

UDK: 630\*862.2

Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Paper)

# Določanje velikosti lesnih iveri

*Determination of wood particles size*

Sergej MEDVED\*

## Izleček

V članku bomo predstavili različne metode določanja velikosti iverja, njihove prednosti in pomanjkljivosti ter podatke o velikosti iverja različnih lesnih vrst, dobljenih z opisanimi metodami. Velikost iverja smo določali štirim lesnim vrstam, in sicer iverju smreke (*Picea abies* Karst. L.), bukve (*Fagus silvatica* L.), hrsta (*Quercus robur* L.) in topola (*Populus nigra* L.). Velikost iverja smo določali s sejalno analizo, merjenjem z mikrometrom, s slikovno analizo in z absorpcijsko metodo. Najhitrejša metoda določanja geometrije je sejalna analiza, vendar s to metodo dobimo tudi najbolj pomanjkljive podatke. Najbolj primerna je slikovna analiza, saj pri tej metodi dobimo največ informacij o geometriji iverja. Primerni metodi sta tudi merjenje z mikrometrom in absorpcijska metoda, vendar je merjenje z mikrometrom prepočasno, pri absorpcijski metodi pa kot podatek dobimo samo specifično površino iverja. Ugotovili smo, da se z manjšanjem odprtine sita manjša tudi debelina iverja, večata pa se specifična površina in vitkost iverja. Ugotovili smo, da se z večanjem prostorninske mase uporabljene vrste lesa večja debelina iverja, manjšata pa se specifična površina in vitkost iverja. Z večanjem debeline iverja se specifična površina in vitkost iverja manjšata.

**Ključne besede:** iverje, debelina iverja, specifična površina iverja, vitkost iverja, sejalna analiza, merjenje z mikrometrom, slikovna analiza, absorpcijska metoda

## 1. UVOD

V zadnjih letih v svetu izdelajo največ trislojnih ivernih plošč, ki so sestavljene iz dveh zunanjih in enega srednjega sloja. Srednji sloj sestavlja predvsem bolj grobo iverje debeline med 0,4 in 0,8 mm, zunanji sloj pa bolj fino iverje debeline med 0,1 in 0,3 mm.

Lastnosti ivernih plošč (upogibna trdnost, modul elastičnosti, razslojna trd-

nost in debelinski nabrek) so odvisne tako od parametrov izdelave plošč (oblepljanje, natres, stiskanje) kot tudi od velikosti iverja (debelina, dolžina, širina).

Določanje velikosti iverja je zaradi raznolikosti iverja zelo težavno. Načinov, s katerimi lahko določimo geometrijo iverja, je več, vsak pa ima svoje prednosti in pomanjkljivosti. Najhitrejši in najenostavnejši način določanja velikosti iverja je s sejalno analizo, dolgotrajnejši pa z merjenjem debeline, dolžine in širine iverja z mikrometrom. Poznamo pa tudi sodobnejše načine, in

sicer s slikovno analizo in absorpcijsko metodo. Pred izbiro načina se moramo zavedati prednosti in pomanjkljivosti, ki jih imajo posamezne metode.

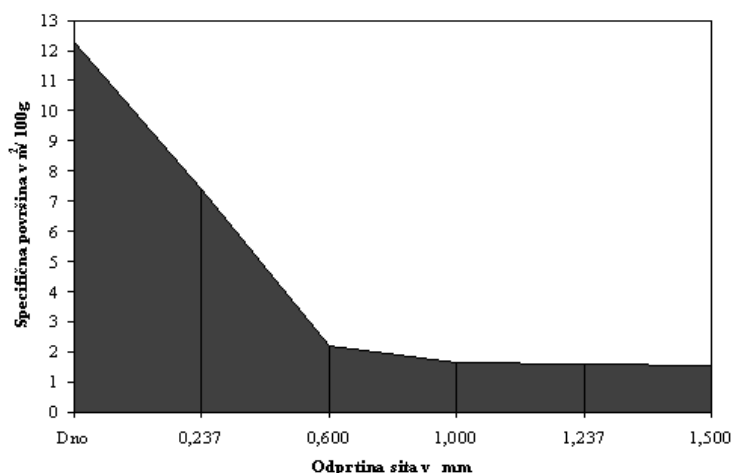
Velikost in specifična površina ter vitkost iverja so povezani z uporabljeno lesno vrsto. Iverje lesnih vrst z nižjo prostorninsko maso ima večjo specifično površino in večjo vitkost kot iverje iz lesnih vrst z višjo prostorninsko maso. Poleg lesne vrste vpliva na specifično površino iverja tudi velikost odprtine sita, iz katerega je bilo iverje odvzeto, kar lahko vidimo tudi na sliki 1 (NIEMZ IN WENK (1989)).

