	0,049	0,051	0,049	0,046	0,043
St. dev.	0,005	0,009	0,008	0,006	0,006	0,005	0,009	0,005
KV	13,710	18,392	16,653	11,615	11,270	10,220	19,544	11,926
maks	0,045	0,065	0,060	0,058	0,066	0,055	0,058	0,052
min	0,026	0,022	0,027	0,037	0,038	0,042	0,027	0,031

Priloga B23: Sorpcijski kvocient po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

s [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,13	0,18	0,19	
0,14	0,19	0,19	0,17	0,19	0,16	0,19	0,19	
0,16	0,17	0,19	0,18	0,19	0,13	0,20	0,20	
0,16	0,20	0,18	0,20	0,18	0,16	0,20	0,20	
0,13	0,20	0,20	0,20	0,20	0,13	0,19	0,19	
0,13	0,19	0,20	0,20	0,20	0,14	0,19	0,19	
0,16	0,18	0,20	0,18	0,20	0,12	0,20	0,20	
0,16	0,19	0,20	0,18	0,20	0,14	0,20	0,20	
0,12	0,19	0,18	0,18	0,19	0,13	0,16	0,17	
0,13	0,20	0,18	0,20	0,19	0,14	0,16	0,16	
0,14	0,20	0,18	0,20	0,19	0,11	0,16	0,16	
0,15	0,20	0,18	0,20	0,19	0,14	0,16	0,16	
0,11	0,17	0,20	0,16	0,21		0,17	0,16	
0,12	0,17	0,20	0,17	0,20		0,17	0,16	
0,14	0,16	0,20	0,17	0,20		0,17	0,17	
0,14	0,16	0,20	0,17	0,20		0,17	0,17	
0,14	0,16	0,17	0,17	0,17		0,17	0,17	
0,15	0,16	0,16	0,16	0,17		0,17	0,17	
0,14	0,16	0,16	0,16	0,17		0,17	0,17	
0,15	0,13	0,16	0,16	0,17		0,17	0,17	
0,14	0,16	0,16	0,16	0,17		0,17		
0,15	0,14	0,16	0,16	0,17		0,17		
0,15	0,17	0,16		0,16		0,17		
0,15	0,17	0,16		0,17		0,17		
	0,17	0,16		0,16				
	0,17	0,16		0,17				
	0,17	0,16		0,17				
	0,17	0,16		0,16				
	0,16	0,17		0,16				
	0,17	0,17		0,16				
	0,17	0,17		0,17				
	0,17	0,17		0,16				
	0,17	0,17		0,17				
	0,17	0,17		0,17				
		0,17		0,17				
		0,17		0,17				
		0,17		0,17				
		0,17		0,17				
		0,17		0,17				
		0,17		0,17				
				0,17				
				0,17				
				0,17				
				0,17				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,14	0,17	0,18	0,18	0,18	0,14	0,18	0,18
St. dev.	0,013	0,017	0,015	0,016	0,015	0,013	0,014	0,015
KV	9,083	10,083	8,421	8,824	8,257	9,683	7,849	8,688
maks	0,16	0,20	0,20	0,20	0,21	0,16	0,20	0,20
min	0,11	0,13	0,16	0,16	0,16	0,11	0,16	0,16

Priloga B24: Sorpcijski kvocient v procesu adsorpcije po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

