

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter LUIN

**VPLIV VELIKOSTI IVERJA IN NAČINA
SEGREVANJA NA HRAPAVOST IVERNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2006

Popravki:

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter LUIN

**VPLIV VELIKOSTI IVERJA IN NAČINA SEGREVANJA NA HRAPAVOST
IVERNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF PARTICLE SIZES AND HEATING ON PARTICLE BOARD
ROUGHNESS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer so bili v laboratoriju izdelani vzorci ivernih plošč. Konstruiranje naprave za merjenje hrapavosti in samo merjenje hrapavosti je potekalo v laboratoriju Katedre za mehanske in obdelovalne tehnologije Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa doc. dr. Bojana Bučarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Peter Luin

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*862.3
KG	iverne plošče/vlaknene plošče/iverje/vlakna/gostotni profil/površina/hrapavost
AV	LUIN, Peter
SA	MEDVED, Sergej (mentor)/BUČAR, Bojan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2006
IN	VPLIV VELIKOSTI IVERJA IN NAČINA SEGREVANJA NA HRAPAVOST IVERNIH PLOŠČ
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XIII, 63 str., 9 pregl., 62 sl., 33 pril., 17 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Raziskovali smo vpliv velikosti iverja na hrapavost površine ivernih plošč. Za izdelavo plošč smo uporabili iverje iz smrekovega lesa; dobili smo ga iz tovarne ivernih plošč Lesna, Otiški vrh. Iverje smo presejali v 2 različni frakciji; en del grobe frakcije smo dodatno pomleli, drugega pa termično obdelali in z mokrim pomlevanjem pridobili vlakna. Izdelali smo 3 tipe ivernih plošč in iverno ploščo obdano z vlaknastim slojem ter zanje uporabili različno fino iverje oz. vlakna. Za merjenje hrapavosti površine smo izdelali napravo; ta nam je omogočila daljši zajem profila površine. Ploščam smo tako izmerili hrapavost in gostotne profile po prerezu ter dobljene rezultate primerjali med seboj. Ugotovili smo, da je hrapavost površine ivernih in iverno-vlaknenih plošč odvisna od prostorninske mase površinskega sloja. Večja kot je prostorninska masa površinskega sloja, manjša je hrapavost površine plošč; hrapavost površine na spodnji strani plošč pa manjša kot na zgornji. Razlika v hrapavosti nastane zaradi usipanja iveri proti dnu med natresanjem in prenosom pogače do stiskalnice; spodnja stran plošče tako vsebuje večjo količino finejšega iverja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 630*862.3

CX particle board/fiber board/particle/fiber/density profile/surface/roughness

AU LUIN, Peter

AA MEDVED, Sergej (supervisor)/BUČAR, Bojan (co-advisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2006

TI INFLUENCE OF PARTICLE SIZES AND HEATING ON PARTICLE BOARD ROUGHNESS

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO XIII, 63 p., 9 tab., 62 fig., 33 ann., 17 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Influence of particle sizes on roughness of particle board surface was researched. To make particle boards pinewood particles received from Lesna, Otiški vrh, were used. The particles were sifted to 2 different fractions, one part of them was ground additionally, the other thermically treated. Using the procedure of wet grinding fibers were produced. 3 different types of particle boards and one particle board with an external layer were made. Various particle sizes or fibers were used for each board type and the particle board with external layer made from fibers. To measure the surface roughness a device measuring a longer surface roughness capture was made. In this way the surface roughness and density profiles of particle boards were measured and compared. It was found out that the surface roughness depends on the density of particles and fiber boards. The higher the density of the surface layer the smaller the surface roughness of boards. Surface roughness is smaller on the bottom side of particles and fiber boards than on the upper one. The difference is caused by the pouring of particles to the bottom during the particle board forming and transferring to the press. The bottom side of particle boards has higher quantity of small size particles.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik.....	VII
Kazalo preglednic	X
Kazalo prilog.....	XI
Okrajšave in simboli	XIII
1 UVOD	1
1.1 UVODNA OBRAZLOŽITEV	1
1.2 OPREDELITEV PROBLEMA.....	3
1.3 CILJI NALOGE	3
2 SPLOŠNI DEL	4
2.1 PREGLED LITERATURE	4
3 MATERIALI IN METODE	14
3.1 MATERIALI.....	14
3.1.1 Iverje	14
3.1.2 Vlakna	14
3.1.3 Lepilna mešanica.....	15
3.2 METODE.....	16
3.2.1 Analiza in sortiranje iverja	16
3.2.2 Pomlevanje iverja.....	17
3.2.3 Priprava vlaken	17
3.2.4 Sušenje iverja.....	19
3.2.5 Izdelava plošč	19
3.2.5.1 Priprava lepilne mešanice	20
3.2.5.2 Oblepjanje iverja.....	21
3.2.5.3 Izdelava pogače.....	21
3.2.5.4 Stiskanje pogače.....	22

3.2.5.5	Izdelava iverne plošče z vlaknenim zunanjim slojem.....	23
3.2.5.6	Kondicioniranje plošč	23
3.3	IZDELAVA NAPRAVE ZA MERJENJE HRAPAVOSTI	24
3.3.1	Zahteve	24
3.3.2	Idejna skica	24
3.3.3	Konstruiranje	25
3.3.4	Povezava naprave z računalnikom	29
3.3.5	Odčitavanje profila hrapavosti	31
3.3.6	Obdelava podatkov	31
4	REZULTATI	33
4.1	REZULTATI MERITEV VELIKOSTI IN VLAŽNOSTI IVERJA.....	33
4.1.1	Sejalna analiza	33
4.1.2	Vlažnost iverja	34
4.2	REZULTATI MERITEV HRAPAVOSTI POVRŠINE	34
4.2.1	Prikaz profila površine	34
4.2.2	Klasifikacija po globini	45
4.2.3	Prikaz profila površine z abbott-firestone krivuljo	49
4.3	REZULTATI MERITEV GOSTOTNIH PROFILOV	54
4.3.1	Porazdelitev prostorninske mase po prerezu	54
5	RAZPRAVA	56
6	SKLEPI	59
7	POVZETEK	60
8	VIRI	62

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Shema faktorjev, ki vplivajo na hrapavost površine ivernih plošč	4
Slika 2: Profil površine.....	5
Slika 3: Sprememba profila nosilne površine.....	6
Slika 4: Hrapavost po brušenju	7
Slika 5: Sprememba hrapavosti v odvisnosti od količine higrofobnega sredstva	8
Slika 6: Spremembe hrapavosti po brušenju	9
Slika 7: Sprememba hrapavosti plošče po različnih obdelavah pred brušenjem	10
Slika 8: Sprememba hrapavosti v odvisnosti od velikosti iverja v zunanjem sloju plošč	10
Slika 9: Odvisnost hrapavosti od količine veziva v zunanjem sloju	11
Slika 10: Hrapavost površine, odvisna od prostorninske mase (levo spodnja stran ZS; desno zgornja stran ZS).....	13
Slika 11: Laboratorijski sejalec.....	17
Slika 12: Termična obdelava iverja.....	18
Slika 13: Proces stiskanja pogače.....	22
Slika 14: Idejna skica	24
Slika 15: Modul ISEL s koračnim motorjem.	25
Slika 16: Momentna enačba	26
Slika 17: Princip delovanja lesarskega merilnika.....	27
Slika 18: Naprava za merjenje hrapavosti.....	28
Slika 19: Merjenje spremembe višine z laserjem.....	28
Slika 20: Stožčast vijak za nastavitev bazne višine.....	28
Slika 21: Celoten dvizni mehanizem.....	28
Slika 22: Merilnik električne napetosti	29
Slika 23: Shematični prikaz električne vezave naprav	30
Slika 24: Razdelitev meritev po posamezni iverni plošči	31
Slika 25: Prikaz profila površine z Abbott-Firestone krivuljo	32
Slika 26: Prikaz povprečne mase iverja po posameznih sitih	33
Slika 27: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A1, spodnja stran, meritev 3).....	35

Slika 28: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A1, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	36
Slika 29: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A1, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	36
Slika 30: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A2, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	37
Slika 31: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A2, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	37
Slika 32: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B1, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	38
Slika 33: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B1, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	38
Slika 34: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B2, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	39
Slika 35: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B2, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	39
Slika 36: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C1, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	40
Slika 37: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C1, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	40
Slika 38: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C2, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	41
Slika 39: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C2, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	41
Slika 40: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča D, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	43
Slika 41: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča D, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost	43
Slika 42: Delež neravnin po globinskih razredih za plošče A.....	45
Slika 43: Delež neravnin po globinskih razredih za plošče B.....	46
Slika 44: Delež neravnin po globinskih razredih za plošče C.....	47
Slika 45: Delež neravnin po globinskih razredih za ploščo D	48

Slika 46: Abbott-Firestone krivulja A1, zgornja stran	49
Slika 47: Abbott-Firestone krivulja A2, zgornja stran	49
Slika 48: Abbott-Firestone krivulja A1, spodnja stran.....	49
Slika 49: Abbott-Firestone krivulja A2, spodnja stran.....	49
Slika 50: Abbott-Firestone krivulja B1, zgornja stran	50
Slika 51: Abbott-Firestone krivulja B2, zgornja stran	50
Slika 52: Abbott-Firestone krivulja B1, spodnja stran.....	50
Slika 53: Abbott-Firestone krivulja B2, spodnja stran.....	50
Slika 54: Abbott-Firestone krivulja C1, zgornja stran	51
Slika 55: Abbott-Firestone krivulja C2, zgornja stran	51
Slika 56: Abbott-Firestone krivulja C1, spodnja stran.....	51
Slika 57: Abbott-Firestone krivulja C2, spodnja stran.....	51
Slika 58: Abbott-Firestone krivulja D, zgornja stran	52
Slika 59: Abbott-Firestone krivulja D, spodnja stran.....	52
Slika 60: Porazdelitev povprečnih prostorninskih mas po prerezih plošč A, B, C in D	54
Slika 61: Odvisnost hrapavosti od prostorninske mase na zgornji strani vseh plošč (povprečne vrednosti)	56
Slika 62: Odvisnost hrapavosti od prostorninske mase na spodnji strani vseh plošč (povprečne vrednosti)	58

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Pregl. 1: Odvisnost nabrekanja površin od vlažnosti zunanjega sloja.....	9
Pregl. 2: Parametri ivernih plošč (iverje, vlakna).....	19
Pregl. 3: Parametri ivernih plošč (lepilna mešanica).....	20
Pregl. 4: Priprava materiala	21
Pregl. 5: Parametri stiskanja	23
Pregl. 6: Velikosti iveri v zunanjem sloju	34
Pregl. 7: Vlažnosti posušenega in oblepljenega iverja	34
Pregl. 8: Naklonski koti Abbott-Firestone krivulj	53
Pregl. 9: Povprečne vrednosti prostorninskih mas površin pri ploščah A, B, C in D	55

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Povprečne mase iverja na posameznih sitih
- Priloga B1: Priprava materiala
- Priloga C1: Perspektivni pogled - naprava za merjenje hrapavosti
- Priloga C2: Izometrični pogled - naprava za merjenje hrapavosti
- Priloga C3: Izometrični pogled – nosilec laserja
- Priloga C4: Delavniški načrt – nosilec laserja
- Priloga C5: Izometrični pogled – nihalni mehanizem
- Priloga C6: Delavniški načrt – nosilec nihalne ročice
- Priloga C7: Delavniški načrt – sistem z iglo in protiutežjo
- Priloga C8: Izometrični pogled – dvižni mehanizem
- Priloga C9: Delavniški načrt – dvižni mehanizem – naris
- Priloga C10: Delavniški načrt – dvižni mehanizem – tloris
- Priloga C11: Delavniški načrt – dvižni mehanizem – stranski ris
- Priloga C12: Izometrični pogled – sestav 1
- Priloga C13: Izometrični pogled – sestav 2
- Priloga D1: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A1, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D2: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A2, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D3: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A2, spodnja stran, meritev 3)
- Priloga D4: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B1, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D5: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B1, spodnja stran, meritev 3)
- Priloga D6: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B2, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D7: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B2, spodnja stran, meritev 3)
- Priloga D8: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C1, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D9: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C1, spodnja stran, meritev 3)
- Priloga D10: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C2, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D11: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C2, spodnja stran, meritev 3)
- Priloga D12: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča D, zgornja stran, meritev 3)
- Priloga D13: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča D, spodnja stran, meritev 3)
- Priloga E1: Prikaz profila prostorninskih mas plošč A1 in A2

Priloga E2: Prikaz profila prostorninskih mas plošč B1 in B2

Priloga E3: Prikaz profila prostorninskih mas plošč C1 in C2

Priloga E4: Prikaz profila prostorninskih mas plošče D, zgornja stran

Priloga E5: Prikaz profila prostorninskih mas plošče D, spodnja stran

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

itd.	in tako dalje
npr.	na primer
oz.	oziroma
sl.	slika
pregl.	preglednica
SS	srednji sloj
ZS	zunanji sloj
UF	urea-formaldehid
MF	melamin-formaldehid
FF	fenol-formaldehid
P	moč
λ	valovna dolžina
PSD	angl. kratica za pozicijsko občutljivi element
LPT	komunikacijska vrata pri starejših računalnikih
USB	komunikacijska vrata za hiter prenos podatkov
FFT	angl. one time signal metoda

1 UVOD

1.1 UVODNA OBRAZLOŽITEV

Iverne plošče so relativno mlad material, star približno 65 let. Osnovno vodilo izdelave je predelava lesnih ostankov in manj kakovostnega lesa v iverje in stiskanje le tega v ploščato lesno tvorivo. Odlikuje jih homogenost in ploskovitost. Na začetku so bile iverne plošče enoslojne, sestavljene pretežno iz grobega iverja, njihova površina pa je bila zelo hrapava, kar je oteževalo nadaljno površinsko obdelavo. Kasneje so začeli izdelovati troslojne iverne plošče, ki so sestavljene iz srednjega sloja, v katerem je grobo iverje in dveh zunanjih slojev iz bolj finega iverja. Za zunanji sloj se uporablja iverje frakcij do 1,7 mm.

Da bi izboljšali estetski izgled ivernih plošč le te ustrezno oplemenitimo. Oplemenitenje je lahko izvedeno z raznimi papirji, folijami, furnijem, itd. ali z barvanjem. Za dober oprijem oblagalnega materiala na površino plošče moramo zagotoviti ustrezno gladkost površine. V primeru, da je površina plošče preveč hrapava, se neravnine prenesejo na oblagalni material, kar imenujemo telegrafing efekt. Estetsko je telegrafing efekt nezaželen, saj hrapava površina folije le še bolj poudari nepravilnosti na plošči in daje matiran izgled.

Da bi se izognili telegrafing efektu mora biti površina ivernih plošč čim bolj gladka. V primeru oplemenitenja površine ivernih plošč z barvanjem, površino plošč predhodno pripravimo s kitanjem. Kiti izravnavajo neravnine, vendar so povezani z visokimi stroški, da bi jih upravičeno uporabljali za izravnavo vseh vrst ivernih plošč.

Trenutno, se za končno obdelavo ivernih plošč uporablja brušenje. Z brušenjem izravnamo površino plošč in zmanjšamo njihovo hrapavost, vendar je ta postopek pogojen z dodatnimi stroški, ki nastanejo v procesu izdelave ivernih plošč. Že samo podatek, da se za brušenje plošč debeline 16-18 mm, ki so izdelane v več etažnih stiskalnicah upošteva nadmera 1,7 mm, kar znese 0,17 m³ dodatnega materiala na ploščo, nam pove, da brušenje predstavlja visok strošek (Medved, 2006). Poleg dodatnega materiala so tu še stroji za brušenje, brusilni trakovi, dodaten čas in pa odbrušen material, ki ga je potrebno ustrezno skladiščiti oz. uporabiti.

Medved in Prikmaier (2000) sta ugotovila, da je hrapavost površine ivernih plošč odvisna od;

- **Strukture plošče:** pri površini, ki je bolj zaprta, oziroma ima večjo prostorninsko maso je hrapavost manjša.
- **Prostorninske mase:** z naraščanjem prostorninske mase hrapavost pada. Kot smo že omenili se z večanjem prostorninske mase veča tudi zaprtost površine, zaprta površina pa pomeni manjšo hrapavost.
- **Uporabljene vrste lesa:** Lesne vrste z nižjo prostorninsko maso lahko bolj stisnemo s čemer dosežemo večjo prostorninsko maso.
- **Stran plošče:** spodnja stran plošč je zaradi tehnologije izdelave veliko bolj gladka, kot pa je zgornja stran. Prav tako pa je spodnja površina bolj zaprta. Med transporti iverne ali vlaknene pogače pride do usipanje finih delcev iz zgornjega sloja proti spodnjemu. Pri vlaknenih ploščah pa k temu osipu pripomorejo tudi vakuumске naprave, katere iz vlaknene pogače izsesajo odvečen zrak pri čemer pride do sesanja finih vlaken iz zgornjega proti spodnjemu sloju.
- **Smer brušenja:** pravokotno na smer brušenja je hrapavost plošč večja.

Na hrapavost površine vpliva tudi velikost iverja. Ker iverje nima pravih geometrijskih oblik, ki bi se lahko med seboj popolnoma stisnile, ostanejo med iverjem prazni prostori. Ti prostori ustvarijo na površini iverne plošče neravnine oz. hrapavost. Že Jaić in Senić (1989) sta ugotovila, da z manjšanjem velikosti iverja v zunanjem sloju dosežemo večjo stisljivost iverja in posledično bolj gladko površino iverne plošče.

1.2 OPREDELITEV PROBLEMA

Hrapavost površine ivernih plošč je odvisna od velikosti iveri v zunanjem sloju. Raziskave na tem področju so pokazale, da se z dodajanjem zelo fine frakcije bukovega iverja v zunanji sloj hrapavost zmanjšuje (Kehr, 1963). V našem primeru smo želeli ugotoviti razliko v hrapavosti površine pri uporabi smrekovega iverja različnih velikosti in oceniti, ali bi samo iverje pripomoglo k manj hrapavi površini, katera bi predstavljala manjšo nadmero pri brušenju in s tem znižala dodatne stroške.

1.3 CILJI NALOGE

Pri sami nalogi smo hoteli izdelati iverno ploščo s čim manj hrapavo površino in ugotoviti, kako velikost iverja vpliva na hrapavost. Pri tem smo imeli popoln nadzor nad uporabljenimi materiali, parametri stiskanja in celotnim postopkom izdelave ivernih plošč. Izdelati smo želeli tudi iverno ploščo, ki je z obeh strani obdana z vlaknastim slojem. Za izvajanje ustreznih meritev hrapavosti smo izdelali napravo za merjenje hrapavosti površine, s katero smo zajeli večji vzorec površine. Večji vzorec površine pomeni več zajetih podatkov in natančnejšo predstavo posameznega profila. Cilj naloge je torej ugotoviti, kako različne frakcije iverja in vlakna vplivajo na hrapavost površine ivernih in iverno-vlaknenih plošč in izdelati napravo, s katero bomo hrapavost merili.

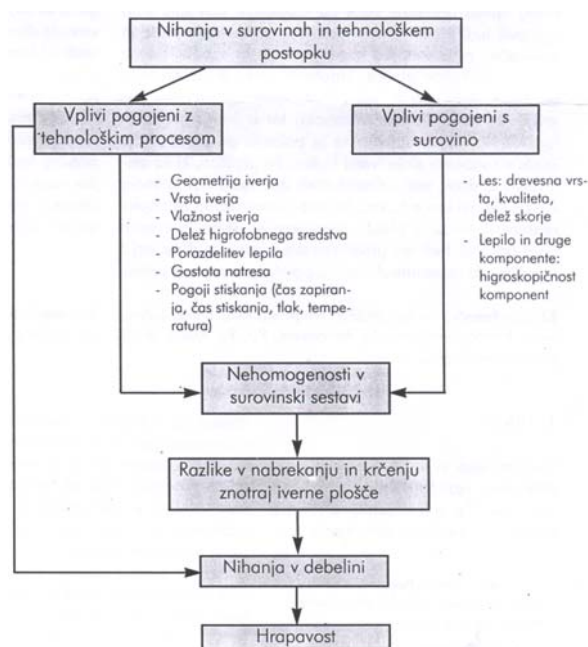
2 SPLOŠNI DEL

2.1 PREGLED LITERATURE

Kot smo omenili, se ploščati materiali iz lesa pred površinsko obdelavo pripravijo z brušenjem ali z zapolnjevanjem površin (le pri nadaljnem oplemenitenju z barvami). Pri tem pa ni pomembna samo osnovna struktura površine, ampak tudi struktura po obdelavi (v literaturi poznana kot hrapavost).

Ker površine lesnih tvoriv prekrivamo z različnimi materiali je potrebno površino predhodno ustrezno pripraviti, pri čemer je brušenje površine zelo pomembno. Z brušenjem izravnamo neravnine in izboljšamo gladkost plošč. Zato je cilj vseh proizvajalcev lesnih tvoriv izdelati gladko ploščo (Medved in Prikmaier, 2000).

Da bi se izognili dodatnim stroškom, ki nastanejo zaradi brušenja, poskušamo hrapavost zmanjšati že v predhodnjih fazah izdelave ivernih plošč. Faktorje, ki vplivajo na hrapavost površine ivernih plošč so shematično predstavili Medved in sod. (1997), sl. 1.

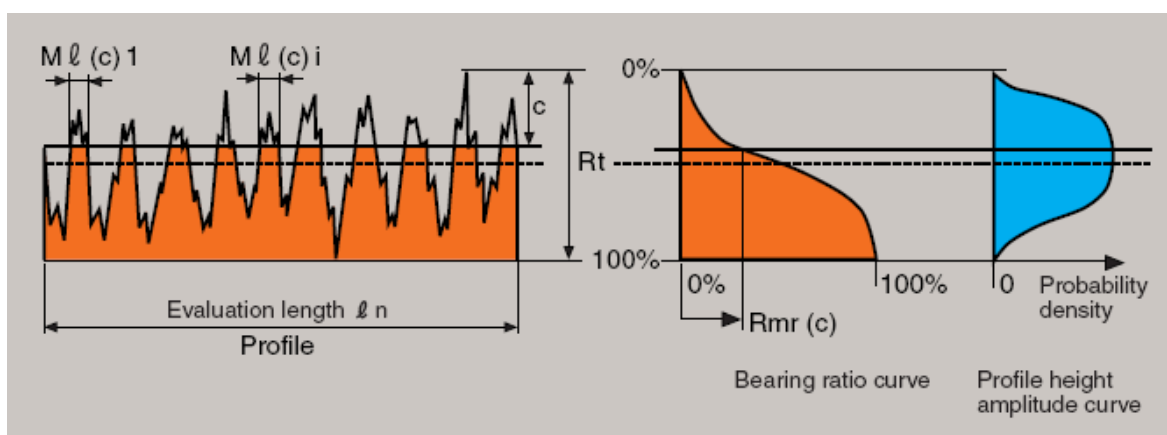


Slika 1: Shema faktorjev, ki vplivajo na hrapavost površine ivernih plošč (Medved in sod., 1997)

Iz sl. 1 vidimo, da lahko na hrapavost površine vplivamo že v začetnih fazah izdelave iverne plošče. Poleg vplivov pogojenih s surovino smo se osredotočili na geometrijo iverja, bolj natančno na velikost iverja. Največji vpliv na hrapavost površine ivernih plošč imajo iveri, bolj natančno njihova velikost. Vemo, da manjše iverje pripomore k manjši hrapavosti površine. Proizvodnja zelo majhnega iverja (vlakna) predstavlja dodaten strošek v proizvodnji in se zaradi tega uporablja za izdelavo plošč za specifične primere.

Kehr (1963) je ugotovil, da se hrapavost površine zmanjša, če iverju za zunanji sloj dodamo delež frakcije bukovega prahu. Ta dodatek se vedno uporablja v industriji ivernih plošč.

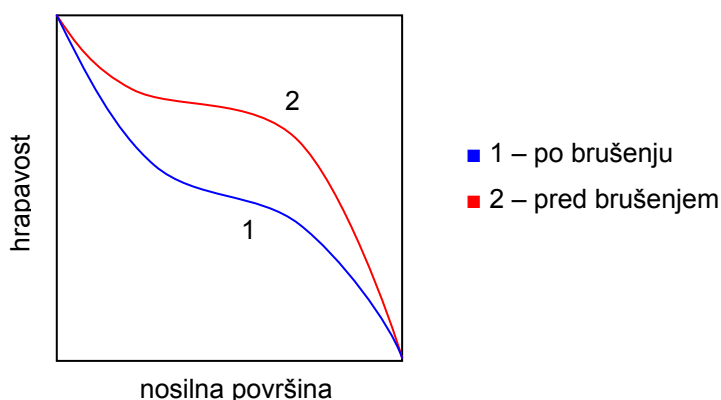
Greubel in Mehlhorn (cit. po Jaić in Senić, 1989) sta raziskovala hrapavost površin ivernih plošč po brušenju (sl. 2 levo) in odgovarjajoči profil nosilnih plošč (sl. 2 desno). Pri brušenju se odstranjuje površinski sloj plošče.



Slika 2: Profil površine (Greubel in Mehlhorn, cit. po Jaić in Senić, 1989)

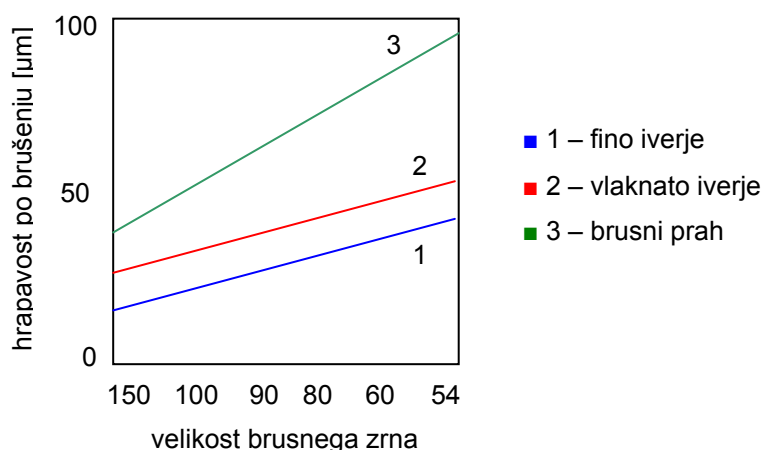
http://www.accretech.jp/products-en/measuring/sfexplainpdf/download/sfexplainpdf_en.pdf (12. jun. 2006)

Bismarck (1979) je ugotovil, da se z brušenjem lesnih plošč znatno spreminja odstotek neravnosti površine (profil nosilne površine). To predstavlja pomemben kriterij za opredeljevanje gostote in zaprtosti površine, iz česar je možno izvajati zaključke o pričakovanih spremembah površine (sl. 3). Hrapavost površine lesnih plošč po obdelavi z brušenjem je, razen od pogojev brušenja, v principu tudi znatno odvisna od vrste in oblike delcev zunanjega sloja.



Slika 3: Sprememba profila nosilne površine (Bismarck, 1979)

Kehr (1963) je preverjal odvisnost hrapavosti ivernih plošč po brušenju od vrste in oblike iverja. Rezultati njegovih raziskav so prikazani na sl. 4. Najmanj hrapavo površino so imele plošče, katerih zunanji sloj je bil sestavljen iz finega iverja. Z brušenjem zunanjega sloja se je pri uporabi brusilnih papirjev zrnatosti od 54 do 150 hrapavost površine zmanjšala iz 50 na 20 μm . Pri uporabi vlaknatega iverja za zunanji sloj se je hrapavost površine zmanjšala iz 65 na 30 μm . V primeru zunanjega sloja iz brusnega prahu, pa je bila hrapavost površine po brušenju visoka. S postopnim brušenjem se je le ta zmanjšala iz 100 na 45 μm . Iz njegovih raziskav lahko sklepamo, da brušenje s finejšimi brusnimi trakovi pripomore k zmanjšanju hrapavosti.



Slika 4: Hrapavost po brušenju (Kehr, 1963)

Vpliv vlažnosti na gladkost in zaprtost površinskega sloja ivernih plošč med stiskanjem je raziskovalo več avtorjev (Fahrni 1956, cit. po Jaić in Senić, 1989; Keywerth 1959, cit. po Jaić in Senić, 1989; Deppe in Ernst 1963). Pri vseh raziskavah je bilo ugotovljeno, da povečana vlažnost površinskega sloja vpliva na izboljšanje plastificiranja, kar vpliva na večjo gladkost plošče po stiskanju (manjša hrapavost površine).

Aleksandrov in Heebick (cit. po Jaić in Senić, 1989) sta raziskovala prevladujoči vpliv iverja na kvaliteto zunanega sloja ivernih plošč in odvisnost hrapavosti od debeline iverja. Ugotovila sta, da ima precejšen vpliv na kvaliteto površine uporaba finega iverja za prekrivni sloj.

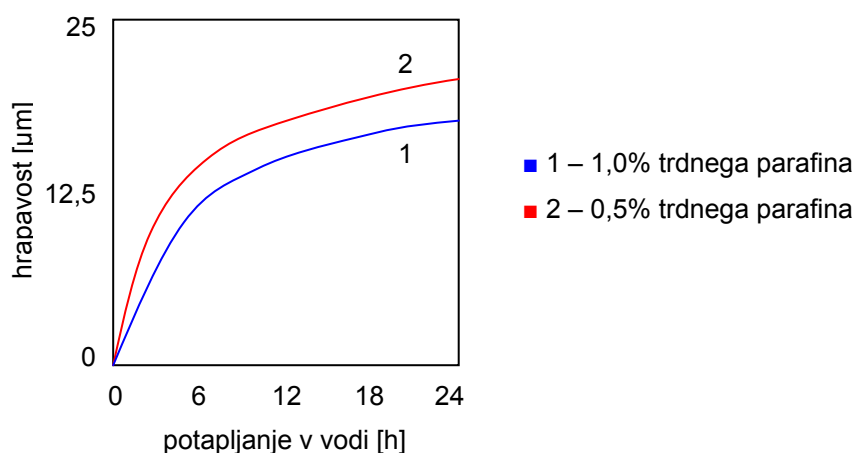
Kvaliteta površine ivernih plošč je odvisna tudi od tehnike brušenja in velikosti brusnih zrn pri končni obdelavi plošč, kar je raziskovalo več avtorjev (Heebick, 1960, cit. po Jaić in Senić 1989; Lynem, 1963, cit. po Jaić in Senić 1989; Deppe in Ernst, 1963, cit. po Jaić in Senić 1989).

Deppe in Ernst (1963) sta ugotovila, da na kvaliteto površine lesnih plošč vpliva vrsta lesa, oblika delcev prekrivnega sloja, specifična masa prekrivnega sloja, količina suhe snovi veziva v površinskem sloju in kvaliteta oblepljanja lesnih delcev.