## Abstract

*In following article we will present different methods for determination of particle size, their advantages and disadvantages and data of particle size obtained with described methods. Particle size was determined to four wood species; spruce (*Picea abies* Karst. L.), beech (*Fagus silvatica* L.), oak (*Quercus robur* L.), poplar (*Populus nigra* L.). Particle size was determined with sieving analysis, measuring with micrometer, image analysis and absorption method. The fastest method for particle size determination is sieving analysis. With this method we get very little information about size of particles. The most appropriate method is image analysis, where we get the most information's about particle size. Appropriate methods are also measuring with micrometer and absorption method, but the measurement with micrometer is too slow, while at absorption method we get only information about specific surface of particles. We determined that the thickness of particles decreases with decreasing mesh size, while specific surface and slenderness ratio increases. We have also determined that with increasing of density of wood species used the thickness of particles increases, while specific surface and slenderness ratio decreases. Specific surface and slenderness ratio of particle decreases with increasing particle thickness.*

**Keywords:** particle, particle thickness, specific surface of particle, slenderness ratio of particle, sieving analysis, measuring with micrometer, image analysis, absorption method

\* mag., univ. dipl. inž. les., Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, Cesta VIII/34, 1000 Ljubljana



Slika 1. Odvisnost specifične površine iverja od odprtine sита (NIEMZ IN WENK (1989))

Posamezne lastnosti trislojne iverne plošče so odvisne tudi od stanja posameznega sloja, kot npr. upogibna trdnost in modul elastičnosti od zunanega sloja ter razslojna trdnost od stanja srednjega sloja. Najpomembnejša surovina pri izdelavi ivernih plošč je les. Ker pri proizvodnji ivernih plošč ne uporabljamo samo eno lesno vrsto ampak mešanice le-teh, lahko zaradi nekontrolirane uporabe nastanejo razlike v nekaterih njihovih mehanskih in fizikalnih lastnostih, ki so posledica različne geometrije uporabljenega iverja.

S posebej zasnovanim eksperimentom smo ugotovili, kako uporaba različnih lesnih vrst vpliva na geometrijo iverja, pri čemer smo uporabili različne metode določanja geometrije iverja.

## 1.1. METODE UGOTAVLJANJA GEOMETRIJE IVERJA

### 1.1.1. Sejalna analiza iverja

V industriji in raziskovalnih laboratorijih je sejalna analiza najpogostejši način določevanja velikosti iverja. Pri tem sicer ločujemo iverje po velikosti, vendar je to ločevanje zelo grobo in omejeno s številom frakcij, oz. razpoložljivih sit. Ločevanje iverja je možno samo po debelini (vertikalni sejalniki) ali po dolžini iverja (horizontalni sejalniki). Sejanje poteka običajno pri naslednjih pogojih:

- \* čas sejanja: 10 min,
- \* masa iverja: 100 g,
- \* vlažnost iverja: 10 %.

Sita imajo odprtine različnih velikosti in glede na velikost odprtine določimo sestavo iverja. Velikost odprtin v številu sit sta odvisna od naših zahtev. Sita imajo lahko obliko kvadrata, kroga, šestkotnika ali trikotnika.

Sejalna analiza je resda najhitrejši način določanja velikosti iverja, vendar pri tem ne dobimo podatkov o debelini, dolžini in širini iverja, ampak dobimo samo vpogled v delež iverja, ki ostane na posameznem situ.

### 1.1.2. Merjenje dimenzij iverja z mikrometrom

Preprost, vendar zelo dolgotrajen način določanja velikosti iverja je merjenje debeline, dolžine in širine iverja z mikrometrom in kljunastim merilom. Pri tem si lahko pomagamo tudi z lupo, ki ima merilno skalo. Takšno merjenje je zelo zamudno, saj je potrebno izmeriti veliko količino iverja, da dobimo zanesljive podatke.

### 1.1.3. Slikovna analiza iverja

Od naštetih metod je slikovna analiza najbolj uporabna. Ne samo da s to metodo dobimo natančne podatke o debelini, dolžini in širini iveri, pač pa dobimo tudi natančen podatek o specifični površini, vitkosti, obsegu iverja in faktorju oblike. Pri podatkih o debelini ne govorimo več o največji debelini posamezne iveri, ampak govorimo o njeni povprečni debelini.

