

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marko CVEK

**VPLIV GRČ NA TRDNOST SMREKOVEGA  
IN JELOVEGA KONSTRUKCIJSKEGA  
ŽAGANEGA LESA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marko CVEK

**VPLIV GRČ NA TRDNOST SMREKOVEGA IN  
JELOVEGA KONSTRUKCIJSKEGA ŽAGANEGA LESA**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**KNOTS INFLUENCE ON THE STRENGTH OF A SPRUCE AND FIR  
STRUCTURAL SAWN TIMBER**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, in delovni skupini za mehanske obdelovalne tehnologije, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, ter na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG), kjer so bile izvedene porušne meritve.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Dominiko Gornik Bučar ter za somentorja viš. pred. mag. Bogdana Šega.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega dela v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Marko Cvek

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*852.12
KG	konstrukcijski les/smrekovina/grče/tKAR/trdnost
AV	CVEK, Marko
SA	GORNIK-BUČAR, Dominika (mentor)/ŠEGA, Bogdan (somentor)/STRAŽE, Aleš (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	VPLIV GRČ NA TRDNOST SMREKOVEGA IN JELOVEGA KONSTRUKCIJSKEGA ŽAGANEGA LESA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XII, 52 str., 16 pregl., 43 sl., 4 pril., 36 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Grče zmanjšujejo uporabnost lesa, saj je na mestih grč močno spremenjen potek oz. lokalni naklon lesnih vlaken, zato ima grčav les slabše mehanske lastnosti. V nalogi smo ugotavljali, kakšne so povezave med grčavostjo in mehanskimi lastnostmi lesa ter primerjali različna pravila ocenjevanja grčavosti. Grče smo ocenjevali po pravilih, ki so podana v DIN 4074-1 standardu in BS 4978 standardu. Položaj in velikost grč smo določali na 475 smrekovih in jelovih konstrukcijskih elementih dimenzij 50 mm x 150 mm x 4000 mm. S štiri-točkovnim upogibnim preskusom smo elementom določili globalni modul elastičnosti in upogibno trdnost. Ugotovili smo, da grčavost vpliva na trdnost, da pa je napovedovanje trdnosti samo na podlagi grč dokaj nezanesljivo ( $r = 0,27$ do $0,56$ ). Najzanesljivejše je napovedovanje trdnosti na podlagi ocene grčavosti po pravilih DIN 4074-1 standarda za razvrščanje nosilcev (parameter A; $r = 0,56$ ) in na podlagi ocene deleža grč v prerezu nosilca po BS 4978 standardu (parameter tKAR; $r = 0,54$ ). Najmanj zanesljiv kriterij za ocenjevanje grč je globina bočnih grč (parameter EBB; $r = 0,28$ ). Izkoristek razvrščanja je bil višji pri razvrščanju na podlagi BS 4978 standarda, pri razvrščanju po DIN 4074-1 standardu pa je bil zelo visok delež (87,4 %) prenizko razvrščenih elementov.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630\*852.12
- CX construction wood/spruce wood/knot/tKAR/strength
- AU CVEK, Marko
- AA GORNIK-BUČAR, Dominika (supervisor)/ŠEGA,Bogdan (co-supervisor)/  
STRAŽE Aleš (reviwer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science  
and Technology
- PY 2016
- TI KNOTS INFLUENCE ON THE STRENGHT OF A SPRUCE AND FIR  
STRUCTURAL SAWN TIMBER
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO XII, 52 p.,16 tab., 43 fig., 4 ann., 36 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Knots have an adverse effect on the mechanical properties of wood, due to influence on slope of grain, therefore wood can be less suitable for particular use. The purpose of this thesis was to examine the correlation between knots and the mechanical properties of wood and also the evaluation of different knots measuring methods. A comparison of knot measuring methods listed in the DIN 4074-1 and BS 4978 standards was carried out. The knots positions and size were measured on 475 spruce and fir structural elements with the dimension 50 mm x 150 mm x 4000 mm. Then, the global modulus of elasticity and bending strength were determined, by a destructive four-point bending test. It was established that knots affect wood strength; however, predicting wood strength based only on knots is fairly unreliable ( $r = 0.27$  to  $0.56$ ). More reliable strength predictions on the base of knots is grading in accordance with the DIN 4074-1 standard rules for beams (parameter A;  $r = 0.56$ ) and by knot area ratio grading in accordance with the BS 4978 standard (parameter tKAR;  $r = 0.54$ ). The least reliable criterion is the depth of lateral knots (parameter EEB;  $r = 0.28$ ). The yield of grading was higher when the knots were evaluated by BS 4978 standard; when using the DIN 4074-1 standard, however, there was too high ratio (87.4%) of underestimated elements.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO PRILOG.....	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XII
SLOVARČEK.....	XIII

