

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matija ČEPON

**NEDESTRUKTIVNE METODE DOLOČANJA  
RELEVANTNIH GRADACIJSKIH LASTNOSTI  
ŽAGANEGA LESA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2006

POPRAVKI:

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matija ČEPON

**NEDESTRUKTIVNE METODE DOLOČANJA RELEVANTNIH  
GRADACIJSKIH LASTNOSTI ŽAGANEGLA LESA**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**NON-DESTRUCTIVE METHODS TO DETERMINE RELEVANT  
GRADUATION PROPERTIES OF SAWN WOOD**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer so bile opravljene statične in dinamične nedestruktivne meritve žaganega lesa. Vizualne meritve so bile opravljene v prostorih Zavoda za gradbeništvo (ZAG), Dimičeva 12, Ljubljana.

Študijska komisija Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenovala doc. dr. Dominiko Gornik Bučar, somentorja doc. dr. Bojana Bučarja in recenzenta prof. dr. Željka Goriška.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matija Čepon

### KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn  
DK 630\*812:630\*832.181  
KG žagan les/nedestruktivne metode/vizualna metoda/frekvenčna metoda  
AV ČEPON, Matija  
SA GORNIK BUČAR, Dominika (mentorica)/BUČAR, Bojan (somentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)  
KZ SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VIII/34  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo  
LI 2006  
IN NEDESTRUKTIVNE METODE DOLOČANJA RELEVANTNIH GRADACIJSKIH LASTNOSTI ŽAGANEGA LEZA  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP X, 43 str., 6 pregl., 44 sl., 10 pril., 18 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Metode določanja mehanskih lastnosti lesa so lahko destruktivne (porušne) in nedestruktivne (neporušne). Ker imamo najpogosteje opravka z žaganim lesom, kasneje uporabljenim v konstrukcijske namene, je treba meritve izvajati tako, da lesne strukture ne poškodujemo. Metode, ki jih je glede na omenjeno zahtevo možno uporabiti, sodijo v skupino nedestruktivnih. Raziskovali smo možnosti uporabe različnih nedestruktivnih metod, njihovo zanesljivost in korelacije testiranih rezultatov. Preučevali smo različne mehanske in vizualne lastnosti žaganega lesa smrekovine (*Picea abies* L.), ki vplivajo na trdnost lesa. Metode, s katerimi smo preučevali deske (100 preizkušancev) in plohe (100 preizkušancev), so bile izvedene na osnovi vizualnega ocenjevanja lesa po DIN 4074-1, 4-točkovnega upogibnega testa po EN 408 in dinamičnih testov (metoda frekvenčnega odziva). Izkazalo se je, da ja povezava med vizualnimi in dinamičnimi rezultati dokaj šibka in nejasna, dobra pa med statičnimi in dinamičnimi. Koeficient korelacije med  $MOE_s$  in  $MOE_d$  je bil v vseh primerih večji od 0,9. Pomembna ugotovitev je, da z dinamičnimi rezultati ( $MOE_d$ ), zaradi specifike merjenja ( $t \approx 2s$ ), dobimo za 12 % višje rezultate kot pri ostalih izvedenih metodah (metoda 4-točkovnega upogiba). To pomeni, da so polizdelki po tej metodi bistveno bolje ocenjeni in tako prinašajo višje cenovne vrednosti.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
DC 630\*812:630\*832.181  
CX construction wood/non-destructive methods/visual method/frequency method  
AU ČEPON, Matija  
AA GORNIK BUČAR, Dominika (supervisor)/BUČAR, Bojan (co-supervisor),  
GORIŠEK, Željko (reviewer)  
PP SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VIII/34  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science  
and Technology  
PY 2006  
TI NON-DESTRUCTIVE METHODS TO DETERMINE RELEVANT  
GRADUATION PROPERTIES OF SAWN WOOD  
DT Graduation Thesis (University studies)  
NO X, 43 p., 6 tab., 44 fig., 10 ann., 18 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB The methods to determine mechanical properties of wood can be either destructive or non-destructive. Usually we have to deal with the sawn wood meant to be used for construction purposes, therefore, not to make damage the non-destructive method should be used. Different non-destructive methods, their reliability, and correlations of testing results were researched and compared. Various mechanical and visual properties of pine sawn wood (*Picea abies* L.) were studied. Visual testing (DIN 4074-1), 4-point bending test (EN 408) and dynamic tests (method of frequency response) were performed. The relationship between visual and dynamic results was found out to be poor. Good correlation was obtained between static and dynamic results. In all the cases the coefficient of the correlation between MOE<sub>s</sub> and MOE<sub>d</sub> is higher than 0.9. It should also be noted that the dynamic results (MOE<sub>d</sub>) are 12 % higher than other results (e.g.: MOE<sub>s</sub>), because of a different nature of measurement ( $t \approx 2s$ ). This means that using a dynamic method the semi-manufactured goods are better evaluated and thus reach higher prices.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VII
Kazalo preglednic	IX
Kazalo prilog	X
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	1
1.3 CILJ NALOGE	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>2</b>
2.1 DEFINICIJA NEPORUŠNIH (NEDESTRUKTIVNIH) METOD	2
<b>2.1.1 Stojča drevesa</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2 Žagan (masiven) les</b>	<b>3</b>
<b>2.1.3 Lepljen les</b>	<b>3</b>
<b>2.1.4 Lesni kompoziti</b>	<b>4</b>
2.2 NEDESTRUKTIVNE METODE	4
<b>2.2.1 Vizualno testiranje žaganega lesa</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2 Mehansko nedestruktivno testiranje</b>	<b>9</b>
<b>2.2.3 Fizikalno nedestruktivno testiranje</b>	<b>11</b>
<b>3 MATERIALI IN METODE</b>	<b>17</b>
3.1 PRIPRAVA PREIZKUŠANCEV	17
3.2 UGOTAVLJANJE RELEVANTNIH GRADACIJSKIH LASTNOSTI ŽAGANEGA LESA	17
<b>3.2.1 Merjenje relevantnih gradacijskih lastnosti žaganega lesa</b>	<b>17</b>
3.3 NEPORUŠNE METODE PREIZKUŠANJA	19
<b>3.3.1 Vizualna nedestruktivna metoda</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2 Metoda štiri-točkovnega upogibnega testa</b>	<b>20</b>
<b>3.3.3 Metoda frekvenčnega odziva</b>	<b>22</b>

<b>4</b>	<b>MERITVE IN REZULTATI</b>	<b>25</b>
4.1	VIZUALNO NEDESTRUKTIVNO TESTIRANJE	25
4.2	ŠTIRI-TOČKOVNI UPOGIBNI TEST	25
4.3	DINAMIČNI TESTI	27
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	<b>32</b>
5.1	RAZPRAVA	32
5.2	SKLEPI	38
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>42</b>
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1:	6
Slika 2:	6
Slika 3:	7
Slika 4:	7
Slika 5:	8
Slika 6:	8
Slika 7:	10
Slika 8:	11
Slika 9:	11
Slika 10:	12
Slika 11:	13
Slika 12:	13
Slika 13:	14
Slika 14:	14
Slika 15:	15
Slika 16:	17
Slika 17:	19
Slika 18:	20
Slika 19:	21
Slika 20:	21
Slika 21:	22
Slika 22:	23
Slika 23:	23
Slika 24:	24
Slika 25:	26
Slika 26:	26
Slika 27:	27
Slika 28:	27
Slika 29:	28
Slika 30:	28
Slika 31:	29

Slika 32:	Frekvenčne porazdelitve dinamičnih modulov za plohe, $MOE_d$ , nihanje ( $n = 100$ , $\mu = 12704$ MPa, $\sigma = 2434$ MPa)	29
Slika 33:	Porazdelitev $MOE_d$ pri deskah za metodi frekvenčnega odziva, ((a)-akustika, (b)-nihanje)	30
Slika 34:	Porazdelitev $MOE_d$ pri plohih za metodi frekvenčnega odziva, ((a)-akustika, (b)-nihanje)	30
Slika 35:	Porazdelitev $MOE_s$ za deske (a) in plohe (b)	31
Slika 36:	Deleži desk (a) in plohov (b) po trdnostnih razredih, ( $n_{deske} = 100$ , $n_{plohi} = 100$ )	32
Slika 37:	Statični in dinamični (akustični) modul elastičnosti ( $n = 100$ desk, $r = 0,917$ )	33
Slika 38:	Statični in dinamični (nihajni) modul elastičnosti ( $n = 100$ desk, $r = 0,918$ )	34
Slika 39:	Statični in dinamični (akustični) modul elastičnosti ( $n = 100$ plohov, $r = 0,910$ )	34
Slika 40:	Statični in dinamični (nihajni) modul elastičnosti ( $n = 100$ plohov, $r = 0,910$ )	35
Slika 41:	Meje intervalov zaupanja spremenljivk $MOE_s$ in $MOE_{dm}$ ( $n = 100$ desk, $s = 867,7$ MPa)	35
Slika 42:	Meje intervalov zaupanja spremenljivk $MOE_s$ in $MOE_{dp}$ ( $n = 100$ desk, $s = 858,6$ MPa)	36
Slika 43:	Meje intervalov zaupanja spremenljivk $MOE_s$ in $MOE_{dm}$ ( $n = 100$ plohov, $s = 1013,8$ MPa)	36
Slika 44:	Meje intervalov zaupanja spremenljivk $MOE_s$ in $MOE_{dm}$ ( $n = 100$ plohov, $s = 1012,4$ MPa)	37

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Trdnostni razredi in kriteriji razvrščanja za deske in plohe, ki jih predpisuje standard DIN 4074-1	9
Preglednica 2: Trdnostni razredi lesa iglavcev in topolovine	18
Preglednica 3: Kriteriji, ki smo jih upoštevali pri merjenju	18
Preglednica 4: Razvrstitev desk in plohov v S trdnostne razrede skladno s standardom DIN 4074-1	25
Preglednica 5: Mehanske karakteristike smrekovih desk	25
Preglednica 6: Mehanske karakteristike smrekovih plohov	25

## KAZALO PRILOG

- Priloga A1.1: Meritve in rezultati vizualnega testiranja desk  
Priloga A1.2: Ostale značilnosti desk
- Priloga A2.1: Meritve in rezultati vizualnega testiranja plohor  
Priloga A2.2: Ostale značilnosti plohor
- Priloga B1: Meritve in rezultati štiri-točkovnega upogibnega testa za deske  
Priloga B2: Meritve in rezultati štiri-točkovnega upogibnega testa za plohe
- Priloga C1: Meritve in rezultati metode frekvenčnega odziva za deske  
Priloga C2: Meritve in rezultati metode frekvenčnega odziva za plohe
- Priloga D1: Primerjava S trdnostnih (S7, S10 in S13) razredov za posamezne deske  
Priloga D2: Primerjava S trdnostnih (S7, S10 in S13) razredov za posamezne plohe

## 1 UVOD

### 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Zahteva po signifikantnem in zanesljivem ovrednotenju trdnostnih lastnosti lesa izhajajo pretežno iz mejnega gradbeniško lesarskega konstrukcijskega področja. Iz omenjenih zahtev izhaja tudi dejstvo, da je potrebno podvreči gradaciji vse elemente, ne glede na to ali gre za samostojne elemente ali pa za elemente, ki predstavljajo del reintegrirane strukture. Edine metode določanja mehanskih lastnosti, ki jih je glede na omenjeno zahtevo možno uporabiti, so metode, ki sodijo v skupino neporušnih oziroma nedestruktivnih metod.

Omenjene metode delimo na metode vizualnega kakovostnega razvrščanja ter na metode količinskega razvrščanja upoštevajoč mehanske lastnosti. Ker so korelacije med rezultati, ki jih z navedenimi metodami dobimo, pogosto dokaj šibke in nejasne, smo v našem primeru poskusili ugotoviti v kolikšni meri je možno z rezultati dobljenimi z metodo frekvenčnega odziva pojasniti rezultate vizualnega razvrščanja.

### 1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Obstaja teoretična povezava med trdnostnimi razredi pridobljenimi z vizualnim (DIN 4074-1) in strojnim sortiranjem. Menili smo, da bo to povezavo moč pravilno in signifikantno ovrednotiti.

### 1.3 CILJ NALOGE

V diplomske nalogi smo želeli preučiti relacije med rezultati dobljenimi z metodo frekvenčnega odziva pulzno vzbujenih elementov, ter rezultati dobljenimi z metodo vizualnega razvrščanja. Zanimalo nas je tudi, če je možno prikazati kakršno koli povezavo med statičnimi in dinamičnimi ter statičnimi in vizualnimi rezultati. Poleg vsega naštetega, pa je bila raziskava usmerjena tudi na preučitev zgoraj omenjenih nedestruktivnih metod, predvsem na ugotavljanje njihovih prednosti in slabosti.

## 2 PREGLED OBJAV

Zahteva po uporabi enotnih standardov za žagan konstrukcijski les je vse večja. Potrebe po trdnostnem ovrednotenju konstrukcijskega lesa izhajajo predvsem iz gradbeniško-lesarskega področja. Ker kvaliteta žaganega lesa zelo variira, je potrebno žagan les in lesne kompozite namenjene za gradbeništvo predhodno meritи oziroma testirati. S standardom SIST EN 338:2004 so bili uvedeni trdnostni razredi za konstrukcijski les iglavcev in listavcev. Tako je žagan les lahko sortiran na podlagi predpisanih mehanskih lastnosti (npr. modula elastičnosti, MOE) (Brancheriu in Bailleres, 2003).

Metode določanja mehanskih lastnosti, ki jih uporabimo pri izvajanju meritve so lahko destruktivne (porušne) in nedestruktivne (neporušne). Ker imamo opravka z žaganim lesom, ki bo kasneje uporabljen za konstrukcije je potrebno meritve izvajati tako, da lesne strukture ne poškodujemo oziroma ne razvrednotimo. Edine metode, ki jih je glede na omenjeno zahtevo možno uporabiti, so metode, ki sodijo v skupino neporušnih metod.

### 2.1 DEFINICIJA NEPORUŠNIH (NEDESTRUKTIVNIH) METOD

Nedestruktivne metode temeljijo na odkrivanju fizikalnih in mehanskih lastnosti določenega kosa materiala. Pri vseh neporušnih metodah moramo poudariti, da ne prihaja do sprememb in deformacij v materialu, ki bi kakorkoli lahko vplivale na nadaljnjo uporabo. Podatke, ki jih tako dobimo z različnimi neporušnimi metodami, lahko koristno uporabimo pri nadalnjih izračunih mehanskih lastnosti.

Nedestruktivne metode se največkrat uporabljajo za odkrivanje trdnostnih lastnosti žaganega lesa. Na trdnostne lastnosti žaganega lesa vplivajo zlasti grče, razpoke, obarvanost, potek vlaken in ostale nepravilnosti žaganice. Omenjene lastnosti žaganice so močno odvisne tudi od zunanjih dejavnikov (klimatske spremembe, potresi,...). Prav zaradi tega pravimo, da je les z razliko od kovine, plastike, keramike,... nehomogen, anizotropen material, pri katerem zelo nihajo tako vizualne kot mehanske lastnosti. Žagan les in ostale lesne kompozite, je prav zaradi teh nepravilnosti potrebno pregledovati oziroma testirati in jih nato vizualno oziroma strojno sortirati v različne kakovostne in trdnostne razrede. Rezultati dobljeni z nedestruktivnimi tehnikami so ponavadi dokaj točni, seveda pa je natančnost odvisna od metode, ki jo uporabimo (Pellerin in Ross, 2002).

Poleg izbire metode, pa je potrebno upoštevati tudi geometrijo preizkušanca in mesto testiranja. Na ta način lahko oblikujemo nekaj kategorij, ki predstavljajo ključne razlike med različnimi tehnikami testiranja. Tako se lahko nedestruktivne metode izvajajo na stoječem drevesu, žaganem (masivnem) lesu, lepljenem lesu in na lesnih kompozitih (iverne, vezane plošče...), (Bodig, 2001).

#### 2.1.1 Stoječa drevesa

Zelo praktično je, da že na stoječem drevesu določimo različne karakteristike lesa. Porazdelitev prostorninske mase, žilavost, prirastek, notranje napake, prisotnost razkroja

lesa, vrsta grč,... so le ene od mnogih lastnosti in napak lesa, ki jih lahko ugotavljamo z nedestruktivnim testiranjem na stoječem drevesu. Nekatere zgoraj omenjene lastnosti lahko ugotavljamo tudi z destruktivnimi meritvami (rezanje vej, vrtanje,...). Slednji načini testiranja so bolj enostavnii in lažje izvedljivi, vendar pa les nekoliko deformirajo. Prav zaradi tega, v veliki meri poskušamo izvesti meritve nedestruktivno.

Drevo nam zaradi svoje strukture zelo otežuje izvajanje nedestruktivnih meritev. Tako oblika variira že med posameznimi vrstami lesa, njegovo starostjo in klimo kateri je drevo izpostavljen. Nekatere lastnosti drevesa, pa se spreminjajo tudi med letnimi časi. Problem pri izvajjanju meritev na stoječem drevesu pa predstavljajo tudi veje, skorja in koreninski sistem. To je le nekaj ključnih lastnosti, ki vplivajo na izvajanje meritev (Bodig, 2001).

Pri tem pa moramo poudariti, da so meritve, ki jih izvajamo na terenu ključnega pomena, saj lahko tako hlodovino v grobem sortiramo že pred samim posekom.

### 2.1.2 Žagan (masiven) les

Masiven les ima z razliko od stoječega drevesa že bolj pravilno geometrijsko obliko. To pomeni, da nekateri zgoraj navedeni faktorji ne povzročajo dodatnih nevšečnosti pri meritvah (skorja, koreninski sistem,...).

Masiven les lahko razdelimo v dve podskupini:

- piloti in drogovci (npr. električni drogovci),
- gradbeni in stavbni les.

V prvo skupino sodijo predvsem debla okroglega in eliptičnega preseka, katerim so bile odstranjene veje in skorja. Vrednotenje tega lesa ponavadi obravnavamo glede na napake v radialni in vzdolžni smeri.

Druga skupina pa opredeljuje les, ki je že razžagan in je dokaj pravilnih geometrijskih oblik. Ta les je zaradi svoje večje vrednosti ponavadi sortiran v več razredov kakovosti. Prav zaradi tega meritve upoštevajo še več faktorjev, ki vplivajo na končni rezultat (npr. gostoto, vlažnost, starost lesa, velikost merjencev, ...), (Bodig, 2001).

### 2.1.3 Lepljen les

Pri lepljenem lesu pa moramo poleg lastnosti lesa upoštevati tudi lastnosti lepila. Raziskave na tem področju pa so usmerjene predvsem na:

- vpliv lepilnih spojev na nedestruktivne meritve,
- vpliv usmerjenosti vlaken v lepljencu (npr. vezana plošča) na nedestruktivne meritve,
- vpliv raznolikosti kakovosti lesa v lepljencu (npr. lepljen nosilec) na nedestruktivne meritve,
- itd., ...

### 2.1.4 Lesni kompoziti

Pomembnejše faktorje, ki vplivajo na nedestruktivne meritve lesnih kompozitov, lahko razdelimo v več skupin. Razdelimo jih glede na:

- velikost, obliko in variabilnost delcev,
- porazdelitev in orientacijo delcev v materialu,
- razporeditev delcev in lepila,
- velikost, obliko in variiranje praznih prostorov,
- modificirane lastnosti lesa in
- porazdelitev prostorninske mase po celotni debelini lesnega kompozita.

## 2.2 NEDESTRUKTIVNE METODE

Obstaja kar nekaj nedestruktivnih oziroma neporušnih tehnik in metod za merjenje lastnosti lesa. Testi se najpogosteje izvajajo na polizdelkih, lahko pa so izvedeni celo na izdelkih, ki so že v uporabi (npr. leseni mostovi, ostrešja,...).

Zahtevnost testa, ki ga izvajamo je največkrat pogojena s kakovostjo in natančnostjo meritve. Prav zaradi teh lastnosti lahko nedestruktivne metode razdelimo v dve večji skupini (Pellerin in Ross, 2002). Prve temeljijo na vizualnem kakovostnem razvrščanju. V drugo skupino, pa spadajo metode, ki temeljijo na količinskem razvrščanju upoštevajoč mehanske lastnosti.

V prvo skupino uvrščamo metodo vizualnega ocenjevanja lesa. Ta metoda je ena od najstarejših in najbolj razširjenih nedestruktivnih metod, ki se še vedno uporablja za razvrščanje hlodovine in žaganega lesa. Velikost, število, lokacija grč, razpoke, zavitost in ostale vidne napake predstavljajo vizualne lastnosti, ki jih poskušamo izmeriti na določeni žaganici.

Drugo skupino neporušnih metod, ki temeljijo na mehanskih lastnostih, pa razdelimo v tri podskupine. Sem spada metoda kemijskih, fizikalnih in mehanskih testov.

Pri fizikalnih metodah največkrat merimo električne upornosti, dielektrične, vibracijske, valovne, akustične karakteristike in emisije X žarkov. Zelo pomembne, pa so tudi klasične mehanske metode, pri katerih je material obremenjen z določeno silo. Najbolj znana takšna metoda je štiri-točkovni upogibni test, ki se izvaja skladno s standardom EN 408. Poleg mehanskih in fizikalnih testov, pa so poznani tudi kemični testi. Ti testi dandanes niso pogosto uporabljeni, čeprav z njimi dobimo zelo dragocene informacije o vzrokih in mehanizmu razvrednotenja materiala, ki lahko posledično vplivajo tudi na trdnostne lastnosti lesa (Pellerin in Ross, 2002).

### 2.2.1 Vizualno testiranje žaganega lesa

Vizualno ocenjevanje lesa je najstarejša in najpreprostejša nedestruktivnega metoda. Ker je ta metoda dokaj enostavna in ne zahteva velikih investicij, se pogosto uporablja na manjših

žagarskih obratih. Najpogosteje pa se uporablja v sklopu z drugimi nedestruktivnimi metodami, kot predhodna metoda za ocenjevanje in kontrolo lesa (Bodig, 2001).

Vizualna metoda je v veliki meri odvisna od ocenjevalca oziroma delavca, ki žagan les ocenjuje. Zato mora delavec zelo dobro poznati pravila vizualnega ocenjevanja lesa, poleg tega pa mora imeti specifično znanje o nepravilnostih in napakah lesa. Pomembne so tudi izkušnje, ki jih ocenjevalec (delavec) pridobi z delom na žagarskem obratu. Poudariti je potrebno, da je vizualno ocenjevanje omejeno samo na zunanje površine žaganice, zato ne dobimo realne slike materiala skozi celoten prerez lesa. Dobljeni rezultati so zato skoraj vedno vizualno kakovostni in ne količinski, kar predstavlja veliko hibo te nedestruktivne metode.

S to metodo lahko dokaj enostavno odkrivamo napake kot so: zunanje poškodbe, razkroj lesa, poškodbe vlaken, prisotnost razpok in ostale vidne napake.

Pri tej metodi proučujemo vsak kos lesa posebej in ga nato na podlagi vizualnih lastnosti uvrstimo v določen razred kakovosti. Da pa bi bili ti razredi vedno enakovredno obravnavani, se je potrebno držati standardov, ki predpisujejo zahteve pri klasifikaciji žaganega lesa.

V Evropi obstaja več različnih pravil za vizualno razvrščanje lesa v trdnostne razrede. Razlogov za to je več (Šega, 2005):

- različnost drevesnih vrst oz. skupin drevesnih vrst,
- geografski izvor,
- različne dimenzijske zahteve,
- variirajoče zahteve za različno uporabo,
- kakovost razpoložljivega materiala,
- zgodovinski vplivi in tradicija.

Zaradi teh variabilnosti je bil oblikovan standard SIST EN 518:1996, kateri navaja samo osnovna načela, ki naj bi jih upoštevali pri oblikovanju zahtev za mejne vrednosti nekaterih značilnosti lesa. V aneksu A\* tega standarda so navedeni primeri standardov, ki upoštevajo osnovna načela standarda SIST EN 518:1996. Eden od navedenih standardov je tudi nemški standard z oznako DIN 4074-1.

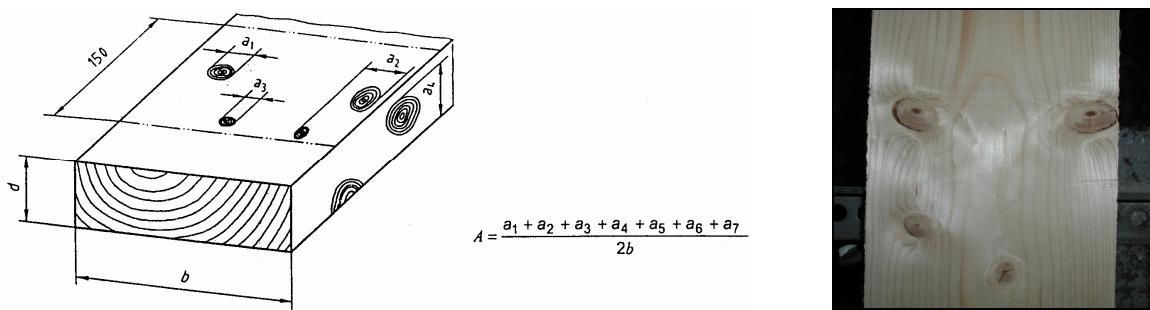
Standard opredeljuje vizualno in strojno razvrščanje letev, desk, plohov in tramov po trdnosti. Osredotočili smo se predvsem na predpise za deske in plohe, ki smo jih vključili v raziskavo.

#### 2.2.1.1 Vizualno razvrščanje skladno s standardom DIN 4074-1

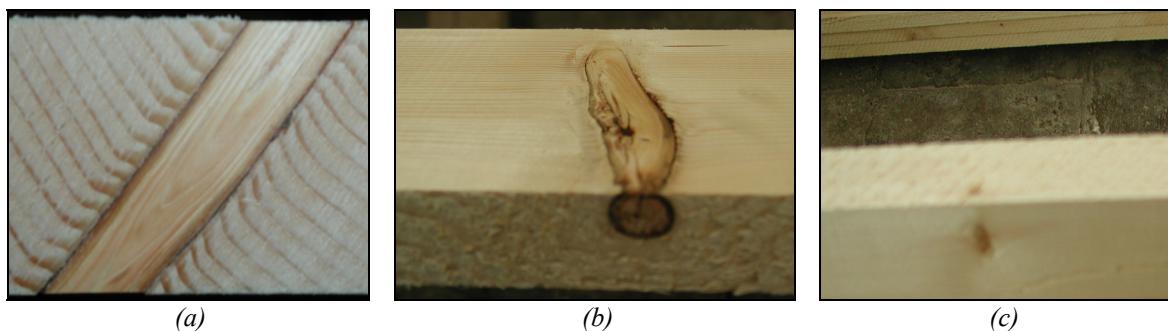
Skladno s standardom DIN 4074-1 razvrščamo žagan les (deske in plohe) v tri trdnostne razrede (S7, S10 in S13) na podlagi različnih kriterijev. Kriteriji oziroma značilnosti, ki vplivajo na razvrščanje desk in plohov so: grče, zavitost vlaken, prisotnost stržena, širina branike, razpoke, lisičavost, veženje,obarvanost oz. trohnoba, kompresijski les, obžrtost zaradi žuželk ter druge.

Kriteriji razvrščanja veljajo pri 20 % vlažnosti lesa. Posamezne značilnosti pa merimo na najslabšem mestu žaganega lesa. Dovoljena dimenzijska odstopanja žaganega lesa morajo biti v skladu s standardom SIST EN 336:2004.

Grče, zavitost vlaken, razpoke, gostota in hitrost rasti sodijo med značilnosti, ki v največji meri zmanjšujejo trdnost lesa. Standard obravnava vrasle in nevrasle grče, ter luknje od grč. Grče, ki so manjše od 5 mm ne upošteva pri meritvah. Podrobno preučujemo vence grč (slika 1) in posamezne grče; robne, krilaste, ploskovne, bočne (slika 2) nato pa jih na podlagi standarda DIN 4074-1 razvrščamo v zgoraj omenjene trdnostne razrede.



Slika 1: Vizualno merjenje venca grč (DIN 4074-1, 2003)



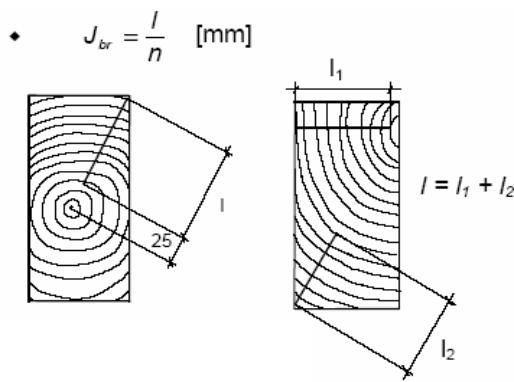
Slika 2: Posamezne grče (ploskovna (a), krilasta (b), bočna (c))

Tudi ugotavljanje razpok pri vizualnem ocenjevanju lesa je zelo pomembno. Skladno s standardom za deske in plohe tako ločimo razpoke zaradi krčenja, razpoke zaradi kolesivosti (slika 3) in razpoke, ki nastanejo zaradi strele. Razpoke natančneje merimo pri tramovih, kjer ugotavljamo njihovo globino na  $\frac{1}{4}$  dolžine preizkušanca. Pri deskah in plohih ugotavljamo samo njihovo prisotnost.



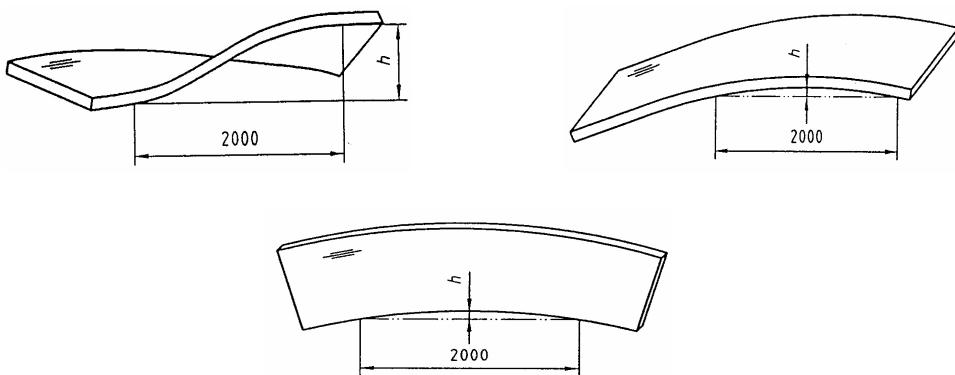
Slika 3: Razpoka zaradi kolesivosti

Večji vpliv na trdnost ima širina branik, zato le te merimo zelo natančno. Merimo jih v skladu z EN 1310. Minimalna oddaljenost od stržena pa znaša 25 mm (slika 4).