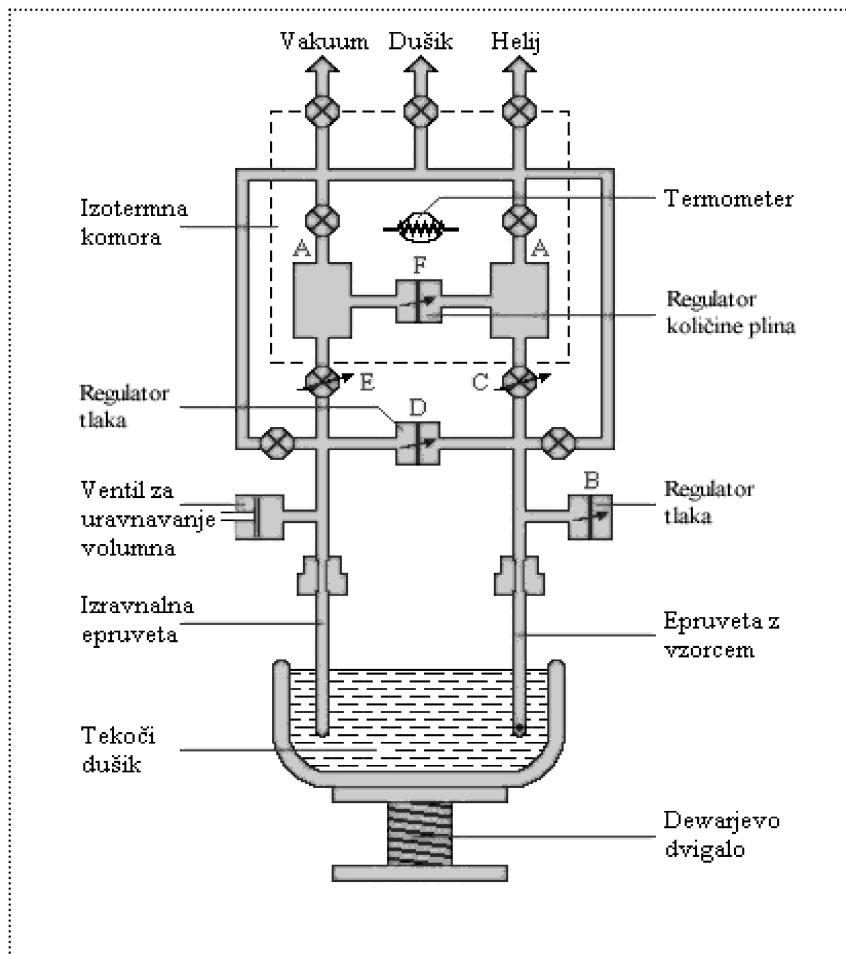
V zadnjem času se pojavlja vse več metod za ugotavljanje vitkosti in specifične površine iverja, ki temeljijo na slikovni analizi iverja. Leta 1985 je firma SCHENK predstavila napravo za slikovno analizo geometrije iverja in sicer VISTA sistem slikovne analize iverja. Naprava je sestavljena iz CCD kamere in mikroprocesorja za obdelavo slike. Da so lahko izmerili vse tri dimenzije, so iverje osvetlili pod določenim kotom in posneli tako dobljeno sliko. Iz projekcijskih površin iverja so nato izračunali dimenzije iverja in kasneje specifično površino in vitkost iverja (ARNOLD (1986)). S slikovno analizo iverja so se ukvarjali NIEMZ IN FUCHS (1990) in PLINKE (1998), vendar so se omejili le na dvodimenzionalno analizo slike iverja (dolžino in debelino).

Poleg klasične metode z "ročnim" merjenjem dimenzij iverja in preračunavanjem specifične površine ter slikovne analize je za določanje specifične analize primerna tudi absorpcijska metoda, ki temelji na vpianju absorpcijskega plina na površino. Pri absorpcijski metodi dobimo kot rezultat celotno površino iverja (tako zunanjo kot notranjo površino), ne dobimo pa podatkov o dolžini, debelini in širini iverja.

### 1.1.4. Absorpcijska metoda določevanja specifične površine iverja

Absorpcijska metoda temelji na vpianju plina - dušika v površino iverja, pri čemer se plin vpije tudi v pore, torej tudi v notranjo površino in ne samo na zunanjo, očem vidno površino. Naprava za merjenje površine ima dvojni sistem. Eden je sistem z vzorcem, drugi pa je tako imenovani izenačevalni sistem. Oba sistema sta povezana med seboj (slika 3), in s pospeševalnikom plina, ki rabi za analizo. Stopnja dotoka plina je kontrolirana glede na količino plina, ki ga vpije vzorec.