Na kvaliteto površinskega sloja ivernih plošč ne vpliva samo geometrijska oblika iverja zunanjega sloja, ampak tudi lastnosti globljih slojev. Na kvaliteto vplivata tudi specifična masa prekrivnega sloja in nabrekanje (Neusser cit. po Jaić in Senić 1989).

Raziskave več avtorjev so pokazale, da obstaja povezava med kvaliteto površine lesnih plošč in nabrekanjem pri delovanju vlažnosti. S povečanjem relativne vlage se poveča hrapavost, s katero se ocenjuje kvaliteta površine lesnih plošč (Jaić in Senić 1989).

Deppe in Ernst (1963) sta raziskovala hrapavost površine v odvisnosti od dodanega higrofobnega sredstva (sl. 5). Po 24 urah potapljanja ivernih plošč v vodi je bila hrapavost površine manjša pri ploščah, kjer sta lepilni mešanici dodala 1% trdnega parafina. Ugotovila sta, da dodatek trdnega parafina prispeva k zmanjšanju hrapavosti ivernih plošč po potapljanju.



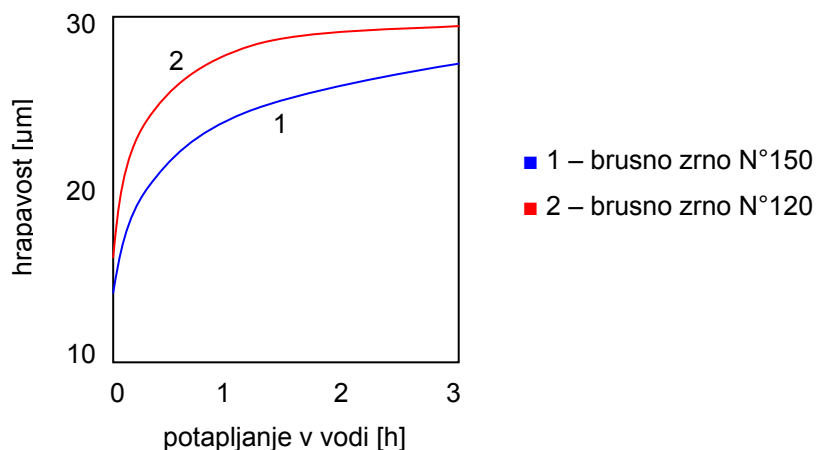
Slika 5: Sprememba hrapavosti v odvisnosti od količine higrofobnega sredstva (Deppe in Ernst, 1963)

Deppe in Ernst (1963) sta raziskovala odvisnost nabrekanja in s tem tudi hrapavost površine ivernih plošč od vlažnosti prekrivnega sloja. V pregl. 1 so predstavljeni rezultati, iz katerih je razvidno, da se s povečanjem vlažnosti zunanjskega sloja zmanjšuje hrapavost.

Pregl. 1: Odvisnost nabrekanja površin od vlažnosti zunanjskega sloja (Deppe in Ernst, 1963)

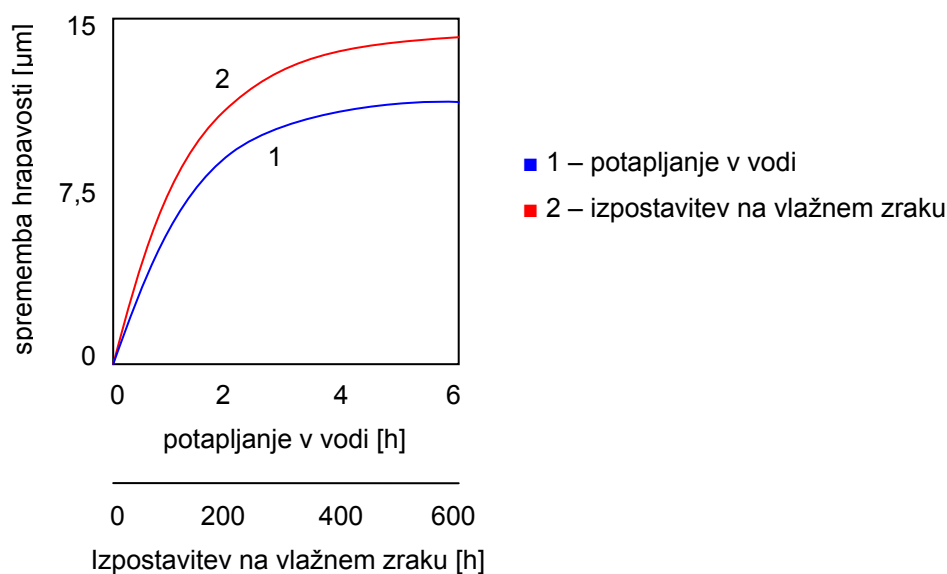
	VLAŽNOST OBLEPLJENEGA IVERJA ZUNANJEGA SLOJA		
	30%	40%	50%
po stiskanju	16,8 μm	13,6 μm	13,8 μm
po 24 urnem potapljanju	42,0 μm	41,5 μm	34,5 μm

Na spremembo hrapavosti površine plošč ima znaten vpliv tudi zrnatost uporabljenega brusnega papirja (sl. 6) (Deppe in Ernst, 1963). Pri uporabi finejšega brusnega zrna granulacije 150, je hrapavost površine pred potapljanjem znašala 13 μm , po 3 urah potapljanja pa 30 μm . Pri uporabi brusnega zrna granulacije 120, pa se je hrapavost površine iverne plošče povečala iz 17 na 33 μm . Iz tega lahko sklepamo, da brušenje s finejšimi brusnimi trakovi prispeva k manjši hrapavosti površine ivernih plošč.



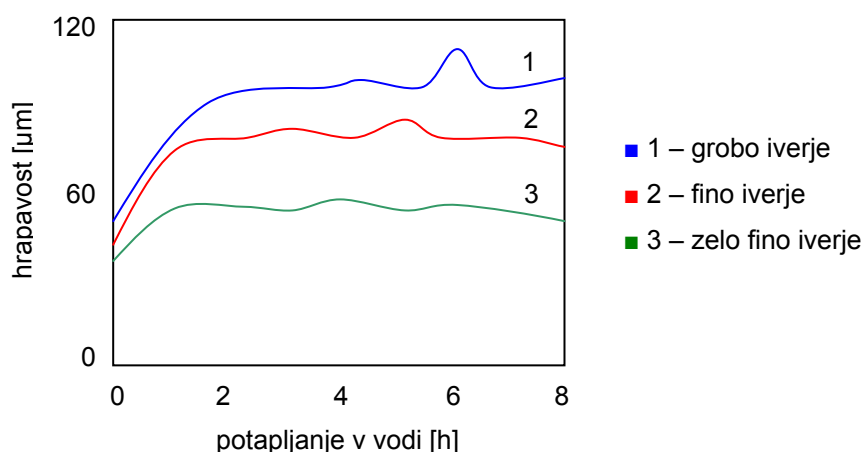
Slika 6: Spremembe hrapavosti po brušenju (Deppe in Ernst, 1963)

Deppe in Ernst (1963) sta ugotavljala spremembe hrapavosti površin po 2 urnem potapljanju v vodi in ponovnem sušenju pri normalni klimi (20°C, 65% relativne zračne vlažnosti) ter končno brušenih plošč. Iz rezultatov raziskav sledi, da je nabrekanje plošč pri vzorcih, ki so bili navlaženi pred brušenjem, manjše kot pri običajnih (sl. 7).



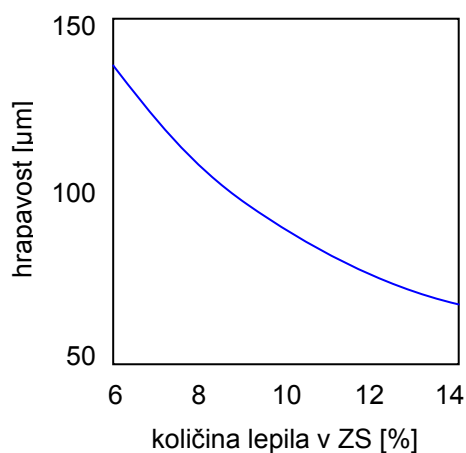
Slika 7: Sprememba hrapavosti plošče po različnih obdelavah pred brušenjem (Deppe in Ernst, 1963)

Bismarck (1979) je preverjal odvisnost hrapavosti površine od velikosti iverja v zunanjem sloju plošč brušenih s papirjem št. 100 in časa potapljanja v vodi (v urah) (sl. 8). Najmanjše povečanje hrapavosti je bilo pri ploščah z zelo finim iverjem v zunanjem sloju (iz 37 na 50 μm), največje pa pri ploščah, katerih zunanji sloj je iz grobega iverja (iz 55 na 110 μm). Pri ploščah, katerih zunanji sloj je sestavljen iz finega iverja je hrapavost površine narasla iz 42 na 80 μm).



Slika 8: Sprememba hrapavosti v odvisnosti od velikosti iverja v zunanjem sloju plošč (Bismarck, 1979)

Kehr (1963) je raziskoval vpliv količine vezivnega sredstva v zunanem sloju na hrapavost trislojne iverne plošče pri uporabi UF veziva (sl. 9). S povečanjem deleža veziva v zunanem sloju je bila hrapavost površine manjša.



Slika 9: Odvisnost hrapavosti od količine veziva v zunanem sloju po (Kehr, 1963)

Meebick (cit. po Bart, 1989) je ugotovil, da ima znaten vpliv na kvaliteto površine tudi uporaba finega iverja za prekrivni sloj. Da je hrapavost površine direktno odvisna od velikosti delcev v zunanem sloju sta potrdila tudi Jaić in Senić (1989).

Jaić in Senić (1989) sta izdelala kombinirano ploščo konstrukcije vlakna-iverje-vlakna, ki je pokazala zelo dobro kvaliteto površine (majhno hrapavost). Z dodatnim laboratorijskim brušenjem s papirjem št. 180, se je hrapavost zmanjšala za 20%.

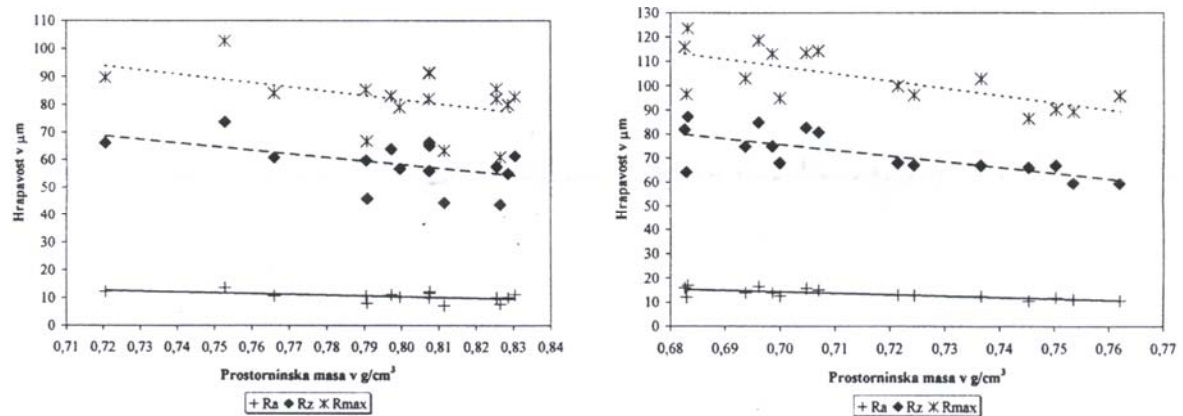
Rajković-Jirouš (1993) je ugotovil, da hrapavost plošč pada z naraščajočo obrablenostjo brusilnega traku, razen v primeru navlaževanja površine vzorcev z vodo.

Medved (1999) je raziskoval vpliv brušenja do maksimalne prostorninske mase na izboljšanje gladkosti površine pri uporabi iverja različnih drevesnih vrst. Ugotovil je, da se največje spremembe pojavijo pri uporabi iverja hrastovine, najmanjše pa pri uporabi iverja smrekovine. Hrapavost površine je povezana tudi s stisljivostjo iverja. Pri bolj stisljivih lesnih vrstah (topolovina, smrekovina) je bila hrapavost nizka. Večja prostorninska masa se doseže z uporabo bolj stisljivih lesnih vrst ali pa z večjo količino manj stisljive lesne vrste.

Med natresanjem in prenosom pogače do stiskalnice finejše iverje pada proti dnu. To padanje pa je možno zaradi praznih prostorov, ki nastanejo med natresanjem. Zaradi zapolnitve praznih prostorov v spodnjem zunanjem sloju je ta površina tudi manj hrapava v primerjavi z zgornjim zunanjim slojem. Ker ima spodnja stran večjo količino finega iverja, je le-ta bolj zaprta in tudi bolj gladka in ima višjo prostorninsko maso v prvi desetinki mm debeline (Medved, 1999).

Lenič (1977) je v svojem članku predstavil vpliv hrapavosti nosilnih lesnih plošč na hrapavost po oplemenitenju. Ugotovil je, da se pri uporabi tankih dekorativnih folij hrapavost nosilne površine zazna tudi na oplemeniteni površini. Opazil je, da se zaradi navlaževanja površine hrapavost poveča, kar nastane predvsem zaradi nabrekanja posameznih delcev v površinskem sloju zaradi absorpcije vlage. Do absorpcije vlage pa pride tudi pri oplemenitenju površine z laki, lužili, barvili in dekorativnimi papirji, oblepljenmi z melaminsko smolo.

Medved (1997) je ugotvil, da med hrapavostjo in prostorninsko maso zunanjih nekaj desetink mm obstaja linearna povezava (sl. 10). Z naraščanjem prostorninske mase v zunanjem sloju se hrapavost površine plošč zmanjšuje.



Slika 10: Hrapavost površine, odvisna od prostorninske mase (levo spodnja stran ZS; desno zgornja stran ZS) (Medved, 1997)

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Iverje

Iverje iz smrekovega lesa nam je priskrbel LESNA Tovarna ivernih plošč d.o.o., Otiški vrh, ki se ukvarja s proizvodnjo plošč iz dezintegriranega lesa. V glavnem so to bile bolj grobe frakcije iverja, dolžine do 3 cm. Iverne plošče so bile v našem primeru sestavljene iz treh slojev. Ker srednji sloj bistveno ne vpliva na hrapavost površine mu nismo posvečali posebne pozornosti. Za srednji sloj smo uporabili mešano grobo iverje, katerega smo dobili iz prej omenjene tovarne.

3.1.2 Vlakna

Vlakna so najmanjši element lesa, v katerega lahko še les razkrojimo na makro ravni. Le ta pripomorejo k najmanjši hrapavosti površine plošč (Jaić in Senić, 1989). Vlakna smo pridobili s postopkom termične obdelave in dodatnega pomlevanja iverja.

3.1.3 Lepilna mešanica

Lepilna mešanica pripomore k dokončni utrditvi vezi med ivermi in je pomembna za mehansko trdnost plošč. Proces oblikovanja vezi je sestavljen iz nanosa lepila na iverje, prenosa lepila na sosednjo površino, penetracije, omočitve in utrjevanja lepila. Faktor oblepljanja za UF, MF ali FF lepila pri trislojnih ivernih ploščah znaša:

- za zunanji sloj 11-14%,
- za srednji sloj 7-10%.

Glede na sloj se razlikuje tudi sestava lepilne mešanice. Ker srednji sloj plošče ni v neposrednem stiku z grelno ploščo, utrjevanje traja dalj časa. Da bi postopek utrjevanja lepila pospešili, moramo v mešanico dodati še utrjevalec (amonklorid), med tem ko v lepilno mešanico za zunanji sloj utrjevalca ne dodamo.

V našem primeru smo za izdelavo lepilne mešanice uporabili urea-formaldehidno (UF) lepilno smolo.

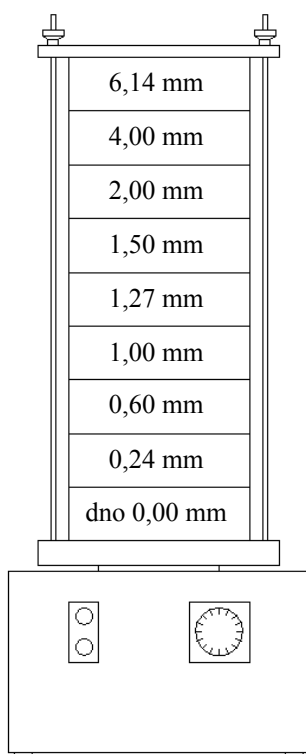
3.2 METODE

3.2.1 Analiza in sortiranje iverja

Hrapavost površine ivernih plošč je v tesni povezavi z velikostjo delcev v zunanjem sloju. Za zagotovitev čimbolj gladke površine mora biti iverje v zunanjem sloju čim manjše, saj je finejše iverje bolj stisljivo in povzroči bolj zaprto površino, kar poveča gladkost. Zato smo morali iz prejetega iverja dobiti iverje bolj finih frakcij. Da bi ugotovili, kakšne so velikosti posameznih frakcij in kolikšen je njihov delež, smo iverje analizirali s postopkom sejalne analize.

Zatehtali smo 100 g iverja, ki smo ga imeli na razpolago in ga 10 min sejali v laboratorijskem sejalniku (sl. 11) skozi sita odprtin 6,14; 4,00; 2,00; 1,50; 1,27; 1,00; 0,60 in 0,24 mm. Po končanem sejanju smo stehali iveri, ki so ostale na posameznem situ. Celoten cikel sejanja in tehtanja smo ponovili 10 krat in izračunali strukturo iveri.

Tako smo dobili natančen vpogled v posamezne frakcije iverja in jih na podlagi tega sortirali. Sortiranje iverja smo izvedli s sejanjem v laboratorijskem sejalniku. Dobili smo iverje različno finih frakcij, najbolj grobo iverje smo še dodatno pomleli v laboratorijskem stroju za pomlevanje iverja. Vlažnost iverja za srednji in zunanji sloj pred sušenjem je bila 8%.



Slika 11: Laboratorijski sejalnik

3.2.2 Pomlevanje iverja

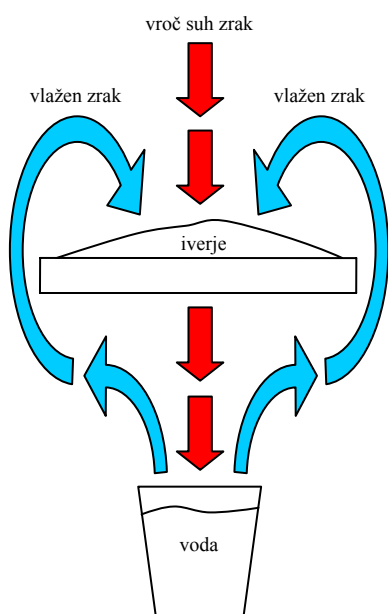
Da bi dobili čimbolj fino frakcijo iverja smo delež grobe frakcije (1,5-6,14 mm) pomleli v laboratorijskem stroju za pomlevanje iverja. S pomlevanjem smo dobili zelo majhno iverje, ki je največ pripomoglo zmanjšanju hrapavosti površine plošč.

3.2.3 Priprava vlaken

Poleg troslojnih ivernih plošč smo želeli izdelati tudi posebno »kombinirano« iverno-vlakneno ploščo, katere srednji sloj je iz grobega iverja, zunanja sloja pa sta iz vlaken.

Vlakna za zunanji sloj smo pridobili z modificiranjem iverja grobe frakcije (1,5-6,14 mm). Najprej smo iverje grobe frakcije za 24 ur potopili v vodno kopel, da se je prepojilo z vodo. Mokro iverje smo nato postavili v laboratorijski sušilnik in v spodnji pladenj vlili približno 2 litra vode. Temperaturo sušenja smo nastavili najprej na 120°C, proti koncu pa na 90°C, dovajanje svežega zraka smo nastavili na maksimum, sušenje je trajalo 24 ur.

Postopek termične obdelave iverja je shematično predstavljen na sl. 12. Z vrha sušilnika so ventilatorji dovajali svež zrak, katerega so grelci segreli na 120°C, proti koncu pa na 90°C. Tako pripravljen vroč in suh zrak je preko iverja v pladnju grel spodnji pladenj z vodo. Voda v pladnju je zaradi visokih temperatur začela izparevati in tako v obliki vroče pare prepojila sušilni prostor laboratorijskega sušilnika. S tem, ko je vroča para prodirala v z vodo prepojene iverje je v iverju prišlo do pretrganja vezi med vlakni.



Slika 12: Termična obdelava iverja

Tako pripravljeno iverje smo ponovno potopili v vodno kopel in ga v obliki vodne mešanice pomleli v laboratorijskem stroju za pomlevanje iverja. Kot rezultat pomletega iverja smo dobili željena vlakna.

Iz vlaken smo ročno iztisnili odvečno vodo. Končni rezultat modifikacije so bila vlakna z vlažnostjo 350%. Zaradi nadaljnega oblepljanja smo vlakna v laboratorijskem sušilniku posušili na vlažnost pod 1%. Ker pa imajo vlakna v sebi lastno vezivo, ki začne učinkovati šele pri visoki temperaturi, so se le ta v sušilniku med seboj zlepila. Rezultat sušenja je bil trda zlepljena pogača, s katero nadaljna izdelava zunanjšega vlaknenega sloja ni bila več mogoča.

Zato smo se odločili, da vlaken ne bomo posušili in tako v nadaljnjem procesu izdelave uporabili z vodo prepojena vlakna. Tako smo še enkrat skozi celoten postopek modifikacije in pomlevanja iverja pridobili vlakna, ki smo jih brez sušenja uporabili v nadaljnjem procesu izdelave iverne vlaknene plošče. Vlakna imajo zelo majhno velikost in tako največ prispevajo k zmanjšanju hrapavosti iverne plošče.

3.2.4 Sušenje iverja

Sušenje iverja je potekalo v laboratorijskem sušilniku za sipke materiale. Čas sušenja je bil odvisen od prvotne vlažnosti iverja. Navadno smo iverje sušili 24 ur pri temperaturi 75°C z dovajanjem svežega zraka. Merjenje vlažnosti iverja smo izvajali v laboratorijskem merilniku vlažnosti za sipke materiale. V natresno posodico smo natresli po 10 g iverja in izmerili vlažnost posameznih frakcij.

3.2.5 Izdelava plošč

Izdelali smo troslojne iverne plošče dimenzij 50 x 50 x 1,6 cm s prostorninsko maso 0,730 g/cm³ pri vlažnosti plošče 8%. Kot osnova za izračun potrebnega materiala za izdelavo iverne plošče smo predpostavili, da je prostorninska masa absolutno suhe plošče 0,675 g/cm³. Velikosti iveri in vlaken so podani v pregl. 2.

Pregl. 2: Parametri ivernih plošč (iverje, vlakna)

Plošča	A1, A2		B1, B2		C1, C2		D	
Velikost iverja	0-1,27 (iz proizvodnje)		0-0,6 (laborat. pomleto)		0-6,14 (mešano iz proizv.)		vlakna	
Sloj	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]
Delež sloja	60,00	40,00	60,00	40,00	60,00	40,00	60,00	40,00

V pregl. 2 so A1, A2, B1, B2, C1, C2 oznake za klasične troslojne iverne plošče, D je oznaka za iverno ploščo obdano z vlaknastim zunanjim slojem.

Za zunanji sloj smo lepilno mešanico pripravili iz lepilne smole (65,5% suhe snovi), parafinske emulzije (60% koncentracija) in destilirane vode, s katero smo iverje še dodatno navlažili. V lepilno mešanico za srednji sloj smo dodali 0,275% amonklorida, ki deluje kot utrjevalec. Posamezne količine za izdelavo lepilne mešanice so podane v pregl. 3.

Predpostavili smo, da je faktor oblepljanja iverja je za srednji sloj 7,5%, za zunanji pa 11,5% (pregl. 3). Utrjevalec smo dodali le lepilni mešanici za srednji sloj, da se hitreje utrdi. V zunanji sloj pa utrjevalca nismo dodali, kajti lepilo ima krajši čas želiranja zaradi visoke temperature, ki jo ustvarijo grelne plošče v stiskalnici.

Pregl. 3: Parametri ivernih plošč (lepilna mešanica)

[illegible]

3.2.5.2 Oblepljanje iverja

Zatehtano količino iverja (priloga B1) smo stresli v laboratorijski stroj za oblepljanje iverja. V posodo smo vlili pripravljeno lepilno mešanico in pustili mešati z iverjem 5 min. Oblepljanje iverja poteka tako, da šoba fino razprši lepilno mešanico po iverju, mešalne ročke klinaste oblike pa mešajo iverje in tako zagotovijo enakomerno oblepljenost. Postopek oblepljanja je za srednji in zunanji sloj enak. Vlažnosti oblepljenega iverja za srednji sloj je 9%, za zunanji sloj pa 13% (pregl. 4).

Pregl. 4: Priprava materiala

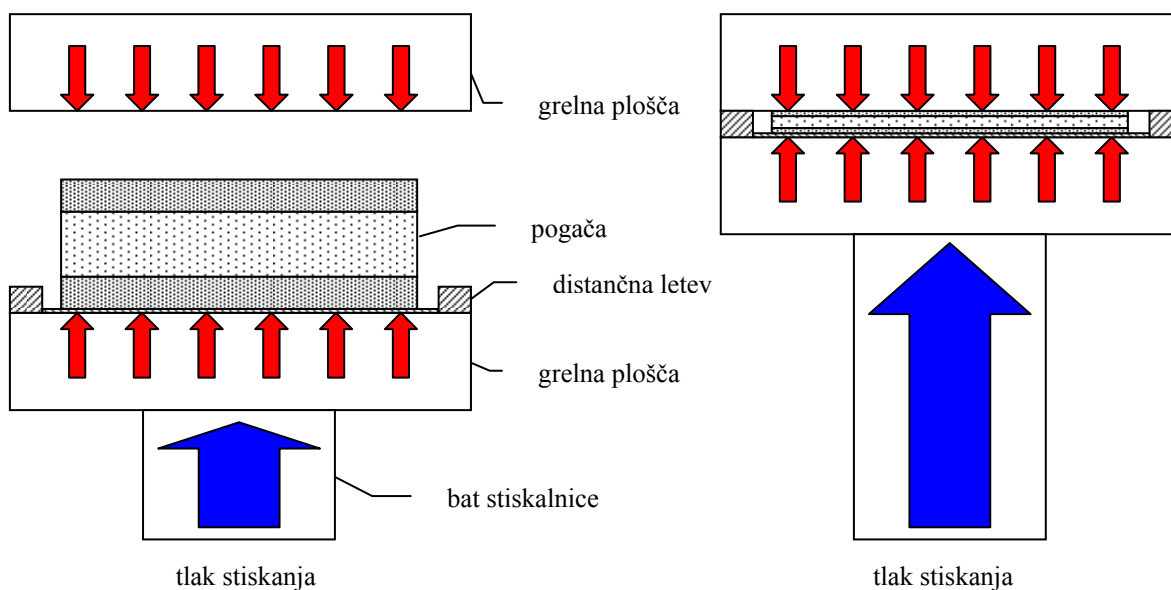
Plošča	A1, A2		B1, B2		C1, C2		D	
Sloj	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]
Material (0% vlažnost)								
Iverje	1469,34	979,56	1469,34	979,56	1469,34	979,56	1539,00	1026,00
Lepilo	110,20	112,65	110,20	112,65	110,20	112,65	115,43	0,00
Parafin	14,69	9,80	14,69	9,80	14,69	9,80	15,39	0,00
Utrjevalec	4,04	0,00	4,04	0,00	4,04	0,00	4,23	0,00
Skupaj	1594,23	1102,01	1594,23	1102,01	1594,23	1102,01	1669,82	1026,00

3.2.5.3 Izdelava pogače

Na ravno železno ploščo smo postavili plast posebnega temperaturno odpornega papirja, nanjo položili kalup dimenzij 50 x 50 cm in višine približno 20 cm. Oblepljeno iverje smo ročno natresli v kalup. Natresali smo čimbolj enakomerno in v treh slojih (ZS-SS-ZS). Pogačo smo še malo ročno stisnili, da je bila bolj trdna. Na koncu smo na vrh pogače položili še plast papirja in jo postavili v stiskalnico. Povprečna debelina pogače je bila 8 cm.

3.2.5.4 Stiskanje pogače

Pripravljeno pogačo smo vstavili v laboratorijsko stiskalnico z ogrevanima ploščama. Kot distančnik za končno debelino plošče smo uporabili dve distančni železni letvi debeline (16 mm + debelina spodnje natresne pločevine), ki sta preprečili, da bi se plošči preveč približali. Na sl. 13 je shematično prikazan postopek stiskanja. Parametri stiskanja so podani v pregl. 5.



Slika 13: Proces stiskanja pogače

Stiskalnica ima ogrevane plošče, ki prenašajo toploto v notranjost stisnjene iverne plošče. Čas stiskanja je oblikovan na podlagi debeline iverne plošče, saj toplota potrebuje določen čas, da prodre v notranjost plošče. Prehod toplote je sestavljen iz dveh faz. Prva faza je prestop toplote, ki v našem primeru pomeni prestop iz grelne plošče na površino iverne plošče. Druga faza je prevod toplote skozi iverno ploščo, pri čemer nastane nek upor. Ta upor je odvisen od posameznega materiala in vlažnosti le tega. Upor je po debelini iverne plošče različen, saj ima plošča po prerezu različno prostorninsko maso. Zato za iverno ploščo ne moremo določiti nekega koeficienta prevajanja toplote računsko, ampak le tega dobimo na podlagi standardiziranih meritev.

Pregl. 5: Parametri stiskanja

Površina plošč	0,25 m ²
Premier bata	0,38 m
Tlak stiskanja	3 N/mm ²
Temperatura plošč	180°C
Čas stiskanja	4 min

3.2.5.5 Izdelava iverne plošče z vlaknenim zunanjim slojem

Postopek izdelave ivernih plošč z vlaknenim zunanjim slojem je podoben postopku izdelave klasičnih ivernih plošč. Iverje za srednji sloj smo na enak način kot prej omenjeno posušili in oblepili z lepilno mešanico. Vlaken pa nismo oblepljali zaradi lastnega veziva. Najprej smo v kalup »natresli« sloj mokrih vlaken. V srednji sloj smo natresli oblepljeno iverje in nanj spet vlakna. Pogačo smo postavili v stiskalnico z ustreznimi distančnimi letvami in jo stisnili na debelino 16 mm. Pri stiskanju je odteklo veliko vode, ki se je nahajala v zunanjih slojih. Takoj po odprtju stiskalnice se je plošča razslojila, kar je posledica pretrganja lepilnih vezi med ivermi. V srednji sloj je prišla prevelika količina vode, ki ni pravočasno izhlapela. Zaradi prevelikega in preveč trajajočega izhlapevanja so v notranjosti plošče nastale napetosti. Prevelike napetosti so povzročile pretrganje lepilnih vezi med ivermi, posledica tega pa je bila razslojitev plošče. Zunanji sloj pa je bil v neposrednem stiku z grelno ploščo, zato je voda na površini pravočasno izhlapela, zunanji sloj iz vlaken je ostal trden.