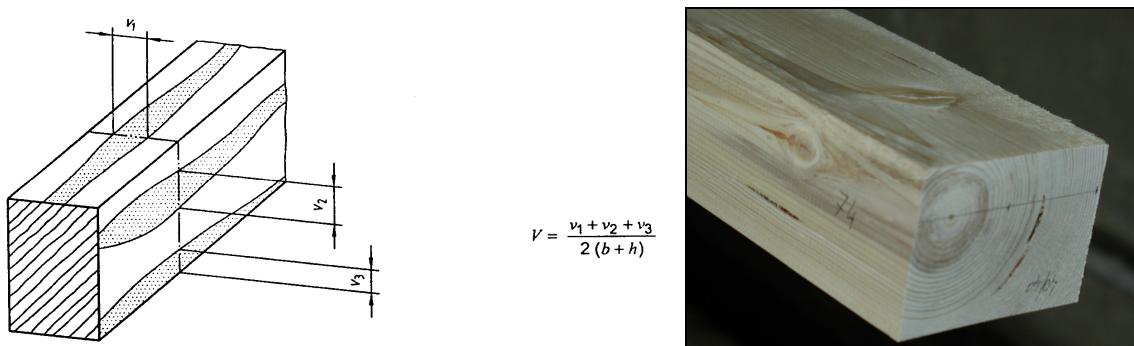
Slika 4: Merjenje širine branike (DIN 4074-1, 2003)

Lastnosti, ki ne vplivajo v veliki meri na trdnost žaganega lesa so geometrijske značilnosti. Mednje sodi zavitost (vijak), korito, lok, sablja in lisičavost. Lok, sabljo, in zavitost merimo na dolžini 2000mm, na mestu kjer je najvišja ukrivljenost  $h$ , slika 5.



Slika 5: Vizualno merjenje zavitosti, loka in sablje (DIN 4074-1, 2003)

Poleg geometrijskih značilnosti, pa standard opredeljuje tudi značilnosti, ki so posledica biološke razgradnje lesa. V to skupino uvrščamo obarvanost in trohnobo. Največjo širino obarvanih pasov na vseh ploskvah izmerimo in seštejemo, ter podamo delež obarvanega obsega prerezova (slika 6). Podobno kot obarvanost oz. trohnobo podajamo tudi delež kompresijskega lesa.



Slika 6: Merjenje obarvanosti (DIN 4074-1, 2003)

Poleg vseh naštetih značilnosti pa moramo upoštevati tudi vse ostale nepravilnosti, ki jih standard ne navaja. Te poškodbe in nepravilnosti ponavadi ugotovimo na terenu, ko žaganice ocenjujemo, zato jih moramo smiselno ovrednotiti. Upoštevamo predvsem mehanske poškodbe, poškodbe zaradi parazitskih rastlin, vključke skorje, preraščena mesta poškodbe in nenormalen potek stržena zaradi odlomljenega vrha.

Po vizualno ugotovljenih kriterijih je les razvrščen v tri razrede (S7, S10 in S13). Natančnejši kriteriji za razvrščanje desk in plohor so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Trdnostni razredi in kriteriji razvrščanja za deske in plohe, ki jih predpisuje standard DIN 4074-1

Kriteriji razvrščanja	Razredi		
	S 7	S 10	S 13
1. Grče - posamezne grče - venci grč - bočne grče <sup>a</sup>	do 1/2 do 2/3 -----	do 1/3 do 1/2 do 2/3	do 1/5 do 1/3 do 1/3
2. Zavitost vlaken	do 16 %	do 12 %	do 7 %
3. Stržen	doposten	doposten	ni doposten
4. Širina branike - splošno - pri duglaziji	do 6 mm do 8 mm	do 6 mm do 8 mm	do 4 mm do 6 mm
5. Razpoke - od strele <sup>b</sup> - od zmrzali in kolesivosti	dopustne niso dopustne	dopustne niso dopustne	dopustne niso dopustne
6. Lisičavost	do 1/3	do 1/3	do 1/4
7. Veženje <sup>b</sup> - vzdolžna ukriviljenost - zavitost, vijak - korito	do 12 mm 2 mm/25 mm širine do 1/20	do 8 mm 1mm/25 mm širine do 1/30	do 8 mm 1mm/25mm širine do 1/50
8. Obarvanost, trohnoba - modrikavost - rjave in rdeče proge - rjava in bela trohnoba	dopustna do 3/5 ni dopustna	dopustna do 2/5 ni dopustna	dopustna do 1/5 ni dopustna
9. Kompresijski les	do 3/5	do 2/5	do 1/5
10. Obžrtost zaradi insektov	Dopustne so luknjice insektov do 2 mm		
11. Ostale značilnosti	Upoštevati je potrebno vse značilnosti, ki kakorkoli vplivajo na vizualne in trdnostne lastnosti lesa		

<sup>a</sup> Ta kriterij ne velja za deske za slojnat lameliran les (BS-Holz)

<sup>b</sup> Kriteriji razvrščanja se ne upoštevajo pri žaganem lesu, ki je bil predhodno sušen

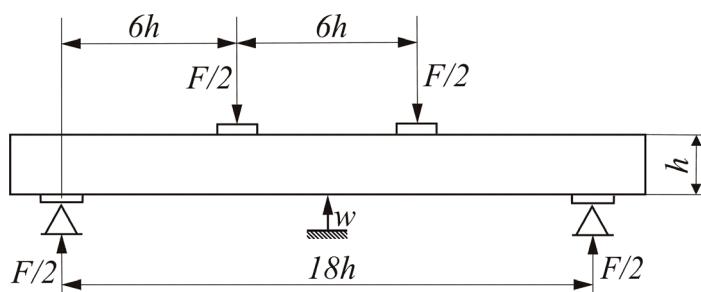
## 2.2.2 Mehansko nedestruktivno testiranje

V ta sklop uvrščamo vse nedestruktivne metode, pri katerih s stroji razvrščamo žagan les v predhodno definirane trdnostne razrede. Z določenimi stroji in napravami lahko tako dokaj točno definiramo mehanske lastnosti (upogibna, porušna trdnost, ...) in fizikalne lastnosti (električna upornost, ...) posameznega kosa lesa. Te metode tako omogočajo razvrščanje lesa v različne razrede glede na uporabnost lesa. Pri izvajanjju meritve se je potrebno držati standardnih postopkov za merjenje. Zelo pogosto se v sklopu z mehanskim nedestruktivnim merjenjem (npr. merjenje gostote ali modula elastičnosti) izvaja tudi vizualna kontrola lesa. Pri mehanskih meritvah tako lahko upoštevamo še dodatne kriterije razvrščanja (DIN 4074-1): razpoke, lisičavost, ukriviljenost, obarvanost, poškodbe od insektov in ostale značilnosti, ki vplivajo na trdnost lesa. Dodatno vizualno ocenjevanje lahko predstavlja bistveni del pri razvrstitvi v trdnostni razred.

Z metodami mehanskega testiranja ocenujemo predvsem trdnostne lastnosti lesa. Na podlagi meritev, pa naknadno lahko določimo modul elastičnosti (MOE), modul porušitve (MOR) in vse ostale značilnosti, ki so povezane z trdnostjo preizkušanca. Merjenje in računanje modula elastičnosti na določenem vzorcu žaganega lesa je dokaj enostavno. Ker gre tu za statičen način testiranja, je modul elastičnosti določen računsko po znanih formulah iz mehanike (Pellerin in Ross, 2002).

#### 2.2.2.1 Štiri-točkovni upogibni test (EN 408)

Mehansko preverjanje trdnostnih lastnosti lesa se največkrat izvaja z upogibnimi testiranjem. Slika 7 prikazuje klasičen štiri-točkovni upogibni test, ki predstavlja nedestruktino metodo.



Slika 7: Štiri-točkovni upogibni test (EN 408, 2003)

Test se izvaja skladno z evropskim standardom EN 408. Standard navaja dva načina merjenja modula elastičnosti (lokalnega in globalnega). Razlika med metodama je v načinu merjenja povesa in računanju modula elastičnosti (*MOE*). Globalni modul elastičnosti tako računamo po formuli:

$$MOE_g = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{bh^3(w_2 - w_1)} \left[ \left( \frac{3a}{4l} \right) - \left( \frac{a}{l} \right)^3 \right] \quad \dots(1)$$

Pri čemer je:

$F_2 - F_1$  .....porast (sprememb) sile (glej sliko 8), [N]

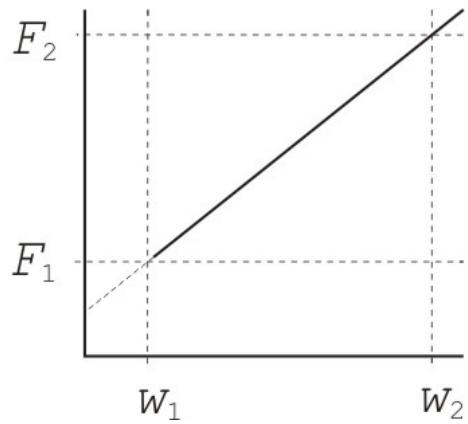
$w_2 - w_1$  .....porast deformacije, pri spremembi sile  $F_1$  v  $F_2$ , [mm]

$l$  .....razpon med podporama [mm]

$b$  .....širina preizkušanca [mm]

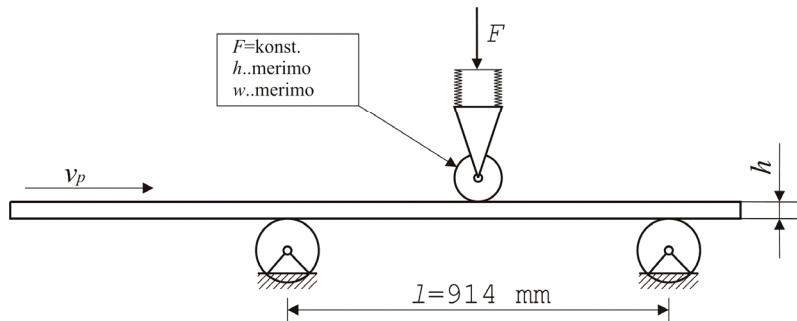
$h$  .....debelina preizkušanca [mm]

$a$  .....razdalja med pozicijo obremenjevanja in najbližjo podporo [mm]



Slika 8: Obremenitev v odvisnosti od deformacije,  $F(w)$   
 (območje elastične deformacije), (EN 408, 2003)

Zgoraj opisana metoda je pogosto uporabljena samo za laboratorijske namene. Za industrijsko rabo se pogosto uporablja metoda z višjimi zmogljivostmi (slika 9). S tem načinom merjenja trdnostnih lastnosti, dosežemo bolj natančne informacije po celotni dolžini žaganice. Poleg tega, pa je zajem podatkov in merjenje hitrejše in enostavnejše (Faber, Kohler in Sorensen, 2004).



Slika 9: Pretočni upogibni test (tritočkovni upogibni test),  
 (Faber, Kohler in Sorensen, 2004)

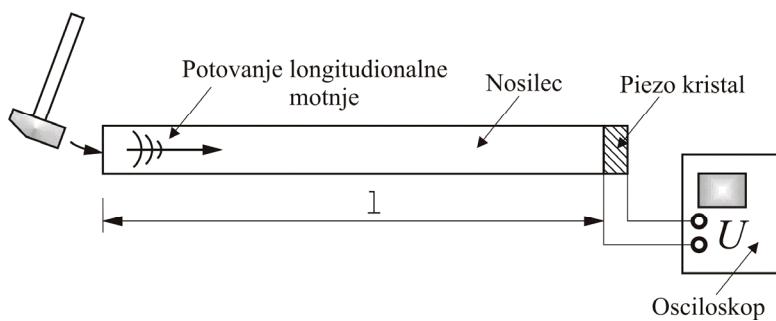
### 2.2.3 Fizikalno nedestruktivno testiranje

Kot je bilo omenjeno se lahko poleg mehanskih lastnosti preverjajo tudi različne fizikalne lastnosti nekega materiala. Fizikalne metode lahko vključujejo merjenje električne upornosti, dielektričnih lastnosti, nihajnih lastnosti, valovnih karakteristik in akustičnih lastnosti lesa.

Lastnosti in napake lesa, pa je mogoče ugotavljati tudi z metodo rentgenskih žarkov. Ta metoda se večinoma uporablja v laboratorijih, primerna pa bi bila tudi za večje in

zmogljivejše žgarske obrate. Problem tu predstavlja predvsem zaščita delovnega okolja pred rentgenskimi žarki, ter velikost strojev in naprav za merjenje.

Pogosto so tudi v uporabi nedestruktivne metode zasnovane na širjenju motnje, ki v preizkušanem materialu povzroči elastično deformacijo. Pri tej metodi vplivamo z zunanjim silom na površino materiala, ki povzroči valovanje. Longitudinalno valovanje v vzorcu lahko povzročimo z mehanskim udarcem kladiva (glej sliko 10) ali z uporabo ultrazvoka.



Slika 10: Merjenje hitrosti longitudinalne impulzne motnje v določenem materialu (Grabec, 2004)

Z mehanskim udarcem v vzorcu povzročimo tlačno motnjo (Grabec, 2004). Valovanje se nato razširi v notranjost materiala in tu potuje z določeno hitrostjo. Prav hitrost določenega valovanja je nato izmerjena na dani razdalji. Največkrat se meritve hitrosti širjenja valov izvajajo v vzdolžni smeri, na več mestih (Pellerin in Ross, 2002).

Hitrost elastične motnje izračunamo po formuli

$$v_{em} = \frac{l}{\Delta t}, \quad \dots(2)$$

pri čemer  $l$  predstavlja dolžino vzorca,  $\Delta t$  pa čas med pulzoma.

S pomočjo tega podatka pa lahko določimo dinamični modul elastičnosti materiala. Modul elastičnosti lahko izračunamo na podlagi dobljene hitrosti širjenja valovanja in gostote vzorca:

$$MOE = v_{em}^2 \rho. \quad \dots(3)$$

Pri čemer je  $v_{em}$  hitrost motnje,  $\rho$  pa predstavlja gostoto preizkušanca (lesa).

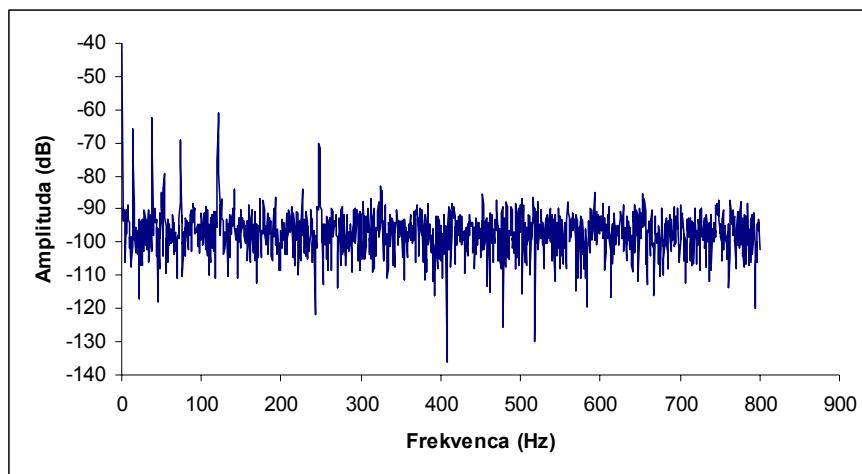
Pri tem pa je potrebno upoštevati, da obstaja kar nekaj nedestruktivnih metod, ki temeljijo na valovanju. Prav zaradi tega je potrebno poudariti, da zgoraj navedene formule predstavljajo le osnovo vsem ostalim metodam, ki so zasnovane na širjenju motnje (Pellerin in Ross, 2002).

### 2.2.3.1 Metoda frekvenčnega odziva

Trdnostne in mehanske lastnosti materiala je možno natančno določevati tudi z tako imenovanimi metodama frekvenčnega odziva.

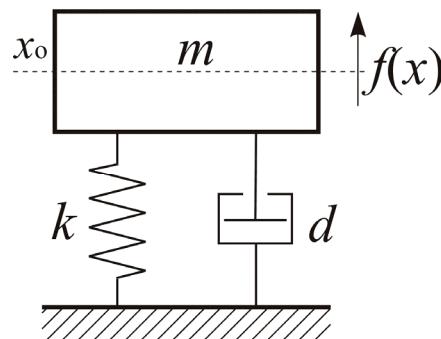
Pozitivna lastnost teh dinamičnih metod je, da so meritve ponovljive (Perstoper, 1994), hitre in predvsem točne, pri določevanju dinamičnega modula elastičnosti ( $MOE_d$ ). Poleg tega pa je ta metoda tudi s cenovnega vidika dokaj ugodna (Bailleres and Cassan, 1997).

Nihajne in akustične dinamične meritve lahko splošno razdelimo v dve skupini (Ouis 1997). V prvo skupino uvrščamo meritve, pri katerih določamo resonančne frekvence nekega sistema, kosa materiala (deske, ploha, lepljenega nosilca,...). Sistem vzbujamo z sinusnim signalom, kateremu spremenjamo frekvenco, ter na ta način vzbujamo lastne frekvence sistema (glej sliko 11).

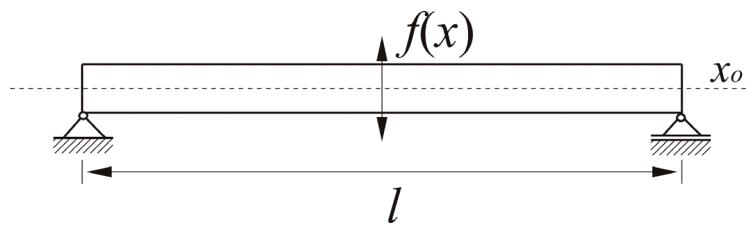


Slika 11: Frekvenčni odziv sistema (ploha) na pulz

Nihanje takšnega sistema lahko ponazorimo z modelom linearnega oscilatorja (nihanje z eno prostorsko stopnjo), slika 12. Linearni oscilator predstavlja maso, ki je pritrjena na brezmasno vzmet in viskozno dušilko. Nihanje takšnega sistema pa lahko primerjamo z nihanjem nosilca na sliki 13.

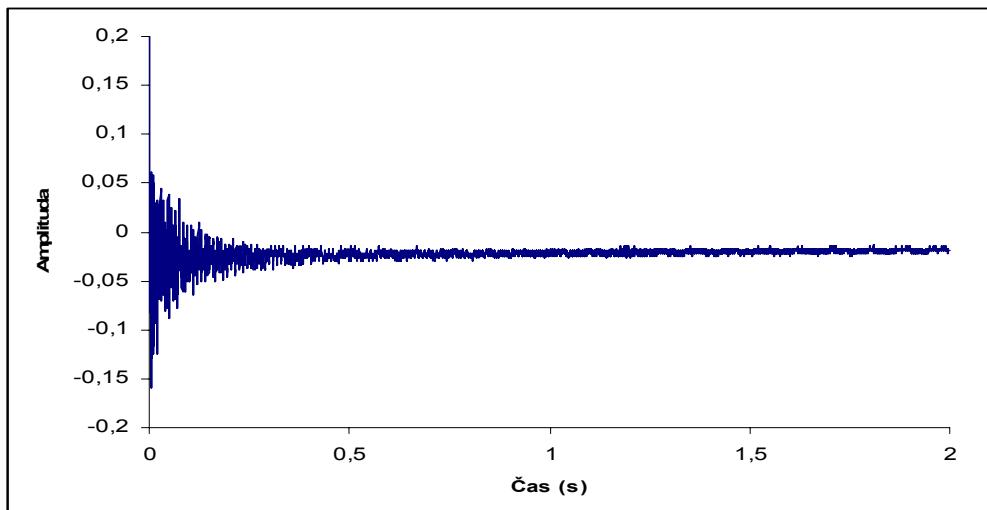


Slika 12: Linearni oscilator



Slika 13: Primer nihanja nosilca

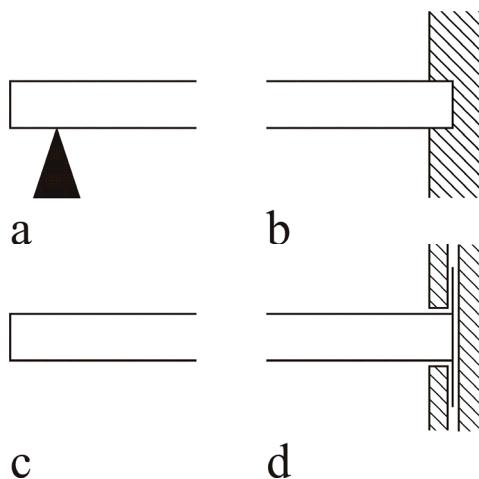
Področje časovnih meritev pa predstavlja drugo skupino meritev, pri katerih poskušamo določiti odziv sistema na nek impulz – kratek sunek, dražljaj. S to metodo dobimo skoraj vse pomembne informacije o sistemu, ki ga preizkušamo. Odziv na nek pulz je pogosto grafično prikazan na osciloskopu (slika 14).



Slika 14: Časovni odziv sistema (ploha) na pulz

Poleg grafičnega prikaza časovnega odziva, pa lahko sistemu z uporabo Fourierove transformacije določimo nekatere relevantne lastnosti (npr. lastne frekvence sistema). Z uporabo hitre Fourierove transformacije lahko časovne podatke transformiramo v frekvenčni prostor, in obratno z inverzno Fourierovo transformacijo. Obdelava podatkov je tako dokaj obsežna vendar se z uporabo različnih računalniških programov zelo poenostavi (Ouis 1997).

Odziv sistema pa je močno odvisen tudi od robnih pogojev. Najpogosteje uporabljeni robni pogoji so predstavljeni na sliki 15 (Ouis 1997). Eksperimentalno je najtežje realizirati robne pogoje predstavljene na sliki 15b, najlažje pa pogoje predstavljene na sliki 15c. Obstaja še več načinov pritrjevanja, ki pa jih tu ne bomo omenjali (Rao, stran 527).



Slika 15: Najpogosteje uporabljeni načini podpor (Ouis, 1997)

Kot je bilo omenjeno je najlažje zagotoviti robne pogoje prosto podprtih sistemov (slika 15c). Te robne pogoje najlažje realizeramo z materiali, ki morajo biti dovolj mehki (pena, elastične podpore, ...), da preizkušanec praktično lebdi. Najpogosteje pa se za laboratorijske namene uporablja tanka najlonska vrvica, ki je pritrjena na fiksni podporah (npr. strop).

V splošnem lahko skladno z Bernoulli Euler-jevo teorijo nihanja vitkih prizmatičnih teles, ki ne upošteva vpliva rotacijskih vztrajnostnih momentov ter strižnih deformacij, izrazimo časovno odvisno lastno transverzalno nihanje vitke mehanske strukture v ravnini  $x, y$ , ki predstavlja simetrijo za kateri koli prečni presk strukture z diferencialno enačbo

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) dx = -\rho A dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \quad \dots(4)$$

pri čemer pomeni  $x$  lego vzdolž nihajoče strukture,  $y$  je prečni pomik strukture,  $A$  in  $I$  sta geometrijska parametra, ki določata presečno površino in vztrajnostni moment preseka strukture,  $E$  in  $\rho$  pa sta snovni lastnosti in sicer modul elastičnosti oziroma gostota. V primeru, da se upogibna togost strukture ( $E \cdot I$ ) vzdolž osi  $x$  ne spominja, lahko enačbo (4) zapišemo v nekoliko spremenjeni obliki

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} dx = -\rho A dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad \dots(5)$$

Rešitev diferencialne enačbe lahko zapišemo v obliki

$$y(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x) \cdot Q_i(t), \quad \dots(6)$$

pri čemer je  $X(x)$  funkcija modalne oblike,  $Q(t)$  pa funkcija časovno odvisne modalne koordinate. Indeks  $i$  se nanaša na  $i$ -ti modalni način lastnega nihanja. Če zgornjo enačbo skupaj z odvodi vstavimo v enačbo (5), dobimo

$$y(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} (A_1 \sinh(\frac{\eta_i l}{l} x) + A_2 \cosh(\frac{\eta_i l}{l} x) + A_3 \sin(\frac{\eta_i l}{l} x) + A_4 \cos(\frac{\eta_i l}{l} x)) \cdot (B_1 \sin(\omega_i t) + B_2 \cos(\omega_i t)) \quad \dots(7)$$

kjer so konstante  $A_1, A_2, A_3, A_4, B_1$  in  $B_2$  odvisne od začetnih robnih pogojev vpetja. Lastno frekvenco določenega lastnega nihajnega načina vitke mehanske strukture nazivne dolžine  $l$  lahko izrazimo z zvezo

$$\omega_i = (\eta_i l)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho Al^4}}, \quad \dots(8)$$

Pri čemer je produkt  $\eta_i \cdot l$   $i$ -ti koren frekvenčne enačbe

$$\cos(\eta l) \cos(\eta l) = 1. \quad \dots(9)$$

Frekvenčna enačba (9) je značilna za določene robne pogoje oziroma način vpetja obeh koncev konstrukcijskega elementa. V primeru vitkega prizmatičnega telesa s prostima koncema, lahko zapišemo robne pogoje v obliki

$$\left( \frac{d^2 X}{dx^2} \right)_{x=0} = 0, \quad \left( \frac{d^3 X}{dx^3} \right)_{x=0} = 0, \quad \left( \frac{d^2 X}{dx^2} \right)_{x=l} = 0, \quad \left( \frac{d^3 X}{dx^3} \right)_{x=l} = 0,$$

pri čemer je  $X$  normalna funkcija prečnega nihanja vitkega prizmatičnega elementa (Timoshenko, Young in Weaver, 1974).

Kot je bilo navedeno je vztrajnostni moment prereza  $I$  odvisen od oblike prereza sistema. Pravokotnemu prerezu lahko tako zapišemo vztrajnostni moment kot:

$$I = \frac{bh^3}{12} [m^4] \quad \dots(10)$$

Pri čemer je:

$I$  = vztrajnostni moment prereza [ $m^4$ ],

$b$  = širina nosilca [m],

$h$  = debelina nosilca [m].

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 PRIPRAVA PREIZKUŠANCEV

V raziskavo je bil vključen žagan les smrekovine (*Picea abies* L.). Uporabili smo 200 preizkušancev (100 desk in 100 plohov), (slika 16). Celoten les je bil po razrezu posušen in je imel povprečno vlažnost 11 % za plohe in 9.3 % za deske. Poleg sušenja, pa so bili vsi preizkušanci krojeni na približno enake dimenzije in strojno obdelani (skobljani). Okvirne dimenzije so tako znašale  $4000 \times 174 \times 38$  mm za plohe in  $4000 \times 130 \times 20$  za deske.

Deske in plohe smo pred izvajanjem nedestruktivnih meritev označili ter jim izmerili dimenzije (debelina, širina in dolžina) v skladu s standardom. Poleg tega smo izmerili tudi maso in vlažnost posameznega preizkušanca.



Slika 16: Zložaj plohov ( $n = 100$ )

#### 3.2 UGOTAVLJANJE RELEVANTNIH GRADACIJSKIH LASTNOSTI ŽAGANEGA LESA

##### 3.2.1 Merjenje relevantnih gradacijskih lastnosti žaganega lesa

Določanje relevantnih gradacijskih lastnosti lesa smo opravili z različnimi nedestruktivnimi tehnikami. Meritve smo izvajali vizualno, nato pa je sledilo strojno nedestruktivno testiranje. Uporabili smo tri strojne nedestruktivne metode in sicer metodo štiri-točkovnega upogibnega testa in metodi frekvenčnega odziva (uporaba akustike in nihanja).

Meritve so bile razdeljene v tri večje sklope:

- vizualno ocenjevanje lesa,
- 4-točkovno testiranje in
- dinamično testiranje desk in plohov (uporaba frekvenčnih metod).

Zaradi raznolikosti metod, ki smo jih izvajali, so se močno razlikovali tudi faktorji, katere smo določevali. Prav zaradi tega dejstva smo pri vsaki metodi določili relevantne lastnosti lesa in na podlagi teh lastnosti določiti nek skupni kazalec primerljiv vsem metodam. Tako smo se pri strojnih nedestruktivnih metodah osredotočili predvsem na izračunavanje trdnostnih lastnosti materiala ( $MOE_s$  oziroma  $MOE_d$ ). Na podlagi dobljenih podatkov smo po standardu SIST EN 338:2004 vsako žaganico razvrstili v določen trdnostni razred (C16/S7, C24/S10, C30/S13). Pri vizualni metodi pa smo se osredotočili predvsem na vizualne karakteristike, katere smo izvajali skladno s standardom DIN 4074-1. Ravno tako kot pri strojnem razvrščanju, smo tudi pri tej metodi deske po merjenju razvrstili v zgoraj omenjene trdnostne razrede (preglednica 2).

Preglednica 2: Trdnostni razredi lesa iglavcev in topolovine

Razred glede na DIN 4074-1	Trdnostni razred glede na SIST EN 338
S7	C16
S10	C24
S13	C30

Namen raziskave je bil preučiti omenjene nedestruktivne metode in na podlagi dobljenih podatkov preučiti relacije med posameznimi metodami testiranja. V preglednici 3 so navedene metode s katerimi smo izvajali meritve, poleg tega pa so navedeni tudi ključni faktorji, kateri so bistveno vplivali na meritve in rezultate.

Preglednica 3: Kriteriji, ki smo jih upoštevali pri merjenju

Metoda merjenja	Ključni parametri merjenja	Specifikacija
Vizualna metoda	Grče, veženje, obarvanost, trohnoba,...	DIN 4074-1
Štiri-točkovni upogibni test	$F_1, F_2, w_1, w_2, l, b, h$	EN 408
Metodi frekvenčnega odziva	$V_1, m, A, h, l$	-

### 3.3 NEPORUŠNE METODE PREIZKUŠANJA

#### 3.3.1 Vizualna nedestruktivna metoda

Vizualno ugotavljanje relevantnih gradacijskih lastnosti žaganega lesa smo določevali skladno s standardom DIN 4074-1. Vsako desko (100 preizkušancev) oziroma ploh (100 preizkušancev) posebej smo vizualno pregledali in testirali (slika 17).