Izravnalni sistem in sistem z vzorcem sta izpostavljena enakim pogojem. Da so pogoji v obeh identični, skrbi sistem izenačevalnih ventilov. V komori, v kateri je konstantna temperatura, sta tako za izravnalni sistem kot tudi za sistem z vzorcem rezervoarja (A), na-



Slika 2. Shematski prikaz naprave za določanje specifične površine - GEMINI 2360 (GEMINI - Analysis technique...1998)

polnjena z enako količino plina, ki rabi za analizo vzorca. Izravnano količine in tlaka plina v rezervoarjih uravnava regulator količine plina (F) med rezervoarjema. Plin iz rezervoarjev potuje po izravnalni epruveti in epruveti z vzorcem. Želeni tlak v epruveti z vzorcem se uravnava prek regulatorja tlaka (B). Z vpijanem plina v vzorec tlak v epruveti pada. Tlak v epruveti z vzorcem se uravnava z izravnalnim ventilom C, v izravnalni epruveti pa z izravnalnim ventilom E. Razlika med tlakoma v eprugetah se uravnava prek izravnalnega regulatorja tlaka D (Gemini - Analysis technique...1998).

## 2. MATERIALI IN METODE

Za izvedbo eksperimenta smo uporabili iverje štirih lesnih vrst, in sicer:

- \* smreke (*Picea abies* Karst. L.),
- \* bukve (*Fagus silvatica* L.),
- \* hrasta (*Quercus robur* L.) in
- \* topola (*Populus nigra* L.).

Prav tako smo uporabili iverje za zunanji sloj, ki je bilo odvzeto iz redne proizvodnje pred strojem za oblepljanje. To iverje je bilo sestavljeno iz 77 % smrekovine, 7 % bukovine, 2 % hrastovine, 1 % drugih iglavcev in 13 % drugih listavcev.

Velikost iverja smo določali na štiri načine, in sicer s:

- \* sejalno analizo,
- \* mikrometrom,
- \* slikovno analizo in
- \* absorpcijsko metodo.

Iz podatkov o debelini iverja lahko izračunamo specifično površino iverja  $A_s$  v  $m^2/100$  g po enačbi (MEINECKE IN KLAUDITZ (1962)):

$$A_s = \frac{0,2}{t \cdot \rho_0} \quad (1)$$

kjer je:

- \* t debelina iverja v mm,

\*  $\rho_0$  prostorninska masa absolutno suhega iverja v  $g/cm^3$ .

Pri tej enačbi domnevamo, da je iverje pravih geometrijskih oblik, kar pa je zelo redko, oz. skoraj nikoli. Če želimo to napako odpraviti, moramo izračunati geometrijo iverja po naslednji enačbi:

$$A_s = \frac{0,2}{\rho_0} \cdot \left( \frac{1}{t} + \frac{1}{b_1} + \frac{1}{b_2} \right) \quad (2)$$

kjer je:

- \* t debelina iverja v mm,
- \*  $b_1$  dolžina iverja v mm,
- \*  $b_2$  širina iverja v mm,
- \*  $\rho_0$  prostorninska masa absolutno suhega iverja v  $g/cm^3$ .

Pomemben dejavnik, s katerim lahko opredelimo velikost iverja, je vitkost. Vitkost iverja  $\lambda$  v mm/mm je razmerje med dolžino in debelino iverja in jo izračunamo po enačbi (MEINECKE IN KLAUDITZ (1962)):

$$\lambda = \frac{b_1}{t} \quad (3)$$

kjer je:

- \*  $b_1$  dolžina iverja v mm,
- \* t debelina iverja v mm.

Problem, ki se pri tem izračunu pojavi je tudi netočna določena debelina iverja. Ker iverje ni pravih geometrijskih oblik, ne smemo pričakovati, da bo debelina po celotni dolžini iveri enaka. Ker opravljamo meritve debeline z mikrometrom, izmerimo pravzaprav največjo debelino iverja in ne povprečno, kot bi želeli.

### 2.1. SEJALNA ANALIZA

Sejalno analizo iverja smo izvedli pri običajnih pogojih opravljanja sejalne analize (glej poglavje 1.1.1.) Za izvedbo sejalne analize smo uporabili 1 kg iverja za zunanji sloj iz proizvodnje ter 1 kg iverja posamezne vrste lesa.

\*\* Izbrano količino iverja smo enakomerno porazdelili v krogu premera okoli 30 cm, le tega pa smo nato razdelili na štiri enake dele.