3.2.5.6 Kondicioniranje plošč

Po končanem stiskanju smo iverne plošče kondicionirali v komori, kjer je bila temperatura zraka 20°C in vlažnost 65%. Čas kondicioniranja je moral biti za vse plošče enak, saj le ta vpliva na hrapavost površine. Les je higroskopičen material, kar pomeni, da veže nase vlago iz okolja. Iveri in vlakna iz okolja sprejemajo oz. v okolje oddajajo določeno količino vlage, dokler ne dosežejo ravnovesne vlažnosti. V času sprejemanja oz. oddajanja vlage se iveri in vlakna raztezajo oz. krčijo. Nabrekanje oz. krčenje povzroči spremembo velikosti iveri in vlaken, posledično spremembo hrapavosti površine. Zato je hrapavost površine ivernih in vlaknenih plošč v različnih okoljih različna (glede na vlažnost okolja).

3.3 IZDELAVA NAPRAVE ZA MERJENJE HRAPAVOSTI

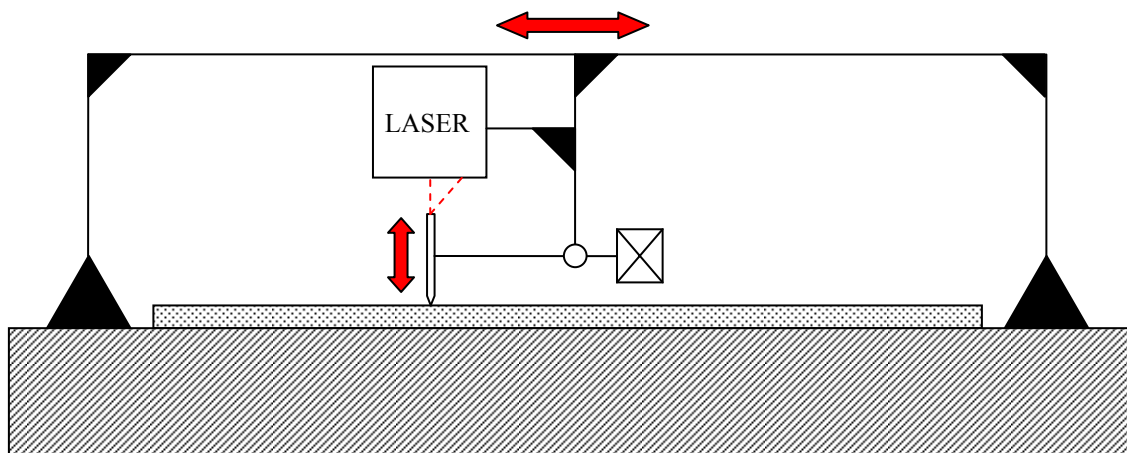
3.3.1 Zahteve

Izdelati smo želeli napravo, s katero bi lahko natančno odčitali površinski profil plošče in bi dobili informacije o hrapavosti površine. Zahteve, ki smo jih postavili že v samem začetku so bile:

- Naprava mora odčitati celotno površino plošče dimenzij 50 x 50 cm (plošč nam tako ni treba razrezati na majhne vzorce).
- Naprava mora biti nastavljiva glede na debelino plošče.
- Občutljivost odčitavanja mora biti 1 μm , kar omogoča, da lahko s to napravo merimo tudi druge, veliko bolj gladke materiale.
- Naklon naprave mora biti nastavljiv za merjenje površin, ki niso vzporedne z bazno površino
- Pomik čitalne glave mora biti motoriziran, kar prepreči človeške napake.

3.3.2 Idejna skica

Napravo smo si zamislili kot sistem, pri katerem bi igla s konico potovala po površini plošče, nad iglo pa bi namestili laserski merilnik, ki bi pošiljal informacije o profilu površine v računalnik. Igla bi bila nameščena na nihajni mehanizem, s katerim bi lahko uravnavali pritisk igle na površino plošče. Idejna skica je prikazana na sl. 14.



Slika 14: Idejna skica

3.3.3 Konstruiranje

Za horizontalni premik po osi X, smo uporabili linearni modul znamke ISEL, ki se uporablja v proizvodnji CNC strojev. Sestavljen je iz koračnega motorja, kateri poganja vijak s korakom 5 mm. Po navoju vijaka se pomika prednapeta uležajena matica, na katero je pritrjena pritrdilna plošča dimenzij 125 x 65 x 8 mm, ki se pomika v smeri X. Z uležajeno prednapeto matico je zračnost odpravljena. Vsi ti elementi skupaj s končnimi ležaji in stikali so zaščiteni z aluminijastim ohišjem preseka 92 x 70 mm (sl. 15). Skupna dolžina modula je 863 mm, dolžina hoda mize pa 690 mm.



Slika 15: Modul ISEL s koračnim motorjem.

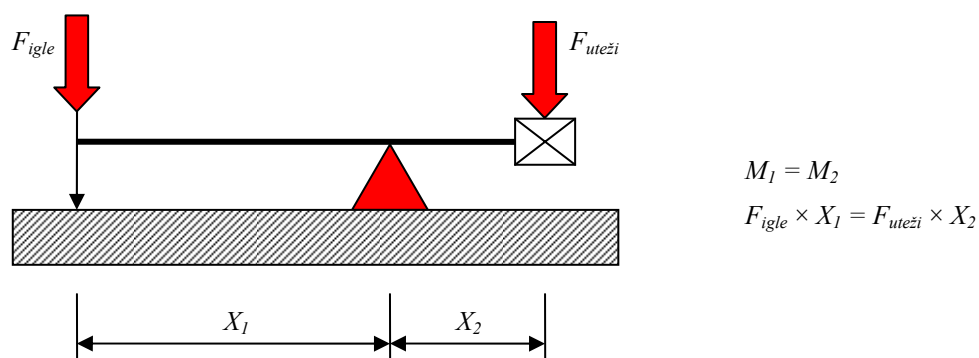
<http://www.iselautomation.de/products/product.php?lang=en&ID=p39> (10. okt. 2006)

Načrtovanje in konstruiranje naprave smo izvajali s pomočjo programske opreme AUTODESK AutoCAD 2006, s katero smo vse elemente naprave izrisovali v 3-dimenzionalnem načinu. Pri 3D risanju imamo popoln nadzor nad vsemi elementi in tako lahko napake odpravimo že v samem postopku risanja in se s tem izognemo dodatnim stroškom.

Na spodnjo stran modula smo pritrdili dva aluminijasta ekstrudirana profila dimenzij 30 x 30 x 400 mm, ki služita kot podnožje celotnega sistema. Pod profila smo postavili tri posebne stožčaste vijake, s katerimi smo točno nastavljali višino oz. lego profila glede na bazno ploščo. Za bazno ploščo smo uporabili masiven kos mineralnega kamna dimenzij 60 x 120 x 10 cm, ki je zagotavljal ustrezno togost.

Za nosilec laserja, igle, itd., smo izdelali posebni dvižni mehanizem. Sestavljen je iz aluminijastih plošč debelin 15 in 20 mm, ki so skupaj pritrjene z vijaki M6. Osrednja plošča, na katero je pritrjen nihalni mehanizem in nosilec laserja se po dveh vodilih dviga in spušča s pomočjo vijaka s finim navojem.

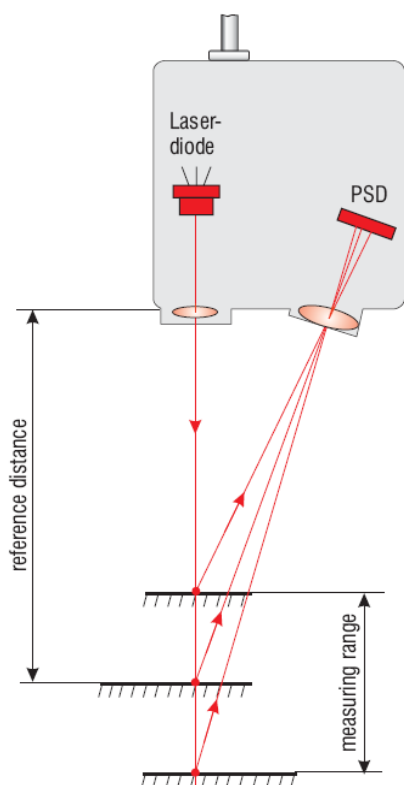
Nihalni mehanizem je sestavljen iz nosilca, kamor je vpeta nihalna palica. Na enem koncu je z vijakom pritrjena igla, na drugem koncu je v palico vrezan fini navoj za natančno nastavitev pritiskne sile igle. Pritisna sila igle ne sme biti prevelika, saj bi v tem primeru igla razila površino plošče, dobljeni rezultati pa ne bi bili realni. S pomočjo momentnih enačb (sl. 16) smo izrisali mehanizem, s katerim je pritisno silo igle moč nastavljati v območju od 0 do 15 g.



Slika 16: Momentna enačba

Za merjenje pomika igle v vertikalni smeri smo uporabili laser proizvajalca MICRO-EPSILON, ki smo ga namestili na nosilec, kateri se s pomočjo vijaka s finim navojem dviga ali spušča glede na nihajni mehanizem (iglo). Laserski merilnik se uporablja za brezkontaktno optično merjenje. Merilno območje laserja je 0,5 mm ($\pm 0,25$ mm), moč $P < 1$ mW, valovna dolžina žarka je $\lambda = 675$ nm.

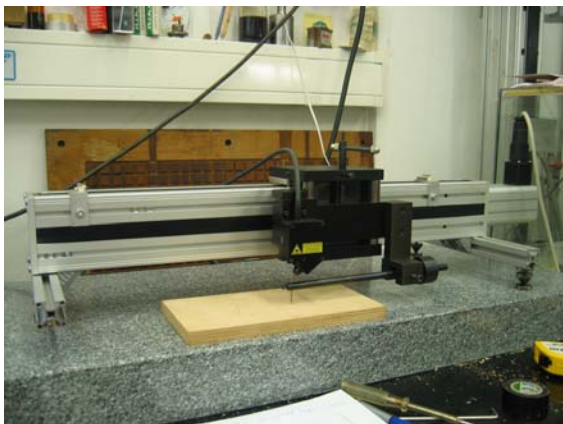
Princip delovanja laserskega merilnika je prikazan na sl. 17. Laserska dioda usmerja laserski žarek na ciljno površino. Odbijajoči žarek se odbija na pozicijsko občutljivi element (PSD). S premikanjem ciljne točke laserskega žarka, se premikanje prenaša na PSD. Premikanje po PSD-ju obdeluje kontrolna enota laserja, ki podatke pretvori v izhodni analogni signal. Tovrstno lasersko merjenje se lahko uporablja na kateremkoli materialu.



Slika 17: Princip delovanja laserskega merilnika (Micro-Epsilon International)

http://www.micro-epsilon.com/staticcontent/PDF/Prod_EN/Datasheet_-_optoNCDT_1607_-_en.pdf (15. jun. 2006)

Sestavljena naprava je prikazana na slikah 18-21.



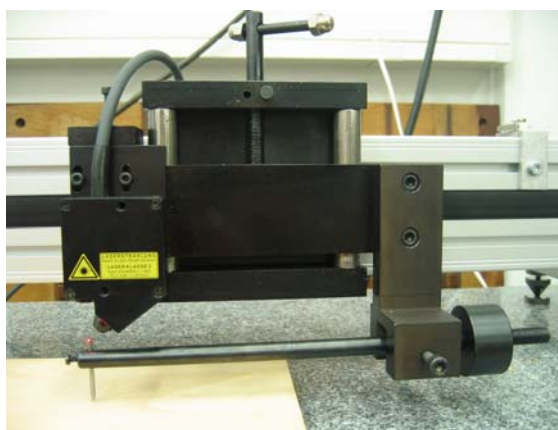
Slika 18: Naprava za merjenje hrapavosti



Slika 19: Merjenje spremembe višine z laserjem



Slika 20: Stožčast vijak za nastavitev bazne višine



Slika 21: Celoten dvižni mehanizem

Vsa dokumentacija naprave za merjenje hrapavosti in vsi delavniški načrti z detajli se nahajajo v prilogah C1-C13.

3.3.4 Povezava naprave z računalnikom

Premikanje merilnega sistema (igla, laserski merilnik) po površini plošče je motorizirano. Koračni motor modula smo priklopili na računalniško voden krmilnik za koračne motorje, tega pa na računalnik preko serijskih LPT vrat. S programsko opremo EDI-Tasc 8 smo tako dajali ukaze krmilniku, ki je ustrezno vrtel koračni motor modula. Za modul smo v programu nastavili največjo dolžino hoda, korak, hitrost in smer. Največja dolžina hoda je 380 mm, hitrost pomika 1 mm/s.

Laserski merilnik smo priklopili na merilnik električne napetosti (sl. 22), ki nam je kazal razdaljo med vrhom igle in laserjem. Mehanizem smo z vrtenjem ročice dvignili ali spustili, da je vrednost izhodne napetosti laserskega merilnika bila čim bližje 0 V. Merilno območje laserskega merilnika je $\pm 0,25$ mm oziroma ± 10 V. V primeru, da bi nam merilnik napetosti kazal večjo vrednost kot ± 10 V, bi to pomenilo, da smo izven merilnega območja.

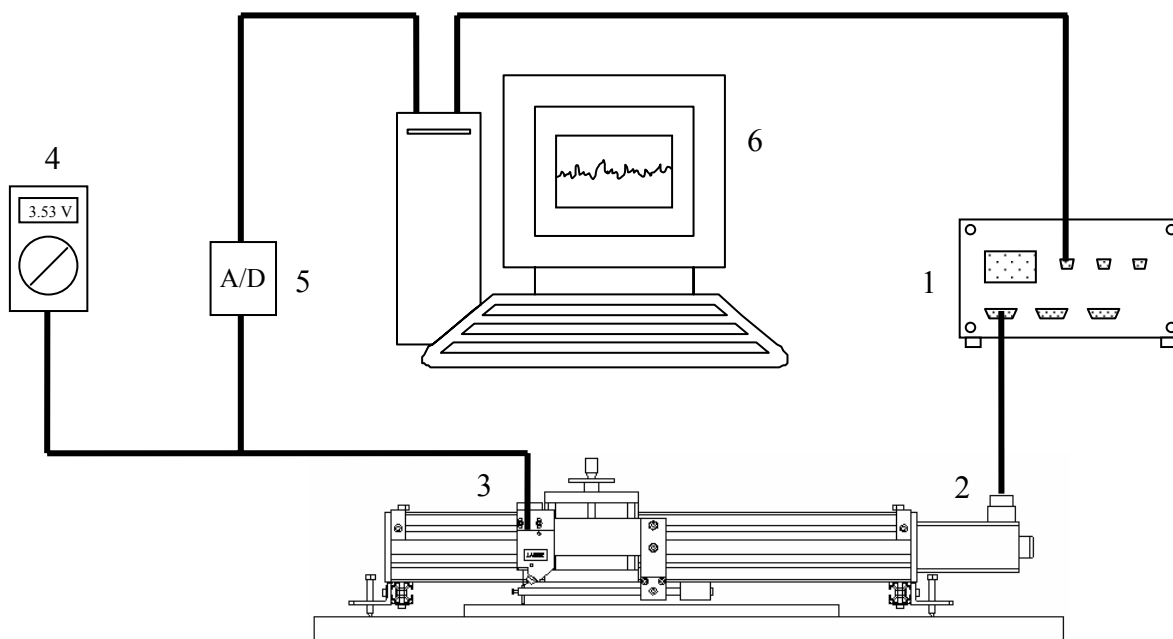


Slika 22: Merilnik električne napetosti

Vzporedno z merilnikom napetosti smo laserski merilnik priklopili na USB napravo za zajemanje analognih in digitalnih signalov proizvajalca NATIONAL INSTRUMENTS. V priloženem programu smo hitrost zajemanja signalov nastavili na 1 kHz, kar pomeni 1000

meritev vsako sekundo. Glede na to, da smo hitrost pomika v smeri X naravnali na 1 mm/s, pomeni, da nam računalnik zajema 1000 meritev/mm. Z drugimi besedami povedano imamo 1 meritev/ μm oz. resolucijo zajemanja signalov 1 μm .

Shematični prikaz električne vezave naprav je prikazan na sl. 23.



1 = kmilnik koračnega motorja

2 = koračni motor modula

3 = analogni izhod iz laserskega merilnika

4 = merilnik električne napetosti

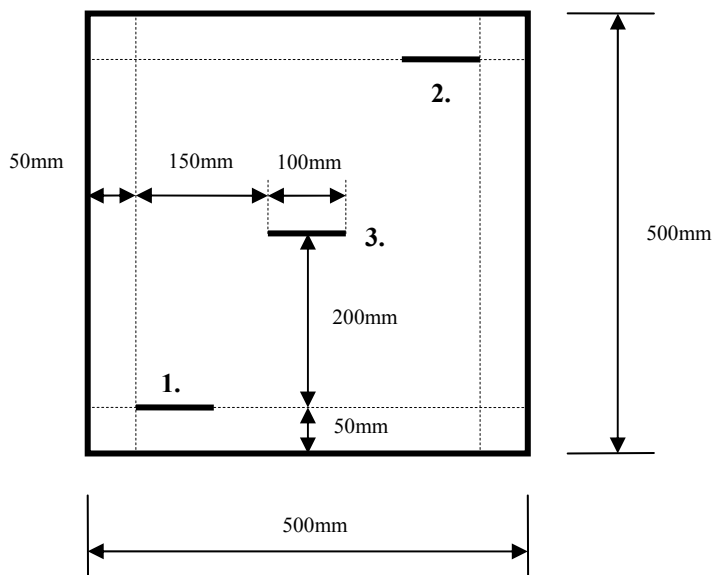
5 = naprava za zajemanje analognih in digitalnih signalov

6 = računalnik

Slika 23: Shematični prikaz električne vezave naprav

3.3.5 Odčitavanje profila hrapavosti

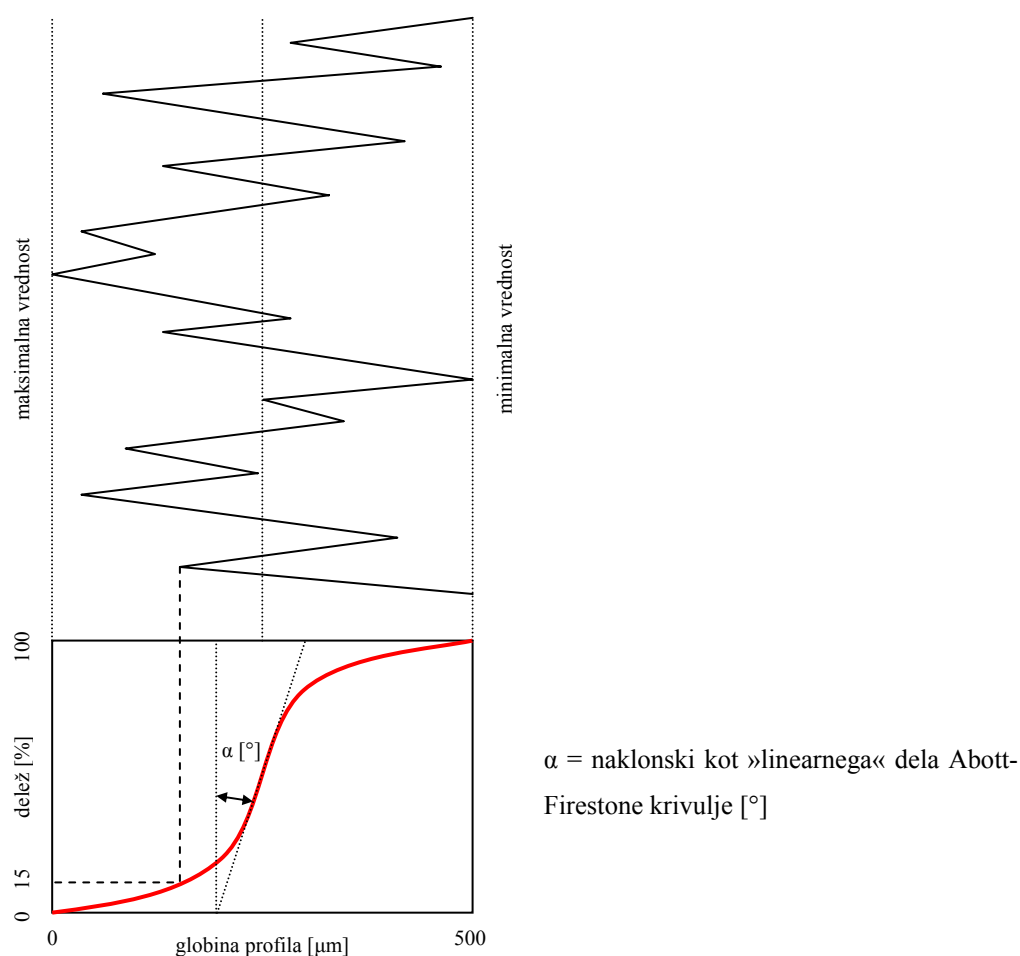
Zaradi preobsežnih podatkov, ki bi jih dobili, če bi odčitavali celotno dolžino (380 mm) iverne plošče smo odčitavanje razdelili na tri krajša območja (sl. 24). Iglo smo v dolžini 100 mm za vsako meritev zapeljali po površini plošče in odčitali površinski profil. Skupaj smo za vsako ploščo izvedli tri meritve (2 ob robovih in 1 na sredini plošče). Vse meritve so bile izvedene na zgornji in spodnji strani plošč. Spodnja stran plošče je vedno manj hrapava od zgornje strani. Manjša hrapavost je posledica padanja iverja v postopku natresanja.



Slika 24: Razdelitev meritev po posamezni iverni plošči

3.3.6 Obdelava podatkov

Dobljene podatke iz meritev smo obdelali s programsko opremo NATIONAL INSTRUMENTS DiaDEM, ki je zelo zmogljiva za obsežnejše število podatkov. Najprej smo vsem meritvam spremenili predznak in jih preračunali v μm . Zaradi neenakomerne debeline ivernih plošč smo meritve linearizirali in prefiltrirali z digitalnimi filtri. Na koncu smo izvedli še metodo FFT, ki nam pove, če v naših podatkih nastopajo kakšne frekvence, zaradi katerih bi bili naši rezultati napačni. Rezultate smo podali tudi z Abbott-Firestone krivuljo (sl. 25), katere strmina nam pove hrapavost površine.



Slika 25: Prikaz profila površine z Abbott-Firestone krivuljo

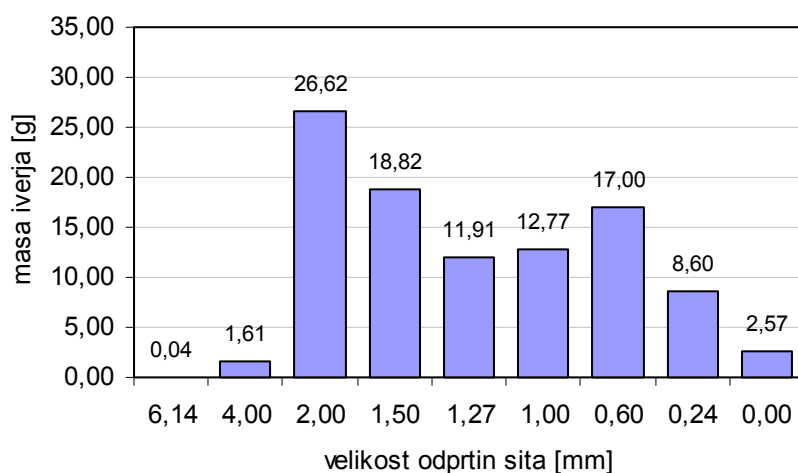
Vsaka ravna površina ima neko nominalno, popolnoma ravno, namišljeno površino. V realnosti pa je površina sestavljena iz hribov in dolin, ki odstopajo od te nominalne površine. Abbott-Firestone krivulja nam prešteje vsak hrib in dolino merjenega profila in zapiše število, kolikokrat se hrib oz. dolina pojavi. Vse vrednosti nato preračunamo v delež. Tako lahko iz krivulje izberemo, koliko odstotkov je posameznih hribov in dolin. Abbott-Firestone krivulja se na začetku vzpenja, v prevojni točki se začne spuščati. Če skozi prevojno točko povlečemo premico, dobimo naklonski kot krivulje (α). Preko tega naklona je mogoče razbrati, kolikšna je hrapavost površine merjenega vzorca. V primeru da je kot α velik, je površina bolj hrapava, oz. če je kot α majhen, je površina bolj gladka. Iz tega lahko sklepamo, da strmejša kot je premica, manj je površina hrapava.

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI MERITEV VELIKOSTI IN VLAŽNOSTI IVERJA

4.1.1 Sejalna analiza

Iz sl. 26 je razvidno, da se je največ iveri ustavilo na sitih z odprtinami velikosti 2,00 in 1,50 mm. Na podlagi teh rezultatov smo iverje na enak način kot prej sortirali na dve različni frakciji. Prva, groba frakcija je bila od sita 6,14 do vključno s sitom 1,50 mm, druga, fina pa od sita 1,27 mm do spodnje končne posode (vključno s prahom). Ti dve frakciji smo kasneje uporabili za izdelavo zunanjega sloja dveh vrst ivernih plošč. Skupaj smo pripravili približno 15 kg vsake frakcije. Podrobnejši podatki o povprečnih masah iverja na posameznih sitih se nahajajo v prilogi A1.



Slika 26: Prikaz povprečne mase iverja po posameznih sitih

Velikosti posameznih frakcij iveri, ki smo jih uporabili za izdelavo zunanjih slojev ivernih plošč so podane v pregl. 6.

Pregl. 6: Velikosti iveri v zunanjem sloju

	A1, A2	B1, B2	C1, C2	D
Lesna vrsta	smreka	smreka	smreka	smreka
Pridobitev	sejanje mešanega iverja iz proizvodnje	lab. pomlevanje iverja frakcij 1,5-6,14 mm	uporaba mešanega iverja brez sejanja	termična obdelava
Velikost iveri	0-1,27 mm	0-0,6 mm	0-6,14 mm	vlakna

4.1.2 Vlažnost iverja

Preverjali smo vlažnost iverja in vlaken po sušenju in na podlagi rezultatov meritev izračunali potrebno količino dodane vode, da smo dosegli predpisano vlažnost. Posamezne vlažnosti iverja in vlaken za različne sloje in vrste plošč so podane v pregl. 7.

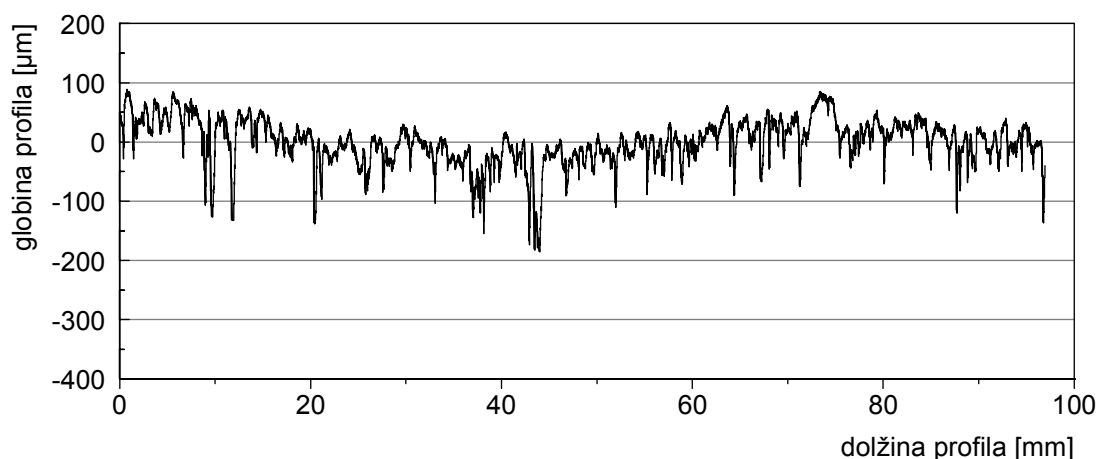
Pregl. 7: Vlažnosti posušenega in oblepljenega iverja

Plošča	A1, A2		B1, B2		C1, C2		D	
Sloj	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]	Srednji sloj [%]	Zunanji sloj [%]
Delež iverja	60,00	40,00	60,00	40,00	60,00	40,00	60,00	40,00
Vlažnost posušenega iverja	1,20	1,08	0,80	1,98	0,58	0,64	0,60	353,00
Vlažnost oblepljenega iverja	9,00	13,00	9,00	13,00	9,00	13,00	9,00	13,00

4.2 REZULTATI MERITEV HRAPAVOSTI POVRŠINE

4.2.1 Prikaz profila površine

Z napravo za merjenje hrapavosti smo zajeli podatke o profilu površine za posamezno ploščo. Na sl. 27 je prikazan celoten profil površine iverne plošče v skupni dolžini 100 mm za spodnjo stran plošče A1, za katero smo uporabili iverje frakcij 0-1,27 mm.