<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 CILJ NALOGE.....	1
1.2 HIPOTEZE .....	1
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>2</b>
2.1 ZNAČILNOSTI LESA.....	2
<b>2.1.1 Značilnosti povezane z obliko okroglega lesa .....</b>	<b>2</b>
2.1.1.1 Zavitost.....	2
2.1.1.2 Žlebatost .....	3
2.1.1.3 Ovalen prerez .....	3
2.1.1.4 Krivost hloda .....	4
2.1.1.5 Koničnost .....	4
<b>2.1.2 Značilnosti glede na strukturo .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.3 Značilnosti nastale zaradi zunanjih vplivov.....</b>	<b>5</b>
2.2 POŠKODBE ZARADI DELOVANJA RAZLIČNIH DEJAVNIKOV .....	5
<b>2.2.1 Razpoke .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Mrazne razpoke .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Notranje razpoke .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4 Krožne razpoke.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.5 Sušilne razpoke .....</b>	<b>6</b>
2.3 GRČAVOST.....	7
<b>2.3.1 Oblike grč .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2 Vrsta grč .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3 Videz grče (Leban, 2007).....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.4 Trhla ali zdrava grča.....</b>	<b>11</b>

2.4	MERJENJE GRČ .....	11
2.4.1	Ocenjevanje grčavosti s splošno metodo .....	12
2.4.2	Alternativna metoda merjenja grč.....	12
2.5	KONSTRUKCIJSKI LES .....	12
2.5.1	Trdnost .....	12
2.5.2	Dejavniki, ki vplivajo na trdnost lesa .....	13
2.5.3	Razvrščanje lesa v trdnostne razrede .....	13
2.5.4	Označevanje konstrukcijskega lesa z oznako CE.....	13
2.6	PRAVILA RAZVRŠČANJA KONSTRUKCIJSKEGA LESA V NEKATERIH EVROPSKIH DRŽAVAH .....	14
2.6.2	Prevedba sortirnih razredov v trdnostne razrede .....	14
2.7	PRAVILA ZA MERJENJE GRČ.....	15
2.7.2	SIST DIN 4074-1:2009 .....	16
2.7.3	Zahteve standarda BS 4978 .....	19
3	MATERIALI IN METODE .....	22
3.1	SMREKOVINA .....	22
3.2	JELOVINA .....	23
3.2.2	Razmerja elastičnih in strižnih modulov smrekovine in jelovine .....	24
3.3	METODE .....	24
3.3.1	Območje merjenja grč.....	24
3.4	PROGRAM ZA OCENO VELIKOSTI GRČ .....	25
3.4.1	Koordinatni sistem programa .....	25
3.4.1.1	Standardni.....	25
3.4.1.2	Zasuk v levo .....	26
3.4.1.3	Orientacija deske .....	26
3.4.2	Izračun parametrov (velikosti grč) .....	27
3.4.2.1	tKnot (Total Knot - celotni površinski delež posamezne grče).....	27
3.4.2.2	mKnot (površinski delež posamezne grče) .....	28
3.4.2.3	tKAR (celotni površinski delež grč ).....	29
3.4.2.4	mKAR (robni površinski delež grč) .....	30
3.4.2.5	DEB (velikost posamezne grče na deski).....	31
3.4.2.6	DAB (velikost venca grč na deski) .....	32
3.4.2.7	DEK (velikost posamezne grče pri nosilcih).....	33
3.4.2.8	EBB (največja globina posamezne bočne grče na deski).....	34
3.4.2.9	EAB (skupna globina bočnih grč venca grč) .....	35