## 2.2. MERJENJE DIMENZIJ IVERJA Z MIKROMETROM

Po križni metodi\*\* smo 100 g iverja za zunanji sloj razdelili na štiri dele. Iz vsakega dela smo nato naključno izbrali 25 iveri, ki smo jim z mikrometrom izmerili debelino. Iz dobljenih podatkov smo nato po enačbi 1 izračunali zunanjo specifično površino, po enačbi 3 pa vitkost iverja.

## 2.3. SLIKOVNA ANALIZA IVERJA

Slikovno analizo iverja smo izvedli z mikroskopom. Debelino in dolžino iverja smo merili za vsako frakcijo posebej. 100 g iverja posamezne frakcije smo razdelili po križni metodi na 4 dele. Iz vsakega dela smo naključno izbrali pet iveri, skupaj 20 iveri za posamezno frakcijo. Izbrane iveri smo nato namestili pod mikroskop. Sliki iverja, ki je bila projicirana na okularju, smo izmerili debelino in dolžino. Iz dobljenih podatkov smo izračunali specifično površino in vitkost iverja.

Glede na delež posamezne frakcije v sestavi iverja za zunanji sloj smo nato izračunali povprečno debelino, dolžino, vitkost in specifično površino iverja:

$$X_i = \sum w_j \cdot x_j, \quad (4)$$

kjer je:

- \*  $X_i$  lastnost iverja posamezne lesne vrste, kjer je "i" smreka, bukev, hrast ali topol,
- \*  $w_j$  delež ostanka na situ, kjer je "j" velikost odprtine sita
- \*  $x_j$  lastnost iverja ( $t$ ,  $b_1$ ,  $\lambda$ ,  $A_s$ ), kjer je "j" velikost odprtine sita.

## 2.4. ABSORPCIJSKA METODA

Za določanje specifične površine iverja po absorpcijski metodi smo za vsako vrsto lesa uporabili gram iverja (meritve smo ponovili trikrat). Tudi to iverje je bilo izbrano naključno po križni metodi. Iverje smo nato štiri ure sušili pri temperaturi 90 °C. Po končanem sušenju smo iverje namestili v epruveto v napravi GEMINI 2360. Specifična površina iverja se izračuna po večočkovni BET metodi (po avto-

rjih BRUNAUER, EMMETT IN TELLER). (GEMINI - Analysis technique...1998).

## 3. REZULTATI IN DISKUSIJA

### 3.1. SEJALNA ANALIZA

Pri sejalni analizi iverja za zunanji sloj iz proizvodnje lahko opazimo največji delež pri frakcijah, manjših od 0,6 mm.

Pri izvedbi sejalne analize iverja smo ugotovili, da ima iverje smreke, glede na druge lesne vrste, večji delež ostanka na sitih z odprtinami, večjimi od 0,6 mm, medtem ko imajo druge tri lesne vrste, glede na smreko, večji

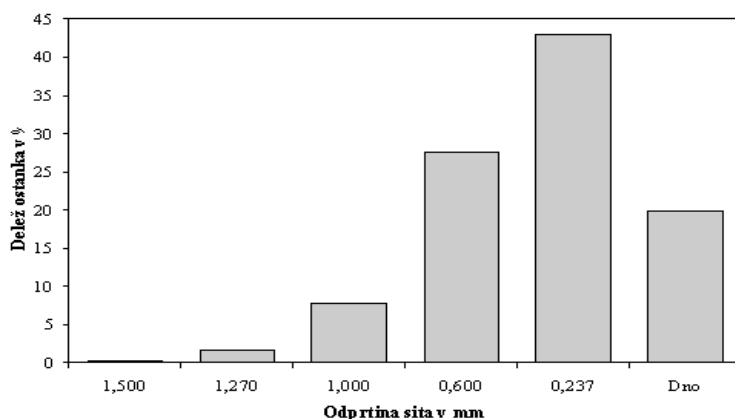
delež ostanka na sitih z odprtinami, manjšimi od 0,6 mm, kar je vidno tudi na sliki 4. Večji delež ostankov na sitih z odprtinami večjimi od 0,6 mm je posledica večje specifične površine pri smrekovem iverju.