Slika 17: Merjenje vzdolžne ukrivljenosti

Preverjali in ocenjevali smo grče, zavitost vlaken, prisotnost stržena, širino branike, razpoke, lisičavost, veženje, obarvanost oz. trohnobo, kompresijski les, obžrtost zaradi žuželk in ostale značilnosti, ki kakorkoli vplivajo na trdnost lesa. Na podlagi teh kriterijev smo vsako žaganico posebej razvrstili v trdnostni razred, ki ga predpisuje standard DIN 4074-1. Tako smo preizkušance razvrstili v trdnostne razrede S7, S10 ali S13, po predpisih standarda (glej preglednico 1).

Poleg vseh predpisanih kriterijev, pa smo na vsaki žaganici izmerili tudi dimenzijske, vlažnost in maso (slika 18).



Slika 18: Uporovno merjene vlažnosti

Poleg vsega naštetega moramo poudariti, da se nismo dosledno držali zgoraj omenjenega standarda. Standard namreč predpisuje upoštevanje vizualnih lastnosti, kot je veženje in razpoke nastale zaradi strele pri 20 % vlažnosti. V našem primeru je bil ves žagan les tehnično posušen do 11 % oziroma 9,3 %.

### 3.3.2 Metoda štiri-točkovnega upogibnega testa

Deske (100 vzorcev) in plohe (100 vzorcev) smo testirali tudi z štiri-točkovnim upogibnim testom. Test smo izvajali v skladu s standardom EN 408.

Merjenje trdnostnih lastnosti posamezne žaganice smo izvajali z večnamenskim strojem Zwick 100Z (slika 19). Podatki so bili računalniško zajeti in obdelani z računalniško opremo Test Xpert.

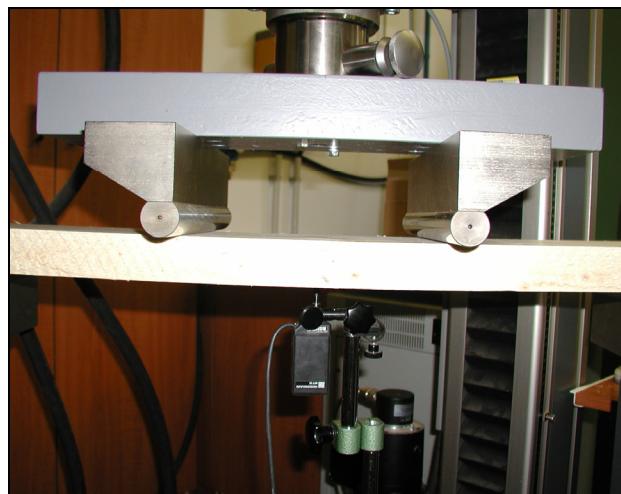
Meritve smo opravili na sredini vsake žaganice. Ker pa je les zelo nehomogen in anizotropen pri katerem zelo nihajo vizualne in mehanske lastnosti, smo meritve izvajali na obeh straneh deske oziroma ploha. Na podlagi dobljenih podatkov in podatkov o dimenzijah žaganice smo tako določili za vsako stran deske  $MOE_s$  po formuli (11):

$$MOE_s = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{bh^3(w_2 - w_1)} \left[ \left( \frac{3a}{4l} \right) - \left( \frac{a}{l} \right)^3 \right] \quad \dots(11)$$



Slika 19: Princip izvajanja štiri-točkovnega upogibnega testa

Zaradi lažjega in predvsem hitrejšega načina izvajanja meritev nismo uporabili predpisanega načina uporabe podpor. Standard je predpisoval uporabo podpor prikazane na sliki 7. Uporabili pa smo valjčne podpore, ki so prikazanih na sliki 20. Odstopanja od standarda nismo upoštevali pri izračunu mehanskih lastnosti ( $MOE_s$ ). Menim pa, da smo z uporabo zgoraj navedenih podpor dobili nekoliko večje upogibe, zaradi deformacije materiala. Naležna površina podpor se je namreč zaradi velikih sil nekoliko ugreznila v površino preizkušanca. Deformiranost površin je bila močno opazna pri plohih, saj so tu bile uporabljeni večji sile za obremenjevanje preizkušancev.



Slika 20: Oblika podpor in način merjenja upogiba

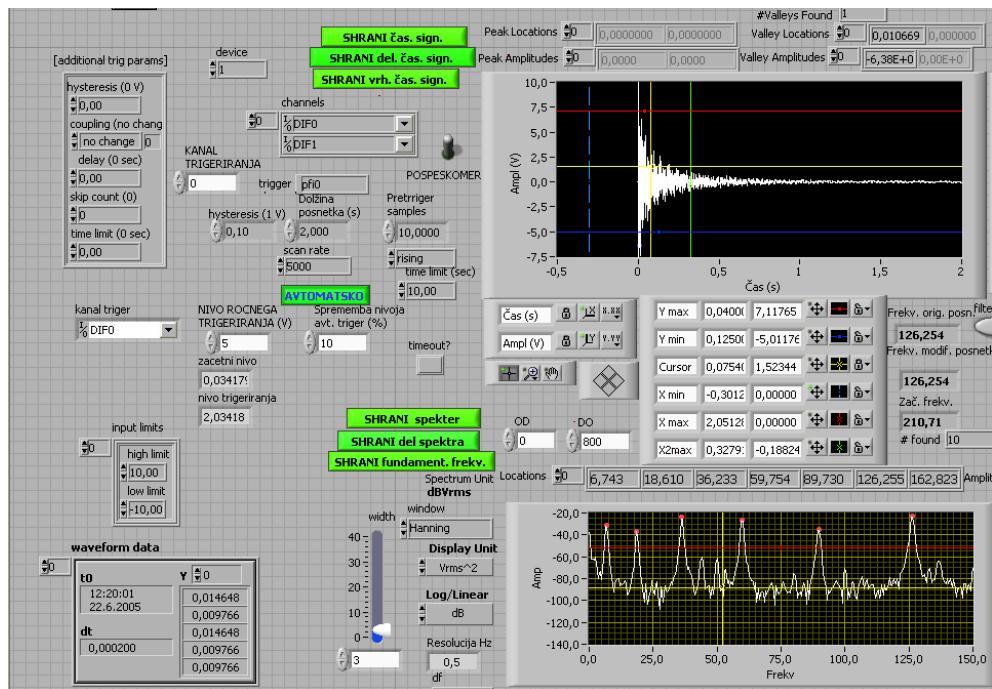
Velik vpliv na meritve pa je imela tudi hitrost obremenjevanja preizkušanca (hitrost izvajanja štiri-točkovnega upogiba). Vzrok temu je bila predvsem dolžina samih

preizkušancev. Prav zaradi te lastnosti smo skladno s standardom močno zmanjšali hitrost obremenjevanja pod dovoljeno mejo.

Na podlagi dobljenih podatkov za upogib smo tako določili modul elastičnosti za vsako žaganico posebej. Pri tem moramo poudariti, da smo vse meritve izvajali v linearjem območju grafa  $F(w)$ , (slika 8).

### 3.3.3 Metoda frekvenčnega odziva

Pri dinamičnih testih smo uporabili nabojni ojačevalec Brüel & Kjaer, kondenzatorski mikrofon Cardioid, pospeškomer Brüel & Kjaer tipa 4393 in kartico (prevornik) za zajem podatkov. Podatki so bili zajeti in obdelali s pomočjo računalniškega programa Labview (slika 21).



Slika 21: Primer zajema podatkov s programsko opremo Labview

Frekvenčni odziv je bil merjen na podlagi akustičnih in nihajnih lastnosti preizkušanca. Vzorec je bil podprt v dveh vozliščih z 3 mm najlonsko vrvico, katera je bila pritrjena na stropu laboratorija (slika 22). Tako smo vsako žaganico prosto podprli na razdalji  $0,224 \times 1$  in  $0,776 \times 1$  od čela prizkušanca in ji izmerili prvo, drugo, tretjo in četrto lastno frekvenco.



Slika 22: Princip uporabe najlonske vrvice pri dinamičnih meritvah  
(prosto podprt sistem, free-free)

Impulzno motnjo na sistem smo dosegli z nežnim udarcem kladiva po preizkušancu, (slika 23). Udarec je moral biti izveden dokaj hitro, da ni prišlo do več zaporednih trkov. Na drugi strani deske, pa smo s pomočjo mikrofona in pospeškomera merili odziv sistema (slika 24).



Slika 23: Udarec kladiva povzroči dražljaj, pri čemer sistem zaniha z lastnimi frekvencami



Slika 24: Uporaba mikrofona in pospeškomera

Časovne meritve so bile z uporabo FFT transformacije preslikane v frekvenčni prostor. V frekvenčnem prostoru pa smo dobili informacije o lastnih frekvencah sistema. Na podlagi teh podatkov in podatkov, ki smo jih merili za vsako žaganico posebej (maso, širino, debelino,...), smo tako določili dinamični modul elastičnosti  $MOE_d$  po formuli:

$$MOE_d = \frac{(2\pi\nu)^2 \times \rho \times A \times l}{(\eta_l l)^4 \times I} [Pa] \quad \dots(12)$$

Pri čemer je:

$MOE_d$  = dinamični modul elastičnosti [Pa],

$I$  = vztrajnostni moment prerez [m<sup>4</sup>],

$\rho$  = gostota [kg/m<sup>3</sup>],

$A$  = površina prerez [m<sup>2</sup>],

$l$  = dolžina nosilca [m]

$\nu$  = lastna frekvenca sistema [Hz]

Meritve na vsakem preizkušancu smo izvajali trikrat, za vsako metodo posebej (akustično in nihajno). Na podlagi treh meritev smo izračunali povprečno vrednost frekvenc in nato določili  $MOE_d$ .

## 4 MERITVE IN REZULTATI

### 4.1 VIZUALNO NEDESTRUKTIVNO TESTIRANJE

Meritve in rezultati vizualnega testiranja žaganega lesa so priloženi v prilogi (priloga A1.1, A1.2 in priloga A2.1, A2.2). Preglednice vključujejo tudi trdnostne razrede za posamezno žaganico, ki smo jih določili skladno s standardom DIN 4074-1. Vizualno smo preučili vsako desko in ploho posebej (200 preizkušancev) in jih nato razvrstili v predpisane trdnostne razrede (preglednica 4).

Preglednica 4: Razvrstitev desk in plohov v S trdnostne razrede skladno s standardom DIN 4074-1

Trdnostni razred (DIN 4074-1)	< S7	S7	S10	S13
DESKE ( $n = 100$ )	25 %	39 %	30 %	6 %
PLOHI ( $n = 100$ )	23 %	33 %	33 %	11 %

### 4.2 ŠTIRI-TOČKOVNI UPOGIBNI TEST

Meritve štiritočkovnega upogibnega testa smo računalniško zajeli in so podani v prilogi B1 in B2. Splošne karakteristike smrekovih preizkušancev, pa so prikazane v preglednicah 5 in 6.

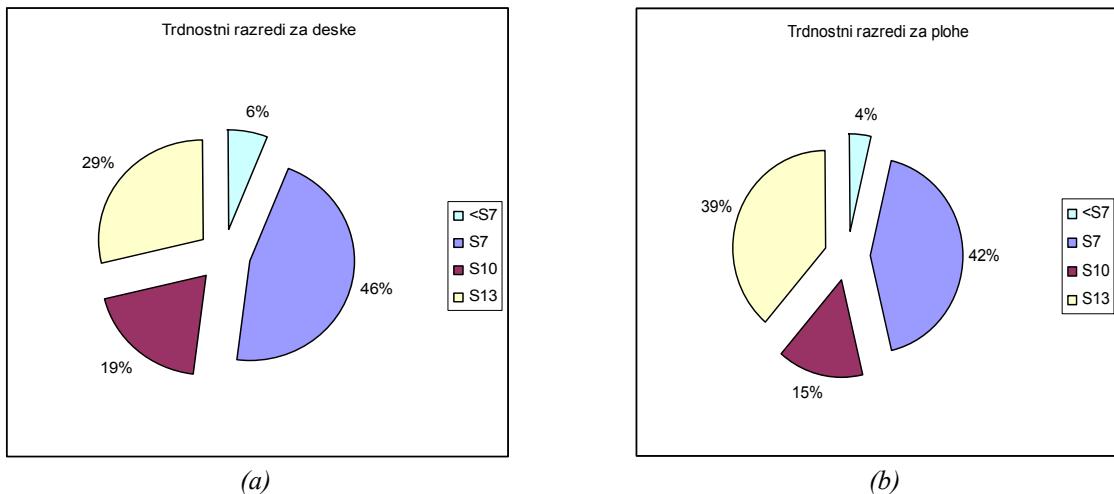
Preglednica 5: Mehanske karakteristike smrekovih desk

	MOE <sub>s</sub> (štiri-točkovni upogibni test) [MPa]	MOE <sub>d</sub> (akustika) [MPa]	MOE <sub>d</sub> (nihanje) [MPa]
Število preizkušancev	100	100	100
Povprečna vrednost ( $\mu$ )	10968	12120	12126
Max. vrednost	15563	17761	17827
Min. vrednost	6753	7851	7855
Standardni odklon ( $\sigma$ )	1889	2165	2156

Preglednica 6: Mehanske karakteristike smrekovih plohov

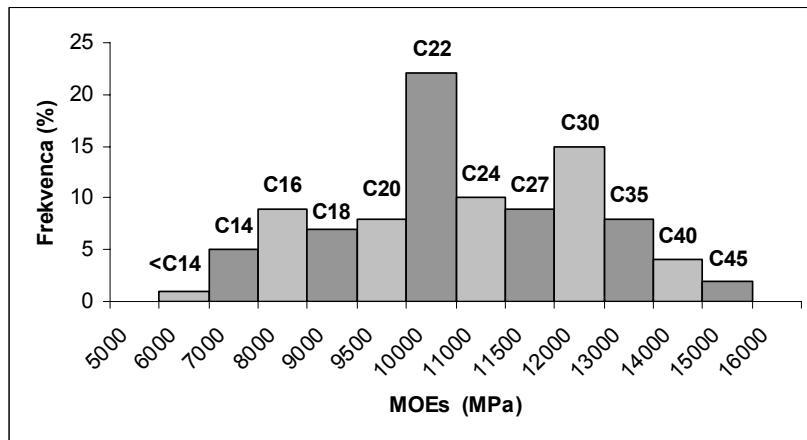
	MOE <sub>s</sub> (štiri-točkovni upogibni test) [MPa]	MOE <sub>d</sub> (akustika) [MPa]	MOE <sub>d</sub> (nihanje) [MPa]
Število meritev	100	100	100
Povprečna vrednost ( $\mu$ )	11308	12703	12704
Max. vrednost	15413	18199	18208
Min. vrednost	7164	7544	7544
Standardni odklon ( $\sigma$ )	1977	2437	2434

Na osnovi izmerjenih vrednosti smo deske in plohe razvrstili v trdnostne razrede po standardu EN 338 in po standardu DIN 4074-1 (slika 25a, slika 25b).

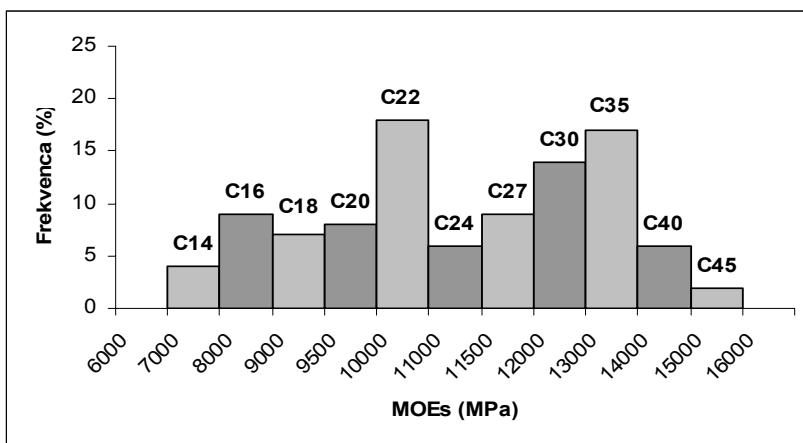


Slika 25: Deleži desk (a) in plohov (b) po trdnostnih razredih, ( $n_{deske} = 100$ ,  $n_{plohi} = 100$ )

Porazdelitev modula elastičnosti po trdnostnih razredih, ki jih opredeljuje standard EN 338 pa je prikazan na sliki 26 za deske in sliki 27 za plohe. Histograma mehanskih karakteristik prikazujejo dokaj nesimetrično porazdelitev MOEs, kar smo tudi pričakovali glede na naključno izbran vzorec desk in plohov.



Slika 26: Frekvenčne porazdelitve statičnih modulov za deske,  $MOEs$   
 $(n = 100, \mu = 10968 \text{ MPa}, \sigma = 1889 \text{ MPa})$

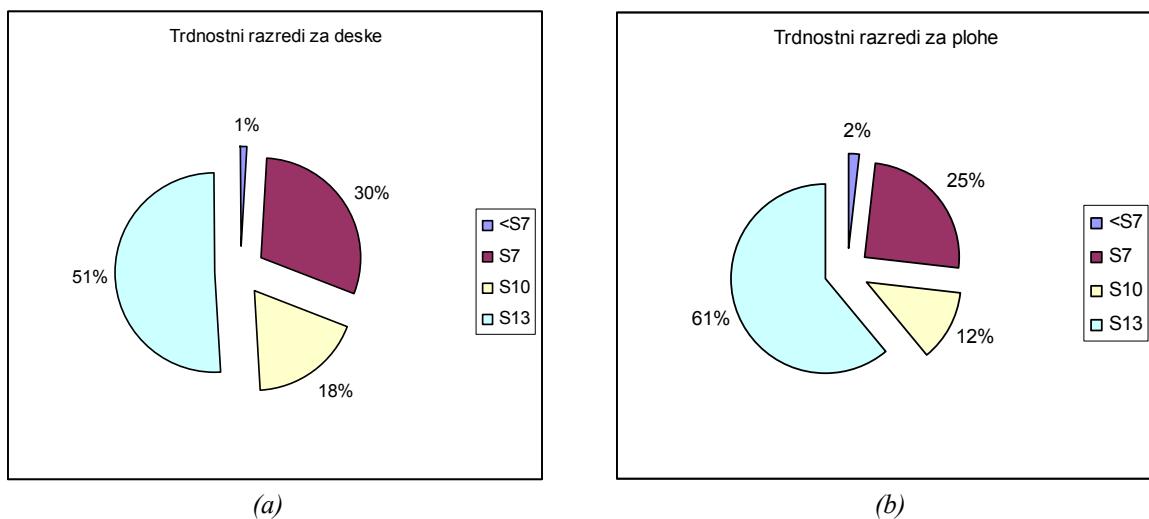


Slika 27: Frekvenčne porazdelitve statičnih modulov za plohe,  $MOE_s$   
( $n = 100$ ,  $\mu = 11308$  MPa,  $\sigma = 1977$  MPa)

Srednji vrednosti,  $\mu_{desk}$  oziroma  $\mu_{plohov}$  (10968 MPa in 11308 MPa) preizkušancev niso bili tako nizki kot smo pričakovali, saj je bilo kar nekaj vzorcev, ki so presegli 12000 MPa in so tako bili uvrščeni v razred S13 oziroma nad C30.

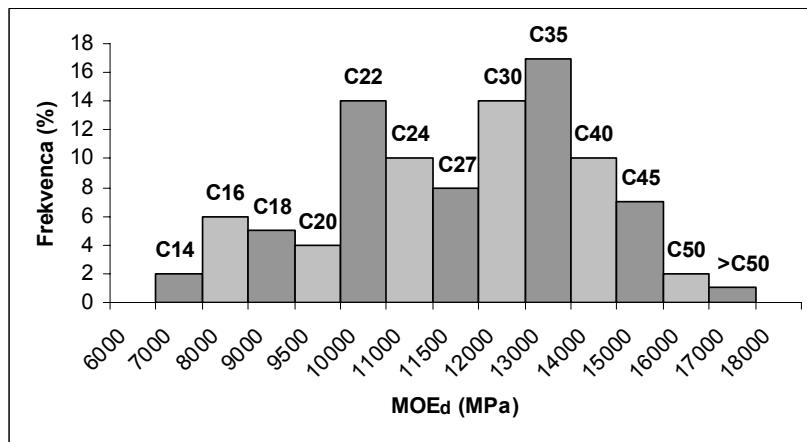
#### 4.3 DINAMIČNI TESTI

V preglednicah, ki so dodane v prilogi C1 in C2, lahko vidimo izmerjene in izračunane dinamične vrednosti za deske oz. plohe. Na podlagi dobljenih podatkov smo izračunali dinamični modul za vsako žaganico posebej ( $MOE_d, \text{mikrofon}$  in  $MOE_d, \text{pospeškomer}$ ). Nato smo skladno s standardom EN 338 oziroma DIN 4074-1 določili trdnostne razrede (C14-C50 oz. S7, S10 in S13).

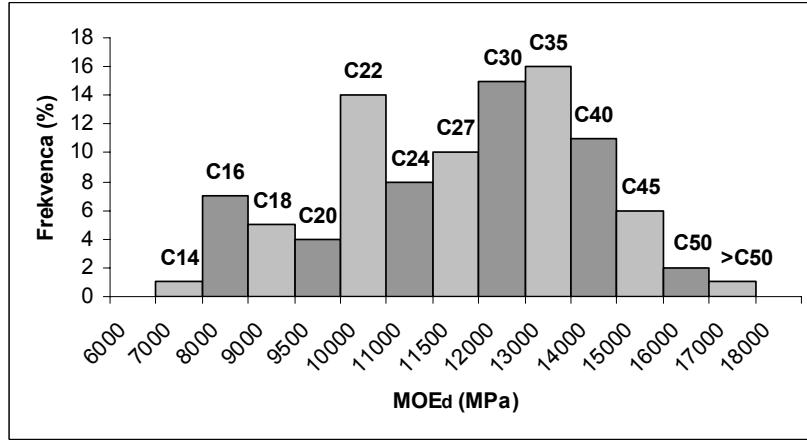


Slika 28: Deleži desk (a) in plohov (b) po trdnostnih razredih (dobljeni rezultati so enaki pri obeh fekvenčnih metodah, zato tu navajamo rezultate samo za eno metodo,  $n = 100$ )

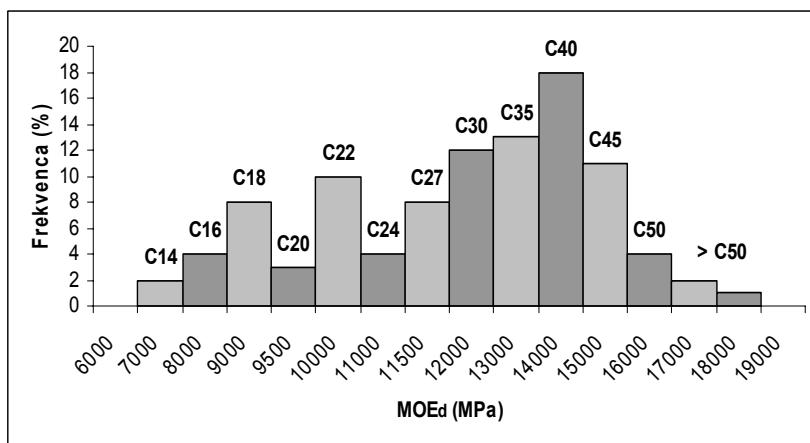
Na naslednjih slikah pa so predstavljeni histogrami mehanskih karakteristik za deske in plohe (slika 29-32), ki smo jih izmerili s frekvenčnima metodama. Poleg omenjenega so prikazani tudi trdnosti razredi, ki smo jih ovrednotili skladno s standardom EN 338:2003.



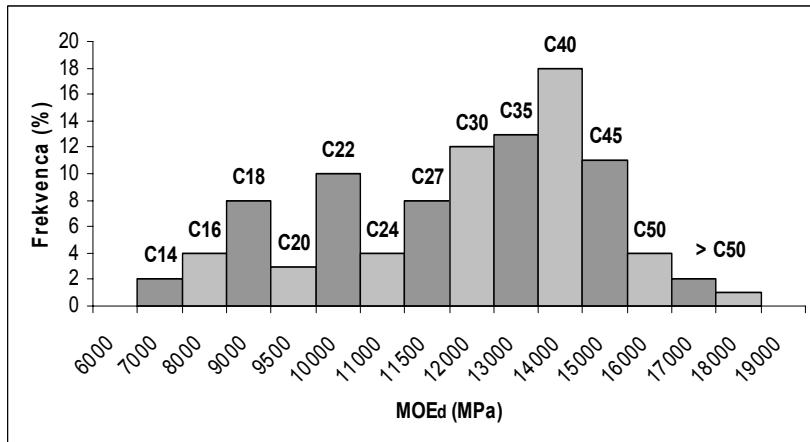
Slika 29: Frekvenčne porazdelitve dinamičnih modulov za deske,  $MOE_d$ , akustika  
( $n = 100$ ,  $\mu = 12120$  MPa,  $\sigma = 2165$  MPa)



Slika 30: Frekvenčne porazdelitve dinamičnih modulov za deske,  $MOE_d$ , nihanje  
( $n = 100$ ,  $\mu = 12126$  MPa,  $\sigma = 2156$  MPa)



Slika 31: Frekvenčne porazdelitve dinamičnih modulov za plohe,  $MOE_d$ , akustika  
 $(n = 100, \mu = 12703 \text{ MPa}, \sigma = 2437 \text{ MPa})$

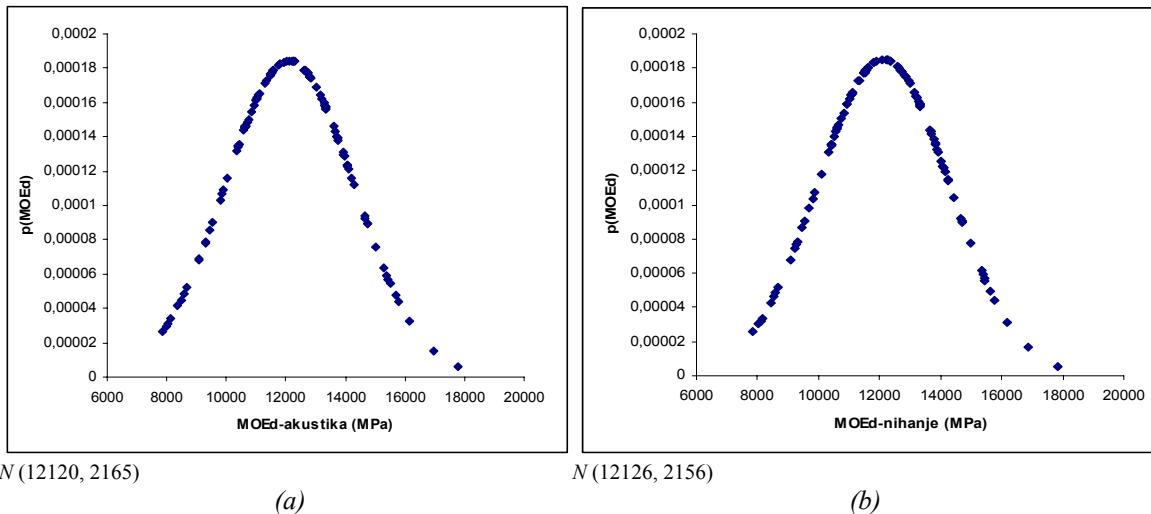


Slika 32: Frekvenčne porazdelitve dinamičnih modulov za plohe,  $MOE_d$ , nihanje  
 $(n = 100, \mu = 12704 \text{ MPa}, \sigma = 2434 \text{ MPa})$

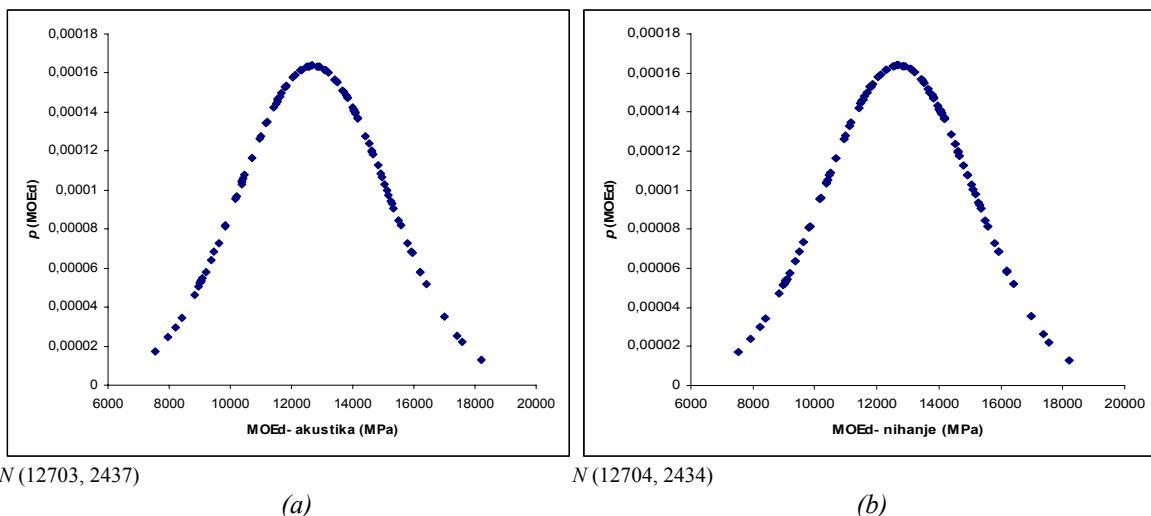
Kot je razvidno iz preglednic 5, 6 in zgornjih histogramov smo z nihajnimi in akustičnimi frekvenčnimi meritvami dobili praktično identične podatke oziroma rezultate. Na podlagi omenjenega lahko sklepamo, da sta metodi enakovredni. Ker je merjenje z mikrofonom enostavnejše in hitrejše, kot v primeru merjenje s pospeškomerom, ki ga je potrebno pritrditi na preizkušenec, je tako uporaba mikrofona bolj primerna v praktični uporabi.

Opazimo lahko, da so rezultati akustičnih in nihajnih meritve praktično enaki. To tudi priča, da so meritve, ki smo jih izvajali s frekvenčnima metodama zelo natančne. Iz grafov je razvidno, da porazdelitev  $MOE_d$  ni povsem simetrična. Vzrok lahko iščemo v številu preizkušancev uporabljenih v raziskavi. Pri večjem vzorcu preizkušancev (npr.:  $n = 1000$ ) bi se stopničavost in razlike v simetriji močno zmanšale.