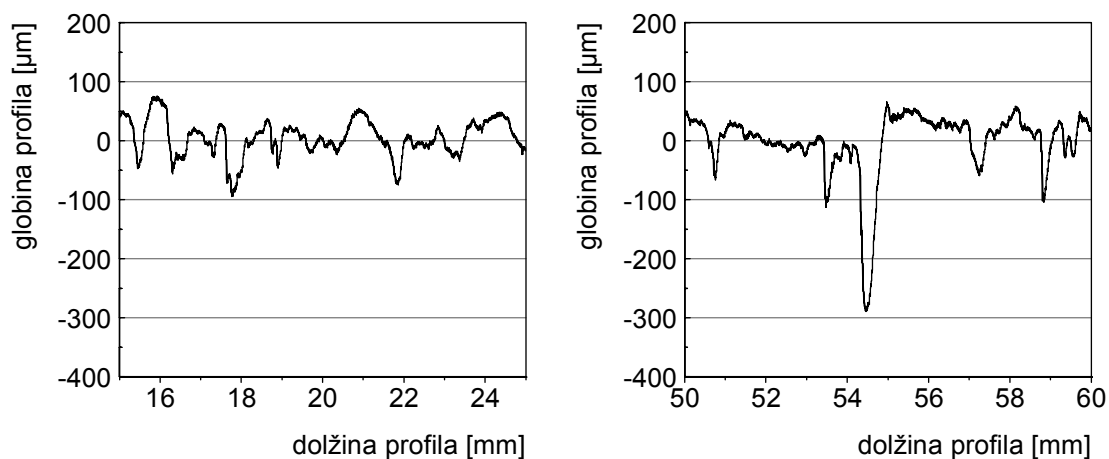


Slika 27: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A1, spodnja stran, meritev 3)

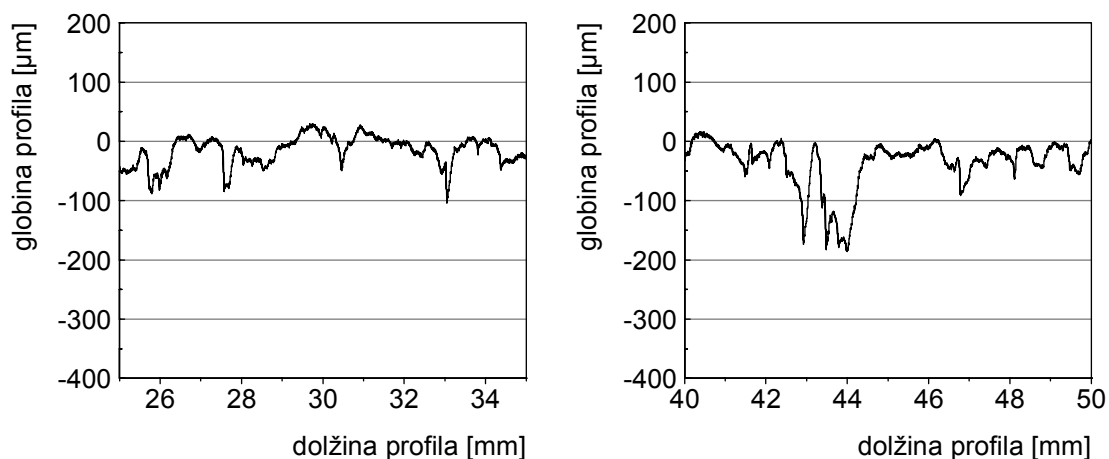
V intervalu od 20-60 mm je rahla upognjenost, kar je posledica ukrivljene oz. neravne natresne pločevine. Neravna površina je lahko nastopila tudi v času kondicioniranja ivernih plošč, saj se površina s časom spreminja. V povprečju je razlika med hribi in dolinami približno 80 µm, posamezni vrhovi odstopajo po 80 µm navzgor in 180 µm navzdol. Vsi profili meritve št. 3 v zajemu 100 mm so prikazani v prilogah D1-D13.

Na slikah 28-41 so prikazani profili površin vseh plošč, ki so bili odčitani iz meritve št. 3 (sredina plošče, sl. 24). Za prikaz profilov iz meritve št. 3 smo se odločili zato, ker ta meritev pri vseh ploščah leži na isti poziciji glede na grelno ploščo (v sredini). Pri vsaki plošči slika levo prikazuje profil v segmentu 10 mm v minimalni vrednosti, desna slika pa prikazuje isti profil v maksimalni vrednosti.

Za izdelavo plošč A1 in A2 smo uporabili iverje frakcij od 0 do 1,27 mm, ki smo ga dobili s sejanjem prejetega iverja.



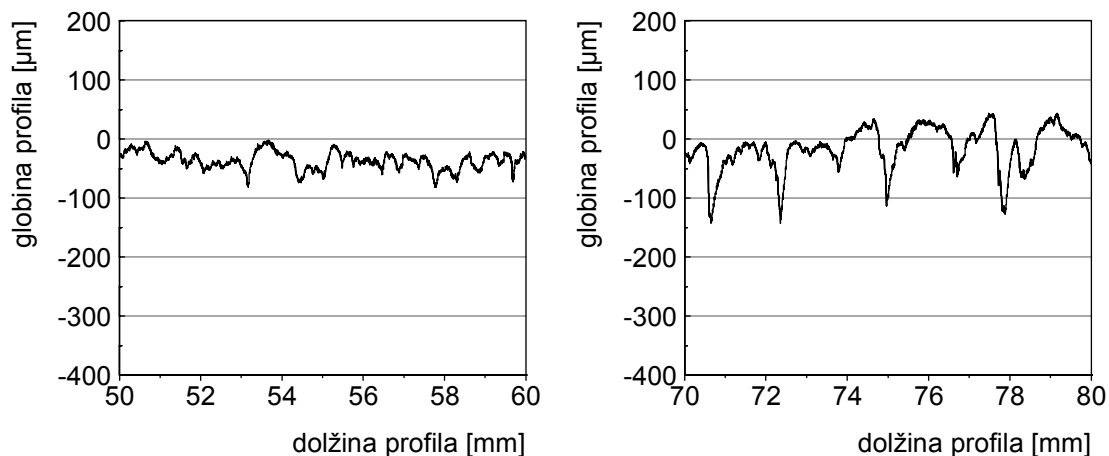
Slika 28: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A1, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost



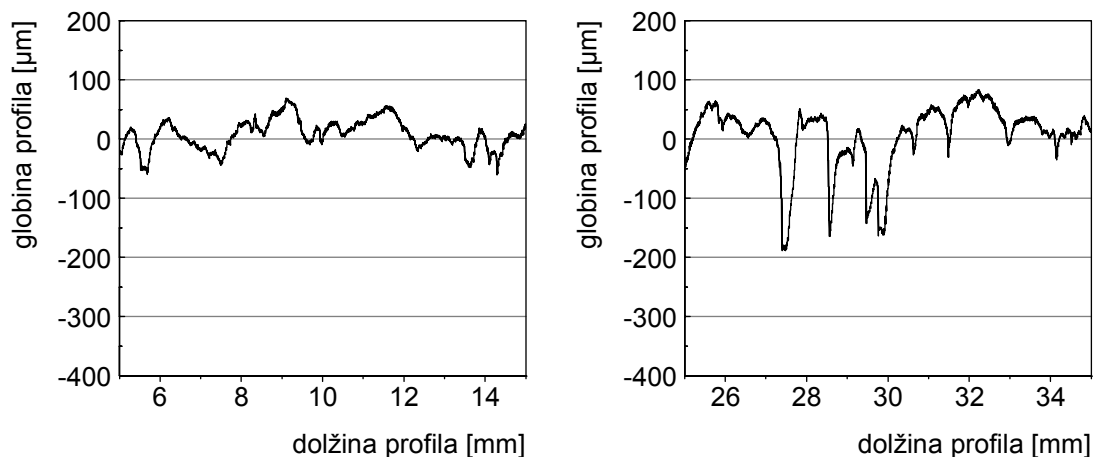
Slika 29: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A1, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

Na sl. 28 levo je vidno simetrično odstopanje od optimalne ravnine približno $\pm 80 \mu\text{m}$, medtem ko je pri spodnji strani plošče (sl. 29, levo) odstopanje asimetrično, in sicer približno $30 \mu\text{m}$ navzgor in $100 \mu\text{m}$ navzdol. Asimetrično odstopanje lahko nastopi kot posledica neenakomernega natresanja iverja. Slika 28, desno prikazuje maksimalna odstopanja od optimalne ravnine, to so doline, ki dosežejo približno $-280 \mu\text{m}$. Razlika med hribom in dolino je $330 \mu\text{m}$. Pri spodnji strani plošče (sl. 29, desno) opazimo, da so tu razlike odstopanj bistveno manjše kot na zgornji strani. Razlika med hribom in dolino je tu

180 μm . Pri primerjavi minimalnih vrednosti je hrapavost na obeh straneh plošče skoraj enaka, medtem, ko je pri primerjavi maksimalnih vrednosti videti, da je hrapavost na spodnji strani plošče za približno 150 μm manjša od zgornje strani.



Slika 30: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A2, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

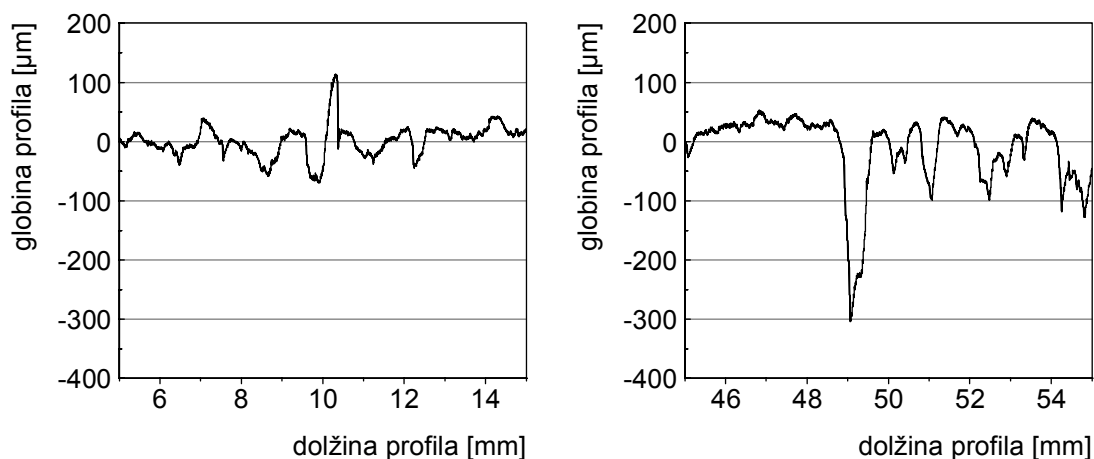


Slika 31: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča A2, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

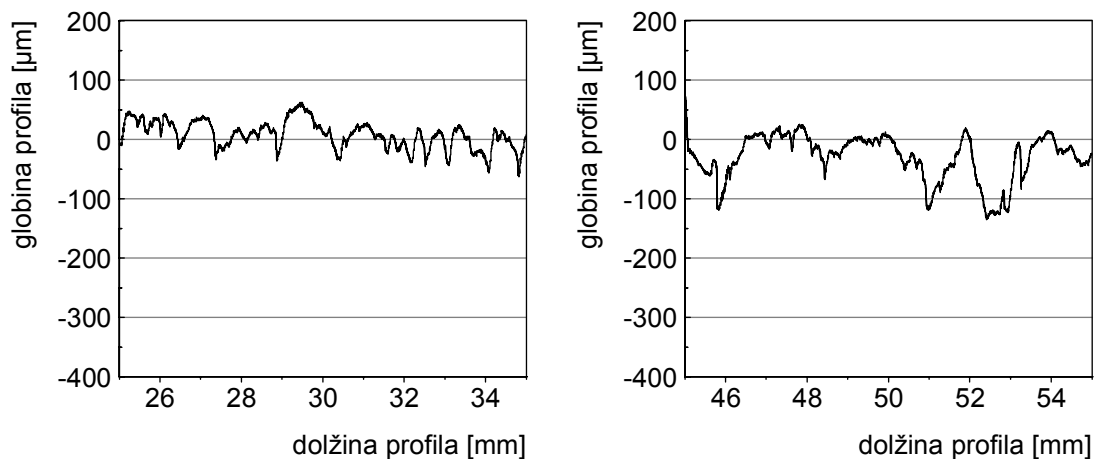
Na zgornji strani plošče A2 (sl. 30, levo) je razlika med hribi in dolinami približno 50 μm , medtem ko je na spodnji strani (sl. 31, levo) razlika približno 100 μm . Pri primerjavi maksimalnih vrednosti je razvidno, da je zgornja stran plošče (sl. 30, desno) manj hrapava

od spodnje strani (sl. 31, desno), saj je razlika med hibi in dolinami na zgornji strani 150 μm , na spodnji strani pa 230 μm .

Za izdelavo plošč B1 in B2 smo uporabili bolj fino iverje frakcij od 0 do 0,6 mm, ki smo ga dobili z laboratorijskim pomlevanjem iverja frakcij 1,5-6,14 mm.

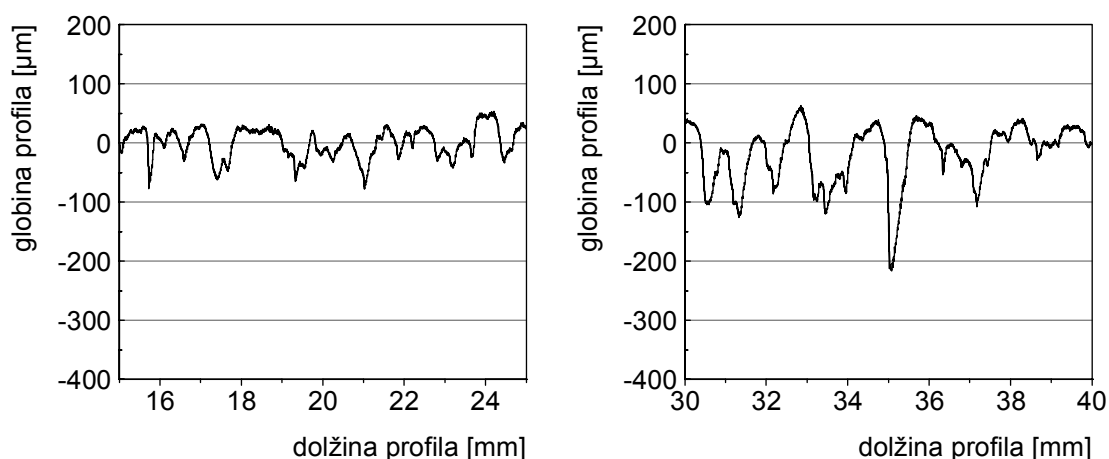


Slika 32: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B1, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

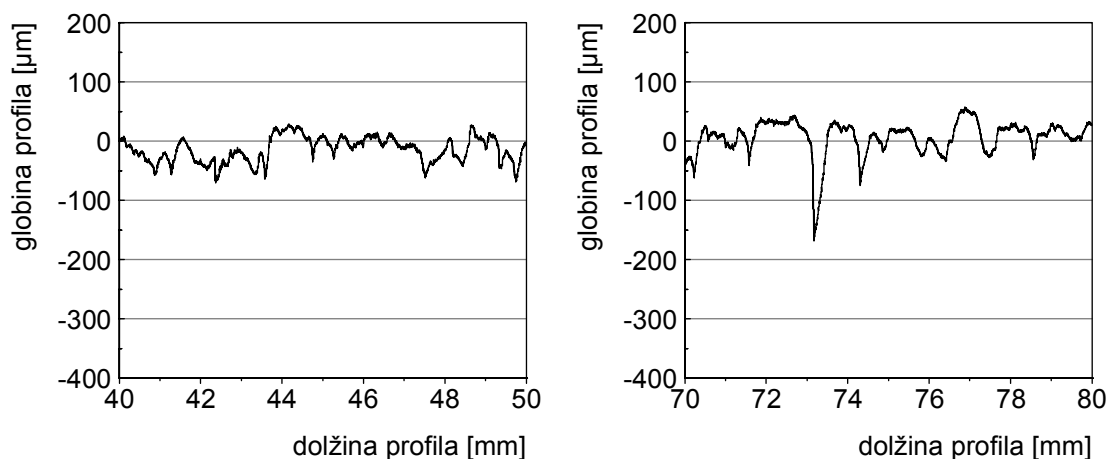


Slika 33: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B1, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

Na zgornji strani plošče B1 (sl. 32, levo) so razlike med hribi in dolinami v povprečju 80 μm , na spodnji strani (sl. 33, levo) pa 70 μm . Maksimalna razlika na zgornji strani plošče je 340 μm (sl. 33, desno), na spodnji strani (sl. 34, desno) je razlika manjša, in sicer 120 μm . Sklepamo lahko, da je pri plošči B1 zgornja stran bolj hrapava kot spodnja.



Slika 34: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B2, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

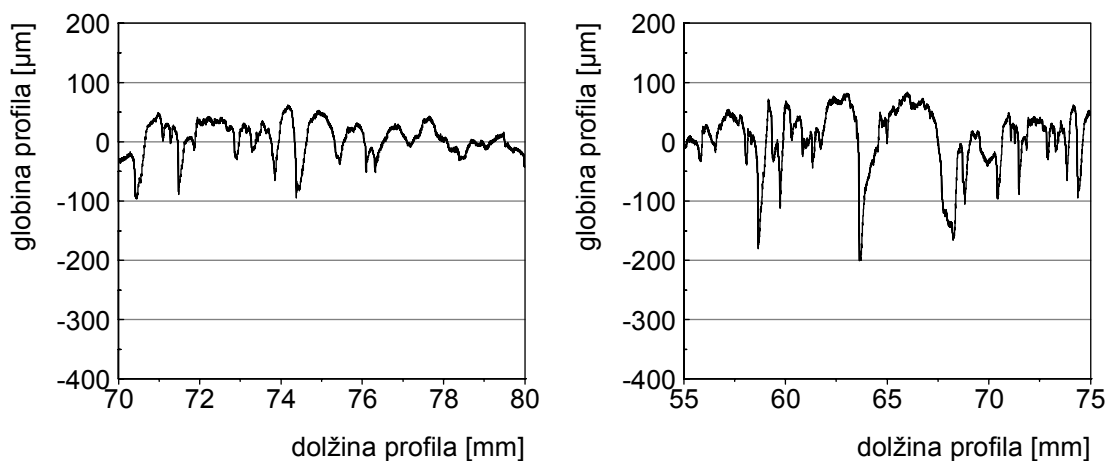


Slika 35: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča B2, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

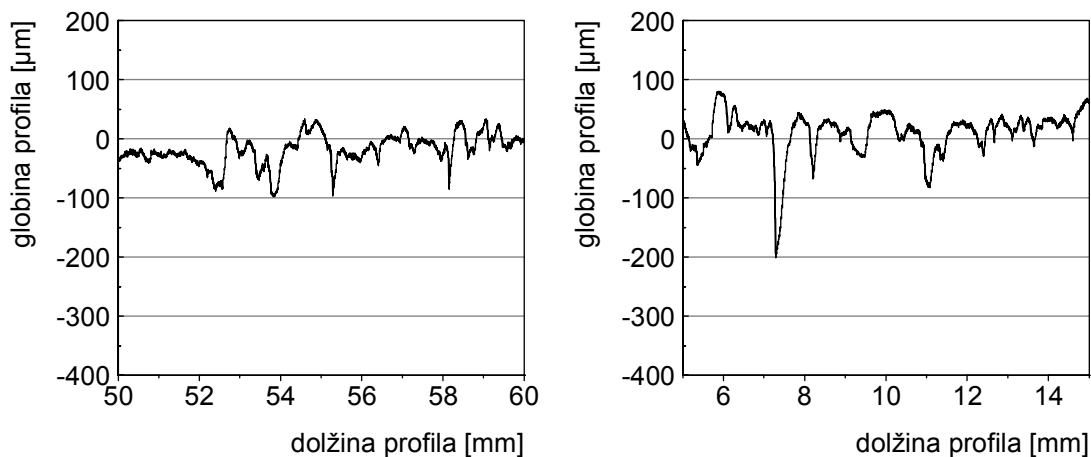
Pri plošči B2 ni neke bistvene razlike ob primerjavi minimalnih vrednosti (sl. 34 in sl. 35, levo), saj so tu razlike med hribi in dolinami približno enake (100 μm). Maksimalna

odstopanja na zgornji strani plošče (sl. 34, desno) znašajo $260\text{ }\mu\text{m}$, na spodnji pa $210\text{ }\mu\text{m}$. Iz tega sledi, da je zgornja stran plošče B2 bolj hrapava kot spodnja.

Za izdelavo plošč C1 in C2 smo uporabili kar prejeto mešano iverje frakcij od 0 do $6,14\text{ mm}$, brez dodatnega sejanja.

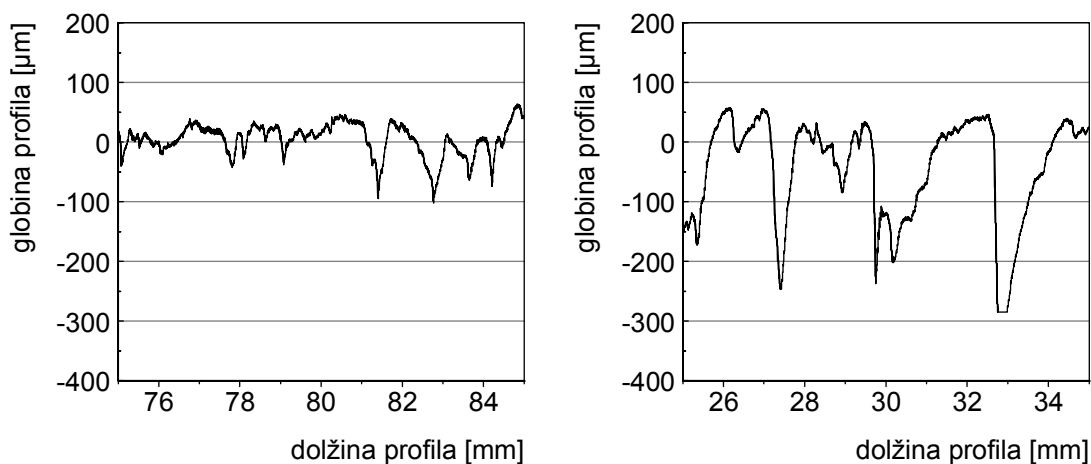


Slika 36: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C1, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

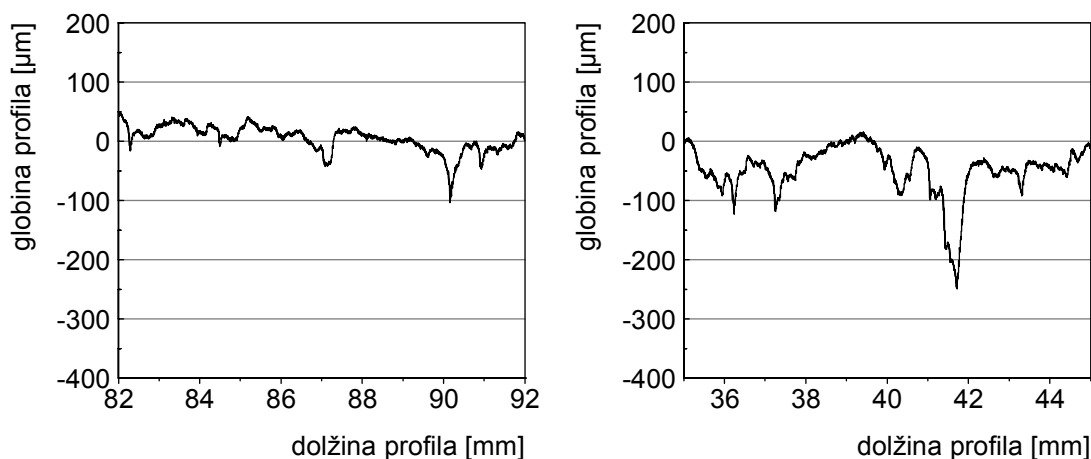


Slika 37: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C1, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

Razlika med hribi in dolinami je na zgornji strani plošče (sl. 36, levo) približno $150\text{ }\mu\text{m}$, na spodnji strani pa $130\text{ }\mu\text{m}$ (sl. 37, levo). Največje razlike med hribi in dolinami so na zgornji strani plošče C1 (sl. 36, desno) $280\text{ }\mu\text{m}$, na spodnji strani pa $240\text{ }\mu\text{m}$ (sl. 37, desno). Hrapavost pri tej iverni plošči je v primerjavi s ploščami A1, A2 in B1, B2 večja. Tudi v tem primeru je hrapavost površine na spodnji strani plošče manjša kot na zgornji strani.



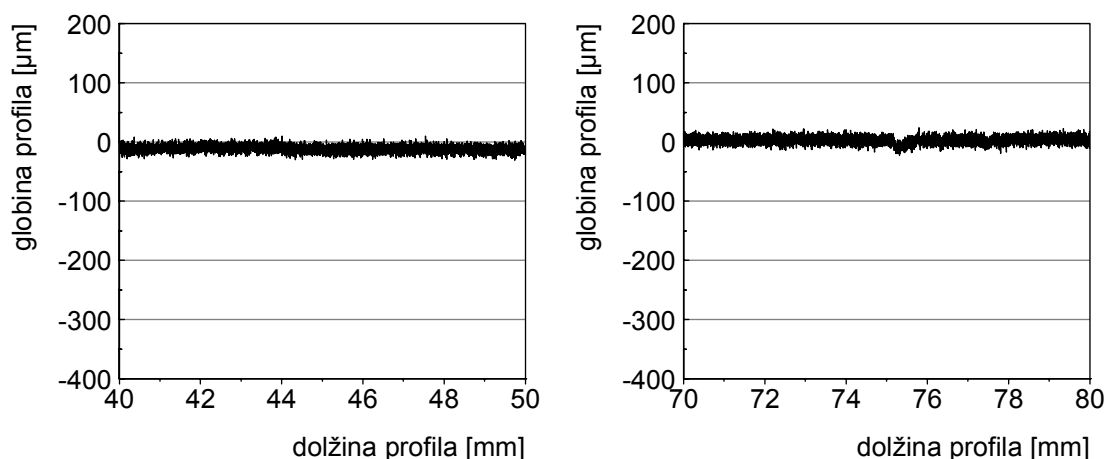
Slika 38: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C2, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost



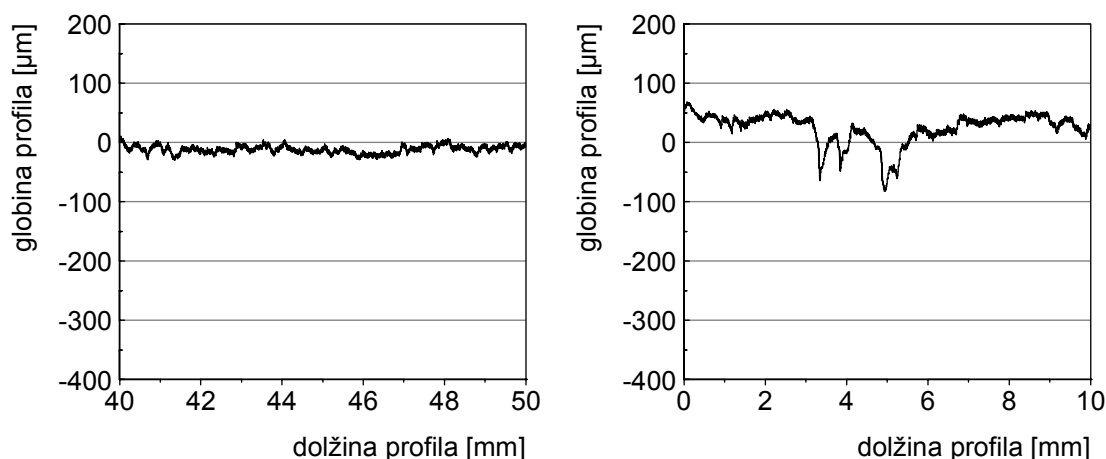
Slika 39: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča C2, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

Na sliki 38, levo, je razvidna razlika med hribi in dolinami, ki znaša približno 140 μm , medtem, ko je na spodnji strani plošče (sl. 39, levo) ta razlika 120 μm . Pri plošči C2, so na zgornji strani (sl. 38, desno) odstopanja zelo velika, tja do 340 μm , kar je največ od vseh ostalih plošč. Na spodnji strani plošče (sl. 39, desno) so te razlike bistveno manjše in znašajo maksimalno 250 μm . Tudi v tem primeru je spodnja stran plošče manj hrapava od zgornje strani.

Pri iverno-vlakneni plošči vidimo, da je razlika med hribi in dolinami v primerjavi s ploščami serij A, B in C bistveno manjša. Za izdelavo iverno-vlaknene plošče smo uporabili vlakna, ki smo jih dobili s termično obdelavo iverja.



Slika 40: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča D, zgornja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost



Slika 41: Prikaz profila v segmentu 10 mm (plošča D, spodnja stran, meritev 3), levo minimalna, desno maksimalna vrednost

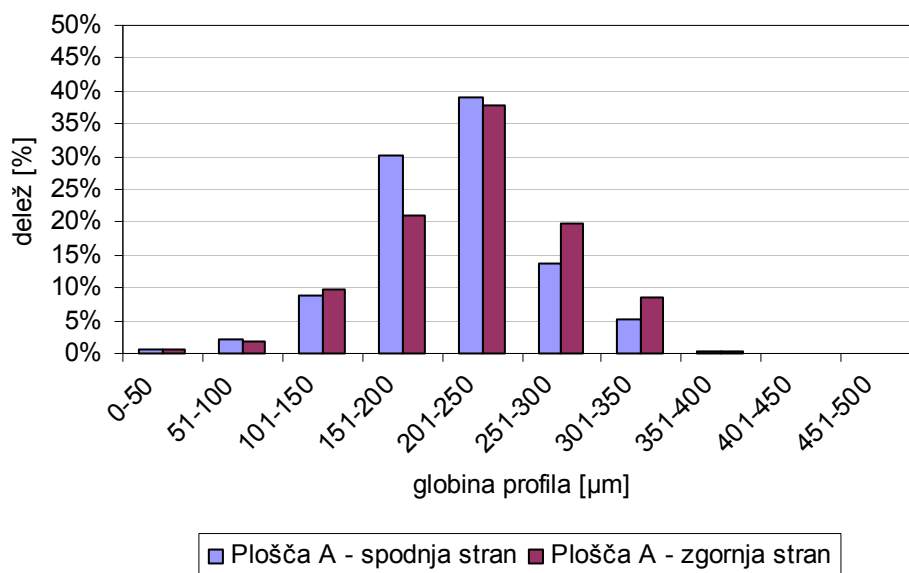
Odstopanje od optimalno ravne površine je skrajno asimetrično (sl. 40, levo), kar je posledica vlaknatega sloja. Vlakna se pod pritiskom stiskalnice poležejo oz. vdajo, rezultat je bolj gladka površina plošče. Razlika med hribi in dolinami na zgornji strani plošče znaša 25 μm , na spodnji strani (sl. 41, levo) je razlika enaka (25 μm). Le porazdelitev vlaken je na zgornji strani plošče bistveno manjša. Pri maksimalnih razlikah med hribi in dolinami je zgornja stran plošče (sl. 40, desno) bolj hrapava kot spodnja stran (sl. 41, desno), kjer ta znaša približno 120 μm . Tako velika razlika nastopi zaradi prilagajanja vlaken srednjemu

sloju plošče, ki je sestavljen iz zelo grobih iveri. Vlaken zaradi previsoke vsebnosti vode nismo mogli natresati, zato smo le ta v kepah postavljali na natresno pločevino in srednji sloj. Posledica tega je neenakomerna razporeditev vlaken in s tem povezana neenakomerna prostorninska masa po površini plošče. Hrapavost iverno vlaknene plošče je kljub neenakomerni porazdelitvi vlaken zelo majhna.