### 3.2. MERJENJE Z MIKROMETROM

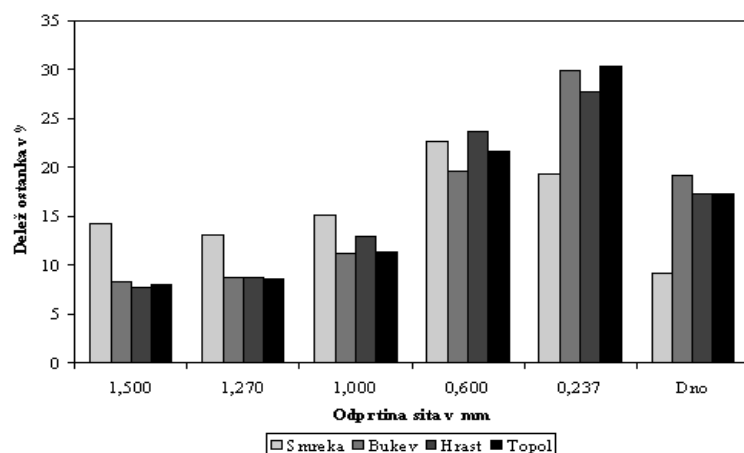
Podatki o debelini in zunanji specifični površini so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1. Debelina in specifična površina iverja

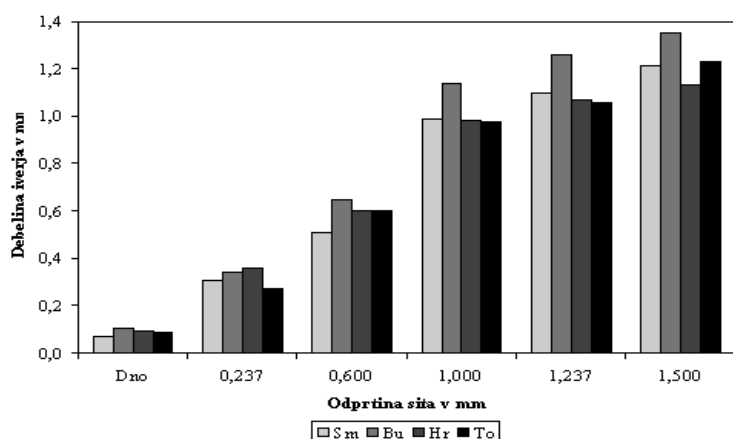
	Smreka	Bukev	Hrast	Topol
t v mm	0,28	0,36	0,34	0,30
As - zun v m <sup>2</sup> /100 g	1,67	0,81	0,91	1,65



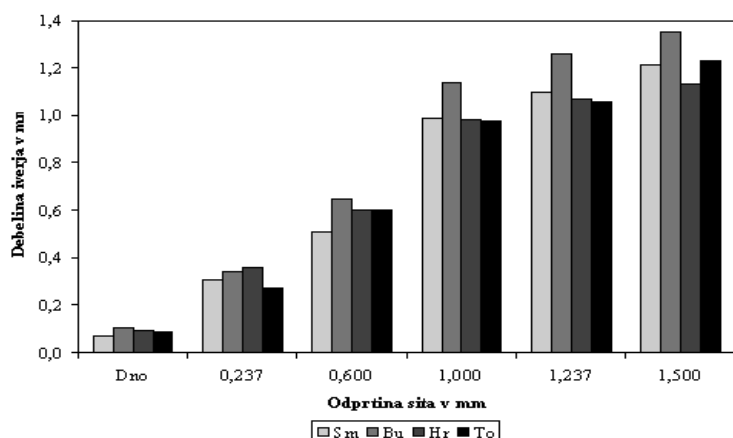
Slika 3. Sejalna analiza iverja za zunanji sloj iz proizvodnje



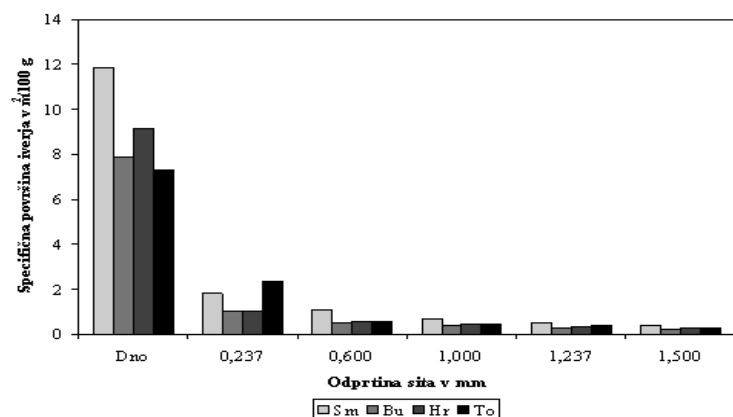
Slika 4. Delež ostankov na posameznih sitih glede na uporabljeno vrsto lesa