Čeprav je bil vzorec v našem primeru majhen ( $n = 100$ ), lahko histogramu modeliramo ustrezeno matematično funkcijo. V našem primeru smo  $MOE_d$  modelirali s slučajno spremenljivko, ki ima normalno porazdelitev  $N(\mu, \sigma) \rightarrow N$  (povprečna vrednost, standardni odklon) (slika 33 in 34).



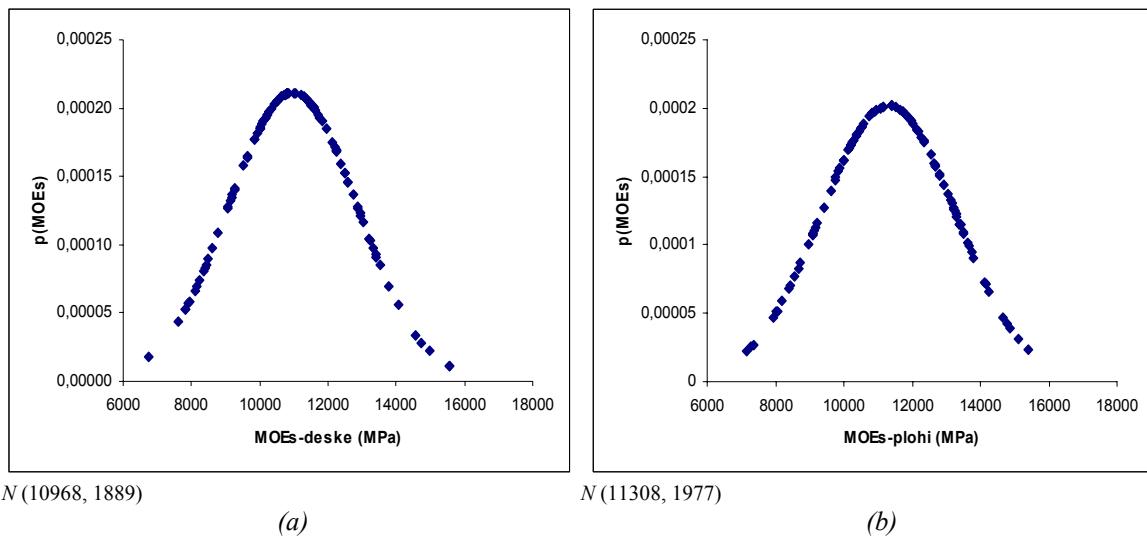
Slika 33: Porazdelitev  $MOE_d$  pri deskah za metodi frekvenčnega odziva, ((a)-akustika, (b)-nihanje)



Slika 34: Porazdelitev  $MOE_d$  pri plohih za metodi frekvenčnega odziva, ((a)-akustika, (b)-nihanje)

Iz grafov lahko sklepamo, da gre v vseh primerih za normalno oziroma Gaussovo porazdelitev. Povprečna vrednost in standardni odklon pri merjenju z obema frekvenčnima metodama se medsebojno bistveno ne razlikujejo. Z zanesljivostjo lahko trdimo, da so dinamične meritve zelo točne in so lahko osnova za primerjanje z drugi nedestruktivnimi metodami. Že s primerjavo dinamičnih modulov elastičnosti s statičnimi ugotovimo, da so prvi za kar 11 % pri deskah in 12 % pri plohih višji od drugih.  $MOE_s$  je tako pri deskah normalno porazdeljen s povprečno vrednostjo ( $\mu$ ) 10968 MPa in standardnim odklonom ( $\sigma$ )

1889 MPa, pri plohih pa s povprečno vrednostjo ( $\mu$ ) 11308 MPa in standardnim odklonom ( $\sigma$ ) 1977 MPa, (slika 35).



Slika 35: Porazdelitev  $MOE_s$  za deske (a) in plohe (b)

Poleg vseh navedenih rezultatov pa so nas zanimali tudi korelacije med posameznimi metodami. Ti rezultati so predstavljene v naslednjem poglavju (**5 RAZPRAVA IN SKLEPI**).

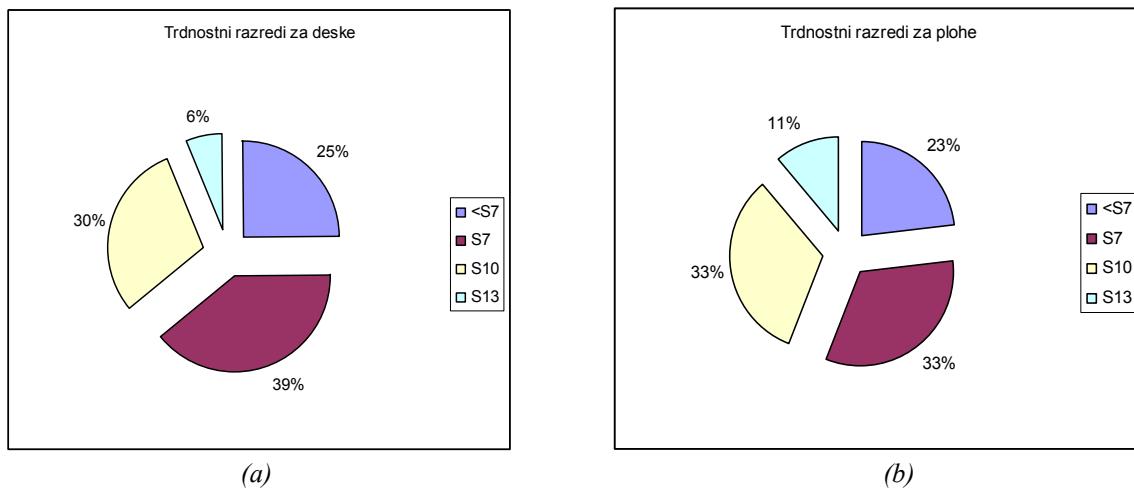
## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V diplomske nalogi smo se osredotočili na nedestruktivno merjenje in sortiranje lesa na osnovi različnih metod in standardov. Na podlagi dobljenih rezultatov z izbranimi nedestruktivnimi metodami, smo poskušali določiti medsebojne povezave, relacije.

Vzorec žaganega lesa, ki je bil uporabljen v tej raziskavi je dokaj majhen – 100 kosov desk in 100 kosov plohor. To pomeni, da vsi rezultati temeljijo na podlagi teh, kar seveda ne zadostuje za neko zanesljivo končno oceno. Večjo zanesljivost podatkov bi dosegli s povečanjem vzorca preizkušancev (npr. 1000 vzorcev). To pa ni bilo moč izvesti, saj je vsaka nedestruktivna metoda, ki smo jo izvajali dokaj dolgotrajna (to velja zlasti za metodo vizualnega ocenjevanja lesa).

Vizualno nedestruktivno metodo smo izvajali skladno s standardom DIN 4074-1. Rezultati dobljeni s to metodo so grafično predstavljeni na sliki 36a in 36b.

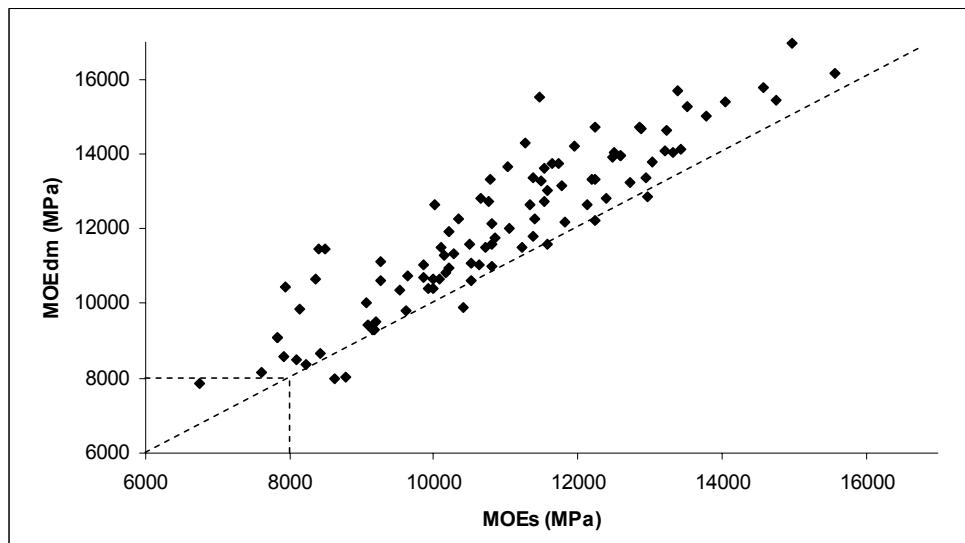


Slika 36: Deleži desk (a) in plohor (b) po trdnostnih razredih, ( $n_{deske} = 100$ ,  $n_{plohi} = 100$ )

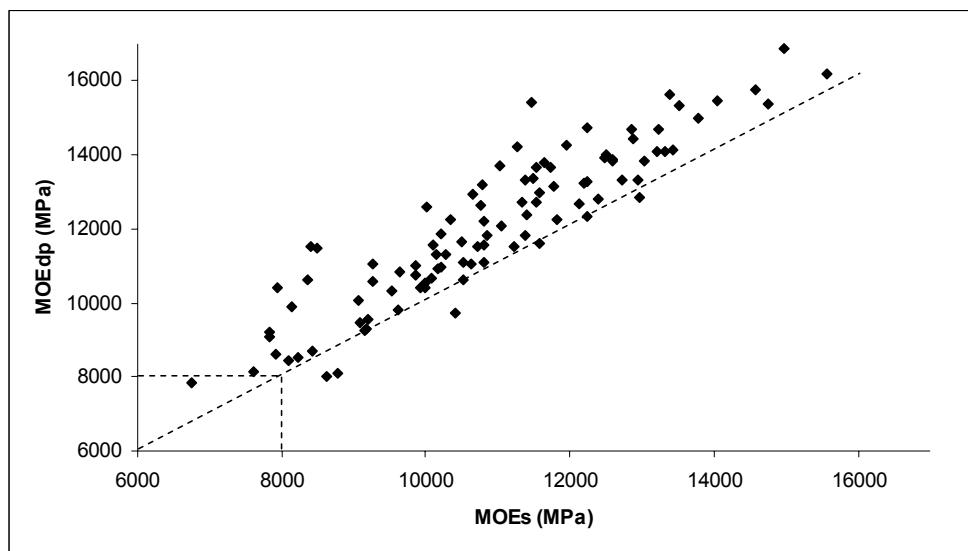
Vidimo lahko, da smo po metodi vizualnega razvrščanja dobili največji delež desk, ki spadajo v trdnostni razred S7. Zelo velik odstotek desk oz. plohor (25% oz. 23%) pa nismo mogli uvrstiti v noben predpisani trdnostni razred. To pomeni, da kar 23 desk in 25 plohor po vizualni nedestruktivni metodi, ne bi bilo mogoče uporabiti za konstrukcijske namene. Veliko razhajanje rezultatov z ostalimi metodami, bi bilo moč zmanjšati, če bi omilili oziroma izpustili nekatere kriterije standarda DIN 4074-1. V mislih imamo predvsem kriterije veženja (zavitost, lok, sablja...), ki veliko ne vplivajo na trdnost, ampak vplivajo predvsem na obliko, geometrijo desk in plohor. Kot primer lahko navedemo deske z oznako 3, 5, 10, 15, 21, 22, 24, 35, 39, 54, 56, 57, 76, 85, 91, 97, 99 in 100, ki jih že zaradi veženja nismo mogli uvrstiti v noben trdnostni razred. Podobno to velja za plohe z razliko, da je izpad žaganic zaradi zgoraj omenjenih nepravilnosti nekoliko manjši (glej

priloga A2.1). Z nadalno primerjavo lahko vidimo, da geometrijski kriteriji močno vplivajo tudi na deske in plohe, ki so bili uvrščeni v ostale trdnostne razrede (S7, S10 ali S13). Deskam z oznako 6, 7, 8, 11, 14, 19, 23, 36, 40, 41, 46, 49, 50, 51, 63, 64, 66, 67, 70,... smo prav zaradi zavitosti morali znižati trdnostni razred iz S10 na S7. Vidimo lahko, da bi z izpustivijo geometrijskih kriterijev skladno s standardom (dovoljena vlažnost lesa do 20 %) dobili veliko boljše rezultate in posledično višje vrednosti končnih polizdelkov.

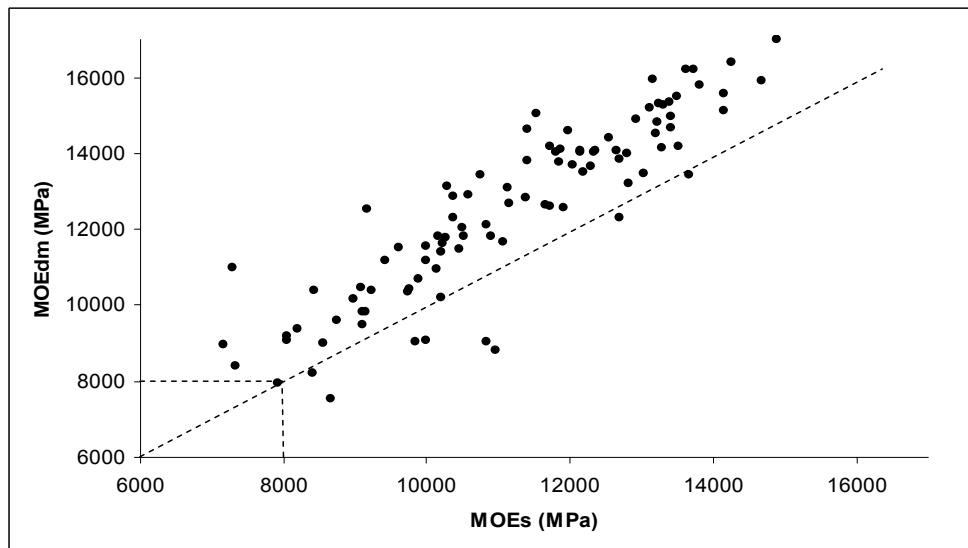
Med statičnimi in dinamičnimi rezultati (primerjava  $MOE_s$  in  $MOE_d$ ) je možno prikazati linearno regresijo. Rezultati so grafično prikazani z razsevnimi grafikonji (slika 37 in 40). Grafi prikazujejo korelacijo med statičnimi in dinamičnimi moduli elastičnosti. Ker sta obe spremenljivki ( $MOE_s$  in  $MOE_d$ ) enakovredni, smo poljubno izbrali spremenljivko na abcisni oziroma na ordinatni osi.



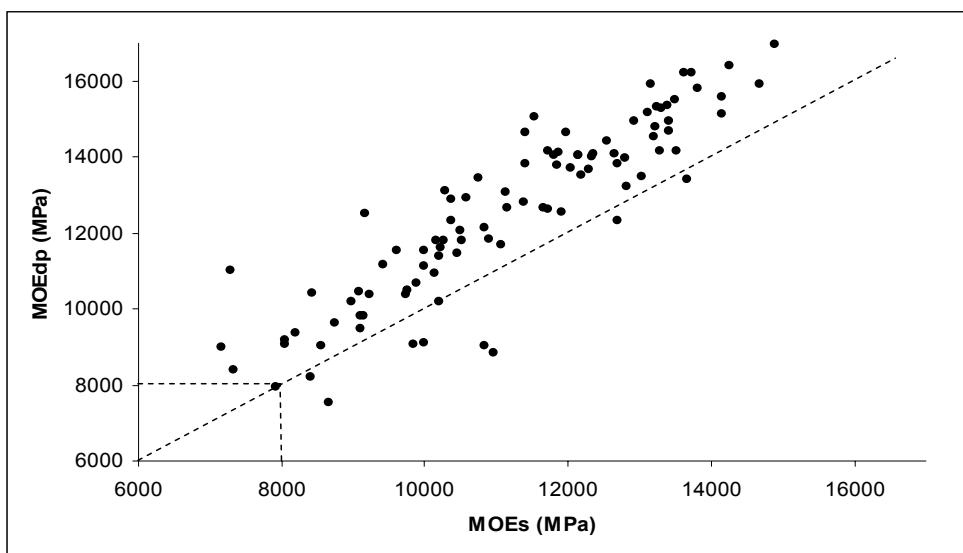
Slika 37: Statični in dinamični (akustični) modul elastičnosti ( $n = 100$  desk,  $r = 0,917$ )



Slika 38: Statični in dinamični (nihajni) modul elastičnosti ( $n = 100$  desk,  $r = 0,918$ )



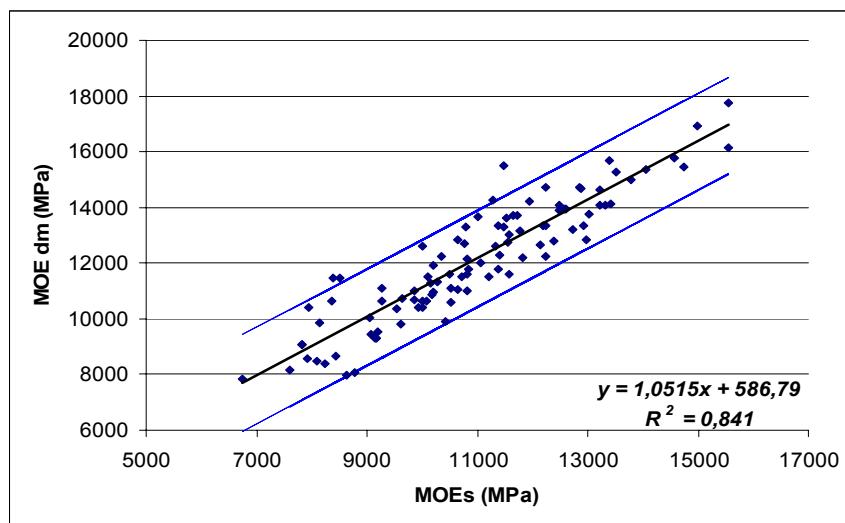
Slika 39: Statični in dinamični (akustični) modul elastičnosti ( $n = 100$  plohor,  $r = 0,910$ )



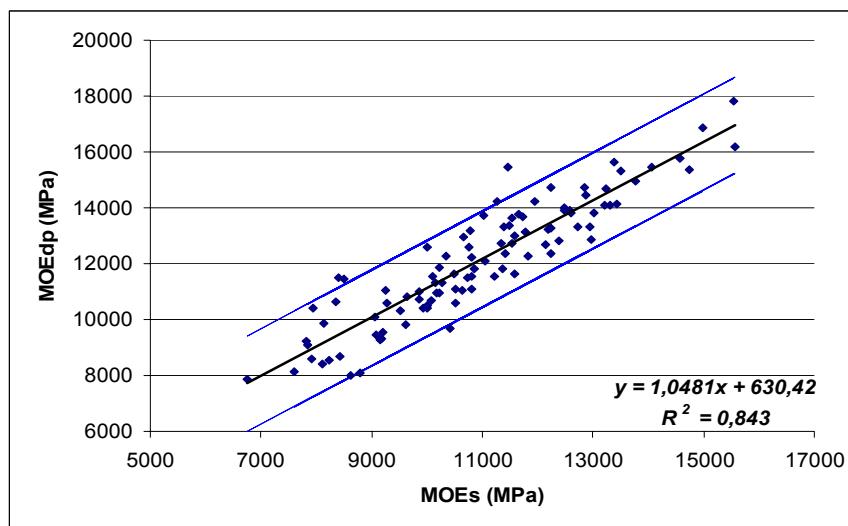
Slika 40: Statični in dinamični (nihajni) modul elastičnosti ( $n = 100$  plohor,  $r = 0,910$ )

Na vseh slikah lahko predpostavimo, da je povezava linearja. Na podlagi omenjenega pa lahko smiselno izračunamo koeficient korelacije, ki je naveden na vsakem grafikonu.

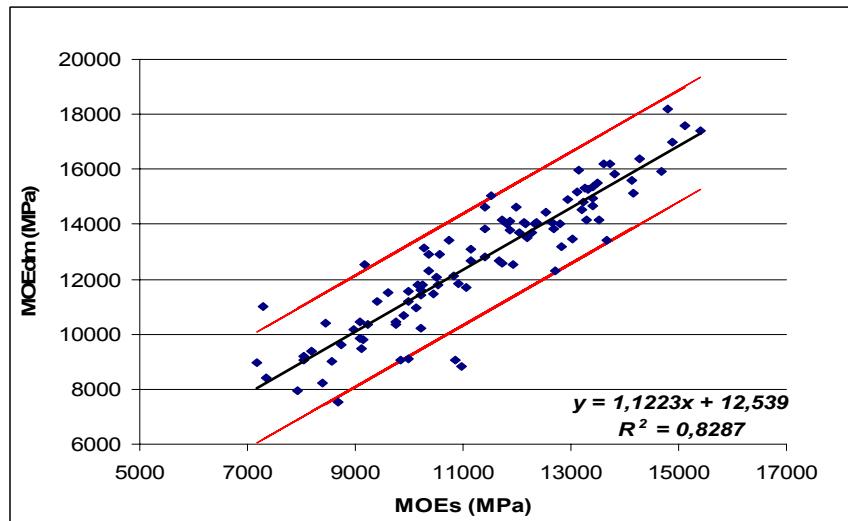
Ocena linearnega regresijskega modela  $y$  je predstavljena na sledečih grafikoni, (slike 41-44). Koeficent korelacije  $r$  je bil v vseh primerih večji od 0,9, kar potrjuje, da je bila povezava med spremenljivkama  $MOE_s$  in  $MOE_d$  zelo dobra (slike 37-40). To pomeni, da je linearja regresijska premica bila primerna za upodobitev povezanosti med njima. Povezava med obema spremenljivkama, bi najverjetneje bila še višja, če bi bili vzorci lesa manjši. To pomeni, da bi vzorci najverjetneje vsebovali manj grč, razpok in ostalih napak, ki so bistveni predvsem iz vidika trdnosti (Ilic, 2001).



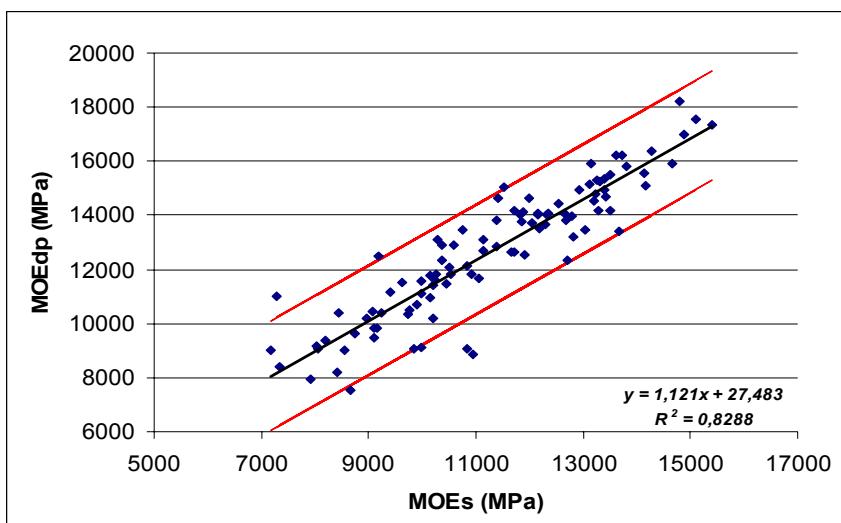
Slika 41: Meje intervalov zaupanja spremenljivk  $MOE_s$  in  $MOE_{dm}$  ( $n = 100$  desk,  $s = 867,7$  MPa)



Slika 42: Meje intervalov zaupanja spremenljivk  $MOE_s$  in  $MOE_{dp}$  ( $n = 100$  desk,  $s = 858,6$  MPa)



Slika 43: Meje intervalov zaupanja spremenljivk  $MOE_s$  in  $MOE_{dm}$  ( $n = 100$  plohor,  $s = 1013,8$  MPa)



Slika 44: Meje intervalov zaupanja spremenljivk  $MOE_s$  in  $MOEdp$  ( $n = 100$  plohov,  $s = 1012,4$  MPa)

Ker smo predpostavili, da je povezava med spremenljivkama  $MOE_s$  in  $MOEdp$  linearna, smo le to morali tudi preveriti. Zanesljivost smo preverili z 95% intervalom zaupanja (slika 41- 44). Na podlagi prikazanih grafikonov in predpostavke, da sta spremenljivki  $MOE_s$  in  $MOEdp$  porazdeljeni normalno (Gaussova porazdelitev) lahko sklepamo, da je 95% vseh točk znotraj prikazanega pasu. Dejansko se izkaže, da so znotraj pasu praktično vse točke, kar dokazuje, da je izbrana linearna regresija pravilna, (Košmelj, 2001).

Če primerjamo zgolj rezultate vizualnih meritev s frekvenčnimi, lahko ugotovimo, da je povezava med rezultati dokaj nejasna. Zato smo se odločili, da bomo poskušali tu ugotoviti v kolikšni meri so rezultati vizulanega razvrščanja primerljivi z dinamičnimi. Skupni rezultati vseh metod so prikazani v prilogi D1 in D2. Če primerjamo vizualne in frekvenčne rezultate lahko vidimo, da dobimo zelo nizek odstotek trdnostnih razredov, ki so med seboj enaki. Tako imamo samo 20 % desk in 30 % plohov, katere smo razvrstili v enak trdnostni razred (S7, S10 ali S13). Preostali vzorec preizkušancev, pa medsebojno ni bil primerljiv.

Za primer naj vzamemo deske z oznako 3, 10, 28, 85, 87 in 99. Ti preizkušanci so bili na podlagi dinamičnih meritev razvrščeni v trdnostni razred S13 po vizualnem razvrščanju pa se sploh niso uvrstili v noben predpisani S razred, ki ga opredeljuje standard DIN 4074-1. Tu moramo omeniti, da bi lahko z dimamičnimi meritvami vzporedno izvajali tudi določene vizualne meritve in bi jih tako upoševali pri rezultatih dobljenih s frekvenčno metodo. Ker pa smo žeeli striktno primerjati dinamične in vizualne meritve, te možnosti v raziskavi nismo upoštevali.

Tudi zaradi neupoštevanja vizualnih lastnosti pri frekvenčnih meritvah dobimo dinamične rezultate za določen odstotek višje, kot pa rezultate izmerjene samo z vizualno metodo. Kot primer naj navedemo, da smo pri deskah dobili samo 7 % preizkušancev, ki so bili po vizualnem ocenjevanju uvrščeni v višji S trdnostni razred, kot po dinamičnih metodah. Pri plohih je bilo teh preizkušancev tudi samo 6 %.

Vidimo lahko, da z dinamičnimi meritvami dobimo za  $\approx 10\%$  višje rezultate v primerjavi z preostalima nedestruktivnima metodama (Divos F., Tanaka T., 2005). V vseh primerih se je izkazalo, da sta frekvenčni metodi (če ne upoštevamo vizualnih kriterijev) zelo učinkoviti in med najbolj točnimi za določanje trdnostnih lastnosti lesa.

## 5.2 SKLEPI

Preučevane nedestruktivne metode se med seboj močno razlikujejo. Vzrok temu so različni pristopi, ki jih uporabljamo pri izvajanju meritev. Poleg tega pa se močno razlikujejo tudi merjeni podatki med posameznimi metodami.

Do končnih rezultatov lahko tako pridemo z upoštevanjem najrazličnejših kriterijev (glej standard DIN 4074-1) ali pa z izračunavanjem modula elastičnosti, ki je lahko dinamični ali statični. Končne rezultate lahko dobimo z najrazličnejšimi metodami zato jih je med seboj ponavadi zelo težko primerjati.

Vizualno ocenjevanje lesa je med vsemi nedestruktivnimi metodami, ki smo jih v tej raziskavi uporabili, najbolj zamudno. Čas ocenjevanje preizkušanca je dosegel tudi do 10 minut, odvisno od števila napak, ki jih je vseboval prizkušanec. Poleg tega pa smo ugotovili, da so za izvajanje te nedestruktivne metode resnično pomembne izkušnje in znanje ocenjevalca o lesu, ter tudi dobro poznavanje standarda DIN 4074-1. Zaradi zgoraj navedenih pomankljivosti metodo vizualne kontrole dejansko ne bi bilo moč realizirati na velikih žagarskih obratih.

Hitrejšo kotrolo lesa pa je moč doseči predvsem s strojnim sortiranjem. S štiri-točkovnim upogibnim testom se časi merjenja bistveno zmanjšajo. Z vključitvijo te metode v pretočno linijo, pa se natančnost in hitrost meritev močno poveča.

Najkrajši čas ( $t \approx 2s$ ) in najvišjo natančnost merjenja, pa omogočajo dinamične meritve, ki so za izvajanje zelo enostavne.

Na osnovi opravljenih meritev in dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da:

- vizualno ocenjevanje lesa, ki smo ga izvajali v skladu s standardom DIN 4074-1 ni primeren za večje obrate predelave lesa, saj gre za izredno počasen postopek ocenjevanja. Poleg tega pa zahteva od ocenjevalca dobro poznavanje lesa, metode po kateri ocenjuje (npr. DIN 4074-1) in izkušnje, ki jih lahko pridobi samo z delom,
- je povezava med vizualnimi in dinamičnimi rezultati dokaj šibka. Kot kažejo rezultati imamo samo 20 % desk in 30 % plohov, katere smo razvrstili v enak trdnostni razred po vizualni in dinamični metodi,
- med statičnimi in dinamičnimi rezultati je možno prikazati linearno regresijo. Koeficient korelacije v vseh primerih med  $MOE_s$  in  $MOE_d$  je bil večji od 0,9, kar pomeni da je povezava med omenjenima spremenljivkama zelo dobra,

- metode, ki temeljijo na frekvenčnem odzivu veljajo za zelo učinkovite in točne pri določanju trdnostnih lastnosti lesa,
- so dinamični rezultati ( $MOE_d$ ) zaradi specifike merjenja ( $t \approx 2s$ ) za 11-12 % višji od statičnih vrednosti ( $MOE_s$ ), (Divos F., Tanaka T., 2005). To pa pomeni, da s sortiranjem, ki temelji na dinamičnem merjenju lahko dobimo višje končne rezultate (če ne upoštevamo vizualnih kriterijev). Višji končni rezultati pa pomenijo večjo končno ceno polizdelka in s tem boljšo konkurenčnost na trgu žaganega lesa.