Z primerjavo osnovnih prikazov profilov površin smo ugotovili, da je plošča D najbolj gladka. Vlakna so zelo majhna in ustvarijo zaprto površino, posledica tega je gladka površina. Zelo gladko površino iverno-vlaknene plošče sta dobila tudi Jaić in Senić (1989). Pri ploščah serije B je bila površina v primerjavi s ploščo D bolj hrapava. Za zunanji sloj plošč serije B smo uporabili fino iverje velikosti 0-0,6 mm, katerega smo dobili s pomlevanjem presejanega iverja velikosti 1,5-6,14 mm. Plošči serije A, ki sta bili izdelani iz manj iverja velikosti 0-1,27 mm sta dosegli v primerjavi s ploščami B in D manjšo gladkost. Najbolj hrapavi pa sta bili plošči serije C, za kateri smo uporabili kar mešano iverje velikosti 0-6,14 mm.

4.2.2 Klasifikacija po globini

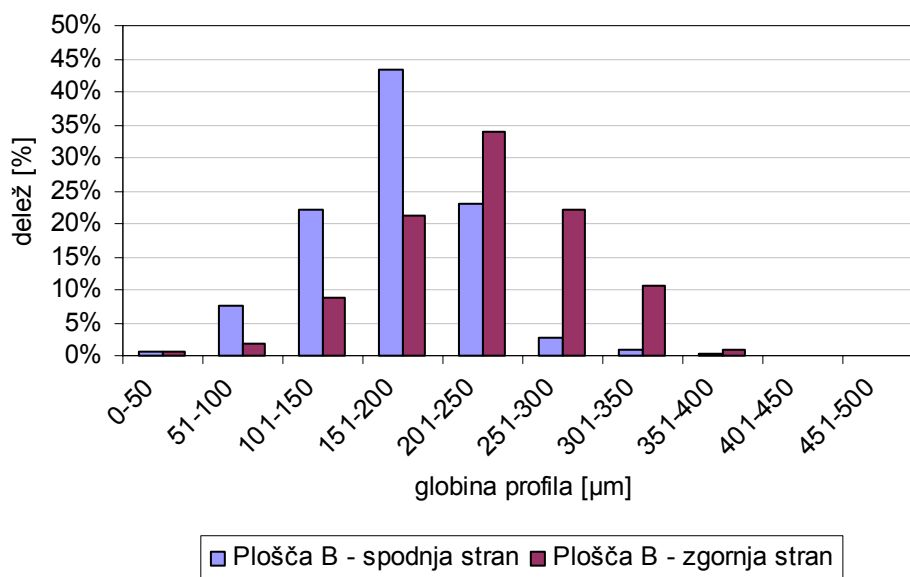
Vse izmerjene vrednosti profilov smo klasificirali po globinskih razredih (sl. 42-45). Globinske razrede smo določili na podlagi merilnega območja laserja naprave za merjenje hrapavosti. Merilno območje le tega znaša 0,5 mm. Da bi lažje predstavili podatke o hrapavosti smo optimalno ravno (ničelno) ravnino pomaknili navzgor do največje vrednosti posamezne meritve. Tako smo merilno območje prestavili na pozitivno stran in dobili podatke v absolutni vrednosti. Globina profila je tako od 0 do 500 μm . V našem primeru, ko površine plošč nismo brusili je natančnost podatkov 50 μm dovolj visoka. Zato smo celotno merilno območje razdelili na 10 globinskih razredov po 50 μm razlike.



Slika 42: Delež neravnin po globinskih razredih za plošče A

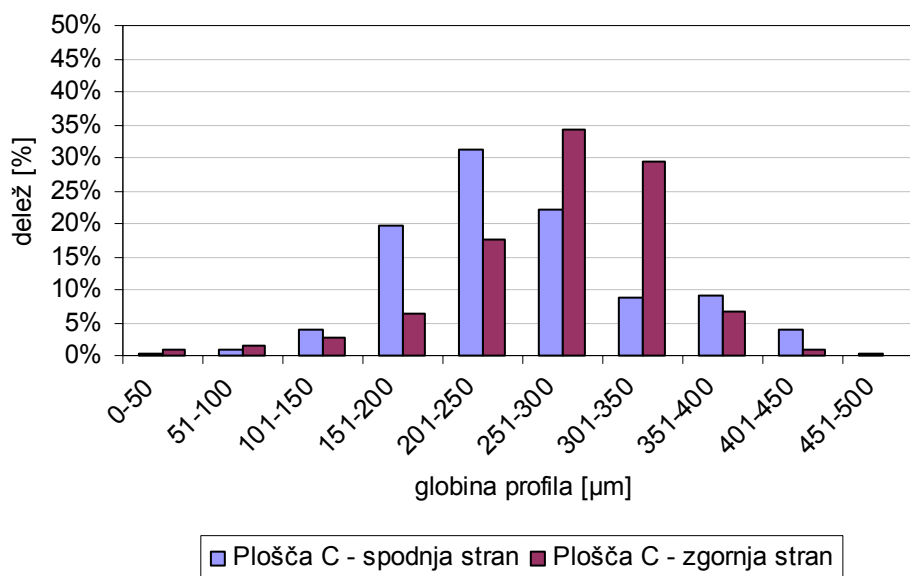
Iz slike 42 vidimo, da je na zgornji strani plošč serije A 37% globin v razredu 201-250 μm , medtem ko jih je na spodnji strani 39%, kar je 2% več. Največja razlika med zgornjo in spodnjo stranjo plošče je v razredu 151-200 μm in znaša 9%, takoj zatem pa v razredu 251-300 μm , kjer razlika znaša 6%. Hrapavost na zgornji strani plošč je večja zaradi večjega deleža dolin, ki segajo do 400 μm v globino. Na spodnji strani plošč pa je hrapavost manjša, saj večji delež dolin sega do globine 250 μm . Površina na zgornji strani ivernih

plošč serije A vsebuje večji delež globljih dolin, na spodnji strani pa večji delež plitvejših dolin iz česar povzamemo, da je površina na zgornji strani bolj hrapava od površine na spodnji strani plošč. Da je spodnja stran plošč vedno manj hrapava od zgornje strani je ugotovili tudi Medved (1999).



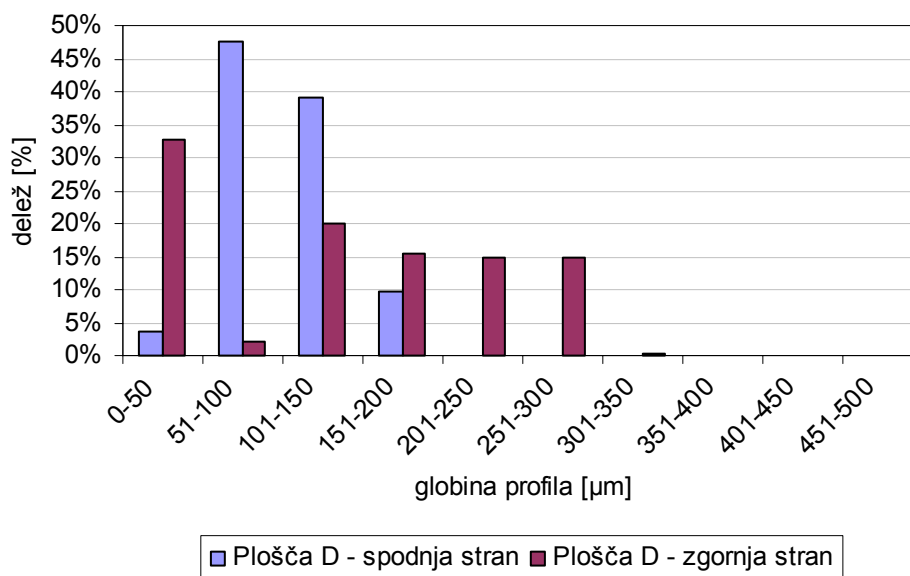
Slika 43: Delež neravnin po globinskih razredih za plošče B

Na zgornji strani ivernih plošč serije B (sl. 43) je največji delež dolin (39%) v razredu 201-250 µm, na spodnji strani pa je največji delež (43%) v razredu 151-200 µm. Iz slike 43 je razvidno, da je na zgornji strani plošč večji delež globljih dolin, na spodnji strani pa večji delež plitvejših dolin. Iz tega podatka sklepamo enako kot Medved (1999), da je tudi v tem primeru hrapavost na zgornji strani plošče večja kot na spodnji strani. V primerjavi s ploščami serije A je tudi pri uporabi pomletega iverja prišlo do pojava dolin, ki segajo do 400 µm globoko, vendar ta podatek ne označuje zgolj hrapavosti, saj je tu prisotna tudi valovitost površine oz. neenakomerna debelina plošč. Iz sl. 43 je razvidno, da se deleži na spodnji strani plošč serije B premikajo v levo, kar pomeni večji delež manjših neravnin in s tem povezano bolj zaprto površino. Da je površina na spodnji strani bolj zaprta in s tem gladkost plošče večja je ugotovil že Medved (1999).



Slika 44: Delež neravnin po globinskih razredih za plošče C

V primerjavi s ploščami serij A in B je hrapavost pri plošči C, kjer smo uporabili zelo grobo iverje večja, saj tu delež dolin dosega globino 500 µm (sl. 44). Na zgornji strani ivernih plošč je največji delež dolin (39%) v razredu 251-300 µm in 30% v razredu 301-350µm, medtem ko je na spodnji strani največji delež (32%) v razredu 201-250 µm. Tudi pri ploščah serije C je na zgornji strani večji delež globljih dolin, na spodnji strani pa večji delež plitvejših dolin. Iz tega sledi, da je hrapavost površine na zgornji strani večja od hrapavosti površine na spodnji strani ivernih plošč. Medved (1999) je ugotovil, da je bolj gladka površina na spodnji strani plošče posledica bolj zaprte površine, ki nastane zaradi usipanja finejših iveri proti spodnjim slojem med natresanjem in prenosom pogače v stiskalnico.

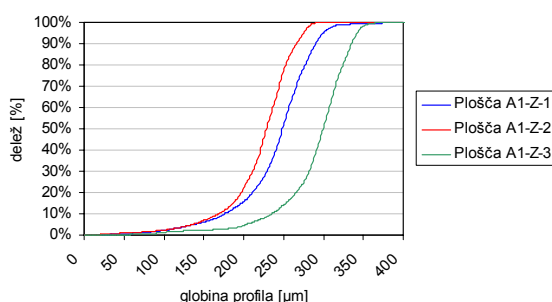


Slika 45: Delež neravnin po globinskih razredih za ploščo D

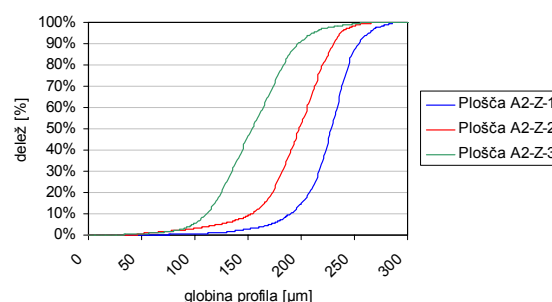
Slika 45 prikazuje podatke o hrapavosti površine iverne plošče obdane z vlaknenim zunanjim slojem. Na zgornji strani plošče je največji delež dolin (33%) v razredu 0-50 µm. V razredu 51-100 µm je delež dolin le 2%, v razredih od 101-300 µm pa je ta delež približno 15-20%. Na spodnji strani plošče je največji delež dolin (48%) v razredu 51-100 µm, takoj zatem pa 39% v razredu 101-150 µm. Na tej strani segajo največje doline 200 µm v globino, kar pomeni, da je hrapavost površine na spodnji strani bistveno manjša kot na zgornji strani. V primerjavi s ploščami serij A, B in C je hrapavost plošče D najmanjša. Jaić in Senić (1989) sta tudi izdelala Kombinirano ploščo konstrukcije vlakna-iverje-vlakna, ki je pokazala zelo dobro kvaliteto površine oz. zelo majhno hrapavost. Da je hrapavost površine odvisna od velikosti delcev v zunanjem sloju sta ugotovila tudi Jaić in Senić (1989).

4.2.3 Prikaz profila površine z Abbott-Firestone krivuljo

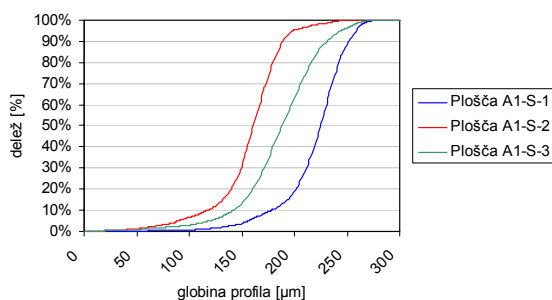
Na slikah 46-59 so prikazani profili površin z Abbott-Firestone krivuljo. Vsaka slika je opremljena s tremi krivuljami, ki označujejo profil površine ene plošče na treh različnih meritvah (1, 2 in 3 – sl. 25) na zgornji oz. spodnji strani. Abbott-Firestone krivulja nam dejansko prikaže kolikšen je delež posameznih globin v merjenem profilu.



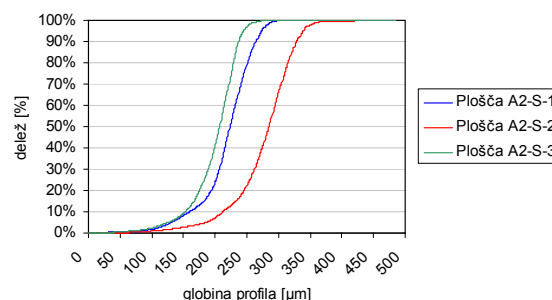
Slika 46: Abbott-Firestone krivulja A1, zgornja stran



Slika 47: Abbott-Firestone krivulja A2, zgornja stran

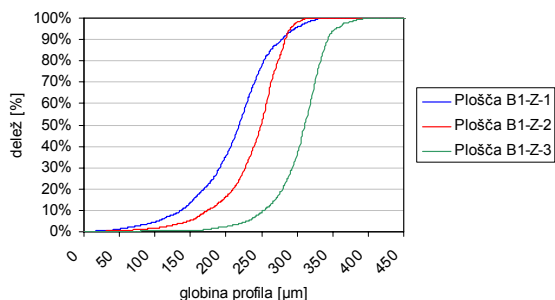


Slika 48: Abbott-Firestone krivulja A1, spodnja stran

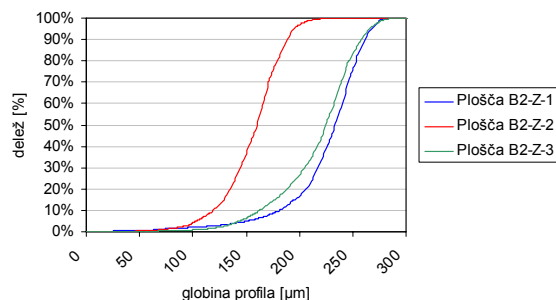


Slika 49: Abbott-Firestone krivulja A2, spodnja stran

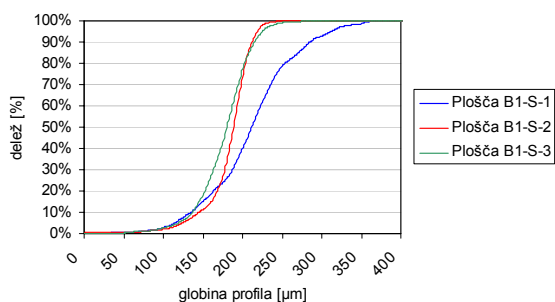
Na slikah 46-49 so prikazane Abbott-Firestone krivulje za posamezno meritev. Naklonski koti krivulj so pri ploščah iste serije različni, kar ni toliko posledica različne hrapavosti, temveč neravne površine in valovitosti. V krivuljah so zajete tudi vse napake, kot so razne udrtine na ploščah itd. Na sl. 46 so naklonski koti krivulj precej podobni, medtem ko so si na sl. 47 popolnoma različni. Vizuelno iz teh slik ne moremo podati ocene o hrapavosti površine.



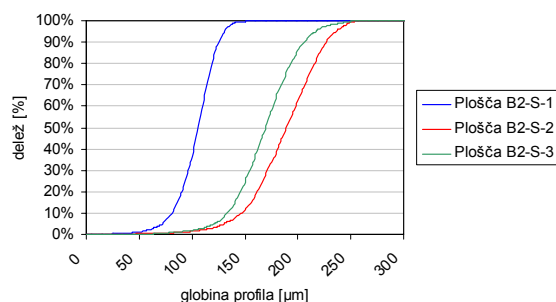
Slika 50: Abbott-Firestone krivulja B1, zgornja stran



Slika 51: Abbott-Firestone krivulja B2, zgornja stran

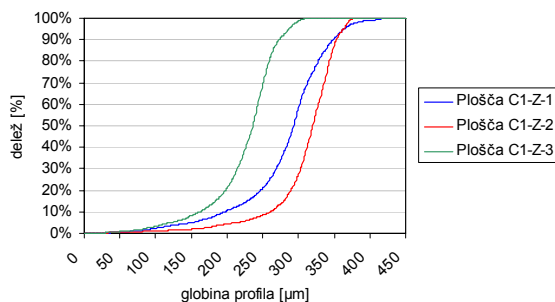


Slika 52: Abbott-Firestone krivulja B1, spodnja stran

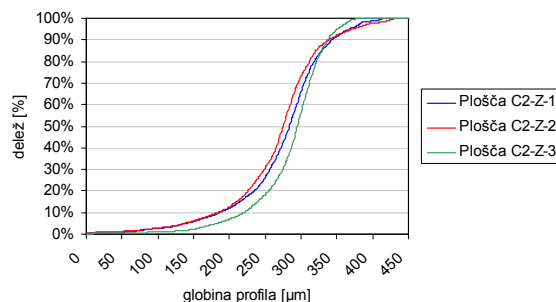


Slika 53: Abbott-Firestone krivulja B2, spodnja stran

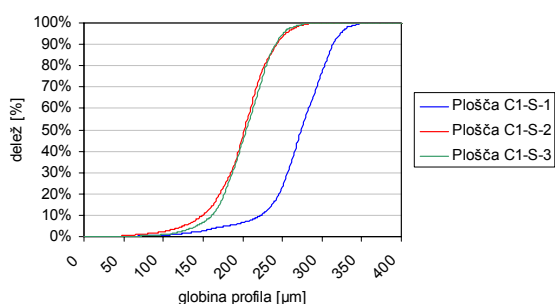
Enako kot pri ploščah serije A so tudi pri ploščah serije B krivulje med sabo zelo različne (sl. 50-53). Razlika na spodnji strani plošč nastane zaradi ukrivljene in neravne natresne pločevine, ki povzroči neenakomeren tlak na iverno ploščo. Na sl. 52 se meritvi B1-S-2 in B1-S-3 dobro prekrivata vendar meritev B1-S-1 kaže na čisto drugačen profil površine. Iz sl. 53 je razvidno, da je pri eni meritvi največji delež dolin globine 100 μm , pri ostalih dveh pa 170 μm .



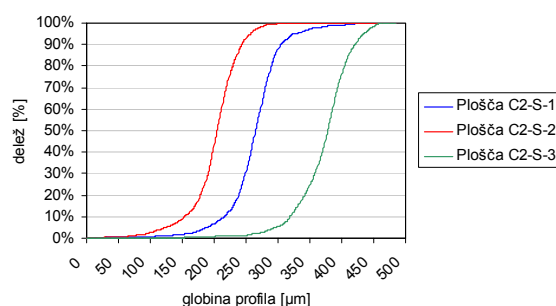
Slika 54: Abott-Firestone krivulja C1, zgornja stran



Slika 55: Abott-Firestone krivulja C2, zgornja stran

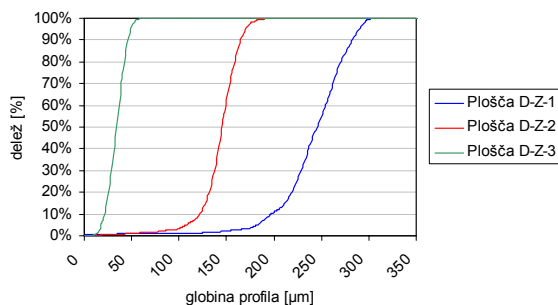


Slika 56: Abott-Firestone krivulja C1, spodnja stran

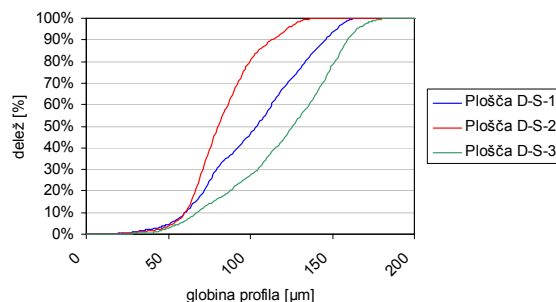


Slika 57: Abott-Firestone krivulja C2, spodnja stran

Na sl. 55 je razvidno skoraj popolno prekrivanje vseh treh meritev površine plošč serije C. V tem primeru je bila plošča veliko bolj ravna od plošč iz serij A in B. Zaradi iveri večjih velikosti in posledično manjše stisljivosti le teh je površina veliko bolj odprta. Pokrite krivulje tako pomenijo enako hrapavost površine. Tu lahko rečemo, da je 30-80% dolin globokih od 250-320 µm. Lepo se pokrivata tudi krivulji meritev C1-S-2 in C1-S-3 na sl. 56. Naklonski kot krivulje C1-S-1 je vizuelno popolnoma enak naklonskemu kotu ostalih dveh meritev. Na sl. 57 se naklonski koti krivulj vizuelno ujemajo, vendar je zamik med njimi od 50-100 µm.



Slika 58: Abott-Firestone krivulja D, zgornja stran



Slika 59: Abott-Firestone krivulja D, spodnja stran

Pri ivernih ploščah z vlaknenim zunanjim slojem (D) je prišlo do zelo velikega zamika med krivuljami, vendar se naklonski koti levih dveh meritev vizuelno popolnoma ujemajo (sl. 58). Iz slike 59 je razvidno približno prekrivanje krivulj, vendar se le te v območju nad 10% razkropijo. Posledica tega je ukrivljenost plošče, saj je le ta po razslojitvi postala zelo tanka. Ena stran sloja je bila iz vlaken, druga pa iz iverja, kar je močno vplivalo na vpijanje vlage iz ozračja. Različna sestava na različnih straneh plošče pa pomeni različno nabrekanje in krčenje. V primeru, da se ena stran plošče bolj krči oz. razteza kot druga je posledica ukrivljenje le te.

Iz vseh meritev smo s pomočjo programske opreme AutoCAD 2004 določili naklonske kote Abbott-Firestone krivulj (sl. 25) za vse plošče in dobili podatke o hrapavosti površine plošč (pregl. 8).

Pregl. 8: Naklonski koti Abbott-Firestone krivulj

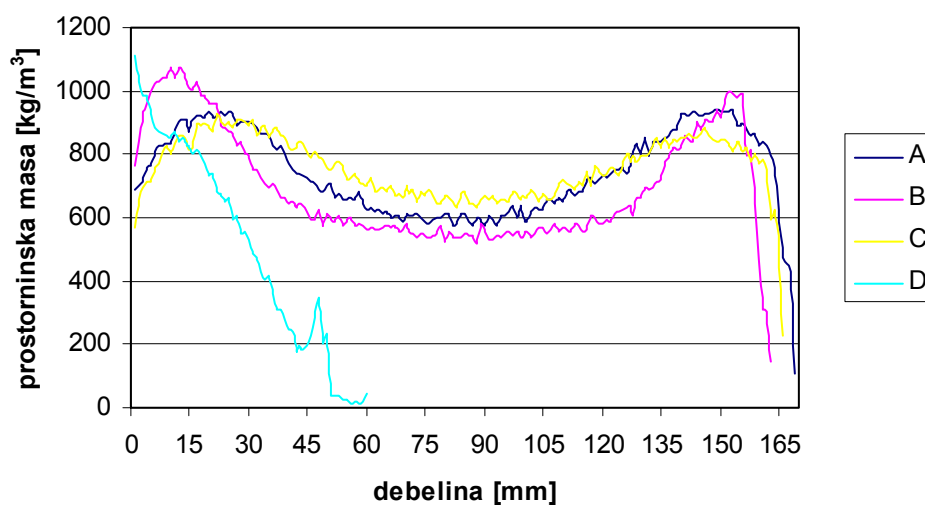
	Zgornja stran [°]	Spodnja stran [°]	Povprečje - zgornja stran [°]	Povprečje - spodnja stran [°]
A1-1	15,87	10,64	<u>A1, A2</u> 14,37	<u>A1, A2</u> 14,59
A1-2	14,96	11,37		
A1-3	14,66	16,26		
A2-1	9,26	16,40		
A2-2	13,65	18,81		
A2-3	17,82	14,05		
B1-1	19,17	20,89	<u>B1, B2</u> 13,66	<u>B1, B2</u> 13,47
B1-2	12,24	8,77		
B1-3	13,43	13,44		
B2-1	12,02	7,78		
B2-2	12,35	16,16		
B2-3	12,73	13,77		
C1-1	17,03	17,43	<u>C1, C2</u> 16,42	<u>C1, C2</u> 14,70
C1-2	14,94	13,86		
C1-3	13,74	15,60		
C2-1	19,03	14,35		
C2-2	17,52	13,42		
C2-3	16,27	13,55		
D-1	15,63	18,36	<u>D</u> 9,62	<u>D</u> 14,49
D-2	7,79	10,00		
D-3	5,43	15,12		

Na podlagi naklonskih kotov Abbott-Firestone krivulj in povprečnih vrednosti prostorninskih mas v zajemu globine profila smo skušali ponazoriti vpliv velikosti iverja na hrapavost površine ivernih plošč.

4.3 REZULTATI MERITEV GOSTOTNIH PROFILOV

4.3.1 Porazdelitev prostorninske mase po prerezu

Meritve porazdelitve prostorninske mase po prerezu so bile opravljene z merilnikom gostotnih profilov MGP-201. Iz vsake plošče (500 x 500 mm) so bili na mestih predhodnih meritev (sl. 25) izžagani trije vzorci dimenzij 50 x 50 mm. Na sliki 60 je prikazana porazdelitev povprečnih prostorninskih mas po prerezih plošč A, B, C in D. Leva stran grafikona označuje zgornjo stran, desna pa spodnjo stran ivernih plošč. Le pri plošči D, je zaradi razslojitve na levi strani sl. 60 prikazano povprečje prostorninske mase zgornje in spodnje strani skupaj. Največja prostorninska masa je za približno 0,2 mm oddaljena proti notranjosti plošče, kar je ugotovil tudi Medved (1999). Na desni strani vidimo, da debeline vzorcev varirajo za 0,5 mm.



Slika 60: Porazdelitev povprečnih prostorninskih mas po prerezih plošč A, B, C in D

Porazdelitve prostorninskih mas po prerezu za posamezne plošče so podane v prilogah E1-E5.

Za vse plošče smo najprej opravili meritve porazdelitev prostorninskih mas po prerezu in nato poiskali največje globine profilov površine. Na primer, pri največji doseženi globini

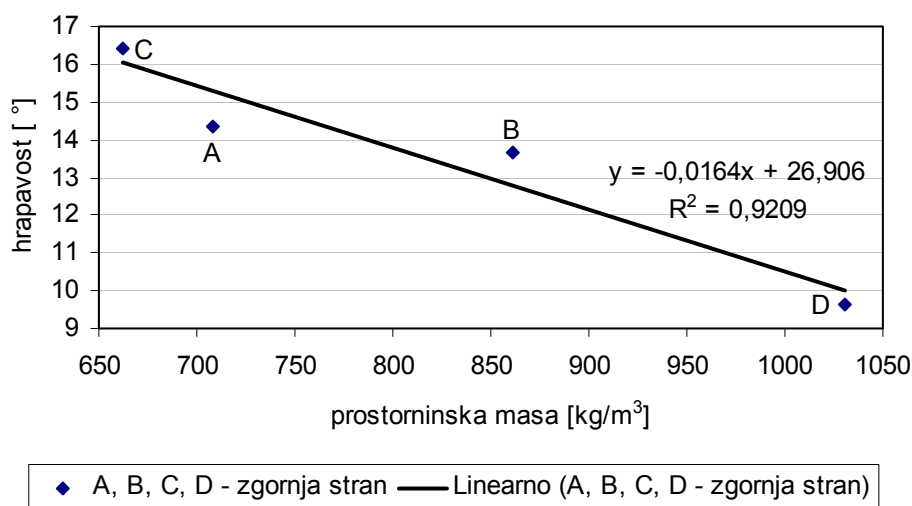
profila, pri meritvi A1-Z-1 391 μm , smo izračunali povprečno prostorninsko maso zunanjega sloja za prve 0,4 mm. Enako smo povprečno prostorninsko maso izračunali za vse ostale plošče.

Pregl. 9: Povprečne vrednosti prostorninskih mas površin pri ploščah A, B, C in D

	Prostorninska masa (zgornja stran) [kg/m³]	Prostorninska masa (spodnja stran) [kg/m³]
A	708	700
B	861	957
C	662	739
D	1030	1108

5 RAZPRAVA

Na slikah 61 in 62 so prikazane povprečne vrednosti naklonskih kotov Abbott-Firestone krivulj v odvisnosti od povprečnih prostorninskih mas površinskih zunanjih slojev ivernih plošč in iverno-vlaknene plošče.



Slika 61: Odvisnost hrapavosti od prostorninske mase na zgornji strani vseh plošč (povprečne vrednosti)

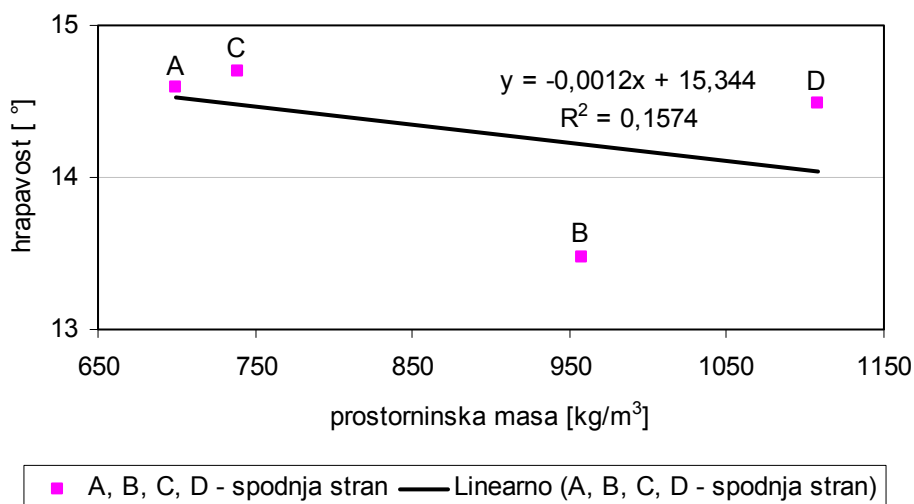
Iz slike 61 je razvidno, da imata plošči serije C, za katero smo uporabili nesortirano iverje grobe frakcije, na zgornji strani, največji naklonski kot ($16,42^\circ$), kar pomeni, da je njena površina v primerjavi z ostalimi ploščami najbolj hrapava. Povprečna prostorninska masa zgornjega zunanjega sloja plošč serije C znaša 662 kg/m^3 . Iz tega sledi, da iverje zelo grobih frakcij ne more zagotoviti dovolj velike prostorninske mase, posledica tega je zelo hrapava površina plošč. Medved (1999) je ugotovil, da se večja prostorninska masa doseže z uporabo bolj stisljivih lesnih vrst ali pa z večjo količino manj stisljive lesne vrste.