3.5	tkAR .....	35
3.6	PORUŠNI TEST .....	36
3.7	RAZVRŠČANJE V TRDNOSTNE RAZREDE .....	37
<b>4</b>	<b>REZULTATI Z RAZPRAVO .....</b>	<b>39</b>
4.1	MERITVE .....	39
4.1.1	Korelacijska matrika.....	40
4.1.2	Korelacije med preučevanimi značilnostmi .....	42
4.1.3	Izkoristki razvrščanja .....	44
4.1.4	Frekvenčne matrike.....	45
<b>5</b>	<b>SKLEPI .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>51</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Pravila razvrščanja in oznake vizualnih trdnostnih razredov, ki jih uporabljajo v nekaterih evropskih državah .....	14
Preglednica 2:	Prevedba sortirnih razredov v trdnostne razrede.....	15
Preglednica 3:	Razdelitev žaganega lesa.....	17
Preglednica 4:	Dovoljena odstopanje dimenzijskih prečnih prerezov.....	18
Preglednica 5:	Kriteriji razvrščanja za nosilce ter deske in plohe, ki so pretežno upogibno obremenjeni po robu .....	19
Preglednica 6:	Kriteriji za razvrščanje v trdnostne razrede po BS 4978 glede na mKAR in tKAR vrednosti .....	20
Preglednica 7:	Smernice pri razvrščanju za BS 4978 .....	21
Preglednica 8:	Različne mehanske vrednosti smrekovine .....	22
Preglednica 9:	Razmerja elastičnih modulov ( $E_{L,T,R}$ ) in strižnih modulov ( $G_{RL,TL,RT}$ ) med anatomske smermi. ....	24
Preglednica 10:	Zahtevane lastnosti za posamezne razrede po SIST EN 338 .....	37
Preglednica 11:	Korelacijska matrika .....	40
Preglednica 12:	Deleži optimalno razvrščenih elementov in deleži elementov razvrščenih v posamezen trdnostni razred na podlagi različnih pravil merjenja grč po standardu SIST DIN 4074-1.....	45
Preglednica 13:	Deleži optimalno razvrščenih elementov in deleži elementov razvrščenih v posamezen trdnostni razred na podlagi pravil merjenja grč po britanskem standardu BS 4978.....	45
Preglednica 14:	Povezava med trdnostnimi razredi in razredi vizualno razvrščenega lesa iglavcev po SIST EN 1912.....	46
Preglednica 15:	Frekvenčna matrika za razvrstitev po DIN glede na maksimalno grčavost nosilca [A] .....	46
Preglednica 16:	Deleži pravilno, prenizko in previsoko ocenjenih elementov .....	47

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Žlebatost .....	3
Slika 2:	Ovalen prerez.....	3
Slika 3:	Krivost hloda .....	4
Slika 4:	Koničnost debla .....	4
Slika 5:	Okrogla grča .....	7
Slika 6:	Ovalna grča.....	7
Slika 7:	Robna grča (SIST EN 1310).....	7
Slika 8:	Krilasta grča (SIST EN 1310).....	8
Slika 9:	Mačja šapa (skupina – venec grč).....	8
Slika 10:	Brkasta grča .....	8
Slika 11:	Skupina grč .....	8
Slika 12:	Prebojna grča (SIST EN 1310).....	9
Slika 13:	Vrasla grča .....	9
Slika 14:	Izpadna grča.....	10
Slika 15:	Vrasla slepica (radialni prerez).....	10
Slika 16:	Tangencialni prerez debla. Levo: vrasla grča. Desno: izpadna grča .....	11
Slika 17:	Primerjava zdrave in trhle grče.....	11
Slika 18:	Merjenje grč pri tramovih (SIST DIN 4074-1).....	15
Slika 19:	Merjenje grč po britanskem standardu BS 4978.....	16
Slika 20:	Primerjava tKAR in mKAR.....	20
Slika 21:	Smreka z vejico in storžem.....	23
Slika 22:	Jelka z vejico in storžem.....	23
Slika 23:	Območje merjenja grč in območje v katerem se mora nahajati kritični prerez preskušanca ter geometrija preskuševališča (skladno s SIST EN 408) .....	24
Slika 24:	Primer označevanja nosilca brez stržena .....	25
Slika 25:	Primer označevanja nosilca s strženom .....	25
Slika 26:	Standardni koordinatni sistem .....	26
Slika 27:	Levi koordinatni sistem .....	26
Slika 28:	Orientacija deske .....	26
Slika 29:	Prikaz ovrednotenja parametra tKnot .....	27
Slika 30:	Prikaz ovrednotenja parametra mKnot .....	28
Slika 31:	Prikaz ovrednotenja parametra tKAR.....	29
Slika 32:	Prikaz ovrednotenja parametra mKAR.....	30
Slika 33:	Prikaz ovrednotenja parametra DEB .....	31
Slika 34:	DEB izjemi .....	32
Slika 35:	Prikaz ovrednotenja parametra DAB .....	33
Slika 36:	Razložitev simbolov pri parametru DEK .....	34
Slika 37:	Prikaz ovrednotenja parametra EBB .....	34
Slika 38:	Prikaz ovrednotenja parametra EAB .....	35
Slika 39:	Nekaj tipičnih grč in njihove KAR vrednosti .....	36
Slika 40:	Slikovni prikaz porušitvene metode .....	37
Slika 41:	Korelacija med modulom elastičnosti [ $E_m$ ] in upogibno trdnostjo [ $f_m$ ] .....	42
Slika 42:	Korelacija med največjo grčavostjo izmerjeno na nosilcu [A] in upogibno trdnostjo [ $f_m$ ] .....	43