## 6 POVZETEK

Potrebe po trdnostnem ovrednotenju konstrukcijskega lesa izhajajo predvsem iz gradbeniško lesarskega področja. Ker kvaliteta žaganega lesa zelo variira je potrebno žagan les in lesne kompozite namenjene za gradbeništvo predhodno meritи oziroma testirati. S standardom SIST EN 338:2003 so bili uvedeni trdnostni razredi za konstrukcijski les iglavcev in listavcev. Tako je žagan les lahko sortiran že na podlagi določenih mehanskih karakteristik (npr. modula elastičnosti, MOE).

Metode določanja mehanskih karakteristik, ki jih uporabimo pri izvajanju meritve so lahko destruktivne (porušne) in nedestruktivne (neporušne). Ker imamo najpogosteje opravka z žaganim lesom, ki bo kasneje uporabljen v konstrukcijske namene je potrebno meritve izvajati tako, da lesne strukture ne poškodujemo. Edine metode, ki jih je glede na omenjeno zahtevo možno uporabiti, so metode, ki sodijo v skupino nedestruktivnih metod.

Namen naše raziskave je bil, raziskati možnosti uporabe različnih nedestruktivnih metod, njihovo zanesljivost in medsebojne korelacije. Tako smo preučevali različne mehanske in vizualne lastnosti žaganega lesa, ki vplivajo na razvrstitev v trdnostni razred.

Metode, s katerimi smo preučevali deske in plohe so bile naslednje:

- vizualno ocenjevanje lesa po DIN 4074-1,
- štiri-točkovni upogibni test po EN 408,
- dinamično testiranje lesa po metodi frekvenčnega odziva.

Za merjenje statičnih lastnosti ( $MOE_s$ ) smo uporabili večnamenski stroj Zwick 100Z. Podatke pa smo računalniško zajeli in obdelali z računalniško opremo Test Xpert. Meritve smo prenesli v Excel in jih naknadno obdelali. Pri dinamičnih metodah pa smo uporabili nabojni ojačevalec Brüel & Kjaer, kondenzatorski mikrofon Cardioid in oscilator Brüel & Kjaer tipa 4393. Podatke smo zajeli s pomočjo računalniškega programa Labview. Prav tako pa smo rezultate nato prenesli v Excel in jih pozneje obdelali.

Uporabili smo 100 desk in 100 plohov smrekovine. Preizkušanci, krojeni na enake dimenzije, so bili strojno obdelani (skobljani). Okvirne dimenzije so tako znašale  $4000 \times 174 \times 38$  mm za plohe in  $4000 \times 130 \times 20$  za deske.

Vizualno ocenjevanje lesa je med vsemi nedestruktivnimi metodami, ki smo jih v tej raziskavi uporabili, najbolj zamudno. Čas ocenjevanja preizkušanca je dosegel tudi do 10 minut, odvisno od števila napak, ki jih je vseboval preizkušanec. Poleg tega pa smo ugotovili, da so za izvajanje te nedestruktivne metode resnično pomembne izkušnje in znanje nekega človeka o lesu, ter tudi dobro poznavanje standarda DIN 4074-1.

Hitrejšo kontrolo lesa, pa je moč doseči predvsem s strojnim sortiranjem. S štiri-točkovnim upogibnim testom se dejanski časi merjenja bistveno zmanjšajo. Z vključitvijo te metode v pretočno linijo, pa se natančnost in hitrost meritve močno poveča. Čas za merjenje

posameznega preizkušanca je v našem primeru znašal okoli  $t \approx 20\text{s}$ , saj smo izvajali merjenje na obeh straneh ploskve.

Dinamične metode, ki smo jih izvajali v laboratoriju pa so z vidika časa najkrajše ( $t_{merjenja} \approx 2\text{s}$ ). Poleg tega pa dobimo zelo natančne podatke o mehanskih karakteristikah preizkušanca (deske ali ploha).

Pri vseh metodah smo se osredotočili predvsem na izračunavanje trdnostnih lastnosti nekega materiala ( $\text{MOE}_s$  oziroma  $\text{MOE}_d$ ). Na podlagi dobljenih podatkov smo po standardu SIST EN 338:2004 vsako žaganico razvrstili v določen trdnostni razred (C16/S7, C24/S10, C30/S13).

Pri vizualni metodi, pa smo se osredotočili predvsem na vizualne kriterije, katere smo izvajali skladno s standardom DIN 4074-1. Ravno tako kot pri strojnem razvrščanju, smo tudi pri tej metodi, deske in plohe po merjenju razvrstili v zgoraj omenjene trdnostne razrede.

Izkazalo se je da ja povezava med vizualnimi in dinamičnimi rezultati dokaj šibka. Dobili smo samo 20 % desk in 30 % plohov, katere smo razvrstili v enak trdnostni razred po vizualni in dinamični metodi. Boljšo povezavo pa smo dosegli med statičnimi in dinamičnimi rezultati. Koeficient korelacije v vseh primerih med  $\text{MOE}_s$  in  $\text{MOE}_d$  je bil večji od 0.9, kar je pomenilo, da je povezava med omenjenima spremenljivkama zelo dobra.

Pomembna ugotovitev pa je tudi, da z dinamični rezultati ( $\text{MOE}_d$ ) zaradi specifice merjenja ( $t \approx 2\text{s}$ ) dobimo za 12 % višje rezultate kot z ostalimi metodami, ki smo jih izvajali (metoda štiri-točkovnega upogiba). To pomeni, da so polizdelki po tej metodi bistveno bolje ocenjeni in tako prinašajo višje cenovne vrednosti (Divos F., Tanaka T., 2005).

## 7 VIRI

- Boding J., Collins F. 2001. The process of NDE research for wood and wood composites. V: 12th international symposium on nondestructive testing of wood, NDT. Net, 6, 3: 1-16  
<http://www.ndt.net/article/v06n03/boding/boding.htm> (13.apr. 2005)
- Brancherieu L., Bailleres H. 2003. Use of the partial least squares method with acoustic vibration spectra as a new grading technique for structural timber. Holzforschung, 57, 6: 644-652
- DIN 4074-1: 2003. Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz: 21 str.
- Divos F., Tanaka T. 2005. Relation between static and dynamic modulus of elasticity of wood. Acta Silv. Lign. Hung., 1: 105-110
- EN 408: 2003. Timber structures – Structural timber and glued laminated timber Determination of some physical and mechanical properties: 31 str.
- Faber M.F., Kohler J., Sorenson J.D. 2004. Probabilistic modeling of graded timber material properties. Structural safety, 26: 295-309
- Grabec I. 2004. Predavanja iz fizike. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 528 str.
- Jang S. 2000. Evaluation of lumber properties by applying stress waves to larch logs grown in Korea. Wood engineering, 50, 3: 44-48
- Kaestner A., Niemz P. 2004. Non-destructive methods to detect decay in trees. Wood research, 49, 2:17-28
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 249 str.
- Ouis D. 1999. Vibrational and acoustical experiments on logs of spruce. Wood science and technology, 33: 151-184
- Pellerin R.F., Ross R.J. 2002. Nondestructive evaluation of wood. Madison, Forest products society: 210 str.
- Ross R.J., McDonald K.A., Green D.W., Schad K.C. 1997. Relationship Between log and lumber modulus of elasticity. Forest products journal, 47, 2:89-92

SIST EN 338: 2004. Konstrukcijski les - Trdnostni razredi - Structural timber – Strength classes: 10 str.

SIST EN 518: 1996. Konstrukcijski les - Razvrščanje - Zahteve za standarde za vizualno razvrščanje po trdnosti - Structural timber - Grading - Requirements for visual strength grading standards

Singiresu S. R. 1995. Mechanical vibrations. Reading Addison Wesley publishing company: 912 str.

Šega B. 2005. Razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa po trdnosti, Študijsko gradivo

Timoshenko S. P., Young D. H., Weaver W. 1974. Vibration problems in engineering, John Wiley & Sons: 515 s.

## ZAHVALA

Za strokovno vodenje in vsestransko pomoč se zahvaljujem vsem zaposlenim na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva ter zaposlenim na Katedri za mehansko in obdelovalno tehnologijo.

Posebaj se zahvaljujem mentorici doc. dr. Dominiki GORNIK BUČAR in somentorju doc. dr. Bojanu BUČARJU, kakor tudi recenzentu prof. dr. Željku GORIŠKU ter asistentoma mag. Bogdanu ŠEGI in Miranu MERHARJU uni. dipl. inž. les.

Zahvaljujem se tudi vsem ostalim, ki so mi vede ali nevede pomagali v času izdelave diplomske naloge.

## PRILOGE

## Priloga A1.1

## Meritve in rezultati vizualnega testiranja desk

Oznaka deske	1. grče													2. zavistov vlaken		3. stržen		4. Širina branike		5. razpokе		6. lisiciavost		7. veženje				8. obarvanost, trohoba			9. kompresijski les	10. obžrtost zaradi žuželk	11. ostale značilnosti	DIN 4074-razred				
	posamezne							venci grč													zaradi krčenja	od strele oz. kolesivost	(širina brez lis.)	vzdolžna ukriviljenost	zavistov (vijak)	korito	modrikavost	rjava in rdeče proge	rjava in bela trohoba									
	na ploskvi	robne	krilaste	na boku	pl.1	bok 1	pl.2	bok 2	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	x	y	(prisotnost)	1	n	(prisotnost)	bok	ploskev	lok	sablj	(prisotnost)	Σ širina	(prisotnost)	Σ širina	(Ø rogov)		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(št)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)	(da / ne)	(mm)
1	18	16	24	5	17	0	0	0	0	0	0	55	14	17	10	11	1000	ne	40	12	ne	ne	19,8	129	4	2	2	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10			
2	31	34	34	14	24	0	0	0	34	18	0	0	77	3	86	0	2	1000	ne	38	18	da	ne	19,9	130	3	4	0	0	ne	0	ne	20	0	0	S 7		
3	14	16	33	14	28	10	37	0	20	70	0	60	0	46	14	1	1000	da	50	58	ne	ne	19,9	132	4	5	14	0	ne	0	ne	35	0	0	S 0			
4	23	16	18	11	33	4	22	30	7	60	0	36	0	42	0	15	1000	da	45	40	ne	ne	19,9	131	10	3	3	0	ne	0	ne	15	0	0	S 7			
5	31	18	24	13	31	0	0	40	16	50	0	60	10	30	16	7	1000	ne	59	17	ne	ne	19,8	129	3	5	15	1	ne	0	ne	0	0	0	S 0			
6	22	20	35	9	0	0	0	47	19	47	0	95	20	26	18	9	1000	ne	55	12	da	ne	19,9	131	10	4	7	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
7	17	15	9	19	0	0	0	22	16	25	0	38	10	37	0	2	1000	ne	42	55	ne	ne	19,9	129	6	3	7	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
8	15	16	21	13	11	0	0	56	17	68	0	95	17	33	0	10	1000	ne	42	42	ne	ne	19,8	129	6	2	8	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
9	22	21	19	12	0	0	0	29	9	42	29	60	9	39	18	5	1000	ne	50	17	da	ne	19,9	130	0	0	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10			
10	35	5	0	0	0	10	74	0	0	0	0	120	17	115	16	3	1000	da	42	22	da	ne	19,9	130	5	2	17	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0			
11	19	13	58	14	0	0	0	57	19	60	38	75	15	25	15	4	1000	da	53	25	ne	ne	19,9	131	7	5	9	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
12	27	26	18	11	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1000	ne	36	40	ne	ne	19,9	130	3	2	3	0	ne	0	ne	30	0	0	S 10				
13	21	16	33	14	11	0	0	24	7	42	29	70	8	28	19	4	1000	ne	40	20	ne	ne	12	127	3	0	3	0	ne	0	ne	10	0	0	S 0			
14	39	29	50	13	0	19	80	13	0	75	0	50	13	6	0	3	1000	da	53	30	ne	ne	19,8	132	5	3	10	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
15	0	0	58	20	16	11	69	0	0	0	0	190	5	25	8	3	1000	da	37	10	ne	ne	19,9	132	8	4	11	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0			
16	15	12	29	11	0	19	61	46	18	55	0	188	13	26	19	11	1000	da	49	30	ne	ne	19,9	130	10	4	8	0	ne	0	ne	15	0	0	S 0			
17	11	13	37	13	0	17	79	33	11	60	0	180	17	12	8	7	1000	da	53	28	ne	ne	19,9	131	7	0	5	0	ne	0	ne	10	0	0	S 0			
18	24	26	28	19	12	0	0	0	0	0	0	50	20	32	0	4	1000	ne	39	20	ne	ne	19,9	127	2	4	2	0	ne	0	ne	25	0	0	S 10			
19	19	16	31	15	0	0	0	14	12	15	0	58	0	39	19	5	1000	ne	36	10	ne	ne	20	130	7	3	7	0	ne	0	ne	15	0	0	S 7			
20	27	26	18	20	2	0	0	20	12	14	0	38	7	40	0	13	1000	ne	54	55	ne	ne	19,9	130	2	3	2	0	ne	0	ne	20	0	0	S 10			
21	0	0	40	4	0	15	69	0	0	0	0	120	15	14	18	6	1000	da	42	19	ne	ne	19,9	133	6	0	13	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0			
22	0	0	47	16	0	18	63	0	0	0	0	73	18	61	12	5	1000	da	35	9	ne	ne	19,9	132	6	0	20	0	ne	0	ne	25	0	0	S 0			
23	24	10	54	18	12	0	0	25	11	68	0	30	7	33	0	5	1000	ne	44	16	ne	ne	19,9	131	2	0	7	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
24	28	17	30	14	0	17	72	68	17	78	50	95	17	58	8	6	1000	da	60	13	ne	ne	20	131	10	3	15	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0			
25	30	26	29	10	31	0	0	18	11	22	0	83	0	67	0	18	1000	ne	37	38	ne	ne	19,9	130	3	2	2	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
26	29	22	30	16	0	0	0	27	8	41	43	58	7	46	0	6	1000	ne	42	30	ne	ne	19,9	130	3	5	4	0	ne	0	ne	20	0	0	S 10			
27	27	21	21	0	0	12	47	38	16	42	0	40	0	34	0	4	1000	ne	54	26	ne	ne	19,9	131	3	4	5	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10			
28	34	36	26	20	11	0	0	0	0	0	0	78	20	63	20	6	1000	ne	33	19	ne	ne	19,9	129	3	3	4	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0			
29	27	24	21	6	13	0	0	0	0	0	0	66	14	45	0	4	1000	ne	34	12	ne	ne	20	131	3	0	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10			
30	37	25	21	20	7	0	0	39	17	47	0	70	17	40	10	12	1000	ne	37	34	ne	ne	19,9	131	3	3	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
31	17	13	24	6	12	0	0	26	7	40	0	40	8	32	0	3	1000	ne	45	20	ne	ne	20	131	3	3	2	0	ne	0	ne	0	0	0	S 13			
32	30	15	8	37	3	8	51	72	15	72	0	123	7	24	15	6	1000	da	49	40	ne	ne	19,9	132	6	4	4	0	ne	0	ne	15	0	0	S 7			
33	27	22	31	14	22	0	0	0	0	0	0	76	14	80	0	6	1000	ne	28	12	ne	ne	19,9	130	3	4	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7			
34	20	14	29	15	0	12	39	42	14	65	0	74	5	13	16	12	1000	da	46	36	ne	ne	20	131	4	2	0	0	ne	0	ne	30	0	0	S 10			
35	19	12	23	25	4	7	44	59	13	59	47	68	10	33	0	10	1000	da	57	16	ne	ne	19,9	132	6	3	16	0	ne	1	ne	0	0	0	S 0			
36	25	30	30	9	26	0	0	8	12	15	0	55	47	0	0	28	1000	ne	40	11	ne	ne	20	130	2	3	7	0	ne	2	ne	30	0	0	S 7			
37	20	19	7	321	0	0	0	21	10	34	0	41	10	24	0	2	1000	ne	35	30	ne	ne	19,9	128	8	3	4	0	ne	3	ne	20	0	0	S 0			
38	33	32	35	17	16	12	35	44	19	0	0	62	13	15	11	4	1000	ne	49	40	ne	ne	19,9	130	8	4	0	0	ne	4	ne	10	0	0	S 10			
39	44	31	37	20	15	0	0	0	0	0	0	72	20	52	6	11	1000	ne	56	27	ne	ne	19,8	130	6	5	12	0	ne	5	ne	45	0	0	S 0			
40	25	15	18	46	0	0	0	44	15	56	0	78	15	40	0	23	1000	ne	35	14	ne	ne	19,8	130	5	2	8	0	ne	6	ne	25	0	0	S 7			
41	24	19	14	9	22	0	0	33	14	37	41	61	7	20	13	10	1000	ne	70	63	ne	ne</td																

*se nadaljuje...*

## Priloga A1.1

...nadaljevanje

43	22	39	40	19	0	16	52	54	19	57	25	56	19	100	20	5	1000	da	64	18	ne	ne	19,9	130	3	5	8	0	ne	9	ne	50	0	0	S 0
44	19	21	5	31	0	0	0	25	10	37	0	33	10	9	0	20	1000	ne	40	37	ne	ne	19,9	129	5	4	2	0	ne	10	ne	15	0	0	S 13
45	19	18	20	7	13	0	0	0	0	0	0	36	9	53	0	5	1000	da	52	30	da	ne	19,9	130	6	4	10	0	ne	11	ne	0	0	0	S 7
46	34	13	10	11	0	14	51	0	15	78	49	43	0	65	13	14	1000	da	72	45	ne	ne	19,8	132	5	4	6	0	ne	12	ne	15	0	0	S 7
47	33	26	34	20	12	0	0	23	18	27	0	58	16	27	17	8	1000	ne	61	55	ne	ne	19,9	130	5	4	5	0	ne	13	ne	35	0	0	S 10
48	37	0	11	28	0	18	60	34	14	61	0	60	0	38	18	8	1000	da	46	28	ne	ne	19,9	131	6	3	3	0	ne	14	ne	25	0	0	S 10
49	37	21	16	43	0	13	72	39	17	72	52	40	11	58	13	5	1000	da	60	40	ne	ne	19,9	132	8	3	6	0	ne	15	ne	10	0	0	S 7
50	19	9	43	17	0	4	33	38	19	43	62	77	0	35	0	4	1000	ne	43	34	da	ne	19,9	130	3	0	6	0	ne	16	ne	10	0	0	S 7
51	32	25	25	9	26	0	0	31	18	35	0	70	0	44	19	16	1000	ne	38	12	ne	ne	19,9	130	5	3	6	0	ne	17	ne	20	0	0	S 7
52	25	17	29	15	0	0	0	42	20	42	47	42	6	34	14	18	1000	ne	57	27	ne	ne	19,9	131	3	5	0	0	ne	18	ne	0	0	0	S 7
53	21	25	37	20	12	0	0	0	0	0	0	56	20	35	0	9	1000	ne	64	48	ne	ne	20	130	5	2	0	0	ne	19	ne	25	0	0	S 10
54	35	13	0	0	13	13	64	14	65	54	0	115	9	39	12	5	1000	da	65	35	ne	ne	19,9	130	7	4	13	0	ne	20	ne	20	0	0	S 0
55	25	11	0	0	0	11	51	45	13	67	48	56	0	21	13	10	1000	ne	32	18	ne	ne	19,9	130	5	3	4	0	ne	21	ne	0	0	0	S 7
56	18	14	0	0	0	6	39	38	15	48	51	85	11	56	14	6	1000	da	43	11	ne	ne	20	131	7	3	14	0	ne	22	ne	25	0	0	S 0
57	27	8	0	0	0	8	30	18	54	42	0	80	4	20	0	4	1000	da	50	35	ne	ne	19,9	132	3	2	12	0	ne	23	ne	10	0	0	S 0
58	19	21	20	13	8	0	0	22	13	30	26	54	10	32	2	8	1000	ne	54	50	ne	ne	19,9	130	4	3	0	0	ne	24	ne	25	0	0	S 10
59	28	20	25	10	0	14	47	44	14	0	0	42	9	104	15	12	1000	da	44	40	da	ne	19,9	130	3	1	0	0	ne	25	ne	20	0	0	S 7
60	13	12	12	14	0	0	0	14	16	17	0	25	0	24	0	13	1000	ne	38	11	ne	ne	17	123	4	2	3	0	ne	26	ne	0	0	0	S 13
61	28	21	39	12	23	0	0	26	16	32	0	62	12	42	0	12	1000	ne	33	9	ne	ne	19,9	129	5	3	5	0	ne	27	ne	15	0	0	S 10
62	36	23	27	18	13	0	0	27	19	33	0	46	36	0	0	12	1000	ne	38	28	ne	ne	19,8	129	5	2	0	0	ne	28	ne	0	0	0	S 10
63	16	11	0	0	0	17	43	40	18	48	0	67	20	15	0	8	1000	da	44	18	da	ne	19,9	130	6	3	8	0	ne	29	ne	15	0	0	S 7
64	32	0	0	0	0	8	53	25	19	72	54	102	8	17	15	6	1000	da	51	30	ne	ne	19,9	132	4	0	6	0	ne	30	ne	0	0	0	S 7
65	25	23	17	10	20	0	0	0	0	0	0	44	10	41	0	10	1000	ne	37	25	ne	ne	19,9	129	2	4	0	0	ne	31	ne	15	0	0	S 10
66	27	17	13	10	0	12	35	31	18	44	0	58	0	56	10	11	1000	ne	46	18	ne	ne	19,8	131	3	0	8	0	ne	32	ne	10	0	0	S 7
67	21	22	10	0	0	0	19	9	28	0	47	0	42	0	4	1000	ne	40	10	ne	ne	19,9	130	2	0	6	0	ne	33	ne	0	0	0	S 7	
68	24	22	13	17	0	0	0	20	10	28	0	52	14	10	0	10	1000	ne	39	15	da	ne	19,9	130	0	4	3	0	ne	34	ne	0	0	0	S 13
69	18	17	25	19	0	0	0	25	18	28	0	39	20	9	0	10	1000	ne	43	50	ne	ne	19,8	129	2	2	2	0	ne	35	ne	0	0	0	S 13
70	39	26	29	5	0	13	44	35	12	70	0	56	11	45	0	9	1000	ne	52	20	ne	ne	20	131	3	0	9	0	ne	36	ne	0	0	0	S 7
71	22	29	13	11	21	0	0	44	14	59	0	73	11	27	15	14	1000	ne	68	53	ne	ne	19,9	131	3	0	5	0	ne	37	ne	10	0	0	S 10
72	26	20	28	18	0	0	0	26	14	36	0	63	9	45	0	10	1000	ne	46	14	ne	ne	19,9	130	6	0	6	0	ne	38	ne	15	0	0	S 7
73	17	14	13	37	0	0	0	36	18	43	0	45	18	18	0	15	1000	ne	60	40	ne	ne	19,9	130	3	4	5	0	ne	39	ne	25	0	0	S 10
74	30	22	16	12	25	12	43	50	17	67	0	80	10	76	0	6	1000	da	45	26	da	ne	20	130	5	4	8	0	ne	40	ne	0	0	0	S 7
75	21	17	20	7	12	0	0	0	0	0	0	23	7	32	0	16	1000	ne	44	34	ne	ne	19,9	130	4	5	3	0	ne	41	ne	0	0	0	S 13
76	36	18	32	15	0	18	55	51	17	55	0	70	16	75	14	3	1000	da	41	10	da	ne	19,9	132	5	3	14	0	ne	42	ne	20	0	0	S 0
77	31	22	22	15	0	0	0	22	5	38	0	40	31	5	0	15	1000	ne	49	27	da	ne	19,9	130	4	2	2	0	ne	43	ne	0	0	0	S 10
78	22	27	34	13	12	0	0	37	16	42	0	57	0	33	16	10	1000	ne	43	34	ne	ne	19,9	131	5	4	2	0	ne	44	ne	10	0	0	S 10
79	28	0	16	15	0	9	51	0	12	68	0	52	0	0	0	5	1000	da	58	44	da	ne	19,9	130	4	4	8	0	ne	45	ne	20	0	0	S 7
80	17	15	10	8	0	0	0	0	17	32	0	69	16	25	10	3	1000	ne	46	14	ne	ne	19,9	129	5	4	5	0	ne	46	ne	0	0	0	S 10
81	20	14	19	11	0	0	0	48	17	48	41	95	20	16	17	10	1000	ne	57	18	ne	ne	19,9	129	7	2	8	0	ne	47	ne	15	0	0	S 7
82	24	21	16	12	29	0	0	47	15	59	0	79	17	65	0	10	1000	ne	51	13	ne	ne	20	130	6	4	6	0	ne	48	ne	20	0	0	S 7
83	23	17	37	20	7	0	0	35	20	35	0	55	20	30	0	2	1000	ne	42	26	ne	ne	19,9	129	3	4	5	0	ne	49	ne	10	0	0	S 10
84	22	19	32	19	9	16	52	36	18	46	0	20	0	17	0	8	1000	da	46	40	ne	ne	19,9	129	3	3	9	0	ne	50	ne	20	0	0	S 7
85	29	9	38	10	30	14	65	19	0	76	0	59	0	23	0	2	1000	da	40	40	da	ne	19,9	130	6	4	12	0	ne	51	ne	0	0	0	S 0
86	24	17	0	0	0	0	29	12	41	0	62	12	26	8	8	1																			

## Priloga A1.1

*...nadaljevanje*

91	32	10	22	13	0	11	44	55	14	55	35	72	20	21	14	9	1000	da	49	15	da	ne	20	132	5	2	13	0	ne	57	ne	15	0	0	<b>S 0</b>
92	28	24	22	17	11	0	0	0	0	0	0	42	7	43	0	8	1000	ne	39	14	ne	ne	20	130	3	0	2	0	ne	58	ne	15	0	0	<b>S 10</b>
93	20	13	30	16	7	14	40	26	16	43	0	53	0	8	14	5	1000	ne	37	45	ne	ne	19,8	130	2	3	0	0	ne	59	ne	0	0	0	<b>S 10</b>
94	35	24	27	17	0	0	0	21	10	39	0	70	0	44	0	5	1000	ne	39	27	ne	ne	20	130	3	0	0	0	ne	60	ne	5	0	0	<b>S 10</b>
95	46	7	10	18	0	13	51	50	13	76	0	60	0	20	0	13	1000	da	47	47	ne	ne	19,7	130	4	4	5	0	ne	61	ne	15	0	0	<b>S 10</b>
96	16	15	36	11	0	12	56	47	15	57	0	68	7	12	15	10	1000	ne	60	50	ne	ne	19,8	129	2	4	4	0	ne	62	ne	10	0	0	<b>S 10</b>
97	20	9	11	12	0	13	79	22	17	42	0	40	11	61	0	13	1000	da	63	35	da	ne	19,7	130	8	4	16	0	ne	63	ne	0	0	0	<b>S 0</b>
98	15	17	15	2	19	0	0	14	10	19	0	35	0	29	0	10	1000	ne	37	13	ne	ne	19,9	128	7	4	7	0	ne	64	ne	0	0	0	<b>S 7</b>
99	15	5	0	0	0	5	37	43	7	55	0	57	0	80	0	2	1000	da	80	80	ne	ne	19,9	131	4	0	17	0	ne	65	ne	0	0	0	<b>S 0</b>
100	26	0	36	5	0	9	34	0	20	52	72	82	0	0	9	5	1000	da	70	35	da	ne	19,9	131	5	0	17	0	ne	66	ne	0	0	0	<b>S 0</b>

## Priloga A1.2

Ostale značilnosti desk

Oznaka deske	Orientacija	Debelina	Širina	Dolžina	Masa	Vlažnost (uporovno)
		(mm)	(mm)	(cm)	(kg)	(%)
1	T	19,8	129	400	4,34	8,7
2	T	19,9	130	400	5,56	10,2
3	PR	19,9	132	400	5,30	10,7
4	PR	19,9	131	400	4,40	10,0
5	PR	19,8	129	396	4,10	9,5
6	T	19,9	131	400	4,25	9,2
7	PR	19,9	129	400	5,44	11,8
8	PR	19,8	129	400	5,28	11,0
9	T	19,9	130	400	3,98	9,8
10	PR	19,9	130	400	5,28	10,1
11	R	19,9	131	400	5,16	10,2
12	T	19,9	130	400	4,84	9,7
13	T	19,9	131	400	4,35	9,2
14	R	19,8	132	400	4,56	8,4
15	R	19,9	132	400	4,40	9,0
16	R	19,9	130	400	4,84	8,9
17	R	19,9	131	400	5,52	8,3
18	T	19,9	127	400	5,19	8,9
19	T	20,0	130	400	4,30	9,5
20	T	19,9	130	400	4,68	9,8
21	R	19,9	133	400	4,33	9,2
22	R	19,9	132	400	4,32	9,1
23	PR	19,9	131	400	4,17	9,0
24	R	20,0	131	400	4,42	8,9
25	PR	19,9	130	400	5,36	10,1
26	PR	19,9	130	400	5,08	10,0
27	R	19,9	131	400	4,46	9,6
28	PR	19,9	129	400	5,43	9,4
29	T	20,0	131	400	3,91	9,8
30	PR	19,9	131	400	5,15	8,9
31	PR	20,0	131	400	4,25	9,7
32	R	19,9	132	400	5,12	11,4
33	T	19,9	130	400	4,08	8,0
34	R	20,0	131	400	5,25	10,7
35	R	19,9	132	400	4,31	9,8
36	T	20,0	130	400	4,36	11,1
37	T	19,9	128	400	4,72	9,2
38	PR	19,9	130	400	4,55	8,8
39	PR	19,8	130	400	4,75	8,6
40	T	19,8	130	400	4,40	8,7

se nadaljuje...