Plošči serije A sta bili izdelani iz iverja velikosti od 0-1,27 mm. Povprečni naklonski kot je v tem primeru znašal $14,37^\circ$, povprečna prostorninska masa zgornjega površinskega sloja pa 708 kg/m^3 . Finejše iverje je močno zmanjšalo hrapavost površine ivernih plošč, saj je le to zagotovilo večjo prostorninsko maso v zunanjem sloju ivernih plošč. Da ima uporaba

finejšega iverja za prekrivni sloj znaten vpliv na zmanjšanje hrapavosti so ugotovili Meebick (cit. po Bart, 1989) in Jaić in Senić (1989).

Povprečna prostorninska masa pri ploščah serije B je veliko večja kot pri ploščah serij C in A ter znaša 861 kg/m^3 . Naklonski kot Abbott-Firestone krivulje je za skoraj stopinjo manjši in znaša $13,66^\circ$. Za izdelavo plošč serije C smo uporabili pomleto iverje zelo fine frakcije. Hrapavost ivernih plošč serije B je manjša od hrapavosti plošč serij A in C. Manjša hrapavost je posledica uporabe pomletega iverja zelo fine frakcije. Jaić in Senić (1989) in Meebick (cit. po Bart, 1989) so dokazali, da uporaba finega iverja v zunanjem sloju znatno vpliva na zmanjšanje hrapavosti površine.

Ploščo D smo izdelali iz iverja in vlaken, ki smo jih prodobili s postopkom modifikacije iverja. Vlakna so v primerjavi z ivermi zelo majhna in posledično tudi bolj stisljiva. Naklonski kot na zgornji strani plošče D znaša $9,62$ in jo uvršča med plošče z najmanj hrapavo površino. Zelo gladko površino sta dobila tudi Jaić in Senić (1989), ki sta izdelala ploščo konstrukcije iverje-vlakna-iverje. Vlakna so zagotovila povprečno prostornisko maso površine 1030 kg/m^3 , kar je v primerjavi z ostalimi ploščami največ. Iz podatkov na sl. 61 vidimo, da je naklonski kot krivulj močno odvisen od prostorninske mase površine. Enako kot Medved (1997) smo tudi mi ugotovili, da se z večanjem prostorninske mase površine hrapavost zmanjšuje. Ker je prostorninska masa odvisna od velikosti iverja, lahko trdimo, da se z večanjem velikosti iverja hrapavost površine povečuje.



Slika 62: Odvisnost hrapavosti od prostorninske mase na spodnji strani vseh plošč (povprečne vrednosti)

Na spodnji strani plošč serije A naklonski kot znaša $14,59^\circ$ pri povprečni prostorninski masi 700 kg/m^3 . Plošči serije C imata v primerjavi s ploščama serije A večjo hrapavost, saj je njun povprečni naklonski kot $14,70^\circ$, prostorninska masa pa 739 kg/m^3 . V tem primeru meritve ne kažejo pričakovanega rezultata saj je pri ploščah serije C, kjer smo uporabili zelo grobo iverje naklonski kot skoraj enak kot pri ploščah serije A, kjer smo uporabili iverje frakcij 0-1,27 mm. Tudi prostorninska masa bi glede na zgornjo stran morala biti večja pri ploščah serije A. Vsa ta odstopanja so nastala zaradi bolj zaprte površine na spodnji strani, ki je posledica usipanja finejših iveri iz zgornjih slojev v postopku natresanja. Spodnja stran plošč serije B, kjer smo uporabili zelo fino pomleto iverje ima povprečen naklonski kot $13,47^\circ$ in povprečno prostorninsko maso površine 957 kg/m^3 . Pri plošči D je kljub uporabi vlaken za zunanji sloj naklonski kot zelo velik ($14,49^\circ$). Velik naklonski kot označuje večjo hrapavost površine. Povprečna prostorninska masa površine je pri plošči D 1108 kg/m^3 . S prikazom trend linije vidimo, da tudi na spodnji strani z naraščujočo prostorninsko maso hrapavost površine pada, vendar je v tem primeru vrednost $R^2=0,1574$, kar pomeni, so odstopanja vrednosti od te linije zelo velika.

6 SKLEPI

Iz dobljenih rezultatov in razprave smo ugotovili oz. potrdili naslednje:

- Naprava pravilno prikazuje profil površine in daje vpogled v strukturo in obliko neravnin na površini plošč.
- Velikost iverja bistveno vpliva na hrapavost površine nebrušenih ivernih plošč in ivernih plošč z vlaknastim zunanjim slojem.
- Odvisnost med hrapavostjo površine in prostorninsko maso iste površine je v prvih nekaj desetinkah mm skoraj linearna. Večja kot je prostorninska masa površinskega sloja, manjša je hrapavost te površine.
- Spodnja stran ivernih plošč je vedno manj hrapava kot zgornja stran
- Prostorninska masa površinskega sloja je odvisna od velikosti iverja. Bolj kot je frakcija iverja groba, nižja je prostorninska masa površinskega sloja.
- Vlakna so najmanjši element lesa in zelo pripomorejo k zmanjšanju hrapavosti površine plošč.
- Hrapavost površine je odvisna od velikosti delcev v zunanjem sloju.

7 POVZETEK

Iverne plošče se v tem času v industriji pohištva vedno več uporabljajo. Oplemenitene so z različnimi folijami, barvami, furnirji itd., ki polepšajo estetski izgled plošč. Za dober učinek oblagalnega materiala mora biti površina plošče čim manj hrapava. V nasprotnem primeru prihaja do telegrafing efekta, pri čemer se površina plošče prenese na oblagalni material, posledica tega je matiran in neestetski izgled plošče. Da bi se temu izognili površino ivernih plošč predhodno izravnamo in zgladimo z brušenjem. Brušenje plošč pa predstavlja dodatne stroške, ki so povezani z nakupom brusilnih strojev, energijo za njihovo delovanje, potrošnim materialom in odbrušenim materialom, ki ga je potrebno ustrezno skladiščiti oz. uporabiti. Uporaba odbrušenega materiala za kurjavo pa predstavlja ekološki problem, saj je le-ta poln lepil, ki v okolje spuščajo prosti formaldehid.

Alternativna metoda brušenju je zmanjšati hrapavost površine že v predhodnjih fazah izdelave ivernih plošč. Z našo raziskavo smo ugotavljali vpliv velikosti iverja na hrapavost površine. LESNA, Tovarna ivernih plošč d.o.o., Otiški vrh, nam je priskrbela iverje iz smrekovega lesa. S sejalno analizo smo iverje najprej analizirali in ugotovili, da je največ iveri velikosti 2 in 1,5 mm. Tako smo dobljeno iverje sortirali na dve različni frakciji. Groba frakcija je vsebovala iveri velikosti od 6,14 do 1,5 mm, fina frakcija pa od 1,27 do 0 mm. En del grobe frakcije smo še dodatno pomleli in dobili zelo fino iverje, drugi del pa smo termično obdelali in na mokro pomleli ter iz tega dobili vlakna. Na razpolago smo tako imeli tri različno grobe frakcije iveri in vlaken, ki smo jih uporabili za zunanje sloje plošč. Ker srednji sloj nima bistvenega vpliva na hrapavost površine, smo zanj uporabili zelo grobo iverje. Izdelali smo tri tipe ivernih plošč in iverno ploščo z vlaknastim zunanjim slojem.

Za merjenje hrapavosti smo izdelali napravo, ki nam je omogočila daljši zajem profila površine in merjenje celih plošč formata 500 x 500 mm. Naprava deluje na principu potovanja igle po površini plošče in merilnega laserja, ki meri razdaljo od laserja do glave igle. Naprava nam je podala zelo natančne rezultate, saj je resolucija zajemanja podatkov 1 μ m. Na vsaki plošči smo opravili po tri meritve na vsaki strani, po dve na robovih in eno na sredini plošče.

Nazadnje smo plošče razrezali na manjše vzorce dimenzij 50 x 50 mm in jim izmerili gostotni profil, ki nam je prikazal porazdelitev prostorninskih mas po prerezu plošče. Na koncu smo dobljene gostotne profile primerjali s hrapavostjo površine ivernih plošč. Ugotovili smo, da je hrapavost površine odvisna od prostorninske mase zunanjega sloja v zunanjih nekaj desetinkah mm. V tem območju se hrapavost površine z večanjem prostorninske mase manjša. Najmanj hrapavo površino smo dobili pri iverni plošči D, ki je bila obdana z vlaknastim slojem. Malo manj gladko površino smo dobili z uporabo pomletega iverja (plošča B), še manj pa gladka pa je bila površina plošče A, ki smo jo izdelali iz iverja velikosti od 0-1,27 mm. Največjo hrapavost smo zasledili pri plošči C, katere zunanji sloj je bil iz zelo grobega iverja. Ugotovili smo tudi, da je hrapavost na spodnji strani plošč manj hrapava kot na zgornji strani. To je posledica padanja finejših iveri proti dnu med natresanjem in prenosom pogače do stiskalnice. Spodnji sloj tako vsebuje več finejšega iverja, površina je bolj zaprta in manj hrapava.

Kljub zelo majhni hrapavosti, ki smo jo dosegli pri uporabi finih frakcij iveri in vlaken ne moremo zagotoviti tako ravne in gladke površine, kot jo dobimo pri brušenju. Poleg majhne hrapavosti moramo zagotoviti tudi ravno površino plošče. Grelne plošče niso dovolj ravne, da bi zagotovile ravno površino plošč. Zato je brušenje kljub doseženi majhni hrapavosti v predhodnih fazah izdelave še vedno potrebno za izravnano površin ivernih plošč.

8 VIRI

1. Accretech (Tokyo Seimitsu), Explanation of surface characteristics – standards.
http://www.accretech.jp/products-en/measuring/sfexplainpdf/download/sfexplainpdf_en.pdf (13. jun. 2006)
2. Bart B. 1989. Vpliv nekaterih tehnoloških parametrov na hrapavost površine trislojne iverne plošče tipa TP 20. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 79 str.
3. Bismarck C. 1979. Flüssigbeschichtung von Möbel-Spanplatten, Oberflächeneigenschaften der Rohplatten, Prüfmethode, Applikationen, Bewertung der Beschichtung. Holz als Roh- und Werkstoff, 37, 1: 9-15
4. Čermak M. 1985. Tehnologija tvoriv, Furnirji in plošče. Ljubljana, Lesarska založba: 224 str.
5. Deppe H.J.K., Ernst K. 1963. Zur Messung der Oberfläche von Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 21, 4: 129-132
6. Gladek J. 1997. Vpliv mehanske obdelave in klimatskih sprememb na hrapavost površine ivernih plošč. Višješolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 77 str.
7. Isel Automation. From components to systems, Ball Screw Feed Axis.
<http://www.iselautomation.de/products/product.php?lang=en&ID=p39> (10. okt. 2006)
8. Iskra E. 1995. Vpliv časa kondicioniranja in zrnatosti uporabljenih brusnih papirjev na hrapavost površine MDF vlaknene plošče. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 105 str.

9. Jaić M., Senić R. 1989. Raziskave na področju kvalitete površine lesnih plošč. Les, 9-10: 257-261
10. Kehr E. 1963. Zur Verbesserung der Oberflächengüte von Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 21, 7: 295-304
11. Medved S. 1999. Vpliv lesne vrste na hrapavost zunanjega sloja in prostorninsko maso brušenih ivernih plošč. Les, 51, 5: 125-130
12. Medved S. 2006. »Nadmera pri brušenju ivernih plošč«. sergej.medved@bf.uni-lj.si (osebni vir, sept. 2006)
13. Medved S., Pirkmaier S. 2000. Praktikum za preizkušanje lesnih tvoriv iz dezintegriranega lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.
14. Medved S., Pirkmaier S., Mihevc V. 1997. Vpliv uporabljenih drevesnih vrst na hrapavost površine ivernih plošč. Les, 49, 10: 285-291
15. Rajković-Jirouš V. 1993. Utjecaj zatupljenosti brusne trake na hrapavost brušenih površina. Drvna industrija, 44, 2: 47-51
16. Saljé E. 1988. Jahrbuch, Schleifen, Honen, Läppen und Polieren, Verfahren und Maschinen, 55. Ausgabe., Essen, Vulkan-Verlag: 600 str.
17. Taylor Hobson Precision. FAQ, Surface Texture parameters.
<http://www.taylor-hobson.com/faqsurfacedetail.asp?faqid=71#rmr> (10. okt. 2006)

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu za vodenje in pomoč pri izdelavi vzorcev ivernih plošč in naloge, doc. dr. Bojanu Bučarju za vodenje in pomoč pri konstruiranju naprave za merjenje hrapavosti, merjenju hrapavosti in recenzijo diplomske naloge. Zahvala gre tudi mojim staršem, ki so mi omogočili študij.

PRILOGE

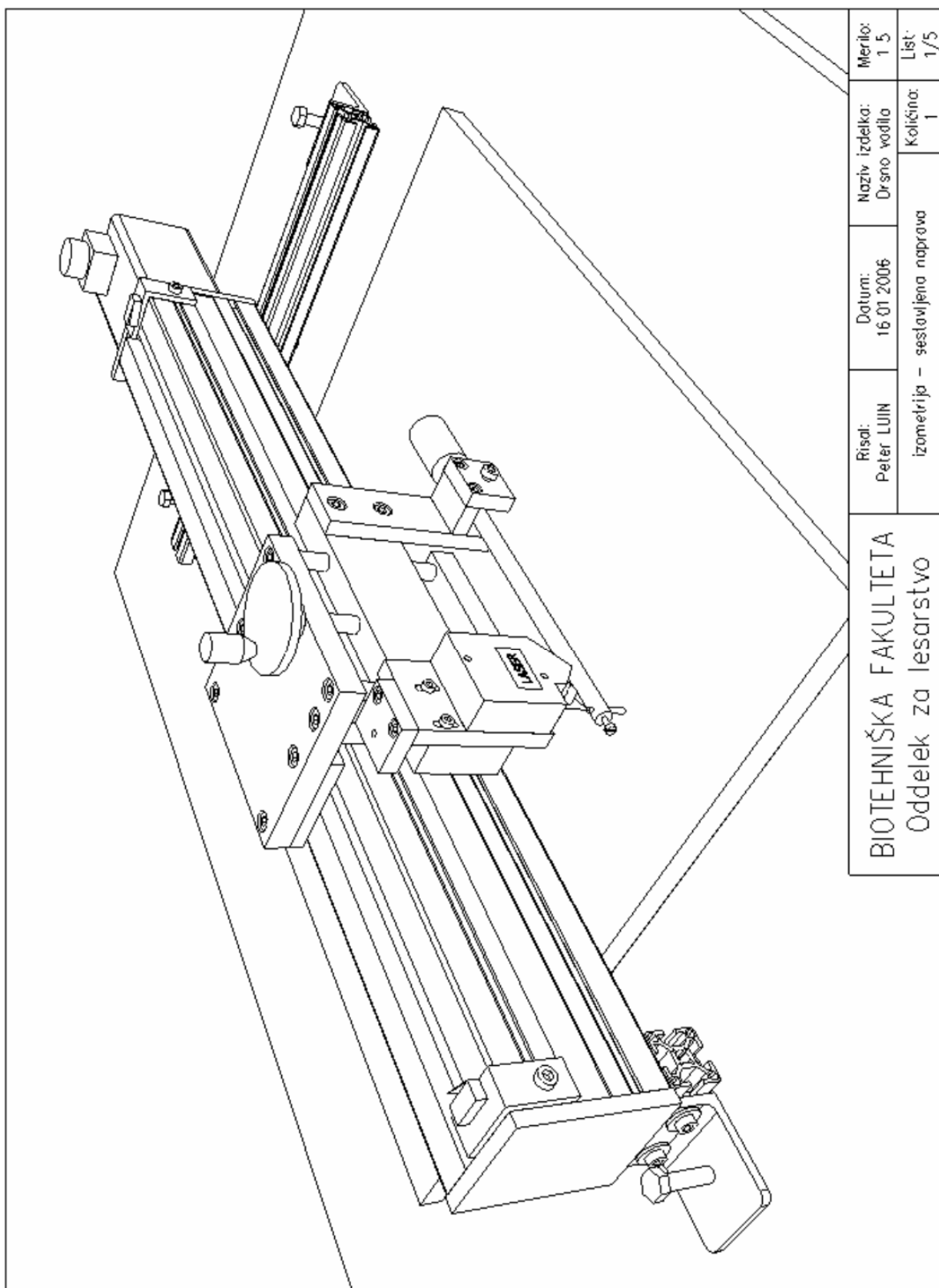
Priloga A1: Povprečne mase iverja na posameznih sitih

Št.	Velikost odprtín sita [mm]								
poskusa	6,14	4,00	2,00	1,50	1,27	1,00	0,60	0,24	0,00
1.	0,06	1,43	28,33	19,01	11,67	12,31	16,12	8,73	2,72
2.	0,00	1,50	25,91	18,85	11,76	12,97	17,37	9,00	2,50
3.	0,00	1,94	28,12	18,83	11,41	12,65	16,15	8,27	2,53
4.	0,00	1,38	27,05	18,94	12,16	13,00	17,06	7,64	2,03
5.	0,06	1,46	27,88	18,79	11,42	12,16	16,67	8,84	2,62
6.	0,00	1,15	21,00	17,86	12,26	14,23	19,81	10,43	3,08
7.	0,03	1,82	25,99	19,10	12,00	12,62	17,17	8,64	2,54
8.	0,16	1,74	28,73	20,11	12,88	12,17	15,42	7,41	2,32
9.	0,00	1,22	20,29	17,52	12,64	14,43	20,64	10,27	2,90
10.	0,04	2,42	32,90	19,67	10,90	11,12	13,56	6,76	2,43
Povprečna masa [g]	0,04	1,61	26,62	18,82	11,91	12,77	17,00	8,60	2,57

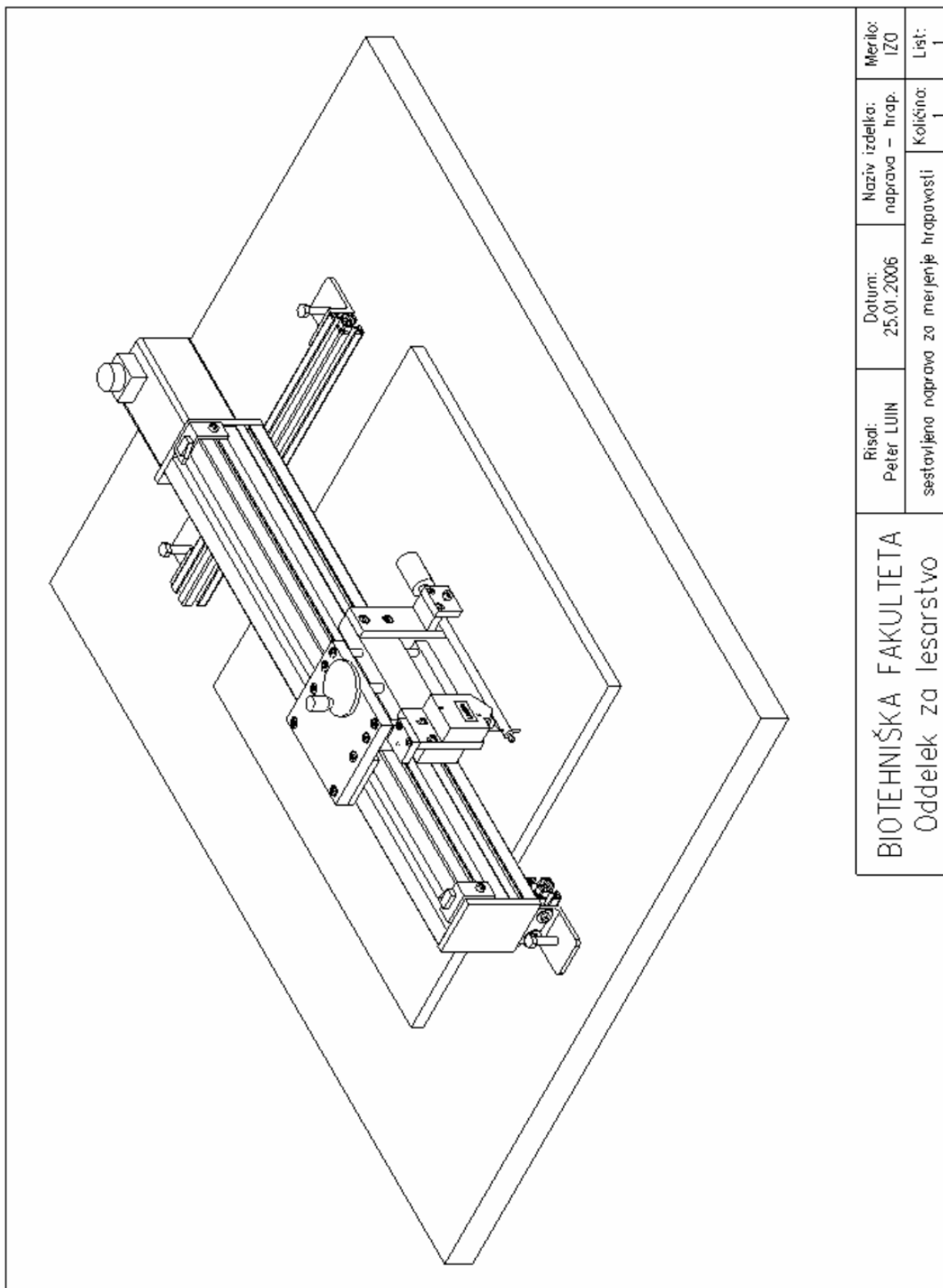
Priloga B1: Priprava materiala

Plošča	A1, A2		B1, B2		C1, C2		D	
Sloj	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]	Srednji sloj [g]	Zunanji sloj [g]
Material								
Iverje	1486,97	990,14	1481,09	998,96	1477,86	985,83	1548,23	4647,78
Lepilo	168,25	171,98	168,25	171,98	168,25	171,98	176,22	0,00
Parafin	24,49	16,33	24,49	16,33	24,49	16,33	25,65	0,00
Utrjevalec	20,20	0,00	20,20	0,00	20,20	0,00	21,16	0,00
Voda	37,81	66,82	43,68	58,00	46,92	71,13	0,00	-3488,40
Skupaj	1737,71	1245,27	1737,71	1245,27	1737,71	1245,27	1771,27	1159,38
Zahteve								
Iverje	1737,71	622,63	1737,71	622,63	1737,71	622,63	1771,27	2323,90
Priprava materiala za 2,5 plošč								
Iverje	3717,43	2475,35	3702,74	2497,39	3694,66	2464,57	3870,59	11619,45
Lepilo	420,61	429,96	420,61	429,96	420,61	429,96	440,55	0,00
Parafin	61,22	40,82	61,22	40,82	61,22	40,82	64,13	0,00
Utrjevalec	50,51	0,00	50,51	0,00	50,51	0,00	52,90	0,00
Voda	94,51	167,04	109,21	145,00	117,29	177,82	0,00	-8721,00
Skupaj	4344,29	3113,16	4344,29	3113,16	4344,29	3113,16	4428,17	2898,45

Priloga C1: Perspektivni pogled - naprava za merjenje hrapavosti

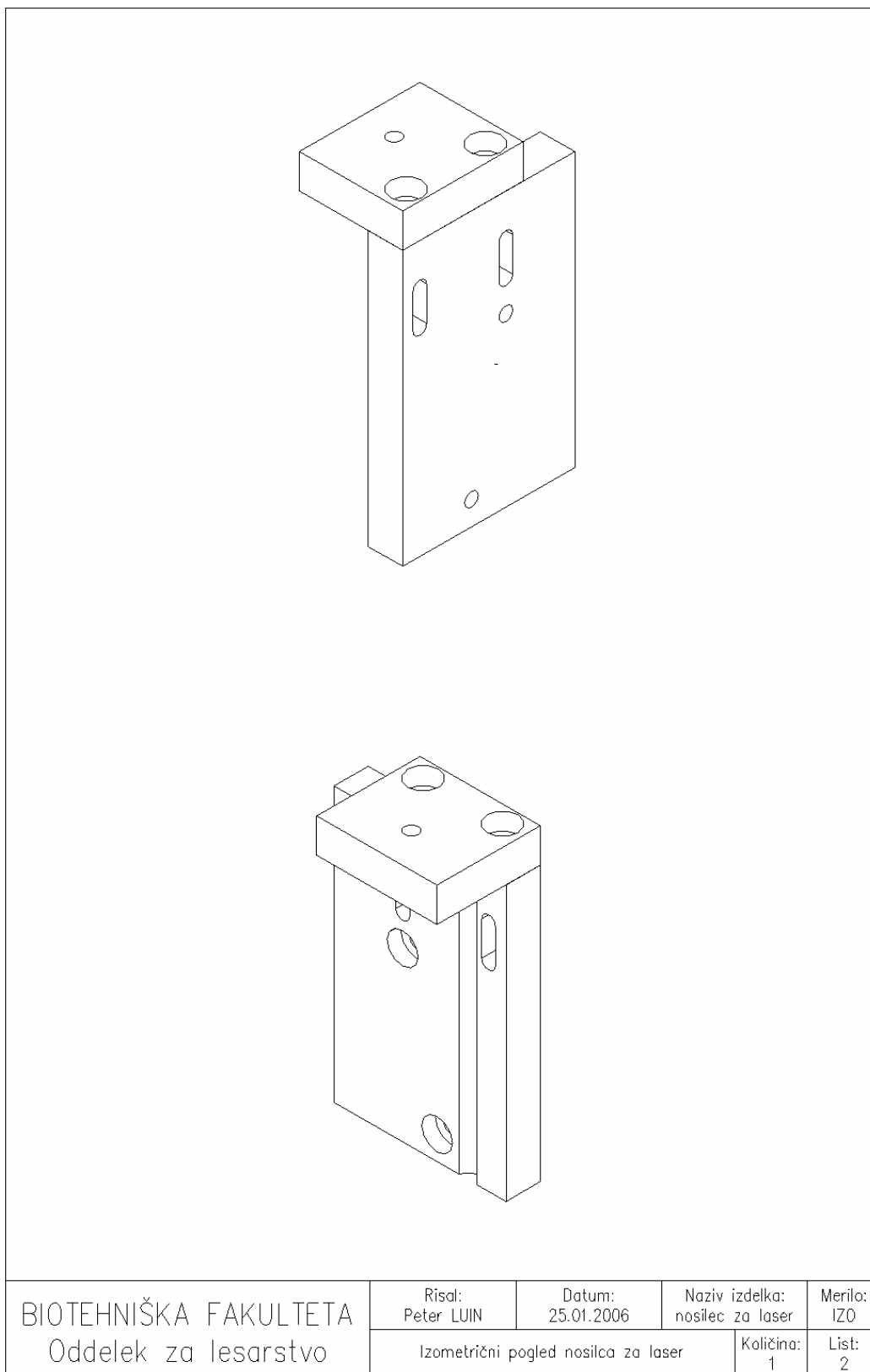


Priloga C2: Izometrični pogled - naprava za merjenje hrapavosti

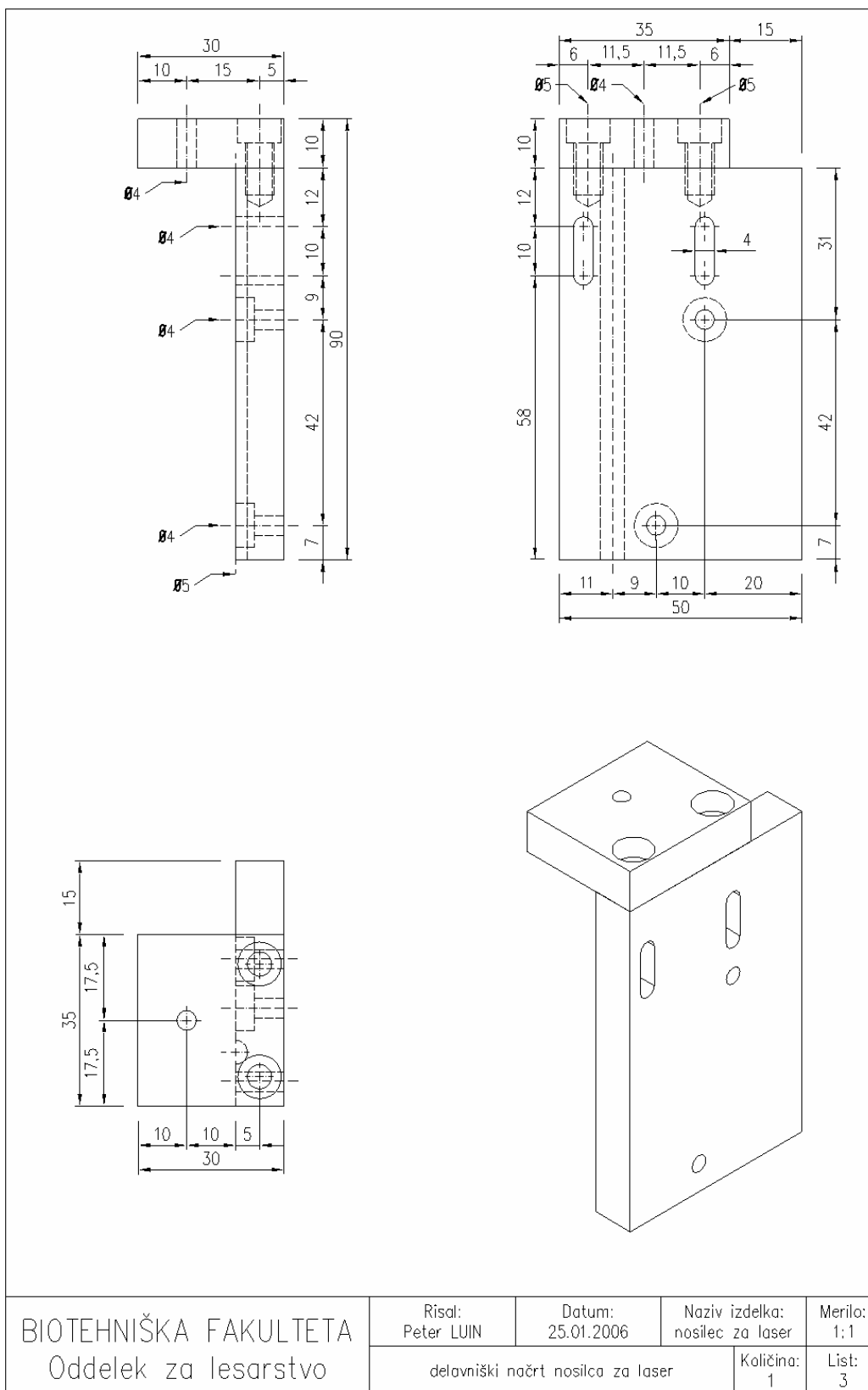


BIOTEHNIŠKA FAKULTETA Oddelek za lesarstvo	Risal:	Datum:	Naziv izdelka:	Merilo:
	Peter LUIN	25.01.2006		
sestavljena naprava za merjenje hrapavosti			naprava – hrap.	IZO
			Količina:	List:
			1	1