s [%/%]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
0,117	0,147	0,145	0,144	0,151	0,112	0,149	0,151	
0,118	0,147	0,147	0,148	0,151	0,097	0,147	0,145	
0,103	0,140	0,150	0,145	0,149	0,111	0,128	0,128	
0,102	0,142	0,147	0,126	0,150	0,098	0,127	0,126	
0,116	0,130	0,129	0,128	0,128	0,118	0,146	0,140	
0,118	0,122	0,130	0,126	0,131	0,103	0,149	0,145	
0,101	0,145	0,131	0,144	0,131	0,105	0,127	0,126	
0,102	0,144	0,131	0,146	0,126	0,100	0,123	0,127	
0,106	0,144	0,147	0,147	0,146	0,122	0,134	0,138	
0,114	0,124	0,135	0,124	0,146	0,104	0,130	0,121	
0,094	0,128	0,147	0,126	0,140	0,105	0,118	0,128	
0,102	0,126	0,144	0,125	0,145	0,087	0,121	0,135	
0,100	0,135	0,130	0,137	0,127		0,135	0,130	
0,108	0,135	0,125	0,134	0,130		0,136	0,129	
0,092	0,133	0,127	0,117	0,119		0,128	0,145	
0,095	0,122	0,124	0,117	0,122		0,130	0,127	
0,126	0,122	0,134	0,133	0,136		0,149	0,135	
0,135	0,122	0,138	0,144	0,139		0,147	0,131	
0,105	0,135	0,135	0,136	0,136		0,125	0,133	
0,112	0,108	0,133	0,127	0,140		0,128	0,133	
0,114	0,123	0,125	0,126	0,121		0,135		
0,123	0,101	0,116	0,126	0,120		0,141		
0,113	0,149	0,119		0,121		0,131		
0,117	0,149	0,118		0,120		0,130		
	0,143	0,132		0,138				
	0,132	0,132		0,136				
	0,132	0,125		0,135				
	0,127	0,126		0,133				
	0,135	0,144		0,131				
	0,134	0,148		0,128				
	0,135	0,147		0,131				
	0,133	0,128		0,127				
	0,133	0,127		0,146				
	0,134	0,130		0,147				
		0,134		0,153				
		0,133		0,126				
		0,137		0,125				
		0,130		0,127				
		0,133		0,134				
		0,130		0,139				
				0,143				
				0,134				
				0,133				
				0,134				
n	24	34	40	22	44	12	24	20
$\bar{a}$	0,110	0,133	0,134	0,133	0,135	0,105	0,134	0,134
St. dev.	0,011	0,011	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,008
KV	9,721	8,332	6,640	7,491	7,083	9,127	7,159	6,071
maks	0,135	0,149	0,150	0,148	0,153	0,122	0,149	0,151
min	0,092	0,101	0,116	0,117	0,119	0,087	0,118	0,121

Priloga C Mehanske lastnosti po posameznih lokacijah

Priloga C1: Tlačna trdnost (vzporedno z vlakni) po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – *n*, povprečna vrednost – *ā*, standardna deviacija – *st. dev.*, koeficient variance – *KV*, maksimalna vrednost – *maks*, minimalna vrednost – *min*.

σ [N/mm ²]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
39,42	57,46	55,49	60,95	55,57	59,05	45,91	55,07	
35,38	58,97	55,81	54,15	59,48	65,18	53,43	34,09	
38,59	50,33	44,35	53,78	63,04	67,27	44,05	40,16	
36,69	57,08	41,47	59,54	60,88	63,48	56,16	34,13	
35,66	60,63	49,76	49,03	54,92		47,27	46,20	
36,50	63,65	64,33		62,59		60,57	47,18	
34,22	63,23	61,19		50,68		42,21		
33,23	64,16	51,55		58,34		57,56		
	60,27	59,10		59,45				
	60,22	55,42		60,31				
	54,29	52,78		57,08				
				63,55				
				58,02				
				56,73				
n	8	11	11	5	14	4	8	6
<i>ā</i>	36,21	59,12	53,75	55,49	58,62	63,75	50,90	42,81
St. dev.	2,074	4,185	6,833	4,813	3,524	3,493	6,891	8,238
KV	5,728	7,080	12,712	8,674	6,011	5,479	13,541	19,245
maks	39,4	64,2	64,3	61,0	63,6	67,3	60,6	55,1
min	33,2	50,3	41,5	49,0	50,7	59,1	42,2	34,1

Priloga C2: Upogibna trdnost po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