## Priloga A1.2

*...nadaljevanje*

41	PR	19,9	129	400	4,88	9,3
42	T	19,9	130	400	4,26	8,9
43	R	19,9	130	400	4,02	9,0
44	R	19,9	129	400	4,78	9,2
45	R	19,9	130	400	4,80	9,4
46	R	19,8	132	400	4,68	10,2
47	R	19,9	130	400	5,00	8,2
48	R	19,9	131	400	5,16	9,4
49	R	19,9	132	400	4,45	8,7
50	R	19,9	130	400	4,84	9,0
51	T	19,9	130	400	4,32	10,2
52	R	19,9	131	400	4,35	10,0
53	R	20,0	130	400	4,58	9,3
54	R	19,9	130	400	4,34	8,6
55	R	19,9	130	400	5,10	9,1
56	R	20,0	131	400	4,32	9,8
57	R	19,9	132	400	4,35	9,4
58	PR	19,9	130	400	5,20	10,0
59	R	19,9	130	400	5,14	8,0
60	T	19,9	127	400	4,30	9,3
61	T	19,9	129	400	3,96	7,7
62	T	19,8	129	400	5,00	9,3
63	R	19,9	130	400	4,82	10,2
64	R	19,9	132	400	4,55	9,8
65	T	19,9	129	400	4,70	10,2
66	T	19,8	131	400	4,28	9,2
67	T	19,9	130	400	4,28	9,1
68	T	19,9	130	400	3,92	8,9
69	T	19,8	129	400	5,28	10,3
70	R	20,0	131	400	4,22	9,3
71	R	19,9	131	400	4,42	9,7
72	PR	19,9	130	400	4,32	8,7
73	R	19,9	130	400	4,92	9,4
74	R	20,0	130	400	4,88	9,7
75	T	19,9	130	400	4,88	9,3
76	R	19,9	132	400	4,34	8,9
77	R	19,9	130	400	4,54	9,2
78	PR	19,9	131	400	5,12	8,2
79	R	19,9	130	400	4,76	8,6
80	T	19,9	129	400	4,28	8,2
81	PR	19,9	129	400	4,38	9,3
82	T	20,0	130	400	4,25	7,5
83	PR	19,9	129	400	4,83	10,0
84	R	19,9	129	400	4,84	9,2

*se nadaljuje...*

## Priloga A1.2

*...nadaljevanje*

85	R	19,9	130	400	5,22	8,4
86	R	19,9	130	400	3,60	9,0
87	R	19,8	129	400	4,88	10,1
88	R	19,9	130	400	4,78	9,2
89	R	19,8	130	400	4,70	9,6
90	R	19,9	131	400	3,75	9,1
91	R	20,0	132	400	4,50	9,0
92	T	20,0	130	400	4,40	9,0
93	R	19,8	130	400	4,38	9,2
94	R	20,0	130	400	4,58	9,1
95	R	19,7	130	400	5,02	8,4
96	R	19,8	129	400	4,90	9,4
97	R	19,7	130	400	4,24	8,3
98	T	19,9	128	400	4,28	9,9
99	R	19,9	131	400	4,74	9,6
100	R	19,9	131	400	4,02	8,9

min	19,7	127,0	396,0	3,6	7,5
max	20,0	133,0	400,0	5,6	11,8
<b>avg</b>	<b>19,9</b>	<b>130,2</b>	<b>400,0</b>	<b>4,6</b>	<b>9,3</b>
stdev	0,06	1,09	0,40	0,43	0,75

## Priloga A2.1

Meritve in rezultati vizualnega testiranja plohor

Oznaka plohor	1. grč												2. zavitost vlaken	3. stržen	4. širina branike	5. razpoke		6. lisičavost (širina brez lis.)	7. veženje				8. obarvanost, trohoba			9. kompresijski les	10. obžrnost zaradi žuželk	11. ostale značilnosti	DIN 4074-1 razred								
	posamezne						venci grč							zarezi krčenja	od strele oz. kolesivost				vzdolžna ukriviljenost (vijak)	zavitost (vijak)	korito						Σ širina	(prisotnost)	Σ širina	(Ø rovov)							
	na ploskvi		robne		krilaste		na boku		pl.1	bok.1	pl.2	bok.2				x	y	(prisotnost)	l	n		bok	ploskev	lok	sabija	(prisotnost)											
	a <sub>1</sub> (mm)	a <sub>2</sub> (mm)	a <sub>3</sub> (mm)	a <sub>4</sub> (mm)	a <sub>5</sub> (mm)	a <sub>6</sub> (mm)	a <sub>7</sub> (mm)	a <sub>8</sub> (mm)	a <sub>9</sub> (mm)	c <sub>1</sub> (mm)	c <sub>2</sub> (mm)	a <sub>10</sub> (mm)	a <sub>11</sub> (mm)	a <sub>12</sub> (mm)	a <sub>13</sub> (mm)	(da / ne)		(da / ne)	(mm)	(št)	(da / ne)		(mm)	(da / ne)		(mm)	(da / ne)		(mm)	(da / ne)		(mm)	(da / ne)		(mm)	(da / ne)	
1	15	14	15	22	3	0	0	0	0	0	45	14	11	0	6	1000	ne	79	45	da	ne	32	171	0	5	5	0	ne	0	ne	0	0	0	S 13			
2	21	19	0	0	0	0	0	9	6	14	0	32	0	31	0	4	1000	ne	72	31	da	ne	37,6	175	3	4	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 13		
3	53	44	35	18	0	12	107	0	0	0	170	13	27	12	5	1000	da	78	19	da	ne	37,7	175	3	3	27	2	da	0	ne	25	0	0	S 0			
4	51	42	30	27	0	0	0	33	21	51	0	80	0	74	21	2	1000	ne	78	28	da	ne	5	149	2	4	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0		
5	27	39	17	24	32	0	0	0	0	0	82	0	53	0	10	1000	ne	69	21	ne	ne	28	169	5	4	6	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10			
6	38	47	38	33	22	0	0	0	0	0	67	32	49	0	10	1000	ne	69	24	da	ne	38	174	3	3	4	0	ne	0	ne	45	0	0	S 10			
7	30	41	74	22	0	6	93	35	12	69	0	89	0	65	0	4	1000	da	57	17	da	ne	38,1	175	4	2	0	0	ne	0	ne	40	0	0	S 10		
8	54	28	27	62	0	8	70	51	32	69	0	155	9	54	8	8	1000	da	66	16	da	ne	37,8	175	4	4	6	0	ne	0	ne	40	0	0	S 7		
9	23	25	4	12	0	0	0	22	21	34	0	43	20	17	0	5	1000	ne	58	26	da	ne	37,8	175	3	3	0	0	da	0	ne	20	0	0	S 13		
10	31	38	31	36	0	0	0	15	12	30	0	68	34	34	0	15	1000	ne	80	41	da	ne	38	175	3	2	0	0	ne	0	ne	20	0	0	S 10		
11	43	0	55	15	0	18	76	32	0	78	61	83	12	52	0	10	1000	da	125	39	da	ne	38	175	5	2	23	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0		
12	25	27	32	25	12	0	0	0	23	21	38	0	75	33	32	22	2	1000	ne	70	35	ne	ne	37,5	173	3	4	0	0	da	0	ne	30	0	0	S 10	
13	34	43	64	28	44	0	0	0	0	0	0	120	0	85	0	3	1000	ne	123	31	da	ne	37,8	176	0	4	0	0	ne	0	ne	60	0	0	S 7		
14	27	19	19	28	0	0	0	0	0	0	37	28	16	0	30	1000	ne	50	9	da	ne	37,8	176	0	3	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10			
15	16	13	0	0	0	8	68	45	11	74	0	80	6	42	0	2	1000	da	92	24	ne	ne	38	175	6	3	0	0	da	0	ne	35	0	0	S 10		
16	38	24	45	19	0	0	0	0	0	0	90	25	55	18	8	1000	ne	78	20	da	ne	38,1	175	5	4	11	0	da	0	ne	0	0	0	S 7			
17	45	43	38	14	0	20	69	30	26	74	68	53	24	55	0	0	1000	da	68	29	da	ne	38	174	6	2	6	0	ne	0	ne	25	0	0	S 7		
18	28	24	33	28	11	0	0	0	0	0	60	29	35	0	8	1000	ne	66	33	da	ne	29	164	1	2	0	0	da	0	ne	25	0	0	S 10			
19	17	16	25	38	0	0	0	39	34	49	0	0	0	0	0	45	1000	ne	42	12	da	ne	37,8	175	2	3	4	1	ne	130	ne	0	0	0	S 10		
20	0	0	5	31	0	0	0	34	18	77	0	0	0	0	0	8	1000	ne	170	38	ne	ne	37,6	175	3	5	4	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10		
21	29	27	22	12	0	0	0	16	13	36	0	40	36	39	0	10	1000	ne	64	9	ne	ne	37,7	175	2	4	0	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0		
22	25	0	23	7	0	11	52	44	18	80	0	51	5	77	8	3	1000	da	60	11	ne	ne	38,2	175	7	3	4	0	da	0	ne	15	0	0	S 10		
23	27	27	37	27	0	18	40	30	19	52	0	108	14	41	20	25	1000	ne	72	27	da	ne	37,8	175	6	0	4	0	ne	0	ne	20	0	0	S 7		
24	21	21	10	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1000	ne	131	37	da	ne	12	163	2	4	0	0	ne	0	ne	55	0	0	S 0			
25	49	38	16	18	8	0	0	58	20	93	0	0	0	0	0	12	1000	ne	161	71	da	da	37,5	173	4	4	7	1	ne	0	ne	40	0	0	S 0		
26	23	22	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1000	ne	108	29	ne	ne	37,8	174	2	4	2	0	ne	0	ne	0	0	0	S 13			
27	0	0	13	3	0	0	0	38	11	131	0	0	0	0	0	8	1000	ne	170	37	ne	ne	37,7	174	2	7	4	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7		
28	24	23	12	27	1	0	0	63	18	96	0	35	4	34	0	8	1000	ne	136	52	ne	ne	37,5	174	3	4	2	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10		
29	0	0	13	26	0	0	0	33	18	71	0	15	28	0	0	7	1000	ne	170	37	ne	ne	37,7	175	2	3	0	0	ne	0	ne	80	0	0	S 10		
30	26	27	0	0	0	5	23	0	0	0	0	35	38	32	0	7	1000	ne	140	17	ne	ne	37,7	175	2	4	7	0	ne	0	ne	0	0	0	S 0		
31	40	41	30	7	17	0	0	16	14	174	0	0	0	0	0	11	1000	ne	140	23	da	ne	37,5	174	8	4	5	0	ne	0	ne	90	0	0	S 0		
32	0	0	14	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1000	ne	160	41	da	ne	37,7	174	2	3	5	0	ne	0	ne	30	0	0	S 13		
33	24	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1000	ne	146	26	ne	ne	37,9	175	2	4	5	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10		
34	20	20	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1000	ne	118	55	da	ne	37,5	173	6	2	5	0	ne	0	ne	40	0	0	S 13		
35	45	47	26	7	30	0	0	29	15	42	0	41	14	10	0	7	1000	ne	129	31	da	ne	37,8	174	4	2	5	0	ne	0	ne	45	0	0	S 10		
36	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	1000	ne	77	18	da	ne	38,2	175	1	3	5	1	ne	0	ne	0	0	0	S 10		
37	31	28	35	3																																	

## Priloga A2.1

...nadaljevanje

43	0	0	80	22	0	6	38	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1000	ne	169	43	ne	ne	37,9	174	2	5	7	0	ne	0	ne	40	0	0	S	7
44	30	34	47	22	4	0	0	90	23	147	0	0	0	0	0	15	1000	ne	163	38	da	ne	37,9	174	2	4	0	0	ne	0	ne	40	0	0	S	7
45	37	30	19	30	5	0	0	94	22	146	0	35	0	55	0	15	1000	ne	147	30	da	ne	37,7	175	1	5	5	0	ne	0	ne	0	0	0	S	7
46	0	0	41	12	0	11	174	47	21	174	0	28	27	174	12	2	1000	ne	166	75	ne	ne	37,7	174	3	5	5	0	ne	0	ne	65	0	0	S	0
47	38	38	13	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	1000	ne	67	17	da	ne	37,5	173	3	3	8	1	ne	0	ne	30	0	0	S	7
48	42	41	24	10	31	0	0	11	10	23	0	0	0	0	0	29	1000	ne	102	29	da	ne	37,7	173	3	4	0	1	ne	0	ne	25	0	0	S	10
49	57	44	57	14	66	0	0	0	0	0	0	82	38	26	38	16	1000	ne	105	29	da	ne	37,6	174	3	5	12	1	ne	0	ne	35	0	0	S	7
50	20	20	36	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1000	da	130	64	da	ne	37,7	173	4	5	4	1	ne	0	ne	55	0	0	S	10
51	53	0	15	21	0	0	0	75	5	102	175	35	32	21	0	9	1000	da	157	31	da	ne	37,8	175	2	3	9	0	ne	0	ne	0	0	0	S	7
52	25	23	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	37	0	19	1000	ne	138	40	da	ne	38,1	175	3	3	8	0	ne	0	ne	0	0	0	S	7	
53	0	0	40	7	21	0	0	49	18	113	175	48	32	26	15	9	1000	ne	167	64	da	ne	37,7	175	3	3	3	0	ne	0	ne	0	0	0	S	7
54	53	57	102	21	39	10	30	0	0	150	0	0	0	0	0	14	1000	ne	164	30	da	ne	38,1	173	4	5	6	0	da	0	ne	80	4	2	S	0
55	0	0	104	27	0	0	0	175	34	175	0	106	38	39	0	36	1000	ne	167	30	ne	ne	38	175	5	4	8	0	ne	0	ne	70	0	0	S	0
56	0	0	24	14	0	11	74	83	13	173	0	133	23	94	0	9	1000	ne	164	72	ne	ne	37,5	174	4	3	8	0	ne	0	ne	80	0	0	S	0
57	25	25	13	27	0	0	0	0	0	0	35	28	21	0	25	1000	ne	55	25	da	ne	38	173	3	2	5	0	ne	0	ne	30	0	0	S	13	
58	21	24	20	26	4	8	74	88	10	175	0	117	19	0	4	4	1000	ne	166	44	ne	ne	37,5	175	5	1	7	0	da	0	ne	0	0	0	S	7
59	16	19	16	8	0	11	150	70	19	98	90	0	0	0	0	1	1000	ne	155	47	ne	ne	37,8	175	3	0	8	0	da	0	ne	0	1	0	S	7
60	58	24	69	31	0	16	173	0	0	0	0	173	38	38	20	30	1000	ne	85	20	da	ne	37,8	173	8	3	10	1	ne	30	ne	70	0	0	S	0
61	84	91	95	38	57	0	0	0	0	0	0	118	0	124	0	9	1000	ne	106	27	ne	da	30	167	5	4	2	0	da	0	ne	55	0	0	S	0
62	34	36	31	38	11	0	0	0	0	0	0	72	12	60	38	10	1000	ne	135	71	da	ne	37,4	174	3	3	5	0	ne	0	ne	130	0	0	S	7
63	0	0	111	23	0	4	61	90	22	175	0	33	27	0	0	10	1000	ne	164	29	ne	ne	37,3	174	3	8	5	0	ne	0	ne	40	0	3	S	0
64	24	24	12	17	0	0	0	0	0	0	35	17	25	0	65	1000	ne	84	22	da	ne	37,5	173	4	4	11	1	ne	0	ne	0	0	0	S	7	
65	51	42	55	9	54	0	0	72	38	77	0	42	0	37	0	19	1000	ne	105	24	da	ne	21	165	4	4	2	0	da	0	ne	50	0	0	S	0
66	65	44	60	25	26	0	0	0	80	0	52	20	84	26	13	1000	ne	147	33	ne	ne	37	175	5	4	0	1	da	0	ne	60	0	0	S	7	
67	0	0	17	12	0	4	21	56	23	130	0	0	0	0	0	2	1000	ne	169	75	ne	ne	37,3	175	1	4	1	0	ne	0	ne	35	0	0	S	7
68	37	51	63	12	32	0	0	103	33	0	0	68	41	0	0	45	1000	ne	140	22	ne	ne	37,4	174	5	6	4	0	ne	0	ne	45	0	0	S	0
69	50	77	29	13	24	0	0	13	14	28	0	102	38	100	0	42	1000	ne	64	11	da	ne	15	137	2	3	3	0	da	0	ne	0	3	0	S	0
70	40	48	11	28	0	0	0	0	0	0	47	49	0	0	69	1000	ne	71	18	da	ne	37,9	175	4	2	7	1	da	0	ne	43	0	0	S	10	
71	27	24	5	38	10	0	0	0	0	0	33	38	25	0	90	1000	ne	69	20	da	ne	38	175	3	3	1	1	da	33	ne	0	1	0	S	10	
72	31	42	40	7	28	16	82	48	16	116	0	76	0	69	0	12	1000	ne	115	34	da	ne	37,7	174	3	4	1	1	ne	0	ne	30	0	0	S	10
73	46	58	105	38	29	15	59	84	33	0	0	0	0	0	0	37	1000	ne	113	16	ne	ne	37,6	174	2	4	5	0	ne	0	ne	10	0	0	S	0
74	35	34	10	29	0	0	0	39	22	56	120	48	0	45	0	8	1000	ne	130	51	da	ne	37,8	174	2	4	1	0	ne	0	ne	25	0	1	S	7
75	22	20	0	0	0	0	0	0	0	0	26	23	0	0	24	1000	ne	112	22	ne	ne	37,6	174	1	5	1	0	da	0	ne	25	0	0	S	10	
76	23	21	52	18	13	0	0	0	0	0	32	28	0	0	0	1000	ne	130	33	da	ne	37,2	175	3	6	2	0	da	0	ne	145	0	0	S	10	
77	28	27	13	4	12	10	54	42	11	42	0	34	0	42	0	18	1000	ne	133	35	ne	ne	37,6	175	4	4	1	0	ne	0	ne	120	0	0	S	10
78	13	15	0	0	0	0	23	15	50	0	0	0	0	0	0	95	1000	ne	80	45	ne	ne	37	174	2	4	3	0	ne	0	ne	0	0	1	S	10
79	40	38	35	4	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1000	ne	163	65	ne	ne	37,4	174	1	4	4	0	ne	0	ne	60	0	0	S	10
80	0	0	24	17	0	0	0	39	30	44	0	0	0	0	0	2	1000	ne	152	71	ne	ne	36,9	174	3	3	0	0	ne	0	ne	70	0	0	S	13
81	24	20	18	38	10	0	0	20	14	44	0	54	0	0	0	58	1000	ne	125	36	ne	ne	37,4	175	2	5	2	0	da	90	ne	40	1	0	S	10
82	46	51	49	18	63	8	47	0	0	97	0	0	0	0	0	35	1000	ne	113	19	da	ne	37,7	174	4	3	3	0	da	27	ne	65	0	0	S	7
83	16	16	11	17	7	0	0	13	32	14	0	26	24	0	0	36	1000	ne	53	17	da	ne	37,6	173	2	2	4	1	da	0	ne	0	0	0	S	13
84	22	27	11	20	13	0	0	7	10	12	0	26	12	33	0	20	1000	ne	65	19	da	ne	37,6	174	1	3	2	1	da	0	ne	50	0	0	S	13
85	0	0	98	12	27	37	175	41	26	57	0	0	0	0	0	11	1000	ne	168	28	da	ne	37,1	174	2	7	8	0	ne	0	ne	230	0	2	S	0
86	17	24	19	33	0	0	0</td																													

## Priloga A2.1

*...nadaljevanje*

91	32	0	16	11	0	0	0	12	25	16	0	0	0	0	0	20	1000	ne	172	42	da	ne	37,7	175	5	4	2	0	ne	0	ne	140	0	2	S 7
92	23	23	19	19	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1000	ne	75	37	da	ne	38	174	3	3	12	0	ne	0	ne	12	0	0	S 7
93	0	0	17	15	0	12	140	9	0	0	90	38	12	0	0	5	1000	ne	159	46	da	ne	37,8	175	4	5	14	0	ne	0	ne	75	0	0	S 7
94	23	9	0	0	0	11	150	92	8	165	0	38	6	0	0	13	1000	da	163	45	da	ne	37,7	175	2	4	3	0	da	43	ne	125	0	0	S 7
95	42	25	12	8	0	4	0	0	0	0	0	66	13	18	0	28	1000	da	142	41	da	ne	37,5	175	6	3	3	0	ne	0	ne	0	0	0	S 10
96	28	27	20	28	14	0	7	51	13	115	0	40	16	18	30	39	1000	ne	105	31	da	ne	37,7	174	4	4	4	1	da	0	ne	70	0	0	S 10
97	20	24	21	23	11	0	0	27	10	58	27	57	6	45	0	1	1000	ne	86	24	da	ne	37,5	173	2	3	5	0	ne	0	ne	70	0	0	S 10
98	41	46	61	26	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	1000	ne	58	10	da	ne	38	174	4	2	1	0	da	0	ne	0	0	0	S 7
99	20	29	32	18	4	0	0	26	18	65	0	47	18	19	0	41	1000	ne	88	26	da	ne	31	169	3	3	4	1	da	0	ne	60	0	0	S 10
100	74	59	15	34	0	0	0	0	0	0	92	38	67	0	7	1000	ne	145	32	da	ne	38,2	175	2	3	5	0	ne	0	ne	0	0	0	S 7	

## Priloga A2.2

Ostale značilnosti plohor

Oznaka ploha	Orientacija	Debelina	Širina	Dolžina	Masa	Vlažnost (uporovno)
		(mm)	(mm)	(cm)	(kg)	(%)
1	T	38,1	175	400	12,95	10,0
2	T	37,6	175	400	11,38	9,9
3	R	37,7	175	400	12,08	9,9
4	T	38,1	176	400	12,68	9,4
5	T	38,0	175	400	10,95	9,0
6	T	38,0	174	400	13,50	9,7
7	R	38,1	175	400	11,18	10,1
8	R	37,8	175	397	12,50	9,8
9	T	37,8	175	400	12,40	10,5
10	T	38,0	175	400	11,58	10,2
11	R	38,0	175	400	11,02	9,4
12	T	37,5	173	398	13,96	11,6
13	T	37,8	176	400	12,70	12,1
14	T	37,8	176	400	12,96	9,0
15	R	38,0	175	400	11,18	9,8
16	PR	38,1	175	400	10,93	8,8
17	T*	38,0	174	397	12,86	10,3
18	T	38,0	175	392	10,80	10,7
19	T	37,8	175	400	12,86	13,0
20	R	37,6	175	400	12,62	10,3
21	PR	37,7	175	400	12,62	9,3
22	R	38,2	175	400	10,90	9,5
23	T	37,8	175	400	12,10	10,9
24	PR	37,8	175	400	12,80	12,1
25	R	37,5	173	400	13,12	13,2
26	PR	37,8	174	400	12,42	9,8
27	R	37,7	174	400	12,98	8,9
28	PR*	37,5	174	400	12,18	9,5
29	R	37,7	175	400	12,75	9,3
30	PR	37,7	175	400	12,50	10,0
31	PR	37,5	174	400	12,50	9,0
32	R	37,7	174	400	12,58	8,9
33	PR	37,9	175	400	11,09	8,1
34	PR	37,5	173	400	13,96	11,3
35	PR	37,8	174	400	11,34	11,7
36	T	38,2	175	400	11,30	12,5
37	PR	37,7	174	400	11,25	11,1
38	T	37,7	174	400	12,68	8,9
39	R	37,7	176	400	12,32	10,2
40	R*	37,7	173	400	13,52	12,9

se nadaljuje...

## Priloga A2.2

*...nadaljevanje*

41	R	37,7	175	400	12,30	12,8
42	R	37,8	175	400	11,98	12,9
43	R	37,9	174	400	11,38	13,3
44	R	37,9	174	400	11,28	11,7
45	R	37,7	175	400	10,90	11,7
46	R	37,7	174	400	13,10	11,8
47	T	37,5	173	400	12,34	12,0
48	T	37,7	173	400	12,10	11,6
49	PR	37,6	174	400	12,25	10,8
50	R*	37,7	173	400	13,80	10,6
51	R	37,8	175	400	10,72	12,6
52	R	38,1	175	400	10,65	10,6
53	R	37,7	175	400	12,42	11,6
54	PR	38,1	173	400	11,98	11,5
55	R	38,0	175	400	12,14	10,1
56	R	37,5	174	400	13,30	11,1
57	T	38,0	173	400	12,48	11,1
58	R	37,5	175	400	10,50	8,8
59	R	37,8	175	400	9,59	10,5
60	PR	37,8	173	400	12,57	9,4
61	PR	37,8	173	400	11,76	9,0
62	PR	37,4	174	400	13,58	11,5
63	R	37,3	174	400	12,02	8,9
64	T	37,5	173	400	12,58	9,0
65	PR	37,8	174	400	12,00	9,6
66	PR	37,0	175	400	12,12	9,0
67	R	37,3	175	400	12,44	12,0
68	R	37,4	174	400	11,70	10,8
69	T	37,8	174	400	11,06	11,5
70	T	37,9	175	400	12,20	11,2
71	PR	38,0	175	400	10,80	12,0
72	R	37,7	174	400	11,38	12,7
73	PR	37,6	174	400	11,98	11,1
74	R	37,8	174	400	12,32	10,8
75	R	37,6	174	400	12,74	13,6
76	R	37,2	175	400	13,32	14,4
77	R	37,6	175	400	13,32	13,3
78	R	37,0	174	400	12,55	13,2
79	R	37,4	174	400	12,40	13,1
80	R	36,9	174	400	12,34	13,3
81	PR	37,4	175	400	10,48	8,6
82	PR	37,7	174	400	12,10	11,4
83	T	37,6	173	400	12,57	12,6
84	T	37,6	174	400	11,64	13,2

*se nadaljuje...*

## Priloga A2.2

*...nadaljevanje*

85	R	37,1	174	400	12,38	12,5
86	PR	37,7	175	400	10,42	10,9
87	R	37,5	175	400	10,45	11,4
88	T	36,9	174	400	12,64	13,1
89	R	37,3	175	400	12,24	10,6
90	R	37,8	175	400	13,08	13,3
91	R	37,7	175	400	12,30	10,5
92	T	38,0	174	400	12,06	9,9
93	R	37,8	175	400	10,38	10,0
94	R	37,7	175	400	13,42	11,3
95	R	37,5	175	400	11,08	9,6
96	PR	37,7	174	400	11,10	11,8
97	PR	37,5	173	400	11,32	12,5
98	T	38,0	174	400	12,22	8,5
99	T	37,8	175	400	11,60	9,5
100	R*	38,2	175	400	11,51	12,8

min	36,9	173,0	392,0	9,6	8,1
max	38,2	176,0	400,0	14,0	14,4
<b>avg</b>	<b>37,7</b>	<b>174,4</b>	<b>399,8</b>	<b>12,1</b>	<b>10,9</b>
stddev	0,27	0,78	0,93	0,90	1,49

## Priloga B1

Meritve in rezultati 4-točkovnega upogibnega testa za deske

Oznaka deske	h (mm)	b (mm)	F <sub>1min</sub> (N)	F <sub>1max</sub> (N)	F <sub>2min</sub> (N)	F <sub>2max</sub> (N)	MOE <sub>1</sub> (MPa)	MOE <sub>2</sub> (MPa)	MOE <sub>avg</sub> (MPa)	DIN 4074-1	EN 338
1	20,09	129,8	2104	2856	2105	2857	9842	10586	10214	S7	C22
2	20,12	130,1	2105	2857	2106	2858	11657	11280	11469	S10	C24
3	20,15	131,5	2105	2856	2106	2858	11405	11252	11329	S10	C24
4	20	131,1	2105	2856	2106	2858	10729	10894	10812	S7	C22
5	19,9	130,5	2103	2854	2103	2855	8763	8807	8785	S7	C16
6	19,8	130,5	2104	2855	2104	2855	10703	10920	10812	S7	C22
7	19,9	128,7	2106	2858	2107	2859	15557	15541	15549	S13	C45
8	19,8	128,7	2107	2859	2106	2859	14522	14635	14579	S13	C40
9	19,84	130,3	2105	2856	2104	2856	10174	9961	10068	S7	C22
10	20,15	130,3	2106	2858	2105	2857	11589	11491	11540	S10	C24
11	20,1	132,2	2104	2856	2106	2858	10140	10283	10212	S7	C22
12	20	129,2	2106	2859	2107	2859	12929	12526	12728	S13	C30
14	20,42	133,5	2105	2856	2105	2857	9830	10381	10106	S7	C22
13	20,5	130,1	2105	2857	2105	2857	10426	9871	10149	S7	C22
15	19,93	132,8	2104	2855	2104	2855	8124	8164	8144	S7	C16
16	20,2	131,8	2105	2857	2106	2858	10983	11133	11058	S10	C24
17	19,95	131,5	2106	2859	2106	2858	11157	11988	11573	S10	C27
18	20,05	127,2	2108	2861	2107	2859	15733	15393	15563	S13	C45
19	20,14	129,8	2106	2858	2106	2858	11192	11248	11220	S10	C24
20	20,11	129,9	2106	2858	2106	2858	12856	13013	12935	S13	C30
21	19,99	133,2	2104	2856	2104	2856	9855	9393	9624	S7	C20
22	20,05	134,1	2105	2857	2105	2857	10012	9984	9998	S7	C20
23	20,07	131,9	2105	2856	2105	2856	10047	9668	9858	S7	C20
24	19,68	133,1	2104	2856	2104	2855	8690	8564	8627	S7	C16
25	19,95	131,4	2105	2857	2105	2857	11522	11441	11482	S10	C24
26	19,66	133,3	2106	2859	2106	2858	12980	13446	13213	S13	C35
27	19,84	132	2106	2858	2106	2858	11986	11669	11828	S10	C27
28	20,4	129,2	2107	2859	2106	2859	14314	13789	14052	S13	C40
29	20,15	131,9	2104	2855	2104	2856	9137	9022	9080	S7	C18
30	20,26	130,9	2106	2858	2106	2858	10761	10810	10786	S7	C22
31	20,1	131,2	2104	2855	2105	2857	9428	9095	9262	S7	C18
32	20,06	131,5	2105	2857	2104	2855	10697	9324	10011	S7	C22
33	20,17	130,1	2104	2856	2103	2854	7976	7853	7915	<S7	C14
34	19,88	131,6	2107	2859	2106	2858	13795	13044	13420	S13	C35
35	20,12	132	2105	2857	2104	2855	9245	9109	9177	S7	C18
36	19,99	129,7	2105	2857	2105	2857	10091	10739	10415	S7	C22
37	19,85	129,4	2106	2858	2106	2858	12755	11739	12247	S13	C30
38	19,95	130,7	2106	2858	2106	2858	12410	12354	12382	S13	C30
39	19,8	130,8	2104	2856	2104	2855	8407	8451	8429	S7	C16
40	20,2	130,9	2105	2856	2105	2857	9853	9842	9848	S7	C20
41	19,98	130,7	2106	2858	2107	2859	13744	13814	13779	S13	C35
42	19,95	131,8	2104	2856	2105	2856	9140	9153	9147	S7	C18
43	19,9	132,5	2105	2857	2104	2855	9322	9077	9200	S7	C18
44	19,95	130,4	2107	2859	2107	2859	13302	13149	13226	S13	C35
45	20,08	131,3	2106	2858	2107	2859	11503	12037	11770	S10	C27
46	20,1	133,2	2105	2857	2106	2858	10221	10331	10276	S7	C22
47	20	131,2	2106	2858	2106	2859	11487	11559	11523	S10	C27
48	19,6	132,1	2107	2859	2106	2858	12202	12262	12232	S13	C30
49	19,98	133,1	2104	2856	2104	2855	8406	8382	8394	S7	C16
50	19,85	131,9	2105	2857	2105	2857	11538	11753	11646	S10	C27
51	20,03	131,5	2106	2858	2105	2857	10513	10523	10518	S7	C22
52	20,01	131,3	2104	2856	2105	2857	10078	10614	10346	S7	C22
53	20,2	129,6	2105	2857	2106	2858	11332	11476	11404	S10	C24

se nadaljuje...