- Slika 43: Korelacija med največjo grčavostjo na nosilcu [A] in modulom elastičnosti [ $E_m$ ] ..... 43
- Slika 44: Korelacija med velikostjo venca grč na deski [DAB] in celotnim razmerjem površine grč [tKAR] ..... 44

## KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Frekvenčne matrike optimalnih razvrstitev nosilcev po SIST DIN 4074-1
- Priloga A2: Frekvenčne matrike optimalnih razvrstitev za plohe in deske dobljene iz Bacher-jevega programa
- Priloga A3: Frekvenčne matrike optimalnih razvrstotev po BS 4978
- Priloga B: Preglednica s podatki izmerjenimi na ZAG-u, podatki iz Bacher-jevega programa, izvoženi preračuni iz programa Web knot calculator, dodeljeni sortitni razredi na podlagi grč

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A: maksimalna grčavost je razmerje med manjšim premerom grče in višino oziroma širino nosilca izmerjena po SIST DIN 4074 -1

A1: grčavost robnih grč na ploskvi

A2: grčavost robnih grč na boku

A3: grčavost celih grč na ploskvi

A4: grčavost celih grč na boku

Apl: grčavost na ploskvi

Abok: grčavost na boku

BS 4978: standard Velike Britanije, ki zajema pravila razvrščanja v vizualne trdnostne razrede z oznakami SS, GS, HS

DAB: grčavost venca grč na deski

DEB: grčavost posamezne grče na deski

EAB: grčavost skupine – venca grč na deski

EBB: največja globina bočnih grč na deski

SIST DIN 4074-1: slovenski standard, ki je prevzeti nemški standard in zajema pravila razvrščanja v vizualne trdnostne razrede z oznakami S13, S10, S7

$\rho$ : gostota pri 12 % vlažnosti<sup>\*1</sup>

$\rho_{cel}$ : gostota pri 12 % vlažnosti – celi preizkušanci<sup>\*2</sup>

mKAR: površinski delež marginalnih grč (delež grč, ki se nahajajo na delu nosilca dolžine 150 mm, iz spodnje in zgornje cone nosilca v prerezu le tega; po BS 4978)

mKnot: delež posamezne grče v zunanjem delu prereza nosilca

$E_m$ : globalni modul elastičnosti

$f_m$ : trdnost korigirana s  $k_h$  in  $k_l$ <sup>\*3</sup>

tKAR: celoten delež grč je razmerje med površino projekcije prereza vseh grč, ki se nahajajo na delu nosilca dolžine 150 mm, na prečni prerez nosilca in površino celotnega prečnega prereza kosa (celoten delež grč v prerezu nosilca; po BS 4978)

tKnot: celoten delež posamezne grče v prerezu nosilca

## OPOMBE

\*1:

Gostota je bila ugotovljena na kratkih, čistih preizkušancih, ki so bili izžagani čim bližje mestu porušitve. Vlažnost lesa je bila izmerjena z gravimetrično metodo.