σ [N/mm ²]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
86,44	120,85	134,22	128,18	123,23	127,23	113,87	112,42	
88,3	125,72	140,01	121,08	127,56	149,24	118,43	115,15	
91,75	105,45	84,43	125,03	141,32	139,93	123,04	116,44	
84,5	124,88	72,06	119,82	133,17	134,7	107,48	80,1	
65,27	132,72	99,37	127,2	127,16		141,66	93,68	
82,64	142,61	76,06		133,2		103,08		
79,15	133,54	127,14		144,14		134,77		
77,7	128,53	116,16		133,13				
	126,22	91,71		147,61				
	128,51	131,49		132,39				
	109,38	110,01		132,1				
		74,77		143,3				
				120,47				
				115,85				
n	8	11	12	5	14	4	7	5
$\bar{a}$	82,0	125,3	104,8	124,3	132,5	137,8	120,3	103,6
St. dev.	8,173	10,544	25,024	3,689	9,284	9,251	14,017	16,021
KV	9,971	8,414	23,881	2,969	7,008	6,715	11,648	15,471
maks	91,8	142,6	140,0	128,2	147,6	149,2	141,7	116,4
min	65,3	105,5	72,1	119,8	115,9	127,2	103,1	80,1

Priloga C3: Modul elastičnosti iz tlaka (vzporedno z vlakni) po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

E _{modul} [N/mm ²]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
3256,57	4053,89	4047,78	4379,85	3998,73	3989,24	3416,97	3871,73	
2997,14	4146,96	4291,98	4000,84	3851,43	4545,92	3879,25	2719,17	
3354,73	3823,36	3134,15	3977,31	4478,91	4303,42	3395,63	3631,37	
3130,94	4312,88	3288,48	4222,62	4282,73	4314,87	4280,98	3007,23	
3008,97	4395,50	3057,94	3900,70	4076,87		3816,01	3652,57	
3009,08	4220,49	3792,39		4358,60		4182,40	3804,20	
2708,44	4310,54	4602,85		4014,65		3613,59		
2812,57	4615,27	4167,40		4212,73		4421,30		
	4025,19	4059,27		4152,70				
	4317,70	4265,77		4365,69				
	4033,36	4010,91		4223,52				
		4003,81		4479,18				
				4407,04				
				4254,47				
n	8	11	12	5	14	4	8	6
$\bar{a}$	3034,8	4205,0	3893,6	4096,3	4225,5	4288,4	3875,8	3447,7
St. dev.	213,616	217,709	486,532	198,676	189,408	228,575	390,818	470,610
KV	7,039	5,177	12,496	4,850	4,482	5,330	10,084	13,650
maks	3354,7	4615,3	4602,9	4379,9	4479,2	4545,9	4421,3	3871,7
min	2708,4	3823,4	3057,9	3900,7	3851,4	3989,2	3395,6	2719,2

Priloga C4: Modul elastičnosti iz upogiba po izbranih lokacijah in osnovna statistika: število vzorcev – n, povprečna vrednost – $\bar{a}$, standardna deviacija – st. dev., koeficient variance – KV, maksimalna vrednost – maks, minimalna vrednost – min.

E _{modul} [N/mm ²]								
A	B	C	D	E	F	G	H	
8575	13973	15607	14883	14008	14463	10450	12505	
8102	14733	16038	13029	14777	17049	12442	12678	
8530	14467	12726	13639	16787	16045	14201	12611	
7125	15133	10090	14709	15656	14941	10388	9979	
6363	16241	14761	14865	14366		15090	11153	
7289	16465	14801		15438		12306		
6792	15910	11807		15507		15333		
6416	15267	15414		14986				
	15475	13498		16959				
	12814	11527		15390				
				15520				
				15998				
				15251				
				14220				
n	8	10	10	5	14	4	7	5
$\bar{a}$	7399,0	15047,8	13626,9	14225,0	15347,4	15624,5	12887,1	11785,2
St. dev.	898,535	1105,283	2018,034	844,191	865,889	1157,911	2052,733	1189,452
KV	12,144	7,345	14,809	5,935	5,642	7,411	15,929	10,093
maks	8575,0	16465,0	16038,0	14883,0	16959,0	17049,0	15333,0	12678,0
min	6363,0	12814,0	10090,0	13029,0	14008,0	14463,0	10388,0	9979,0