## Priloga B1

...nadaljevanje

54	20,84	132,1	2105	2857	2105	2856	8451	8553	8502	S7	C16
55	20,02	130,9	2107	2859	2106	2858	12759	12956	12858	S13	C30
56	20,15	133,9	2105	2857	2105	2857	10050	9945	9998	S7	C20
57	20,05	132,7	2106	2858	2106	2859	10703	10752	10728	S7	C22
58	20,03	131,1	2107	2860	2106	2859	13466	13561	13514	S13	C35
59	20,06	132,4	2107	2859	2105	2857	12162	12218	12190	S13	C30
60	20,13	128,9	2107	2859	2106	2858	12094	12175	12135	S13	C30
61	20,15	129,9	2104	2856	2105	2856	9633	9425	9529	S7	C20
62	20,05	129,6	2106	2858	2106	2859	12583	12394	12489	S13	C30
63	20,18	131,3	2107	2859	2107	2860	12937	13107	13022	S13	C35
64	20,1	132,9	2105	2857	2106	2858	10499	10489	10494	S7	C22
65	20,2	130,5	2106	2859	2106	2859	12513	12474	12494	S13	C30
66	19,94	132,5	2104	2856	2104	2856	9832	10018	9925	S7	C20
67	20,31	130,5	2106	2859	2106	2858	11512	11239	11376	S10	C24
68	20,02	131	2105	2857	2105	2856	10472	10558	10515	S7	C22
69	20	129,6	2107	2859	2107	2860	15221	14733	14977	S13	C40
70	20,11	131,9	2104	2856	2104	2856	7750	7915	7833	<S7	C14
71	20,11	131,5	2105	2857	2105	2857	10759	10856	10808	S7	C22
72	19,92	131,2	2104	2855	2104	2856	7963	7927	7945	<S7	C14
73	20,14	130,1	2107	2860	2107	2860	12959	12797	12878	S13	C30
74	19,93	130,1	2106	2858	2106	2859	13061	12874	12968	S13	C30
75	20,03	129,5	2108	2860	2108	2861	14784	14716	14750	S13	C40
76	19,98	133	2104	2855	2104	2856	8282	8174	8228	S7	C16
77	20,03	130,2	2107	2859	2106	2858	12068	12400	12234	S13	C30
78	20,15	129,8	2106	2858	2105	2857	11029	11015	11022	S10	C24
79	19,83	132,4	2105	2857	2105	2857	10940	10575	10758	S7	C22
80	20,1	130,4	2105	2857	2105	2857	10517	10756	10637	S7	C22
81	20,25	130,9	2104	2856	2104	2856	8420	8295	8358	S7	C16
82	20,44	132,2	2104	2855	2104	2856	7643	7567	7605	<S7	C14
83	19,95	130,2	2106	2858	2107	2859	13182	13442	13312	S13	C35
84	20,08	130,1	2105	2857	2106	2859	11575	12316	11946	S10	C27
85	20,21	131,4	2106	2858	2106	2859	12513	12684	12599	S13	C30
86	20,06	132,6	2104	2856	2104	2855	8089	8109	8099	S7	C16
87	20,02	130,2	2107	2860	2106	2858	13337	13447	13392	S13	C35
88	20,01	131,4	2106	2858	2107	2859	12975	12200	12588	S13	C30
89	20,19	131	2106	2858	2106	2858	11537	11629	11583	S10	C27
90	20,02	132,4	2104	2855	2103	2854	6725	6781	6753	<S7	<C14
91	20,18	133,3	2104	2855	2104	2856	7755	7902	7829	<S7	C14
92	20,03	129,8	2104	2856	2105	2857	9660	9613	9637	S7	C20
93	20,15	130,9	2106	2858	2106	2858	11434	11333	11384	S10	C24
94	20,2	131,8	2106	2858	2105	2856	10867	10832	10850	S7	C22
95	20,01	132,2	2106	2858	2106	2858	11810	11645	11728	S10	C27
96	20,5	130,7	2105	2857	2106	2859	11042	11510	11276	S10	C24
97	20,07	132,9	2105	2857	2104	2856	9473	9065	9269	S7	C18
98	20,1	130,1	2104	2856	2105	2857	10008	10339	10174	S7	C22
99	20,23	131,7	2106	2858	2105	2857	10661	10635	10648	S7	C22
100	20,31	133	2105	2856	2104	2856	9380	8731	9056	S7	C18

Avg	10968
Max	15563
Min	6753
Stdev	1889

## Priloga B2

Meritve in rezultati 4-točkovnega upogibnega testa za plohe

Oznaka ploha	h (mm)	b (mm)	F <sub>1min</sub> (N)	F <sub>1max</sub> (N)	F <sub>2min</sub> (N)	F <sub>2max</sub> (N)	MOE <sub>1</sub> (MPa)	MOE <sub>2</sub> (MPa)	MOE <sub>avg</sub> (MPa)	DIN 4074-1	EN 338
1	37,92	174	4919	6676	4918	6674	14595	14750	14673	<b>S13</b>	<b>C40</b>
2	38,22	174	4912	6667	4914	6669	10286	10466	10376	<b>S7</b>	<b>C22</b>
3	38,05	175	4911	6665	4910	6663	9002	8946	8974	<b>S7</b>	<b>C16</b>
4	38,45	175	4916	6671	4912	6666	10513	10473	10493	<b>S7</b>	<b>C22</b>
5	39,04	175	4914	6669	4914	6670	10171	10102	10137	<b>S7</b>	<b>C22</b>
6	38,41	174	4915	6670	4918	6674	12295	12429	12362	<b>S13</b>	<b>C30</b>
7	38,26	175	4912	6666	4616	6265	9613	9619	9616	<b>S7</b>	<b>C20</b>
8	38,16	175	4913	6668	4914	6669	9870	10118	9994	<b>S7</b>	<b>C20</b>
9	38,37	174	4916	6672	4916	6672	13254	13361	13308	<b>S13</b>	<b>C35</b>
10	38,39	174,5	4913	6668	4911	6665	9121	9077	9099	<b>S7</b>	<b>C18</b>
11	38,15	175	4911	6664	4911	6665	8457	7941	8199	<b>S7</b>	<b>C16</b>
12	38,22	172,5	4918	6675	4917	6673	14763	14809	14786	<b>S13</b>	<b>C40</b>
14	38,43	176,5	4910	6663	4416	5993	8429	8446	8438	<b>S7</b>	<b>C16</b>
13	38,26	175,5	4917	6673	4916	6671	13357	13104	13231	<b>S13</b>	<b>C35</b>
15	38,21	174,5	4912	6666	4912	6666	10528	10521	10525	<b>S7</b>	<b>C22</b>
16	38,59	175,5	4910	6663	4911	6664	8169	7930	8050	<b>S7</b>	<b>C16</b>
17	38,4	175	4913	6667	4723	6410	10377	10144	10261	<b>S7</b>	<b>C22</b>
18	38,11	174,5	4914	6669	4913	6668	11154	11142	11148	<b>S10</b>	<b>C24</b>
19	38	173,5	4916	6672	4915	6670	13370	13458	13414	<b>S13</b>	<b>C35</b>
20	37,65	174,5	4917	6674	4918	6674	14120	14200	14160	<b>S13</b>	<b>C40</b>
21	38,29	174	4916	6671	4916	6672	12627	12677	12652	<b>S13</b>	<b>C30</b>
22	38,17	174,5	4913	6667	4911	6665	9979	10006	9993	<b>S7</b>	<b>C20</b>
23	38,15	173	4915	6670	4914	6669	11670	12041	11856	<b>S10</b>	<b>C27</b>
24	37,82	174	4917	6673	4918	6675	14115	14172	14144	<b>S13</b>	<b>C40</b>
25	38,48	171,5	4913	6668	4248	5766	12138	10929	11534	<b>S10</b>	<b>C27</b>
26	38,41	173,5	4916	6672	4916	6672	13270	13147	13209	<b>S13</b>	<b>C35</b>
27	38,13	174,5	4917	6674	4916	6671	12969	12889	12929	<b>S13</b>	<b>C30</b>
28	38,23	174	4916	6672	4915	6670	12515	12562	12539	<b>S13</b>	<b>C30</b>
29	38,38	174	4917	6673	4916	6672	12206	12177	12192	<b>S13</b>	<b>C30</b>
30	37,7	175,5	4916	6672	4914	6669	12991	12377	12684	<b>S13</b>	<b>C30</b>
31	37,9	173,5	4914	6669	4914	6669	11458	11326	11392	<b>S10</b>	<b>C24</b>
32	38,38	173,5	4722	6408	4913	6668	10141	10428	10285	<b>S7</b>	<b>C22</b>
33	38,05	174	4919	6675	4916	6672	13316	13716	13516	<b>S13</b>	<b>C35</b>
34	37,4	173	4918	6675	4918	6675	15507	15319	15413	<b>S13</b>	<b>C45</b>
35	38,45	174	4915	6670	4913	6667	10914	10745	10830	<b>S7</b>	<b>C22</b>
36	37,8	174	4916	6671	4915	6670	13139	12936	13038	<b>S13</b>	<b>C35</b>
37	38,14	175	4916	6672	4914	6669	12293	12275	12284	<b>S13</b>	<b>C30</b>
38	38,06	173,5	4916	6672	4915	6670	13300	13498	13399	<b>S13</b>	<b>C35</b>
39	38,42	176,5	4908	6661	3926	5328	7273	7314	7294	<S7	<b>C14</b>
40	38,33	172	4917	6673	4916	6671	13344	13154	13249	<b>S13</b>	<b>C35</b>
41	37,43	174	4916	6671	4917	6674	13646	13684	13665	<b>S13</b>	<b>C35</b>
42	37,42	174	4914	6669	4915	6670	12576	12822	12699	<b>S13</b>	<b>C30</b>
43	37,91	174,5	4915	6670	4916	6671	11588	11747	11668	<b>S10</b>	<b>C27</b>
44	37,98	174,5	4913	6668	4914	6669	10984	10826	10905	<b>S7</b>	<b>C22</b>
45	37,74	174	3179	4314	4555	6182	10962	11171	11067	<b>S10</b>	<b>C24</b>
46	38,27	174,5	4918	6675	4917	6673	13515	13468	13492	<b>S13</b>	<b>C35</b>
47	38,01	171,5	4915	6671	4916	6672	13544	13272	13408	<b>S13</b>	<b>C35</b>
48	38,52	172	4914	6669	4915	6670	12441	12222	12332	<b>S13</b>	<b>C30</b>
49	38,28	174	4914	6669	4913	6668	11620	11815	11718	<b>S10</b>	<b>C27</b>
50	37,5	171,5	4916	6672	4915	6671	15269	14499	14884	<b>S13</b>	<b>C40</b>
51	38,52	174	4914	6669	4914	6669	10284	10123	10204	<b>S7</b>	<b>C22</b>
52	38,28	175	4913	6668	4911	6665	9908	9863	9886	<b>S7</b>	<b>C20</b>
53	38,42	174,5	3766	5111	4914	6670	11080	11194	11137	<b>S10</b>	<b>C24</b>

se nadaljuje...

## Priloga B2

...nadaljevanje

										<b>&lt;S7</b>	<b>C14</b>
54	37,97	174	2512	3409	3045	4132	7028	7300	7164	<b>S7</b>	<b>C22</b>
55	38,07	174	4914	6669	4913	6667	10837	10846	10842	<b>S7</b>	<b>C22</b>
56	38,32	174	4913	6667	4912	6666	10412	10321	10367	<b>S7</b>	<b>C22</b>
57	38,12	173,5	4916	6672	4915	6670	13328	12918	13123	<b>S13</b>	<b>C35</b>
58	38,17	175	4912	6666	4911	6665	9243	9229	9236	<b>S7</b>	<b>C18</b>
59	38,53	175	4913	6668	4912	6667	9790	9690	9740	<b>S7</b>	<b>C20</b>
60	37,68	173,5	4912	6666	4328	5874	9949	10468	10209	<b>S7</b>	<b>C22</b>
61	37,89	173,5	4910	6663	4912	6666	8622	8716	8669	<b>S7</b>	<b>C16</b>
62	38,24	174	4916	6671	4916	6672	11432	11396	11414	<b>S10</b>	<b>C24</b>
63	37,26	173,5	4912	6667	4913	6668	10946	10971	10959	<b>S7</b>	<b>C22</b>
64	38,21	173,5	4916	6672	4918	6674	14285	14240	14263	<b>S13</b>	<b>C40</b>
65	38,31	174	4911	6665	4911	6665	8791	8691	8741	<b>S7</b>	<b>C16</b>
66	38,06	173,5	4912	6666	4911	6665	9076	9074	9075	<b>S7</b>	<b>C18</b>
67	38,36	174	4915	6670	4915	6671	12114	12175	12145	<b>S13</b>	<b>C30</b>
68	38,22	174	4913	6667	4912	6666	9635	9901	9768	<b>S7</b>	<b>C20</b>
69	38,52	173	4910	6664	4910	6663	7892	7969	7931	<b>&lt;S7</b>	<b>C14</b>
70	37,88	173,5	4908	6661	4910	6664	8184	7892	8038	<b>S7</b>	<b>C16</b>
71	38,18	174,5	4912	6666	4912	6666	10446	10449	10448	<b>S7</b>	<b>C22</b>
72	38,29	173,5	4912	6666	4911	6665	9263	9078	9171	<b>S7</b>	<b>C18</b>
73	37,31	174,5	4912	6666	4912	6666	9807	9891	9849	<b>S7</b>	<b>C20</b>
74	38,18	173,5	4915	6670	4915	6670	11809	11944	11877	<b>S10</b>	<b>C27</b>
75	37,9	172	4915	6671	4914	6669	13905	13330	13618	<b>S13</b>	<b>C35</b>
76	37,88	172,5	4918	6675	4918	6674	15250	14976	15113	<b>S13</b>	<b>C45</b>
77	37,88	174	4916	6672	4915	6670	12820	12784	12802	<b>S13</b>	<b>C30</b>
78	38,29	174	4917	6674	4916	6672	13269	13042	13156	<b>S13</b>	<b>C35</b>
79	38	174,5	4915	6670	4913	6667	11836	11595	11716	<b>S10</b>	<b>C27</b>
80	38,14	174	4917	6673	4916	6672	12096	11871	11984	<b>S10</b>	<b>C27</b>
81	38,65	174,5	4912	6666	4913	6667	9435	9394	9415	<b>S7</b>	<b>C18</b>
82	37,9	174	4912	6666	4912	6666	10017	9973	9995	<b>S7</b>	<b>C20</b>
83	38,24	172	4916	6672	4916	6672	14038	13569	13804	<b>S13</b>	<b>C35</b>
84	38,28	172,5	4914	6669	4915	6670	11449	11347	11398	<b>S10</b>	<b>C24</b>
85	37,32	173,5	4078	5534	4264	5787	8345	8458	8402	<b>S7</b>	<b>C16</b>
86	38,43	175	4911	6665	4912	6666	9213	9074	9144	<b>S7</b>	<b>C18</b>
87	38	175,5	4911	6665	4910	6664	9112	9099	9106	<b>S7</b>	<b>C18</b>
88	38,21	174	4916	6672	4915	6671	13763	13713	13738	<b>S13</b>	<b>C35</b>
89	38,07	174	3704	5027	3974	5393	11782	11847	11815	<b>S10</b>	<b>C27</b>
90	38,26	174,5	4915	6670	4917	6674	12124	12184	12154	<b>S13</b>	<b>C30</b>
91	38,3	174,5	4916	6672	4915	6671	11779	12061	11920	<b>S10</b>	<b>C27</b>
92	38,26	174,5	4916	6672	4914	6670	12849	12796	12823	<b>S13</b>	<b>C30</b>
93	37,82	175	2831	3843	4859	6594	7360	7321	7341	<b>&lt;S7</b>	<b>C14</b>
94	37,71	175	4916	6672	4918	6674	13221	13353	13287	<b>S13</b>	<b>C35</b>
95	37,37	174,5	4039	5481	4911	6665	10112	10327	10220	<b>S7</b>	<b>C22</b>
96	38,18	173	4913	6668	4912	6667	10905	10248	10577	<b>S7</b>	<b>C22</b>
97	38,05	172,5	4913	6667	4913	6668	10658	10846	10752	<b>S7</b>	<b>C22</b>
98	37,78	174	4911	6665	4911	6665	8559	8563	8561	<b>S7</b>	<b>C16</b>
99	37,86	173,5	4916	6671	4914	6669	12006	12063	12035	<b>S13</b>	<b>C30</b>
100	38,63	175	4915	6670	4914	6669	10160	10151	10156	<b>S7</b>	<b>C22</b>

<i>Avg</i>	<b>11308</b>
<i>Max</i>	<b>15413</b>
<i>Min</i>	<b>7164</b>
<i>Stdev</i>	<b>1977</b>

## Priloga C1

Meritve in rezultati metode frekvenčnega odziva za deske

Oznaka deske	Prva lastna frekvenca (Hz)						m (kg)	b (mm)	h (mm)	l (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$V_m$ (Hz)	$V_p$ (Hz)	$MOE_m$ (MPa)	DIN 4074- 1	EN 338	$MOE_p$ (MPa)	DIN 4074- 1	EN 338
	mikrofon		pospeškomer																
1	6,750	6,763	6,746	6,744	6,742	6,741	4,320	129	19,8	4,00	422,83	6,753	6,742	11917	S10	C24	11879	S10	C24
2	6,676	6,675	6,665	6,656	6,657	6,658	5,890	130	19,9	4,00	569,19	6,672	6,657	15502	S13	C45	15432	S13	C45
3	6,590	6,620	6,571	6,619	6,617	6,620	4,990	132	19,9	4,00	474,91	6,594	6,619	12632	S13	C30	12728	S13	C30
4	6,873	6,881	6,886	6,903	6,903	6,902	4,370	131	19,9	4,00	419,08	6,880	6,903	12136	S13	C30	12216	S13	C30
5	5,770	5,786	5,771	5,792	5,797	5,793	4,110	129	19,8	3,96	406,34	5,776	5,794	8047	S7	C16	8098	S7	C16
6	6,633	6,612	6,634	6,658	6,660	6,660	4,270	131	19,9	4,00	409,49	6,626	6,659	11000	S10	C24	11110	S10	C24
7	7,365	7,341	7,400	7,382	7,383	7,382	5,490	129	19,9	4,00	534,65	7,369	7,382	17761	S13	>C50	17827	S13	>C50
8	7,058	7,068	7,048	7,051	7,055	7,055	5,240	129	19,8	4,00	512,88	7,058	7,054	15790	S13	C45	15770	S13	C45
9	6,746	6,765	6,747	6,757	6,758	6,759	3,950	130	19,9	4,00	381,72	6,753	6,758	10649	S7	C22	10666	S7	C22
10	6,410	6,384	6,405	6,398	6,398	6,398	5,260	130	19,9	4,00	508,31	6,400	6,398	12737	S13	C30	12730	S13	C30
11	6,041	6,017	6,026	6,030	6,030	6,031	5,130	131	19,9	4,00	491,96	6,028	6,030	10937	S7	C22	10945	S7	C22
12	6,810	6,809	6,818	6,834	6,834	6,836	4,820	130	19,9	4,00	465,79	6,812	6,835	13225	S13	C35	13312	S13	C35
13	6,724	6,729	6,718	6,733	6,733	6,733	4,340	131	19,9	4,00	416,20	6,724	6,733	11512	S10	C27	11544	S10	C27
14	6,469	6,500	6,463	6,486	6,486	6,487	4,550	132	19,8	4,00	435,22	6,477	6,486	11285	S10	C27	11316	S10	C27
15	6,229	6,195	6,206	6,216	6,216	6,215	4,390	132	19,9	4,00	417,81	6,210	6,216	9858	S7	C18	9876	S7	C18
16	6,481	6,470	6,491	6,495	6,496	6,496	4,840	130	19,9	4,00	467,72	6,481	6,496	12018	S13	C30	12074	S13	C30
17	6,925	6,925	6,916	6,933	6,932	6,933	4,120	131	19,9	4,00	395,11	6,922	6,933	11582	S10	C27	11618	S10	C27
18	7,190	7,173	7,178	7,186	7,186	7,186	5,180	127	19,9	4,00	512,40	7,180	7,186	16163	S13	C50	16188	S13	C50
19	6,783	6,774	6,787	6,785	6,783	6,783	4,300	130	20,0	4,00	413,46	6,781	6,784	11517	S10	C27	11525	S10	C27
20	6,941	6,965	6,925	6,939	6,940	6,940	4,680	130	19,9	4,00	452,26	6,944	6,940	13341	S13	C35	13325	S13	C35
21	6,266	6,266	6,255	6,268	6,266	6,267	4,320	133	19,9	4,00	408,06	6,262	6,267	9791	S7	C20	9805	S7	C20
22	6,434	6,419	6,446	6,435	6,435	6,434	4,320	132	19,9	4,00	411,15	6,433	6,435	10410	S7	C22	10415	S7	C22
23	6,630	6,605	6,627	6,633	6,631	6,631	4,160	131	19,9	4,00	398,94	6,621	6,632	10699	S7	C22	10734	S7	C22
24	5,541	5,633	5,622	5,609	5,611	5,611	4,410	131	20,0	4,00	420,80	5,599	5,610	7989	S7	C14	8023	S7	C16
25	6,479	6,483	6,476	6,496	6,494	6,495	5,350	130	19,9	4,00	517,01	6,479	6,495	13279	S13	C35	13344	S13	C35
26	6,839	6,872	6,860	6,866	6,867	6,865	5,060	130	19,9	4,00	488,98	6,857	6,866	14066	S13	C40	14103	S13	C40
27	6,827	6,834	6,840	6,851	6,852	6,851	4,450	131	19,9	4,00	426,75	6,834	6,851	12193	S13	C30	12256	S13	C30
28	6,894	6,888	6,922	6,920	6,920	6,919	5,420	129	19,9	4,00	527,83	6,901	6,920	15381	S13	C45	15463	S13	C45
29	6,461	6,492	6,465	6,484	6,483	6,484	3,900	131	20,0	4,00	372,14	6,473	6,484	9443	S7	C18	9476	S7	C18
30	6,643	6,630	6,658	6,615	6,616	6,616	5,140	131	19,9	4,00	492,92	6,644	6,616	13311	S13	C35	13199	S13	C35
31	6,730	6,742	6,747	6,727	6,727	6,727	4,230	131	20,0	4,00	403,63	6,740	6,727	11105	S10	C24	11063	S10	C24
32	6,535	6,544	6,526	6,524	6,523	6,524	5,080	132	19,9	4,00	483,48	6,535	6,524	12632	S13	C30	12589	S13	C30
33	5,980	5,965	5,969	5,979	5,977	5,976	4,070	130	19,9	4,00	393,31	5,971	5,977	8580	S7	C16	8597	S7	C16
34	6,856	6,840	6,856	6,859	6,858	6,859	5,200	131	20,0	4,00	496,18	6,851	6,859	14105	S13	C40	14138	S13	C40
35	6,110	6,097	6,085	6,100	6,102	6,100	4,290	132	19,9	4,00	408,29	6,097	6,101	9287	S7	C18	9297	S7	C18
36	6,396	6,195	6,215	6,203	6,203	6,203	4,330	130	20,0	4,00	416,35	6,269	6,203	9910	S7	C20	9703	S7	C20
37	7,209	7,207	7,207	7,206	7,205	7,204	4,720	128	19,9	4,00	463,25	7,208	7,205	14724	S13	C40	14713	S13	C40
38	6,883	6,894	6,907	6,892	6,893	6,893	4,560	130	19,9	4,00	440,66	6,895	6,893	12816	S13	C30	12808	S13	C30
39	5,511	5,495	5,511	5,505	5,507	5,507	4,770	130	19,8	4,00	463,29	5,506	5,506	8679	S7	C16	8681	S7	C16
40	6,433	6,509	6,396	6,441	6,439	6,441	4,420	130	19,8	4,00	429,29	6,446	6,440	11024	S10	C24	11004	S10	C24
41	7,187	7,194	7,198	7,183	7,184	7,186	4,870	129	19,9	4,00	474,27	7,193	7,184	15013	S13	C45	14977	S13	C40
42	6,071	6,069	6,091	6,064	6,065	6,066	4,260	130	19,9	4,00	411,67	6,077	6,065	9301	S7	C18	9265	S7	C18

se nadaljuje...

## Priloga C1

*...nadaljevanje*

43	6,339	6,330	6,346	6,348	6,347	6,349	4,010	130	19,9	4,00	387,51	6,338	6,348	9525	S7	C20	9554	S7	C20
44	7,162	7,190	7,179	7,186	7,187	7,187	4,770	129	19,9	4,00	464,53	7,177	7,187	14639	S13	C40	14679	S13	C40
45	6,798	6,832	6,814	6,812	6,813	6,813	4,790	130	19,9	4,00	462,89	6,815	6,813	13152	S13	C35	13144	S13	C35
46	6,419	6,370	6,374	6,391	6,383	6,382	4,700	132	19,8	4,00	449,57	6,388	6,385	11336	S10	C24	11328	S10	C24
47	6,760	6,776	6,790	6,789	6,789	6,789	5,010	130	19,9	4,00	484,15	6,775	6,789	13597	S13	C35	13652	S13	C35
48	6,363	6,366	6,363	6,391	6,392	6,393	5,150	131	19,9	4,00	493,88	6,364	6,392	12238	S13	C30	12346	S13	C30
49	6,653	6,650	6,642	6,655	6,655	6,655	4,460	132	19,9	4,00	424,47	6,648	6,655	11479	S10	C24	11502	S10	C27
50	6,911	6,921	6,906	6,923	6,922	6,923	4,860	130	19,9	4,00	469,66	6,913	6,923	13730	S13	C35	13770	S13	C35
51	6,594	6,608	6,564	6,592	6,592	6,591	4,320	130	19,9	4,00	417,47	6,589	6,592	11088	S10	C24	11098	S10	C24
52	6,926	6,939	6,942	6,936	6,938	6,938	4,340	131	19,9	4,00	416,20	6,936	6,937	12249	S13	C30	12255	S13	C30
53	6,774	6,766	6,791	6,804	6,804	6,805	4,590	130	20,0	4,00	441,35	6,777	6,804	12278	S13	C30	12377	S13	C30
54	6,689	6,666	6,695	6,687	6,687	6,688	4,340	130	19,9	4,00	419,40	6,683	6,687	11461	S10	C24	11475	S10	C24
55	6,960	7,008	6,996	6,983	6,984	6,983	5,100	130	19,9	4,00	492,85	6,988	6,983	14724	S13	C40	14705	S13	C40
56	6,472	6,472	6,612	6,484	6,483	6,482	4,330	131	20,0	4,00	413,17	6,519	6,483	10634	S7	C22	10518	S7	C22
57	6,592	6,571	6,614	6,597	6,597	6,597	4,540	132	19,9	4,00	432,08	6,592	6,597	11488	S10	C24	11505	S10	C27
58	7,040	7,056	7,027	7,054	7,055	7,053	5,210	130	19,9	4,00	503,48	7,041	7,054	15271	S13	C45	15327	S13	C45
59	6,612	6,571	6,612	6,572	6,572	6,571	5,180	130	19,9	4,00	500,58	6,598	6,572	13334	S13	C35	13226	S13	C35
60	6,962	6,941	6,945	6,958	6,959	6,957	4,330	127	19,9	4,00	428,32	6,949	6,958	12655	S13	C30	12687	S13	C30
61	6,572	6,592	6,587	6,577	6,575	6,578	4,010	129	19,9	4,00	390,52	6,584	6,577	10356	S7	C22	10334	S7	C22
62	6,792	6,765	6,770	6,781	6,779	6,779	5,010	129	19,8	4,00	490,37	6,776	6,780	13913	S13	C35	13929	S13	C35
63	6,950	6,967	6,934	6,965	6,965	6,965	4,820	130	19,9	4,00	465,79	6,950	6,965	13766	S13	C35	13824	S13	C35
64	6,590	6,606	6,606	6,611	6,611	6,612	4,570	132	19,9	4,00	434,94	6,601	6,611	11594	S10	C27	11631	S10	C27
65	7,083	7,068	7,081	7,069	7,069	7,068	4,710	129	19,9	4,00	458,69	7,077	7,069	14056	S13	C40	14022	S13	C40
66	6,359	6,385	6,371	6,379	6,378	6,379	4,300	131	19,8	4,00	414,45	6,372	6,379	10398	S7	C22	10421	S7	C22
67	6,779	6,835	6,830	6,817	6,816	6,816	4,300	130	19,9	4,00	415,54	6,815	6,816	11806	S10	C27	11812	S10	C27
68	6,753	6,772	6,757	6,765	6,767	6,766	3,920	130	19,9	4,00	378,82	6,761	6,766	10593	S7	C22	10610	S7	C22
69	7,306	7,267	7,300	7,271	7,271	7,270	5,270	129	19,8	4,00	515,82	7,291	7,271	16946	S13	C50	16851	S13	C50
70	6,121	6,090	6,079	6,092	6,093	6,093	4,230	131	20,0	4,00	403,63	6,097	6,093	9087	S7	C18	9075	S7	C18
71	6,699	6,651	6,632	6,651	6,651	6,651	4,450	131	19,9	4,00	426,75	6,661	6,651	11583	S10	C27	11550	S10	C27
72	6,335	6,382	6,404	6,367	6,368	6,368	4,340	130	19,9	4,00	419,40	6,374	6,368	10424	S7	C22	10404	S7	C22
73	7,113	7,170	7,042	7,052	7,049	7,052	4,910	130	19,9	4,00	474,49	7,108	7,051	14668	S13	C40	14433	S13	C40
74	6,715	6,731	6,721	6,725	6,726	6,727	4,880	130	20,0	4,00	469,23	6,722	6,726	12844	S13	C30	12858	S13	C30
75	7,336	7,285	7,300	7,293	7,292	7,293	4,890	130	19,9	4,00	472,56	7,307	7,293	15436	S13	C45	15376	S13	C45
76	5,784	5,687	5,803	5,812	5,814	5,812	4,340	132	19,9	4,00	413,05	5,758	5,813	8378	S7	C16	8538	S7	C16
77	7,008	7,045	7,059	7,025	7,025	7,027	4,550	130	19,9	4,00	439,70	7,037	7,026	13323	S13	C35	13278	S13	C35
78	6,706	6,757	6,728	6,743	6,743	6,743	5,140	131	19,9	4,00	492,92	6,730	6,743	13661	S13	C35	13712	S13	C35
79	6,732	6,678	6,667	6,665	6,667	6,668	4,800	130	19,9	4,00	463,86	6,692	6,667	12710	S13	C30	12613	S13	C30
80	6,658	6,617	6,609	6,633	6,635	6,636	4,220	129	19,9	4,00	410,97	6,628	6,635	11046	S10	C34	11068	S10	C34
81	6,344	6,373	6,397	6,366	6,367	6,368	4,400	129	19,9	4,00	428,50	6,371	6,367	10642	S7	C22	10628	S7	C22
82	5,715	5,755	5,679	5,719	5,716	5,716	4,280	130	20,0	4,00	411,54	5,716	5,717	8145	S7	C16	8147	S7	C16
83	6,993	6,949	6,961	6,985	6,950	6,986	4,860	129	19,9	4,00	473,30	6,968	6,974	14058	S13	C40	14082	S13	C40
84	6,989	6,992	7,026	7,015	7,014	7,016	4,860	129	19,9	4,00	473,30	7,002	7,015	14198	S13	C40	14250	S13	C40
85	6,685	6,694	6,745	6,676	6,679	6,679	5,240	130	19,9	4,00	506,38	6,708	6,678	13940	S13	C35	13816	S13	C35
86	6,314	6,273	6,277	6,265	6,265	6,265	3,630	130	19,9	4,00	350,79	6,288	6,265	8486	S7	C16	8424	S7	C16
87	7,316	7,242	7,259	7,262	7,263	7,262	4,900	129	19,8	4,00	479,60	7,272	7,262	15675	S13	C45	15632	S13	C45