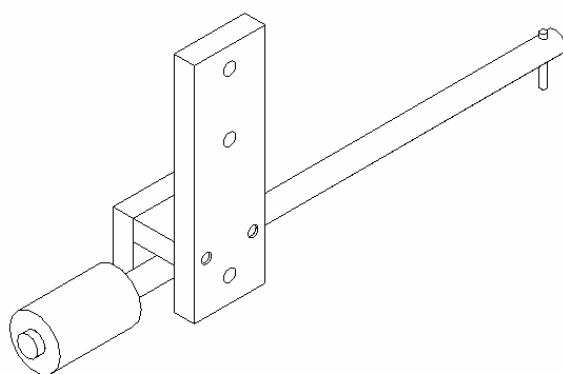
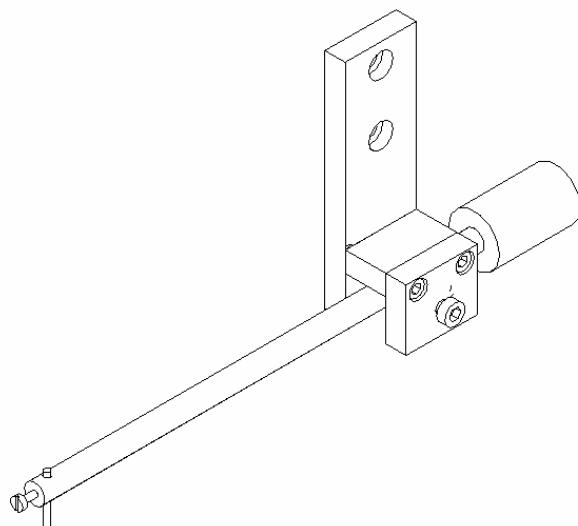
Priloga C3: Izometrični pogled – nosilec laserja



Priloga C4: Delavniški načrt – nosilec laserja



Priloga C5: Izometrični pogled – nihalni mehanizem



BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
Oddelek za lesarstvo

Risal:
Peter LUIN

Datum:
25.01.2006

Naziv izdelka:
nihajni mehanizem

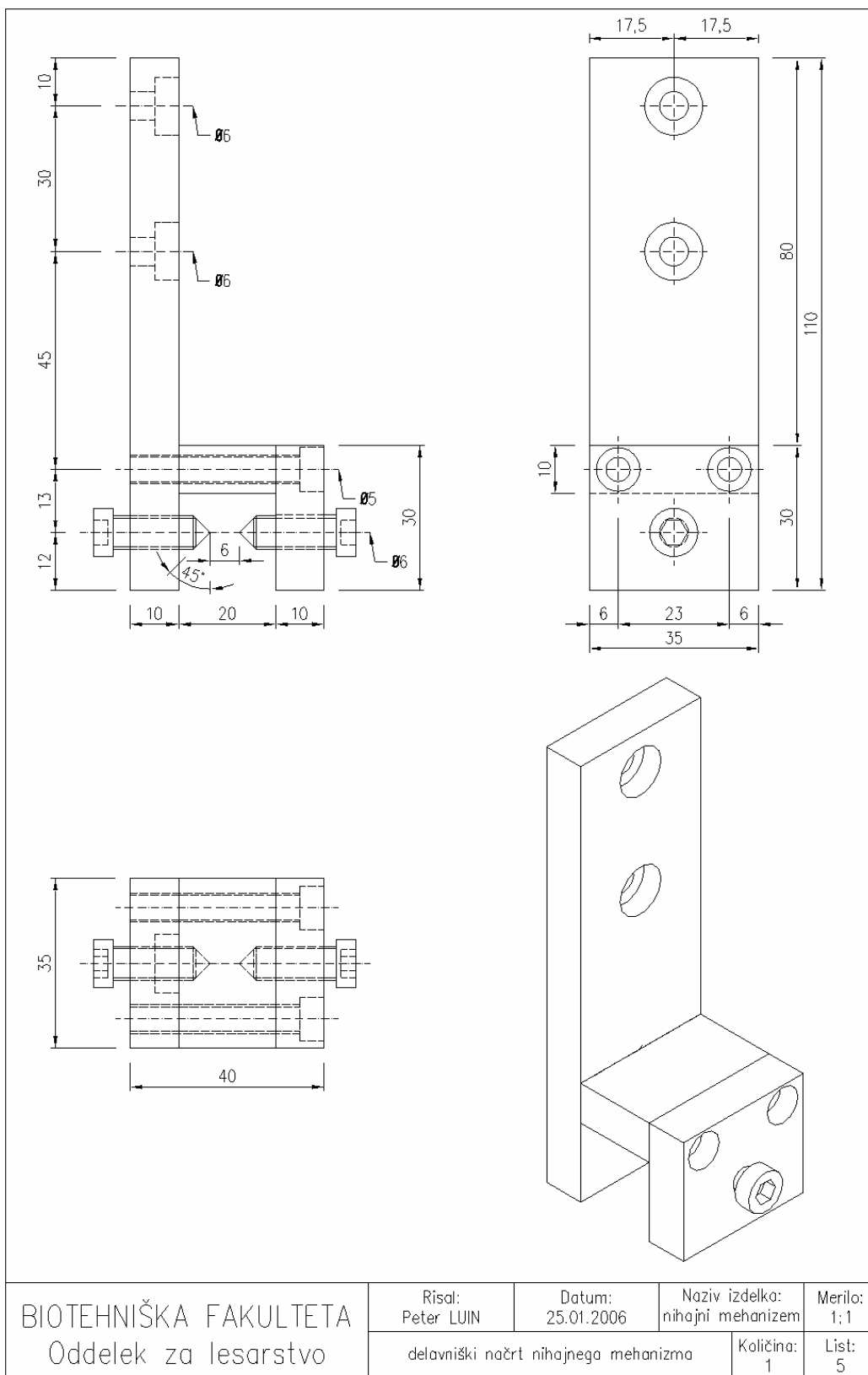
Merilo:
IZO

izometrični pogled nihajnega mehanizma

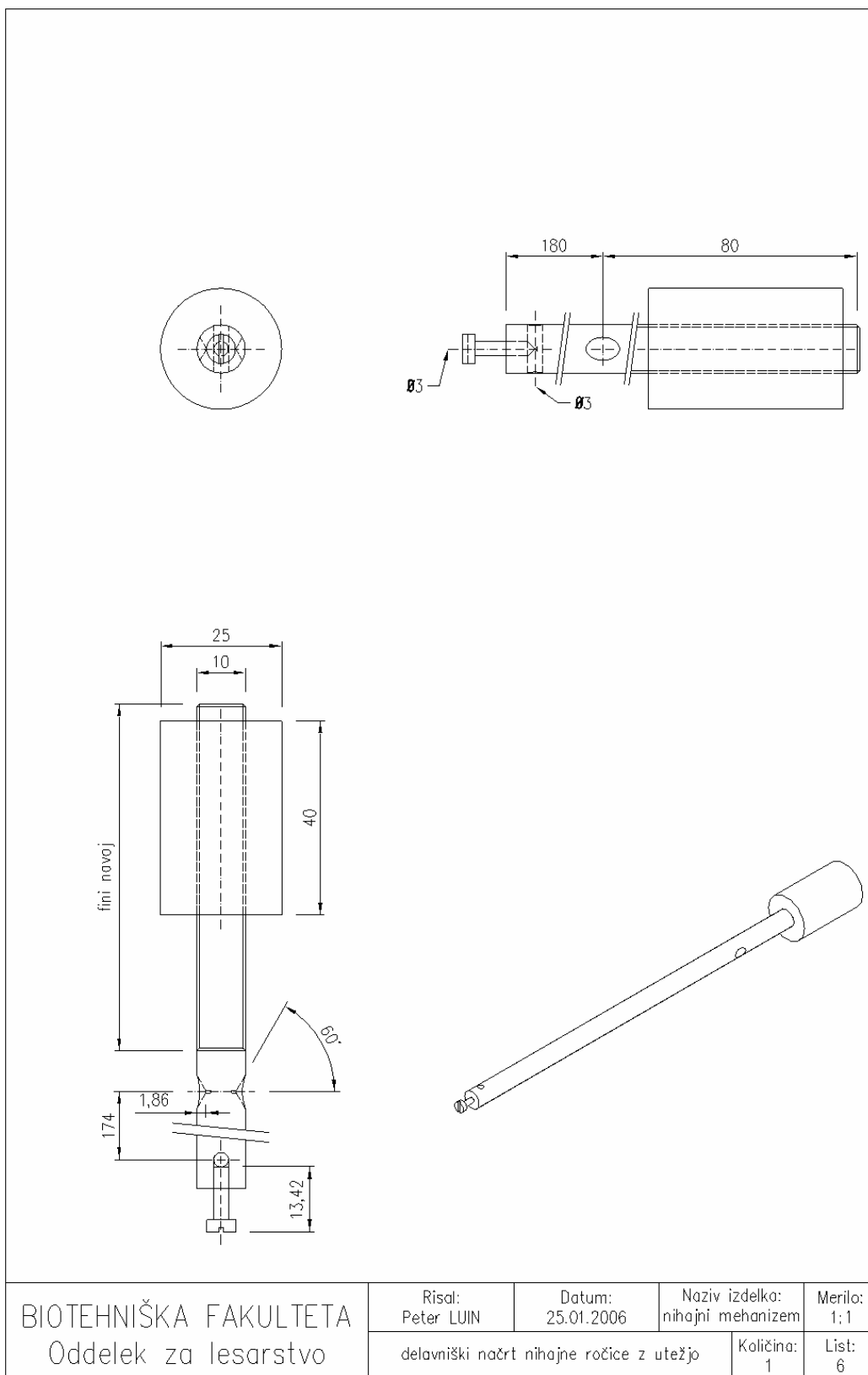
Količina:
1

List:
4

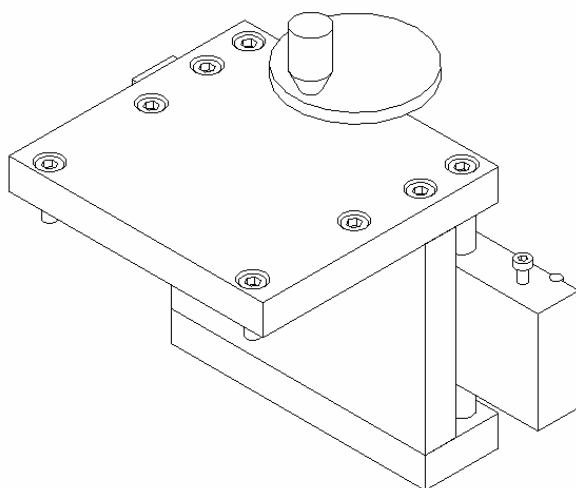
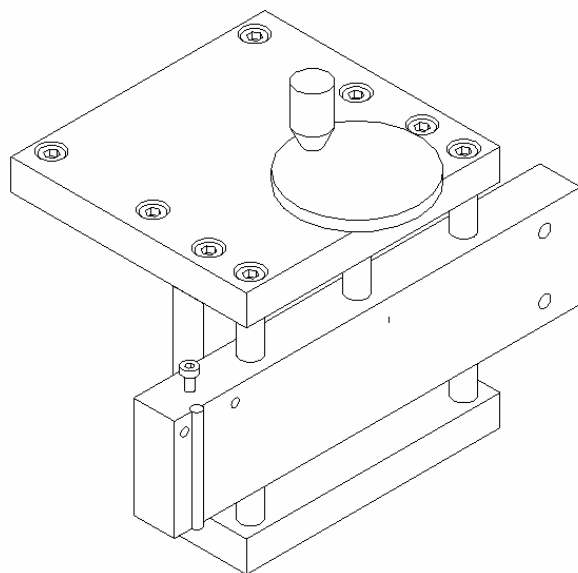
Priloga C6: Delavniški načrt – nosilec nihalne ročice



Priloga C7: Delavniški načrt – sistem z iglo in protiutežjo



Priloga C8: Izometrični pogled – dvižni mehanizem



BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
Oddelek za lesarstvo

Risal:
Peter LUIN

Datum:
25.01.2006

Naziv izdelka:
drsni suport

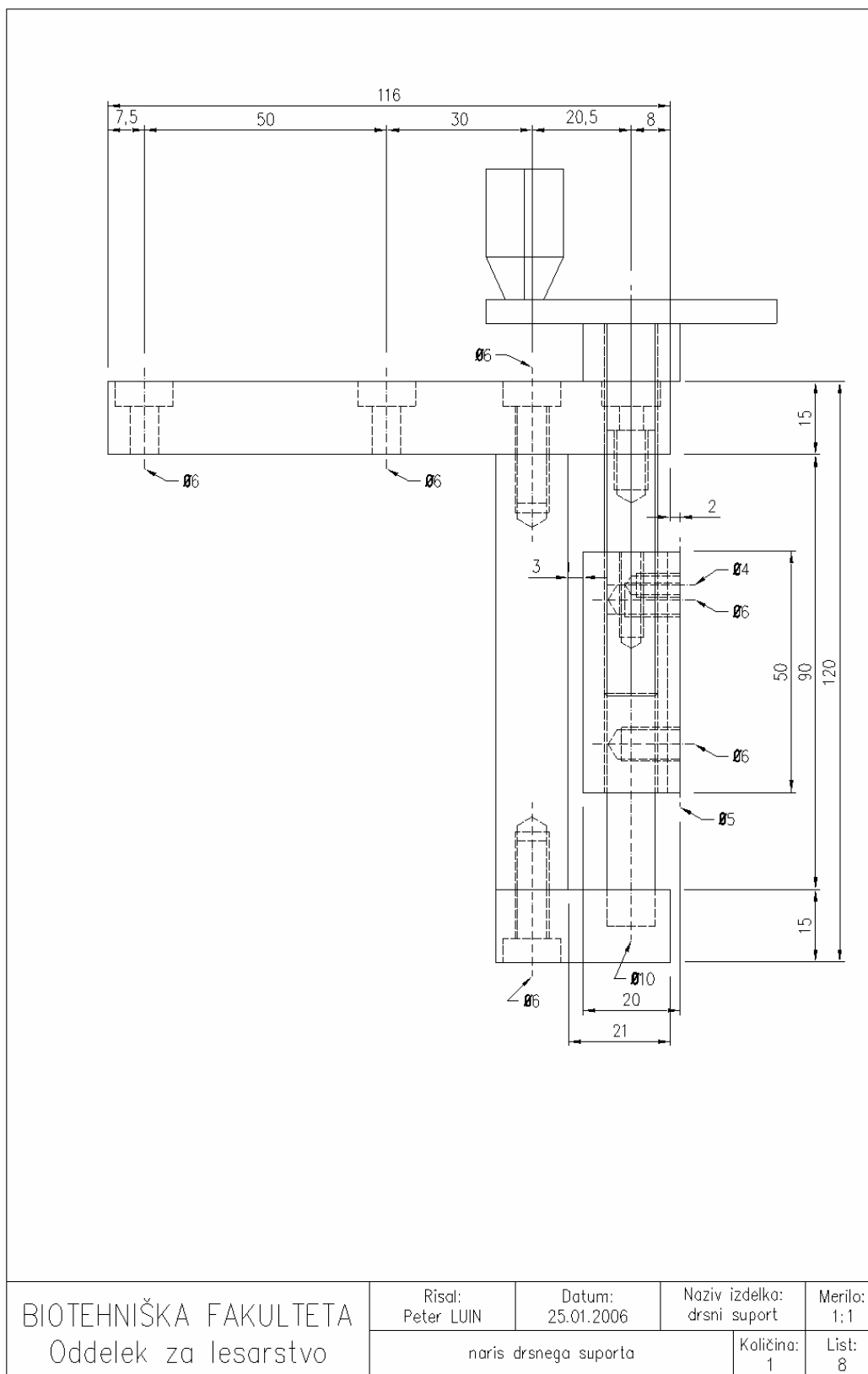
Merilo:
IZO

izometrični pogled drsnega suporta

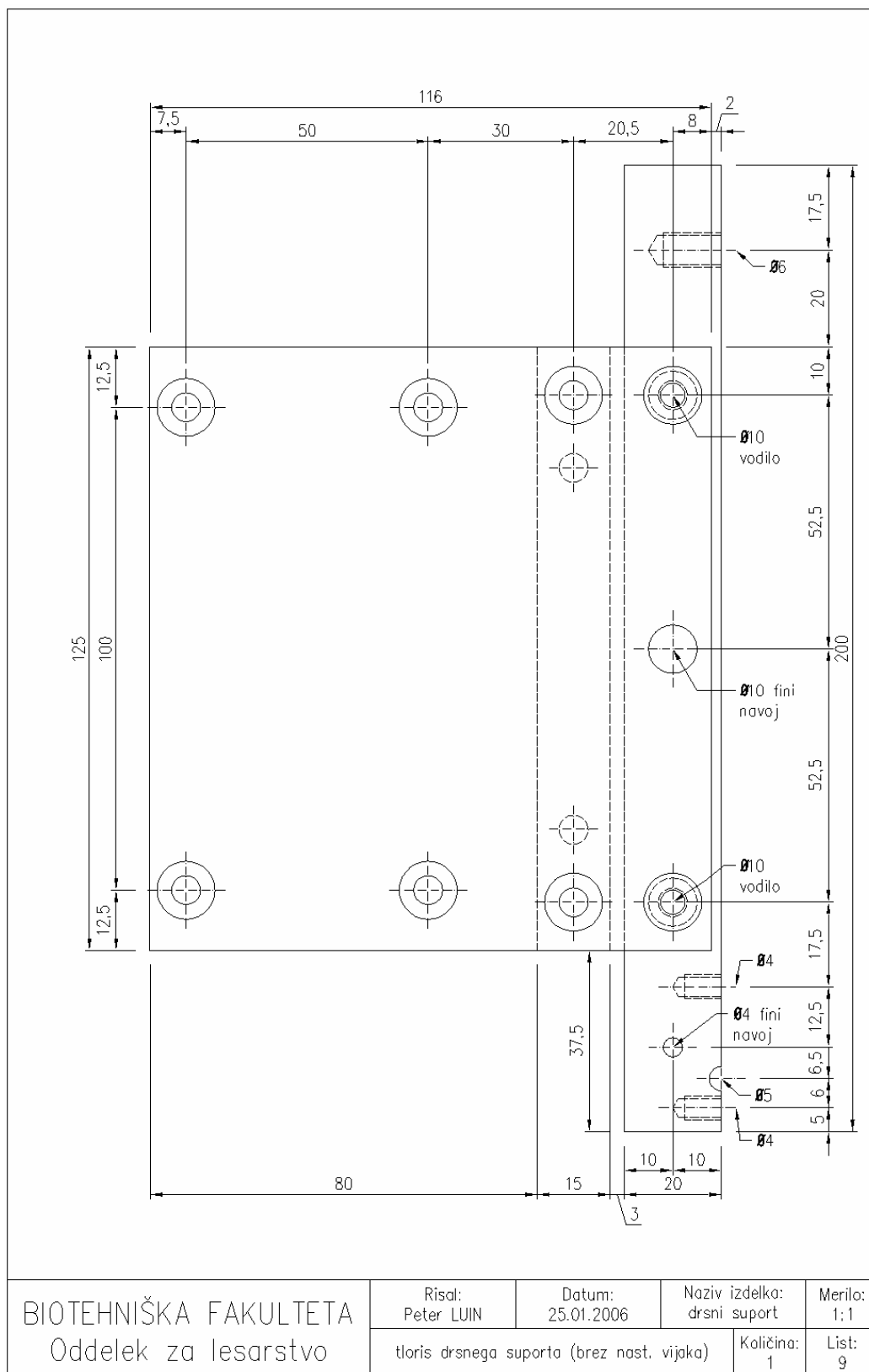
Količina:
1

List:
7

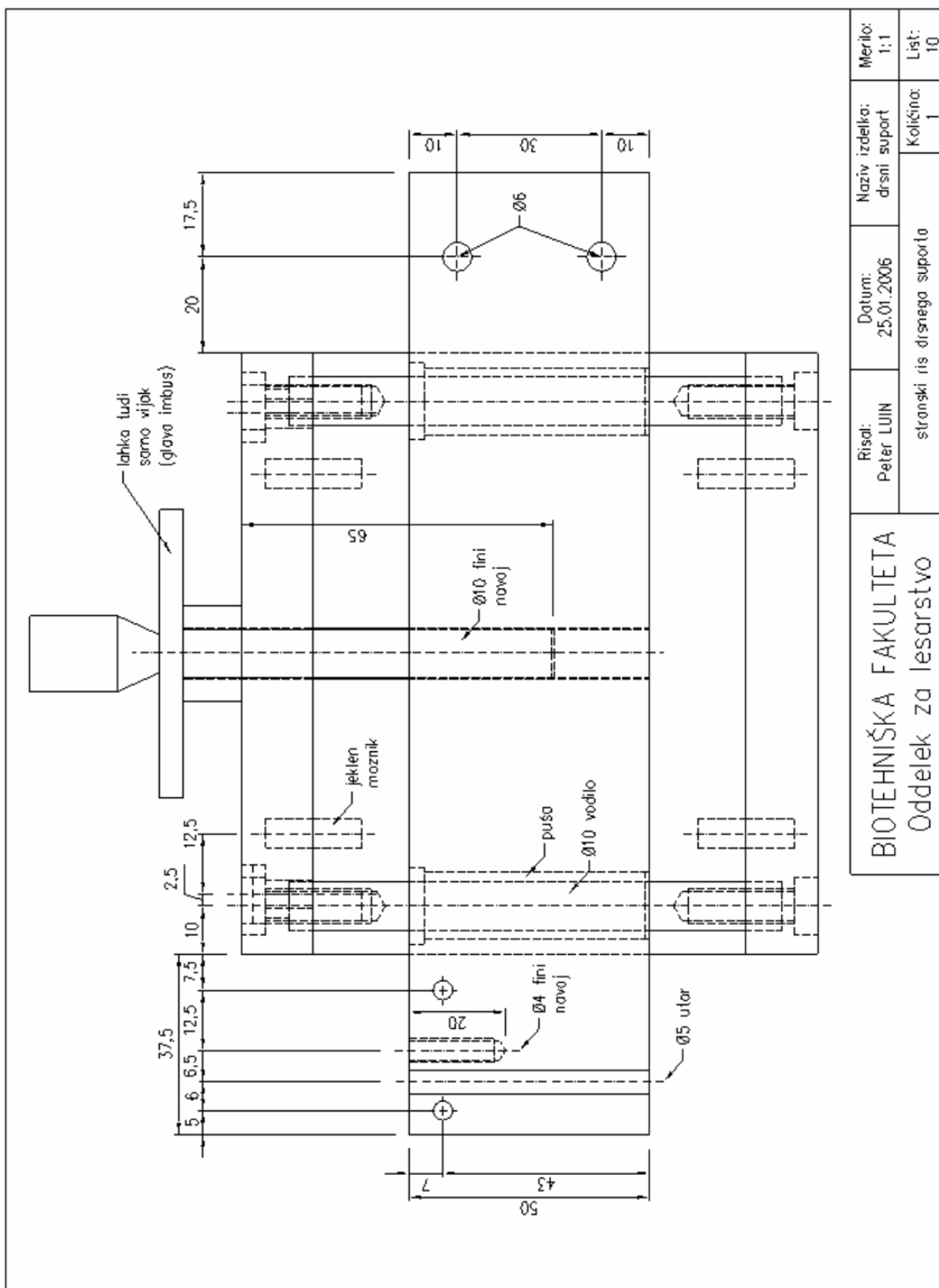
Priloga C9: Delavniški načrt – dvižni mehanizem – naris



Priloga C10: Delavniški načrt – dvižni mehanizem – tloris

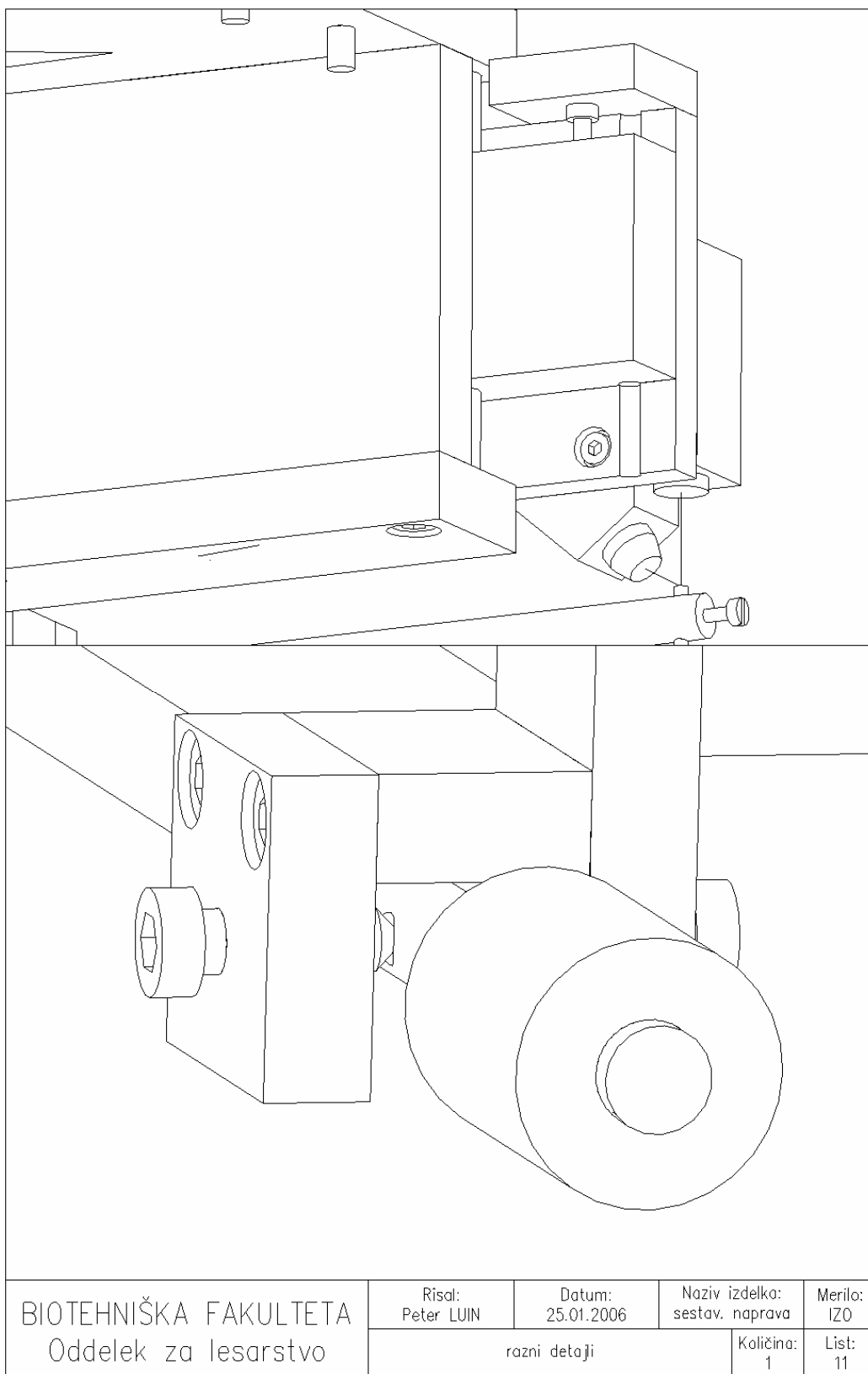


Priloga C11: Delavniški načrt – dvižni mehanizem – stranski ris

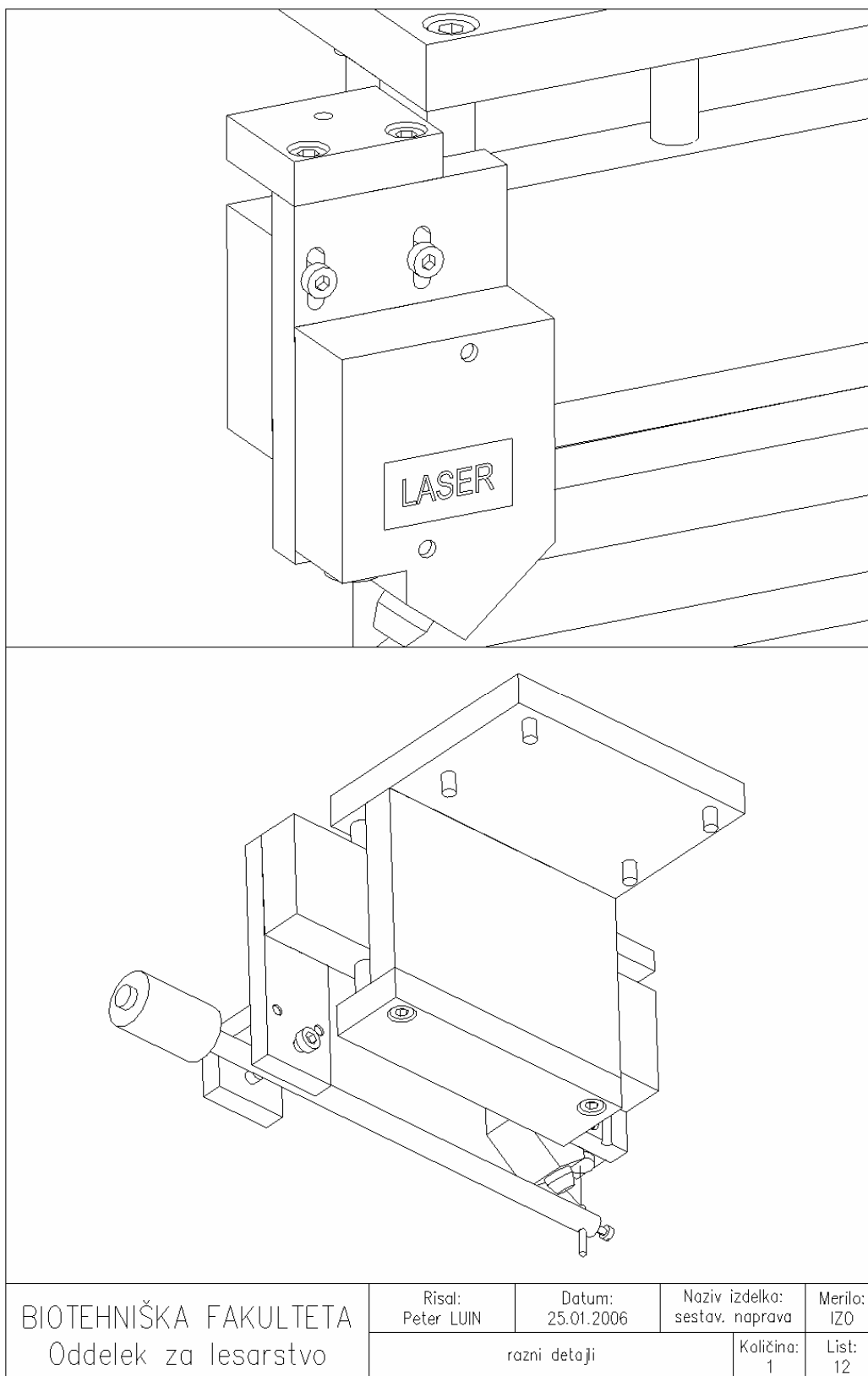


BIOTEHNIŠKA FAKULTETA Oddelek za lesarstvo	Risal: Peter LUIN	Datum: 25.01.2006	Naziv izdelka: drveni suport	Merilo: 1:1
	stranski ris drsnega supporta		Količina: 1	List: 10