Slika 5. Debelina iverja glede na velikost odprtine sita in lesno vrsto



Slika 6. Vitkost iverja glede na velikost odprtine sita in lesno vrsto



Slika 7. Specifična površina iverja glede na velikost odprtine sita in lesno vrsto

Debelina in specifična površina iverja sta močno odvisni od lesne vrste oz. od njihove prostorninske mase. Ugotovili smo, da se z večanjem prostorninske mase lesne vrste večata tudi debelina in specifična površina iverja. Najtanjše iverje z največjo specifično površino dobimo z uporabo smrekovine, tej sledita topolovina in hrastovina. Najdebelejše iverje z najmanjšo specifično površino pa dobimo pri uporabi bukovine. Razlike bi bile opazne tudi, če bi bilo iverje vseh lesnih vrst enake debeline (glej enačbo 1).

### 3.3. SLIKOVNA ANALIZA IVERJA

Debelina iverja in z njo povezane lastnosti iverja ( $A_s$ ,  $\lambda$ ) so močno odvisne od lesne vrste oz. od prostorninske mase uporabljene lesne vrste. Razen pri specifični porabi lepila, ki se z večanjem prostorninske mase večja, se druge lastnosti z večanjem prostorninske mase manjšajo (preglednica 2).

Preglednica 2. Povprečna debelina, dolžina, vitkost in specifična površina glede na vrsto lesa

	Smreka	Bukev	Hrast	Topol
$t_{iverja}$ v mm	0,35	0,44	0,40	0,36
$b_l$ iverja v mm	2,02	1,91	1,99	2,00
$A_s$ - zun v m <sup>2</sup> /100 g	3,49	2,46	2,48	2,65
$\lambda$ v mm/mm	6,64	4,81	5,30	6,15

Debelina iverja je poleg prostorninske mase odvisna tudi od velikosti odprtine sita, iz katerega smo vzeli iverje. Z večanjem velikosti odprtine se večata tudi debelina iverja, kar vidimo na sliki 5. Specifična površina iverja se manjša z večanjem odprtine sita, vendar to večanje ni linearno, medtem ko je vitkost iverja skoraj enaka ne glede na velikost odprtine sita (glej sliki 6 in 7).

Samo pri lesnih vrstah z nižjo prostorninsko maso ugotovimo, da se z večanjem velikosti odprtine sita (pri smreki od dna proti odprtini sita 1,5, pri topolu pa od odprtine sita 0,237 do 1,5) vitkost iverja manjša, medtem ko ta soodvisnost pri iverju bukeve in hrasta ni razvidna.

Korelacije med debelino, dolžino, specifično površino in vitkostjo iverja so med drugimi ugotovili že MAINECKE IN KLAUDITZ (1962), NIEMZ IN WENK (1989), MAY IN STEGMANN (1966), med velikostjo frakcije (velikostjo odprtine sita) in geometrijo iverja pa NIEMZ IN WENK (1989). Kljub temu pa lahko ugotovimo, da med njihovimi in našimi ugotovitvami obstajajo razlike. Razlike, ki so nastale, so posledica uporabe različnih vrst lesov ali/in različnih področij (držav), iz katerih so bile te uporabljene lesne vrste.

Tako debelina kot tudi dožina, specifična površina in vitkost iverja so odvisne od prostorninske mase uporabljene vrste lesa. Z večanjem prostorninske mase uporabljene vrste lesa se debelina iverja večja, medtem ko se dolžina, specifična površina in vitkost iverja manjšajo. Dolžina iverja je odvisna predvsem od dolžine lesnih vlaken. Pri uporabi lesnih vrst z daljšimi vlakni (smreka, topol in tudi hrast) bodo tudi iveri daljše. Debelina iverja pa ni odvisna samo od debeline lesnih vlaken ampak tudi od deleža in velikosti lumnov.

Ugotovili smo tudi, da se z večanjem velikosti odprtine sita večja tudi debelina iverja. Tako pri posameznih frakcijah kot tudi pri povprečnih vrednostih smo ugotovili, da se z manjšanjem debeline iverja specifična površina in vitkost iverja večata.

### 3.4. ABSORPCIJSKA METODA

Podatki o skupni specifični površini so prikazani v preglednici 3.

Preglednica 3. Skupna specifična površina iverja

	Smreka	Bukav	Hrast	Topol
$A_s$ v $m^2/100$ g	65,00	51,00	57,00	68,00

Tudi pri določanju specifične površine po absorpcijski metodi lahko opazimo, da je specifična površina iverja močno odvisna od prostorninske mase uporabljene vrste lesa. Ker z absorpcijsko metodo določamo skupno specifično površino, lahko ugotovimo večje vrednosti kot pri podatkih, prikazanih v preglednicah 1 in 2.