*se nadaljuje...*

## Priloga C1

*...nadaljevanje*

88	7.016	7.057	7.006	7.011	7.008	7.011	4.780	130	19,9	4,00	461,93	7.026	7.010	13952	S13	C35	13887	S13	C35
89	6,766	6,768	6,779	6,760	6,763	6,762	4,730	130	19,8	4,00	459,40	6,771	6,762	13016	S13	C35	12980	S13	C30
90	5,953	5,975	5,945	5,960	5,960	5,958	3,770	131	19,9	4,00	361,54	5,958	5,959	7851	<S7	C14	7855	<S7	C14
91	5,909	5,947	5,848	5,945	5,946	5,952	4,540	132	20,0	4,00	429,92	5,901	5,948	9069	S7	C18	9212	S7	C18
92	6,450	6,468	6,434	6,474	6,477	6,474	4,430	130	20,0	4,00	425,96	6,451	6,475	10736	S7	C22	10817	S7	C22
93	7,103	7,055	7,132	7,083	7,086	7,083	4,420	130	19,8	4,00	429,29	7,097	7,084	13361	S13	C35	13314	S13	C35
94	6,640	6,609	6,593	6,621	6,623	6,623	4,620	130	20,0	4,00	444,23	6,614	6,622	11771	S10	C27	11800	S10	C27
95	6,613	6,689	6,690	6,652	6,651	6,652	5,070	130	19,7	4,00	494,92	6,664	6,652	13721	S13	C35	13671	S13	C35
96	6,922	6,933	6,883	6,900	6,902	6,901	4,940	129	19,8	4,00	483,52	6,913	6,901	14279	S13	C40	14231	S13	C40
97	6,346	6,395	6,385	6,360	6,362	6,359	4,290	130	19,7	4,00	418,78	6,375	6,360	10626	S7	C22	10576	S7	C22
98	6,554	6,382	6,505	6,509	6,509	6,511	4,300	128	19,9	4,00	422,03	6,480	6,510	10843	S7	C22	10942	S7	C22
99	6,662	6,570	6,677	6,666	6,666	6,667	4,960	131	19,9	4,00	475,66	6,636	6,666	12816	S13	C30	12933	S13	C30
100	6,450	6,472	6,525	6,496	6,497	6,495	4,070	131	19,9	4,00	390,31	6,482	6,496	10034	S7	C22	10077	S7	C22
		<i>average</i>		12120										12126					
		<i>min</i>		7851										7855					
		<i>max</i>		17761										17827					
		<i>stdev</i>		2165										2156					

## Priloga C2

Meritve in rezultati metode frekvenčnega odziva za plohe

Oznaka ploha	Prva lastna frekvenca (Hz)							m (kg)	b (mm)	h (mm)	l (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$V_m$ (Hz)	$V_p$ (Hz)	MOE <sub>m</sub> (MPa)	DIN 4074- 1	EN 338	MOE <sub>p</sub> (MPa)	DIN 4074- 1	EN 338	
	mikrofon			pospeškomer																	
1	14,006	14,015	14,004	14,006	14,007	14,007	12,970	175	38,1	4,00	486,31	14,008	14,007	15928	S13	C45	15924	S13	C45		
2	12,844	12,845	12,836	12,844	12,845	12,844	11,460	175	37,6	4,00	435,41	12,842	12,844	12305	S13	C30	12310	S13	C30		
3	11,343	11,340	11,343	11,345	11,344	11,344	12,240	175	37,7	4,00	463,81	11,342	11,344	10171	S7	C22	10175	S7	C22		
4	12,261	12,270	12,271	12,266	12,264	12,264	12,880	176	38,1	4,00	480,20	12,267	12,265	12061	S13	C30	12056	S13	C30		
5	12,460	12,464	12,466	12,462	12,460	12,464	11,170	175	38,0	4,00	419,92	12,463	12,462	10944	S7	C22	10942	S7	C22		
6	12,806	12,804	12,805	12,811	12,811	12,811	13,510	174	38,0	4,00	510,81	12,805	12,811	14053	S13	C40	14066	S13	C40		
7	12,828	12,818	12,840	12,830	12,829	12,830	11,190	175	38,1	4,00	419,57	12,829	12,830	11525	S10	C27	11527	S10	C27		
8	11,923	11,868	11,882	11,869	11,866	11,863	12,610	175	37,8	3,97	480,17	11,891	11,866	11171	S10	C24	11124	S10	C24		
9	13,808	13,804	13,811	13,814	13,813	13,814	12,490	175	37,8	4,00	472,03	13,808	13,814	15260	S13	C45	15273	S13	C45		
10	11,535	11,538	11,559	11,543	11,543	11,541	11,700	175	38,0	4,00	439,85	11,544	11,542	9835	S7	C20	9832	S7	C20		
11	11,590	11,576	11,610	11,585	11,587	11,586	11,060	175	38,0	4,00	415,79	11,592	11,586	9374	S7	C18	9365	S7	C18		
12	14,201	14,196	14,203	14,204	14,203	14,203	13,800	173	37,5	3,98	534,46	14,200	14,203	18199	S13	>C50	18207	S13	>C50		
13	11,805	11,808	11,795	11,816	11,812	11,812	11,710	176	37,8	4,00	440,04	11,803	11,813	10394	S7	C22	10413	S7	C22		
14	13,381	13,404	13,380	13,384	13,384	13,384	12,970	176	37,8	4,00	487,39	13,388	13,384	14814	S13	C40	14804	S13	C40		
15	12,917	12,936	12,924	12,929	12,929	12,926	11,200	175	38,0	4,00	421,05	12,926	12,928	11803	S10	C27	11807	S10	C27		
16	11,475	11,475	11,484	11,486	11,486	11,495	10,990	175	38,1	4,00	412,07	11,478	11,489	9061	S7	C18	9078	S7	C18		
17	12,466	12,479	12,481	12,477	12,479	12,480	12,220	174	38,0	3,97	465,53	12,475	12,479	11796	S10	C27	11802	S10	C27		
18	14,053	14,071	14,065	14,059	14,061	14,061	10,800	175	38,0	3,92	414,30	14,063	14,060	12680	S13	C30	12676	S13	C30		
19	13,421	13,422	13,428	13,430	13,432	13,431	12,700	175	37,8	4,00	479,97	13,424	13,431	14665	S13	C40	14681	S13	C40		
20	13,590	13,612	13,601	13,595	13,596	13,595	12,560	175	37,6	4,00	477,20	13,601	13,595	15128	S13	C45	15116	S13	C45		
21	13,139	13,132	13,136	13,140	13,140	13,140	12,630	175	37,7	4,00	478,59	13,136	13,140	14077	S13	C40	14086	S13	C40		
22	13,072	13,072	13,065	13,067	13,065	13,064	10,900	175	38,2	4,00	407,63	13,070	13,065	11561	S10	C27	11553	S10	C27		
23	13,257	13,261	13,261	13,263	13,262	13,262	12,230	175	37,8	4,00	462,21	13,260	13,262	13780	S13	C35	13785	S13	C35		
24	13,864	13,861	13,859	13,862	13,863	13,862	12,650	175	37,8	4,00	478,08	13,861	13,862	15576	S13	C45	15578	S13	C45		
25	13,225	13,221	13,221	13,223	13,224	13,224	12,970	173	37,5	4,00	499,81	13,222	13,224	15055	S13	C45	15058	S13	C45		
26	13,470	13,462	13,459	13,465	13,465	13,465	12,430	174	37,8	4,00	472,47	13,464	13,465	14522	S13	C40	14525	S13	C40		
27	13,558	13,544	13,552	13,560	13,559	13,559	12,500	174	37,7	4,00	476,39	13,551	13,559	14913	S13	C40	14931	S13	C40		
28	13,399	13,397	13,407	13,398	13,396	13,396	12,160	174	37,5	4,00	465,90	13,401	13,397	14415	S13	C40	14406	S13	C40		
29	12,800	12,828	12,816	12,822	12,823	12,824	12,730	175	37,7	4,00	482,38	12,815	12,823	13503	S13	C35	13521	S13	C35		
30	13,113	13,114	13,116	13,107	13,107	13,107	12,450	175	37,7	4,00	471,77	13,114	13,107	13831	S13	C35	13816	S13	C35		
31	12,462	12,463	12,456	12,459	12,457	12,457	12,520	174	37,5	4,00	479,69	12,460	12,458	12832	S13	C30	12826	S13	C30		
32	12,649	12,677	12,667	12,658	12,663	12,661	12,590	174	37,7	4,00	479,82	12,664	12,661	13118	S13	C35	13111	S13	C35		
33	13,544	13,571	13,562	13,561	13,556	13,556	12,120	175	37,9	4,00	456,84	13,559	13,558	14167	S13	C40	14164	S13	C40		
34	13,729	13,772	13,728	13,723	13,725	13,726	13,880	173	37,5	4,00	534,87	13,743	13,725	17405	S13	>C50	17359	S13	>C50		
35	12,859	12,858	12,863	12,863	12,865	12,865	11,370	174	37,8	4,00	432,17	12,860	12,864	12119	S13	C30	12128	S13	C30		
36	13,825	13,829	13,837	13,832	13,832	13,832	11,340	175	38,2	4,00	424,08	13,830	13,832	13468	S13	C35	13472	S13	C35		
37	13,660	13,660	13,677	13,658	13,658	13,657	11,270	174	37,7	4,00	429,51	13,666	13,658	13673	S13	C35	13657	S13	C35		
38	13,649	13,646	13,655	13,654	13,654	13,654	12,680	174	37,7	4,00	483,25	13,650	13,654	15349	S13	C45	15358	S13	C45		
39	11,812	11,795	11,802	11,808	11,809	11,809	12,280	176	37,7	4,00	462,68	11,803	11,809	10988	S7	C22	10998	S7	C22		
40	13,235	13,237	13,238	13,239	13,239	13,240	13,360	173	37,7	4,00	512,10	13,237	13,239	15295	S13	C45	15301	S13	C45		
41	13,112	13,119	13,113	13,115	13,116	13,116	12,080	175	37,7	4,00	457,75	13,115	13,115	13421	S13	C35	13422	S13	C35		
42	12,723	12,739	12,730	12,725	12,726	12,726	11,870	175	37,8	4,00	448,60	12,727	12,726	12320	S13	C30	12319	S13	C30		

se nadaljuje...

## Priloga C2

*...nadaljevanje*

43	13,228	13,228	13,220	13,224	13,225	13,226	11,320	174	37,9	4,00	429,14	13,225	13,225	12661	S13	C30	12660	S13	C30
44	12,827	12,810	12,822	12,828	12,829	12,830	11,260	174	37,9	4,00	426,86	12,820	12,829	11833	S10	C27	11850	S10	C27
45	12,913	12,889	12,918	12,902	12,906	12,906	10,860	175	37,7	4,00	411,52	12,907	12,905	11686	S10	C27	11682	S10	C27
46	13,568	13,578	13,582	13,572	13,576	13,575	12,950	174	37,7	4,00	493,54	13,576	13,574	15506	S13	C45	15502	S13	C45
47	13,590	13,585	13,592	13,581	13,582	13,581	12,200	173	37,5	4,00	470,13	13,589	13,581	14957	S13	C40	14941	S13	C40
48	13,374	13,380	13,370	13,372	13,372	13,371	12,000	173	37,7	4,00	459,97	13,375	13,372	14026	S13	C40	14020	S13	C40
49	12,551	12,486	12,569	12,554	12,553	12,554	12,240	174	37,6	4,00	467,72	12,535	12,554	12595	S13	C30	12632	S13	C30
50	13,797	13,798	13,815	13,796	13,800	13,801	13,640	173	37,7	4,00	522,84	13,803	13,799	16981	S13	C50	16971	S13	C50
51	12,905	12,898	12,898	12,897	12,897	12,898	10,700	175	37,8	4,00	404,38	12,900	12,897	11411	S10	C24	11406	S10	C24
52	12,662	12,649	12,636	12,644	12,645	12,646	10,680	175	38,1	4,00	400,45	12,649	12,645	10694	S7	C22	10687	S7	C22
53	12,818	12,818	12,803	12,807	12,809	12,812	12,340	175	37,7	4,00	467,60	12,813	12,809	13086	S13	C35	13079	S13	C35
54	10,960	10,953	10,974	10,968	10,975	10,971	11,800	173	38,1	4,00	447,56	10,962	10,971	8977	S7	C16	8992	S7	C16
55	10,936	10,920	10,932	10,917	10,923	10,933	12,020	175	38,0	4,00	451,88	10,929	10,924	9057	S7	C18	9048	S7	C18
56	12,191	12,183	12,190	12,188	12,184	12,184	13,140	174	37,5	4,00	503,45	12,188	12,185	12885	S13	C30	12879	S13	C30
57	13,838	13,830	13,841	13,832	13,830	13,828	12,430	173	38,0	4,00	472,70	13,836	13,830	15184	S13	C45	15170	S13	C45
58	12,252	12,255	12,240	12,257	12,254	12,254	10,540	175	37,5	4,00	401,52	12,249	12,255	10379	S7	C22	10390	S7	C22
59	12,370	12,349	12,353	12,359	12,357	12,357	10,590	175	37,8	4,00	400,23	12,357	12,358	10363	S7	C22	10364	S7	C22
60	11,234	11,223	11,217	11,215	11,216	11,215	12,490	173	37,8	4,00	477,49	11,225	11,215	10201	S7	C22	10184	S7	C22
61	9,953	9,939	9,939	9,946	9,944	9,941	11,770	173	37,8	4,00	449,96	9,944	9,944	7544	<S7	C14	7544	<S7	C14
62	12,762	12,764	12,789	12,771	12,769	12,768	13,490	174	37,4	4,00	518,24	12,772	12,769	14642	S13	C40	14637	S13	C40
63	10,455	10,482	10,434	10,466	10,474	10,469	12,040	174	37,3	4,00	463,78	10,457	10,470	8831	S7	C16	8853	S7	C16
64	14,033	14,021	14,022	14,023	14,023	14,022	12,560	173	37,5	4,00	484,01	14,025	14,023	16404	S13	C50	16397	S13	C50
65	11,146	11,145	11,112	11,149	11,147	11,147	12,020	174	37,8	4,00	456,88	11,134	11,148	9604	S7	C20	9627	S7	C20
66	11,235	11,233	11,240	11,233	11,233	11,233	12,140	175	37,0	4,00	468,73	11,236	11,233	10473	S7	C22	10467	S7	C22
67	13,065	13,055	13,072	13,057	13,055	13,053	12,360	175	37,3	4,00	473,38	13,064	13,055	14069	S13	C40	14050	S13	C40
68	11,665	11,620	11,428	11,613	11,610	11,610	11,710	174	37,4	4,00	449,86	11,571	11,611	10433	S7	C22	10505	S7	C22
69	11,020	11,034	11,028	11,018	11,017	11,014	10,140	174	37,8	4,00	385,42	11,027	11,016	7947	<S7	C14	7931	<S7	C14
70	10,894	10,858	10,871	10,874	10,872	10,870	12,230	175	37,9	4,00	460,99	10,874	10,872	9195	S7	C18	9191	S7	C18
71	12,962	12,953	12,958	12,957	12,956	12,957	10,840	175	38,0	4,00	407,52	12,958	12,957	11480	S10	C24	11479	S10	C24
72	13,098	13,105	13,088	13,096	13,095	13,093	11,230	174	37,7	4,00	427,99	13,097	13,095	12514	S13	C30	12510	S13	C30
73	10,730	10,754	10,773	10,772	10,771	10,783	11,940	174	37,6	4,00	456,25	10,752	10,775	9040	S7	C18	9079	S7	C18
74	13,406	13,410	13,411	13,418	13,418	13,417	12,160	174	37,8	4,00	462,20	13,409	13,418	14092	S13	C40	14110	S13	C40
75	14,074	14,049	14,060	14,057	14,055	14,056	12,520	174	37,6	4,00	478,42	14,061	14,056	16210	S13	C50	16199	S13	C50
76	14,158	14,148	14,155	14,152	14,149	14,150	13,050	175	37,2	4,00	501,15	14,154	14,150	17577	S13	>C50	17569	S13	>C50
77	12,799	12,816	12,815	12,800	12,800	12,799	13,100	175	37,6	4,00	497,72	12,810	12,800	13997	S13	C35	13974	S13	C35
78	13,687	13,652	13,650	13,649	13,651	13,649	12,430	174	37,0	4,00	482,68	13,663	13,650	15947	S13	C45	15916	S13	C45
79	13,214	13,222	13,215	13,219	13,219	13,217	12,190	174	37,4	4,00	468,30	13,217	13,218	14170	S13	C40	14173	S13	C40
80	13,209	13,206	13,177	13,207	13,206	13,204	12,110	174	36,9	4,00	471,53	13,197	13,206	14613	S13	C40	14632	S13	C40
81	12,700	12,704	12,698	12,694	12,692	12,692	10,490	175	37,4	4,00	400,69	12,701	12,693	11195	S10	C24	11181	S10	C24
82	10,794	10,787	10,805	10,799	10,798	10,796	12,010	174	37,7	4,00	457,71	10,795	10,798	9093	S7	C18	9097	S7	C18
83	13,921	13,929	13,917	13,923	13,922	13,921	12,380	173	37,6	4,00	475,80	13,922	13,922	15805	S13	C45	15804	S13	C45
84	13,602	13,588	13,593	13,602	13,601	13,599	11,420	174	37,6	4,00	436,38	13,594	13,601	13821	S13	C35	13834	S13	C35
85	9,974	9,926	9,962	9,956	9,961	9,956	12,150	174	37,1	4,00	470,54	9,954	9,958	8207	S7	C16	8213	S7	C16
86	12,054	12,037	12,062	12,048	12,046	12,047	10,470	175	37,7	4,00	396,74	12,051	12,047	9822	S7	C20	9816	S7	C20
87	11,733	11,764	11,750	11,757	11,756	11,758	10,460	175	37,5	4,00	398,48	11,749	11,757	9477	S7	C18	9490	S7	C18

*se nadaljuje...*

## Priloga C2

*...nadaljevanje*

88	13,692	13,726	13,701	13,705	13,703	13,702	12,460	174	36,9	4,00	485,16	13,706	13,703	16218	S13	C50	16211	S13	C50
89	13,054	13,056	13,067	13,062	13,061	13,061	12,340	175	37,3	4,00	472,62	13,059	13,061	14036	S13	C40	14041	S13	C40
90	13,054	13,055	13,045	13,056	13,054	13,054	12,860	175	37,8	4,00	486,02	13,051	13,055	14038	S13	C40	14045	S13	C40
91	12,581	12,617	12,576	12,586	12,605	12,577	12,260	175	37,7	4,00	464,57	12,591	12,589	12555	S13	C30	12551	S13	C30
92	13,129	13,117	13,118	13,124	13,126	13,127	12,090	174	38,0	4,00	457,12	13,121	13,126	13205	S13	C35	13214	S13	C35
93	11,212	11,215	11,206	11,201	11,202	11,200	10,440	175	37,8	4,00	394,56	11,211	11,201	8409	S7	C16	8394	S7	C16
94	12,859	12,830	12,837	12,848	12,849	12,846	13,290	175	37,7	4,00	503,60	12,842	12,848	14158	S13	C40	14170	S13	C40
95	12,693	12,701	12,689	12,689	12,689	12,687	10,980	175	37,5	4,00	418,29	12,694	12,688	11613	S10	C27	11602	S10	C27
96	13,451	13,440	13,459	13,450	13,450	13,450	10,980	174	37,7	4,00	418,46	13,450	13,450	12904	S13	C30	12904	S13	C30
97	13,372	13,380	13,378	13,379	13,380	13,379	11,310	173	37,5	4,00	435,84	13,377	13,379	13436	S13	C35	13442	S13	C35
98	10,718	10,754	10,750	10,739	10,738	10,738	12,320	174	38,0	4,00	465,82	10,741	10,738	9016	S7	C18	9013	S7	C18
99	13,910	13,902	13,910	13,910	13,921	13,910	11,060	175	37,8	4,00	417,99	13,907	13,914	13709	S13	C35	13721	S13	C35
100	12,845	12,851	12,855	12,846	12,846	11,510	175	38,2	4,00	430,44	12,850	12,846	11802	S10	C27	11794	S10	C27	
														<i>average</i>	12703				
														<i>min</i>	7544				
														<i>max</i>	18199				
														<i>stdev</i>	2437				
																12704			
																7544			
																18208			
																2434			

## Priloga D1

Primerjava S trdnostnih razredov za posamezne deske

Oznaka deske	Vizualna metoda	Štiri-točkovni upogibni test	Metoda frekvenčnega odziva (mikrofon)	Metoda frekvenčnega odziva (pospeškomer)
1	S10	S7	S10	S10
2	S7	S10	S13	S13
3	<S7	S10	S13	S13
4	S7	S7	S13	S13
5	<S7	S7	S7	S7
6	S7	S7	S10	S10
7	S7	S13	S13	S13
8	S7	S13	S13	S13
9	S10	S7	S7	S7
10	<S7	S10	S13	S13
11	S7	S7	S7	S7
12	S10	S13	S13	S13
13	<S7	S7	S10	S10
14	S7	S7	S10	S10
15	<S7	S7	S7	S7
16	<S7	S10	S13	S13
17	<S7	S10	S10	S10
18	S10	S13	S13	S13
19	S7	S10	S10	S10
20	S10	S13	S13	S13
21	<S7	S7	S7	S7
22	<S7	S7	S7	S7
23	S7	S7	S7	S7
24	<S7	S7	S7	S7
25	S7	S10	S13	S13
26	S10	S13	S13	S13
27	S10	S10	S13	S13
28	<S7	S13	S13	S13
29	S10	S7	S7	S7
30	S7	S7	S13	S13
31	S13	S7	S10	S10
32	S7	S7	S13	S13
33	S7	<S7	S7	S7
34	S10	S13	S13	S13
35	<S7	S7	S7	S7
36	S7	S7	S7	S7
37	<S7	S13	S13	S13
38	S10	S13	S13	S13
39	<S7	S7	S7	S7
40	S7	S7	S10	S10
41	S7	S13	S13	S13
42	S7	S7	S7	S7
43	<S7	S7	S7	S7
44	S13	S13	S13	S13
45	S7	S10	S13	S13
46	S7	S7	S10	S10
47	S10	S10	S13	S13
48	S10	S13	S13	S13
49	S7	S7	S10	S10

*se nadaljuje...*

## Priloga D1

...nadaljevanje

50	S7	S10	S13	S13
51	S7	S7	S10	S10
52	S7	S7	S13	S13
53	S10	S10	S13	S13
54	<S7	S7	S10	S10
55	S7	S13	S13	S13
56	<S7	S7	S7	S7
57	<S7	S7	S10	S10
58	S10	S13	S13	S13
59	S7	S13	S13	S13
60	S13	S13	S13	S13
61	S10	S7	S7	S7
62	S10	S13	S13	S13
63	S7	S13	S13	S13
64	S7	S7	S10	S10
65	S10	S13	S13	S13
66	S7	S7	S7	S7
67	S7	S10	S10	S10
68	S13	S7	S7	S7
69	S13	S13	S13	S13
70	S7	<S7	S7	S7
71	S10	S7	S10	S10
72	S7	<S7	S7	S7
73	S10	S13	S13	S13
74	S7	S13	S13	S13
75	S13	S13	S13	S13
76	<S7	S7	S7	S7
77	S10	S13	S13	S13
78	S10	S10	S13	S13
79	S7	S7	S13	S13
80	S10	S7	S10	S10
81	S7	S7	S7	S7
82	S7	<S7	S7	S7
83	S10	S13	S13	S13
84	S7	S10	S13	S13
85	<S7	S13	S13	S13
86	S7	S7	S7	S7
87	<S7	S13	S13	S13
88	S10	S13	S13	S13
89	S10	S10	S13	S13
90	S7	<S7	<S7	<S7
91	<S7	<S7	S7	S7
92	S10	S7	S7	S7
93	S10	S10	S13	S13
94	S10	S7	S10	S10
95	S10	S10	S13	S13
96	S10	S10	S13	S13
97	<S7	S7	S7	S7
98	S7	S7	S7	S7
99	<S7	S7	S13	S13
100	<S7	S7	S7	S7

## Priloga D2

Primerjava S trdnostnih razredov za posamezne plohe

Oznaka ploha	Vizualna metoda	Štiri-točkovni upogibni test	Metoda frekvenčnega odziva (mikrofon)	Metoda frekvenčnega odziva (pospeškomer)
1	S13	S13	S13	S13
2	S13	S7	S13	S13
3	<S7	S7	S7	S7
4	<S7	S7	S13	S13
5	S10	S7	S7	S7
6	S10	S13	S13	S13
7	S10	S7	S10	S10
8	S7	S7	S10	S10
9	S13	S13	S13	S13
10	S10	S7	S7	S7
11	<S7	S7	S7	S7
12	S10	S13	S13	S13
13	S7	S7	S7	S7
14	S10	S13	S13	S13
15	S10	S7	S10	S10
16	S7	S7	S7	S7
17	S7	S7	S10	S10
18	S10	S10	S13	S13
19	S10	S13	S13	S13
20	S10	S13	S13	S13
21	<S7	S13	S13	S13
22	S10	S7	S10	S10
23	S7	S10	S13	S13
24	<S7	S13	S13	S13
25	<S7	S10	S13	S13
26	S13	S13	S13	S13
27	S7	S13	S13	S13
28	S10	S13	S13	S13
29	S10	S13	S13	S13
30	<S7	S13	S13	S13
31	<S7	S10	S13	S13
32	S13	S7	S13	S13
33	S10	S13	S13	S13
34	S13	S13	S13	S13
35	S10	S7	S13	S13
36	S10	S13	S13	S13
37	S7	S13	S13	S13
38	<S7	S13	S13	S13
39	S7	<S7	S7	S7
40	S10	S13	S13	S13
41	S7	S13	S13	S13
42	S13	S13	S13	S13
43	S7	S10	S13	S13
44	S7	S7	S10	S10
45	S7	S10	S10	S10
46	<S7	S13	S13	S13
47	S7	S13	S13	S13
48	S10	S13	S13	S13
49	S7	S10	S13	S13

*se nadaljuje...*

## Priloga D2

*...nadaljevanje*

50	S10	S13	S13	S13
51	S7	S7	S10	S10
52	S7	S7	S7	S7
53	S7	S10	S13	S13
54	<S7	<S7	S7	S7
55	<S7	S7	S7	S7
56	<S7	S7	S13	S13
57	S13	S13	S13	S13
58	S7	S7	S7	S7
59	S7	S7	S7	S7
60	<S7	S7	S7	S7
61	<S7	S7	<S7	<S7
62	S7	S10	S13	S13
63	<S7	S7	S7	S7
64	S7	S13	S13	S13
65	<S7	S7	S7	S7
66	S7	S7	S7	S7
67	S7	S13	S13	S13
68	<S7	S7	S7	S7
69	<S7	<S7	<S7	<S7
70	S10	S7	S7	S7
71	S10	S7	S10	S10
72	S10	S7	S13	S13
73	<S7	S7	S7	S7
74	S7	S10	S13	S13
75	S10	S13	S13	S13
76	S10	S13	S13	S13
77	S10	S13	S13	S13
78	S10	S13	S13	S13
79	S10	S10	S13	S13
80	S13	S10	S13	S13
81	S10	S7	S10	S10
82	S7	S7	S7	S7
83	S13	S13	S13	S13
84	S13	S10	S13	S13
85	<S7	S7	S7	S7
86	S7	S7	S7	S7
87	S10	S7	S7	S7
88	<S7	S13	S13	S13
89	S7	S10	S13	S13
90	<S7	S13	S13	S13
91	S7	S10	S13	S13
92	S7	S13	S13	S13
93	S7	<S7	S7	S7
94	S7	S13	S13	S13
95	S10	S7	S10	S10
96	S10	S7	S13	S13
97	S10	S7	S13	S13
98	S7	S7	S7	S7
99	S10	S13	S13	S13
100	S7	S7	S10	S10