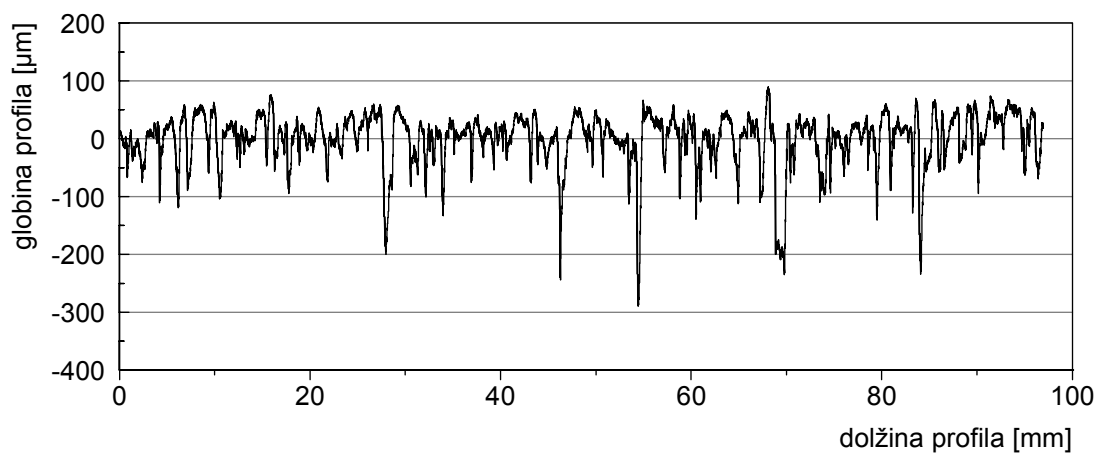
Priloga C12: Izometrični pogled – sestav 1



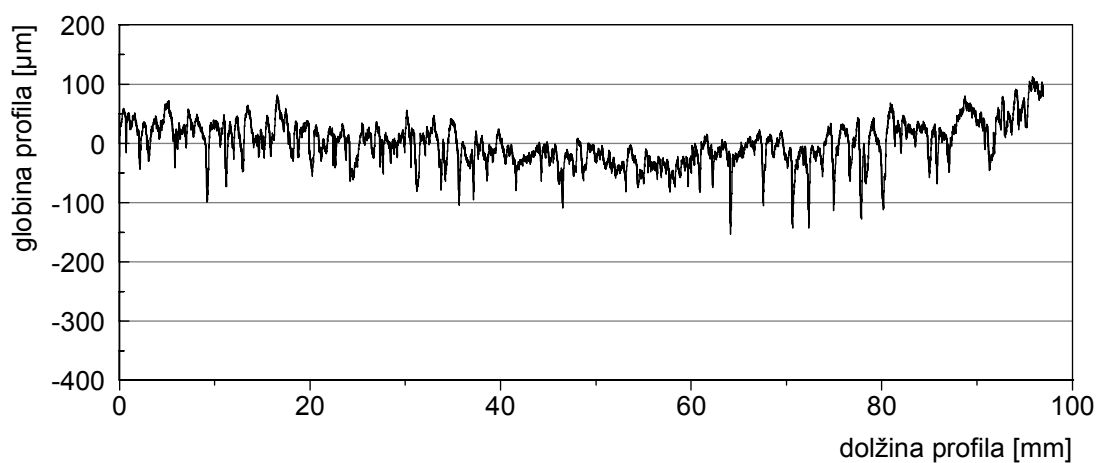
Priloga C13: Izometrični pogled – sestav 2



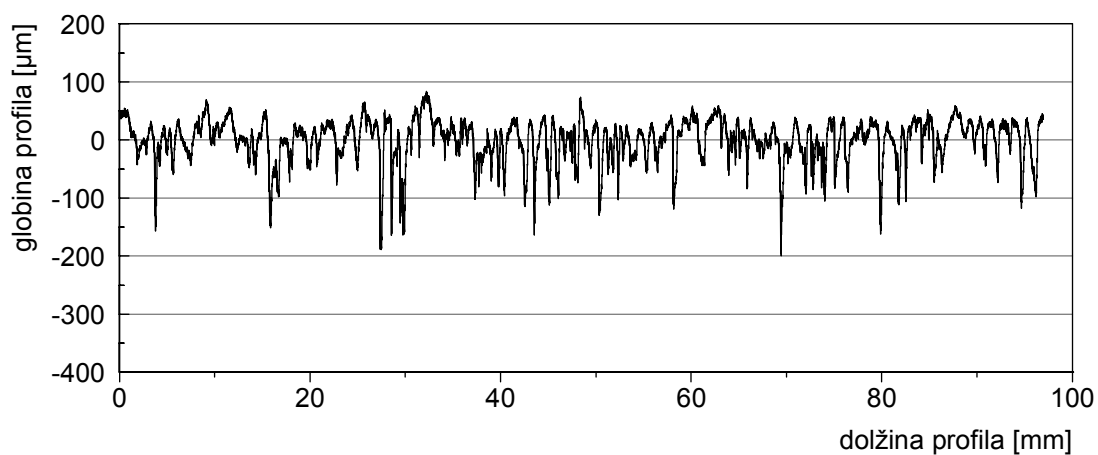
Priloga D1: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A1, zgornja stran, meritev 3)



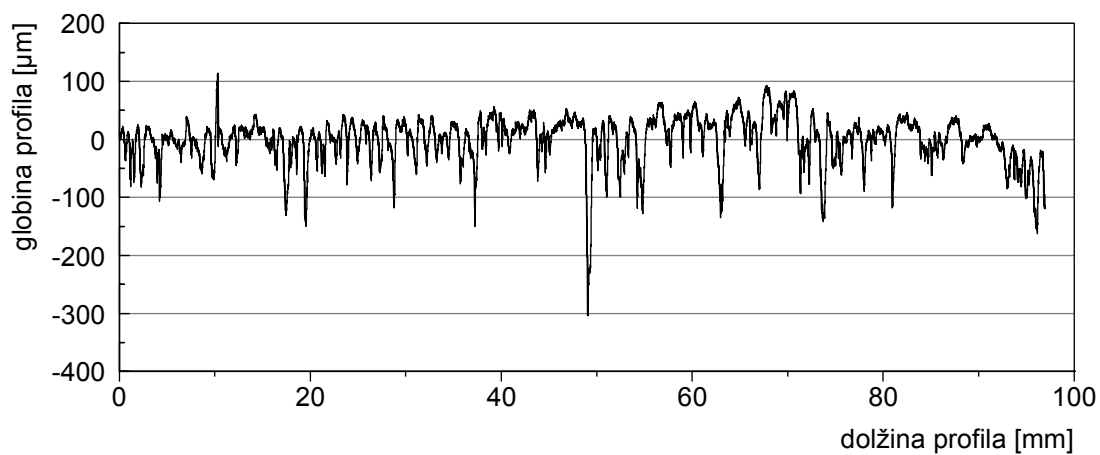
Priloga D2: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A2, zgornja stran, meritev 3)



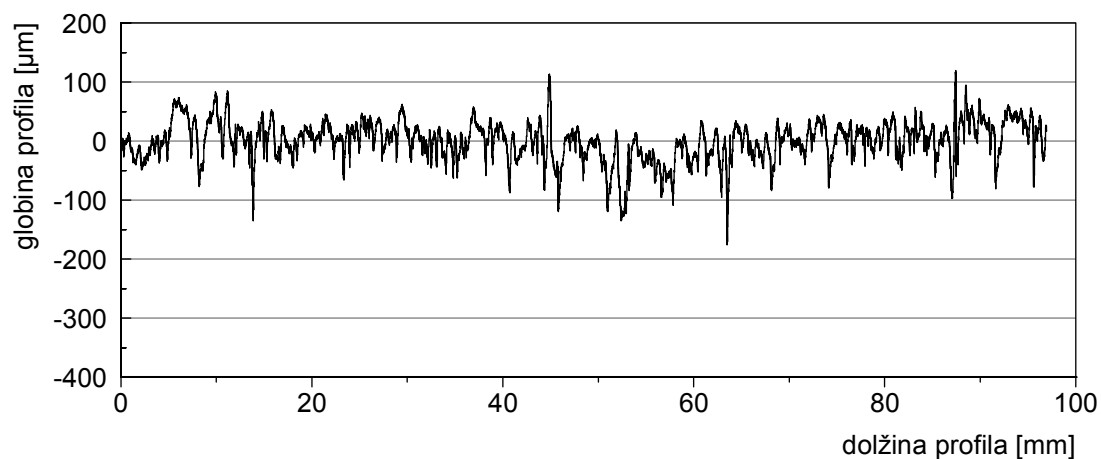
Priloga D3: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča A2, spodnja stran, meritev 3)



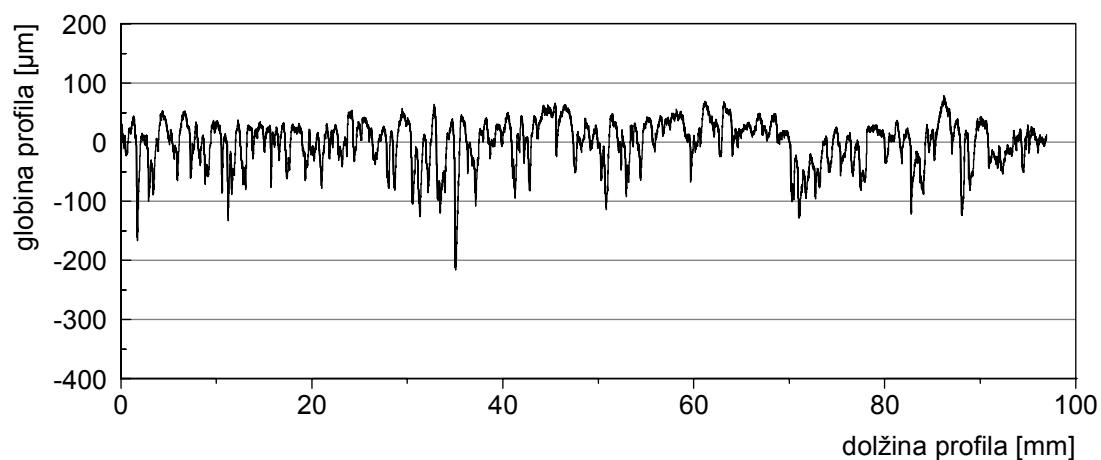
Priloga D4: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B1, zgornja stran, meritev 3)



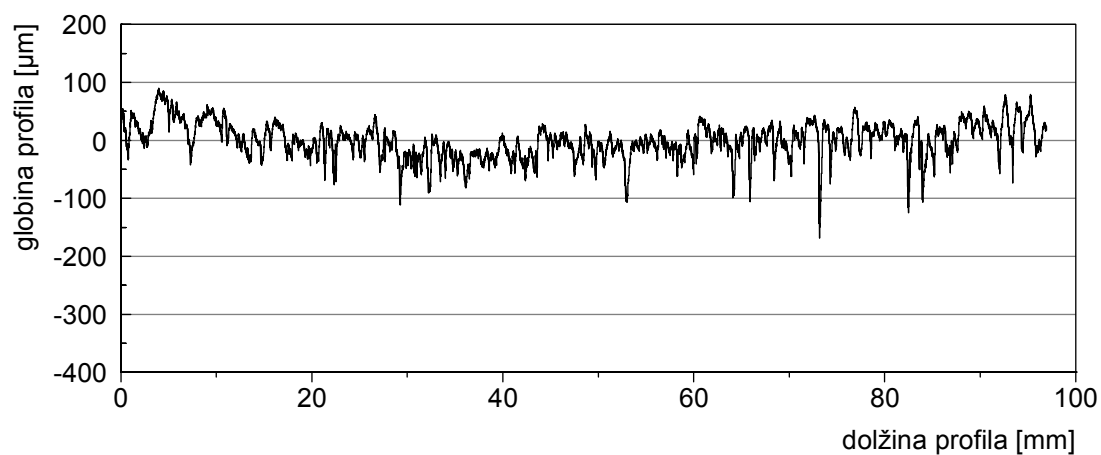
Priloga D5: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B1, spodnja stran, meritev 3)



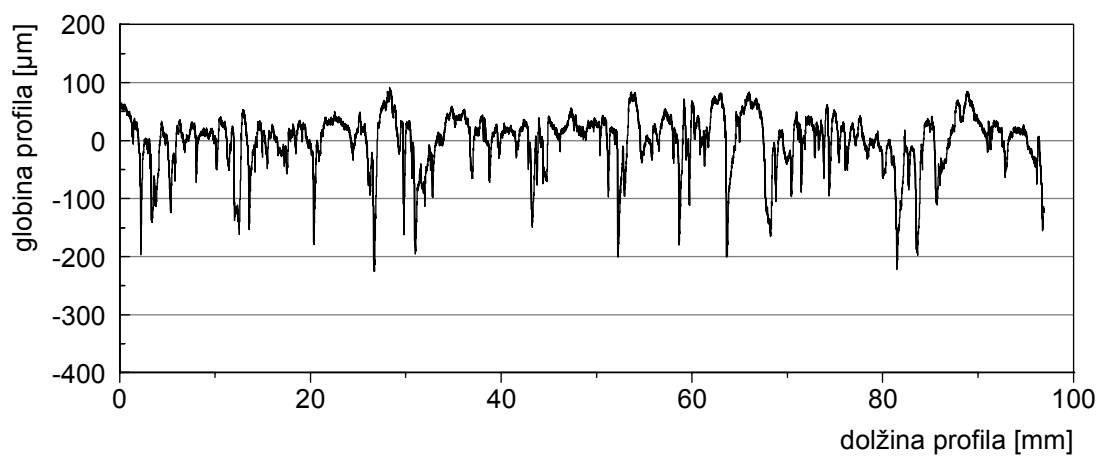
Priloga D6: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B2, zgornja stran, meritev 3)



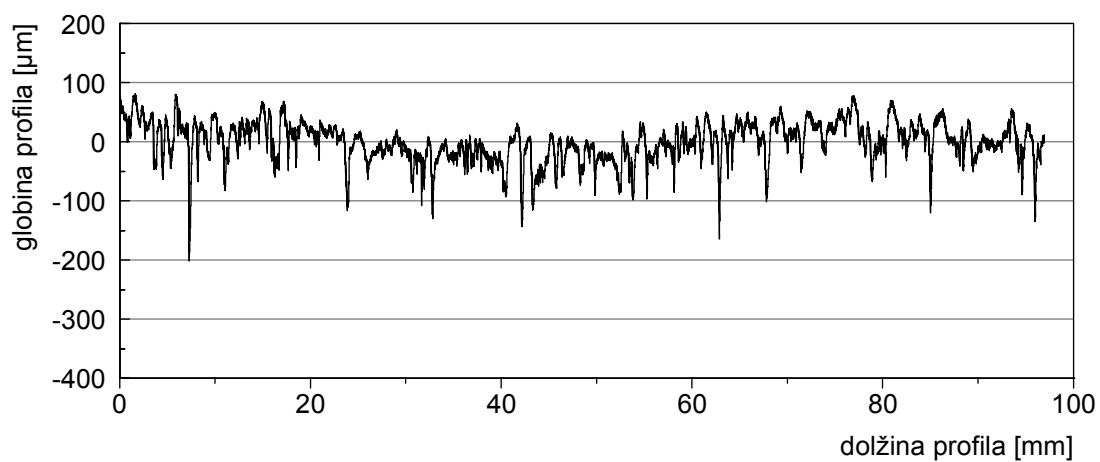
Priloga D7: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča B2, spodnja stran, meritev 3)



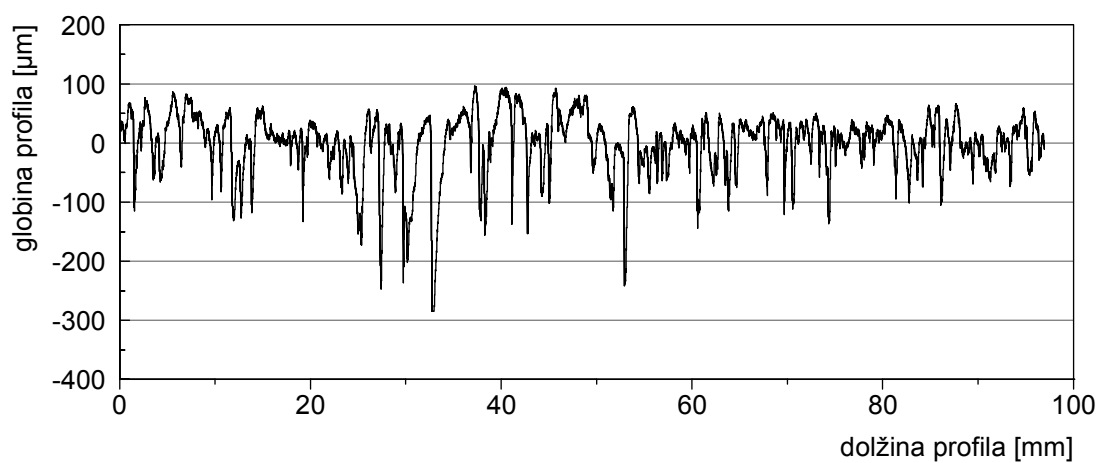
Priloga D8: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C1, zgornja stran, meritev 3)



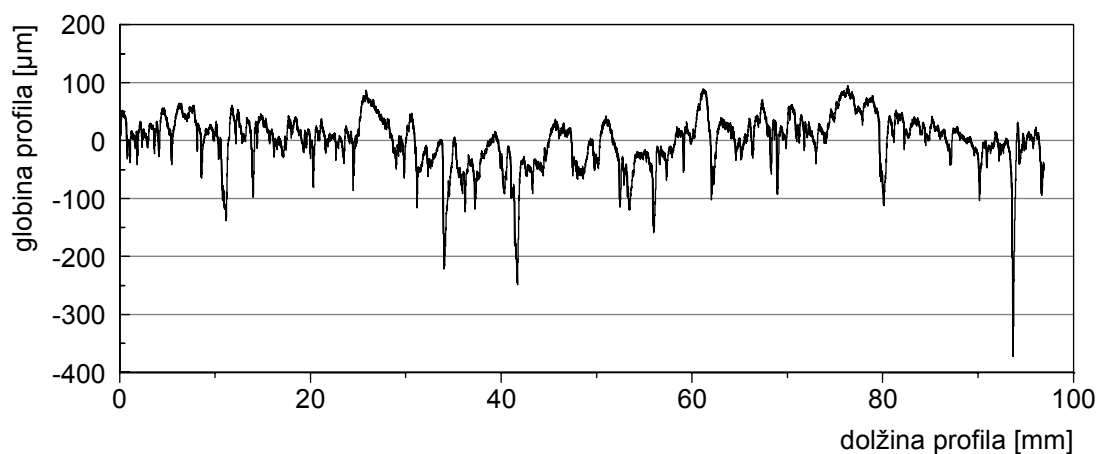
Priloga D9: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C1, spodnja stran, meritev 3)



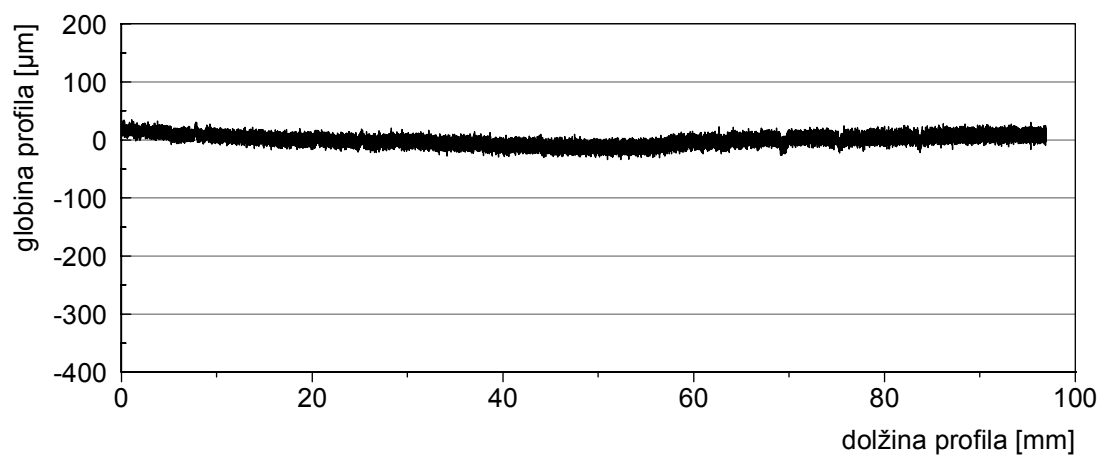
Priloga D10: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C2, zgornja stran, meritev 3)



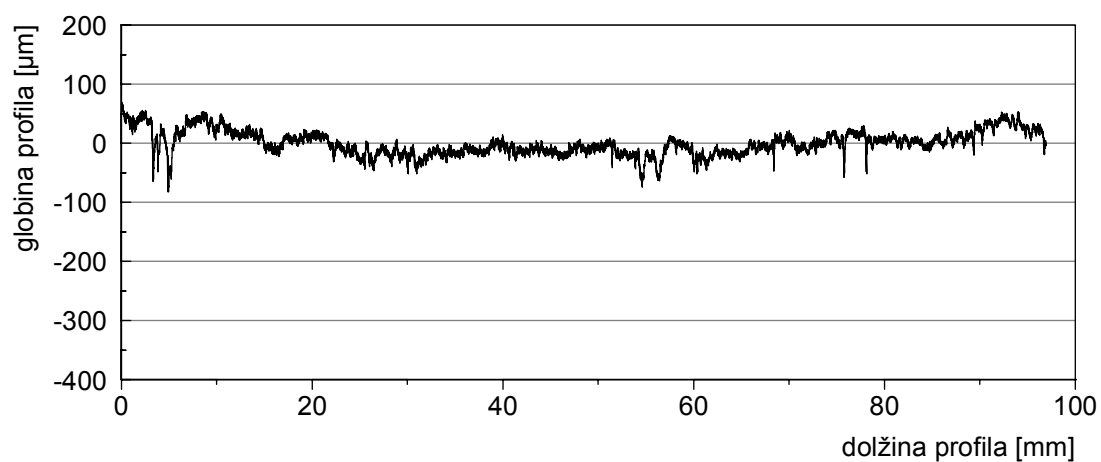
Priloga D11: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča C2, spodnja stran, meritev 3)



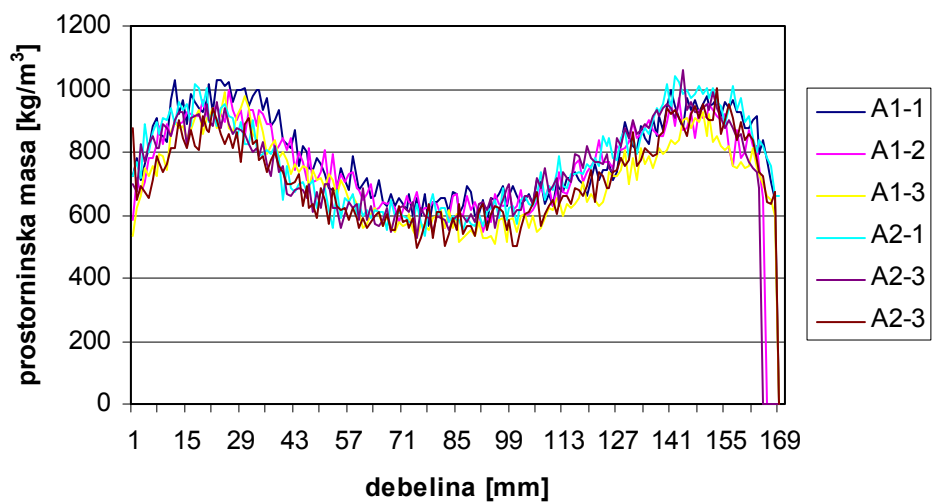
Priloga D12: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča D, zgornja stran, meritev 3)



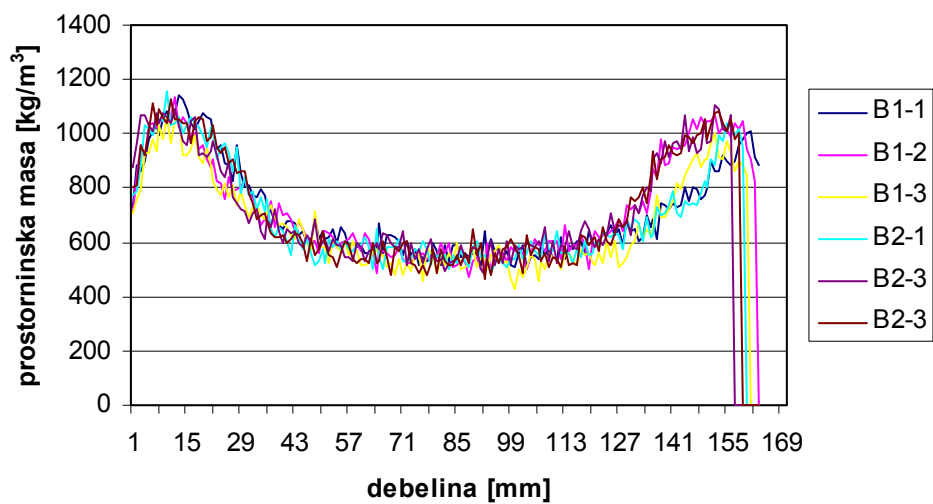
Priloga D13: Prikaz profila v zajemu 100 mm (plošča D, spodnja stran, meritev 3)



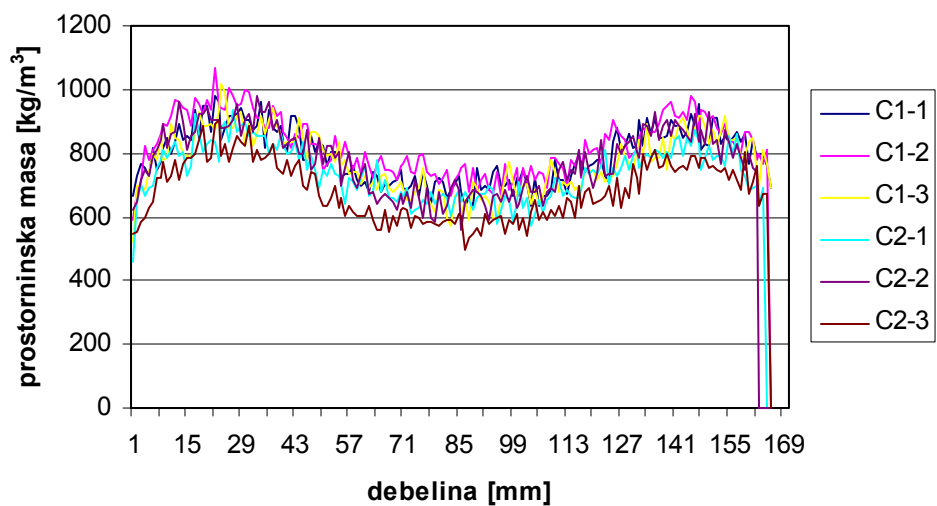
Priloga E1: Prikaz profila prostorninskih mas plošč A1 in A2



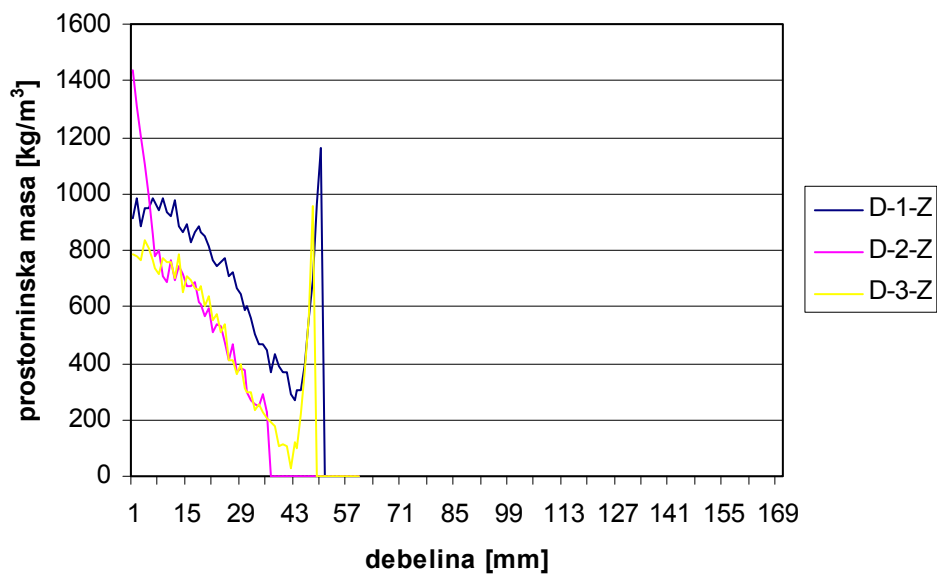
Priloga E2: Prikaz profila prostorninskih mas plošč B1 in B2



Priloga E3: Prikaz profila prostorninskih mas plošč C1 in C2



Priloga E4: Prikaz profila prostorninskih mas plošče D, zgornja stran



Priloga E5: Prikaz profila prostorninskih mas plošče D, spodnja stran