### 4. SKLEPI

Ugotovili smo, da se povprečna debelina iverja manjša z manjšanjem velikosti odprtine sita, medtem ko se specifična površina iverja večja. Vitkost in specifična površina iverja se večata z manjšanjem debeline iverja.

Debelina iverja se večja z večanjem prostorninske mase uporabljene vrste lesa, medtem ko se specifična površina in vitkost iverja manjšata.

Ne glede na to, za katero metodo merjenja debeline iverja se bomo odločili, se moramo zavedati njihovih prednosti in pomanjkljivosti. Čeprav je sejalna analiza najhitrejša metoda določanja geometrije iverja, moramo vedeti, da pri tem ne dobimo nobenih podatkov o debelini, dolžini, specifični površini in vitkosti iverja.

Pri ročnem merjenju dobimo podatke o geometriji iverja, vendar pri tem kot rezultat debeline dobimo samo podatke o največji debelini izbrane iveri, prav tako pa pri izračunu domnevamo, da je iver pravilne geometrijske oblike, kar praviloma nikoli ni. Problem je lahko tudi potreba po velikem številu iveri in čas, ki je potreben za izvedbo meritev.

Najbolj natančne vrednosti lahko dobimo s slikovno analizo iverja (računalniško ali "ročno" - z mikroskopom). Problem, ki se pojavi pri slikovni analizi, je cena opreme in posamezne meritve ter veliko število iveri.

Tudi z absorpcijsko metodo dobimo natančne vrednosti. Prednost te metode je tudi v tem, da dobimo podatek o skupni specifični površini iverja. Pomanjkljivost te metode pa je v tem, da s to metodo ne dobimo podatkov o debelini, dolžini in vitkosti iverja.

Izbrana metoda je odvisna tudi od tega katere podatke in v kakšen namen te podatke potrebujemo.

### 5. LITERATURA

1. ARNOLD, D. 1986. Vorteile digitaler Bildverarbeitung für Spananalyse. Holz als Roh- und Werkstoff, 44, 7, s. 249-252

- KOLLMANN, F./ KUENZI, W. E./ STAMM, J. A. 1975. Principles of Wood Science and Technology - Volume II: Wood Based Materials. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, s. 312-550
- MAY, H. A./ STEGMANN, G., 1966. Kontrollmaßnahmen zur Überwachung der Rohstoff-Ausbaute bei der Spanplattenherstellung - Erste Mitteilung: Methoden zur Bestimmung der Spandimensionen und zur Beurteilung von Sichtvorgängen. Holz als Roh- und Werkstoff, 24, 7, s. 305-311
- MEYER, B., 1969. Zum Problem der Bestimmung der spezifischen äußeren Oberfläche von Holz und Holzpartikeln. Holztechnologie, 10, s. 168-172
- MEINECKE, E./ KLAUDITZ, W. 1962. Über die physikalischen und technischen Vorgänge bei der Beleimung und Verleimung von Holzstäben bei der Herstellung von Holzspanplatten. Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen, 120 s.
- MOSLEMI, A. A. 1974. Particleboard - Volume 1: Materials. Amsterdam, London, Southern Illinois University Press, s. 7-19
- NEUSSER, H./ KRAMES, U./ HAIDINGER, K./ SERENTSCHY, W. 1969. Der Spancharacter und sein Einfluß auf die Deckschichtqualität von Spanplatten. Holzforschung und Holzverwertung, 21, 4, s. 1-14
- NIEMZ, P. 1982. Untersuchungen zum Einfluß der Struktur auf die Eigenschaften von Spanplatten - Teil 1: Einfluß von Partikelformat, Rohdichte, Festharzanteil und Fastparaffinanteil. Holztechnologie, 23, 4, s. 206-213
- NIEMZ, P./ FUCHS, I. 1990. Computer aided particle size recording. Drevársky výskum, 35, 125, s. 51-61
- NIEMZ, P./ WENK, S. 1989. Kenngrößen zur Beurteilung von Spangemischen und deren Meßbarkeit. Holztechnologie, 30, 3, s. 117-122
- PLINKE, B. 1998. Bildverarbeitung und optische Meßtechniken in der Holz- und Holzwerkstoffindustrie. Wilhelm-Klauditz-Institut, Fraunhofer, 5 s.
- GEMINI - Analysis technique, 1998, Micromeritics Instrument Corporation.
- [http://www.micromeritics.com/sa\\_gemini\\_at.html](http://www.micromeritics.com/sa_gemini_at.html) (22.10.1998)