\*2:

Vlažnost lesa je bila določena z uporovno metodo

\*3:

$k_h$  in  $k_l$  sta faktorja s katerima je potrebno korigirati izmerjeno upogibno trdnost. Definirana sta v EN 384. S  $k_h$  faktorjem korigiramo karakteristično upogibno trdnost, če je višina nosilca manjša ali večja od 150 mm, s  $k_l$  faktorjem pa korigiramo trdnost, če so bile razdalje med podporiči in mesti obremenjevanja drugačne kot zahteva standard SIST EN 408.

## SLOVARČEK

Trdota: predstavlja odpor materiala proti vrinjenju drugega materiala. Tako je trdota močno povezana z odpornostjo proti razenju, praskanju in drugim poškodbam površine (SIST EN 1534).

Trdnost: največjo napetost, ki jo material lahko še drži, imenujemo zrušilna ali porušitvena napetost oziroma trdnost in jo predstavlja najvišja točka napetostno deformacijske krivulje (Gorišek, 2009).

## 1 UVOD

Z lastnostmi, ki jih ima, je les odlična alternativa ostalim materialom. Zato je konstrukcijski les že od nekdaj prva izbira pri gradnji in vse kaže, da se bo z njim gradilo še več. Konstrukcijski les ima visoko nosilnost glede na lastno težo, hkrati pa omogoča enostavno obdelavo in s tem tudi majhno porabo energije priprave.

Grča je del veje vklopljen v deblu. Grče zmanjšujejo uporabnost lesa, saj je na mestih, kjer so grče, manj trden in zato v določenih primerih neuporaben za izdelavo izdelkov. Vpliv grč na uporabnost lesa je odvisen od njihove velikosti, števila, položaja, od tega ali so vrasle, zdrave, mrtve... Standardi določajo razvrstitev lesa v kakovostne in/ali trdnostne razrede (glede na velikost, vrsto, lego, število, ... grč).

Vpliv grč na trdnost lesa lahko ocenjujemo na različne načine. Pravila so podana v standardih (SIST DIN 4074-1, BS 4978,...). V nalogi smo ugotavljali korelacije med različnimi načini ocenjevanja grč in upogibno trdnostjo ter modulom elastičnosti smrekovih in jelovih plohov dimenzij 50 x 150 x 4000 mm.

Grče so lahko najbolj kritični del konstrukcijskega lesenega elementa, vendar pa poleg grč na trdnost lesa vplivajo tudi druge značilnosti lesa, kot npr. naklon vlaken, širina branik, vsebnost stržena, razpoke, napadi insektov, obarvanja in trohnoba, sabljavost, lisičavost, krivost... Kriteriji razvrščanja nosilcev, desk in plohov, ki so pretežno upogibno obremenjeni po robu iz standarda SIST DIN 4074-1 so podani v preglednici 5.

Standard BS 4978 v kriterijih poleg grč vključujejo tudi omejitve zavitosti vlaken glede na vzdolžno os deske, hitrost priraščanja (povprečna širina branik), razpoke, vsebnost stržena, sabljavost, krivost, lisičavost, obarvanja, smolni žepki in napadi insektov. Kriteriji so podani v preglednici 7.

### 1.1 CILJ NALOGE

Osnovni namen naloge je primerjava načinov ocenjevanja velikosti grč po izbranih pravilih oz. standardih:

- SIST DIN 4074-1 pravila ocenjevanja za nosilce,
- SIST DIN 4074-1 pravila ocenjevanja plohov in desk,
- BS 4978 pravila.

Ugotoviti želimo korelacije med grčavostjo ocenjeno po omenjenih pravilih, modulom elastičnosti in upogibno trdnostjo.

### 1.2 HIPOTEZE

Predvidevamo, da so določeni načini ocenjevanja grč bolj ustrezni kot drugi in da obstajajo značilne razlike v korelacijskih koeficientih med oceno grčavosti in trdnostjo za različne načine ocenjevanja grč. Predvidevamo tudi, da lahko z vizualno oceno grčavosti dovolj zanesljivo napovemo trdnost konstrukcijskih elementov.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 ZNAČILNOSTI LESA

Izraz značilnosti lesa je omejen na pojmovanje pojavov, ki motijo predelavo, obdelavo in uporabo lesa. Napake v lesu so zelo širok nabor pojavov in sprememb v lesu, nastalih zaradi različnih vzrokov, ki jih lahko pripišemo:

- rasti drevesa in njenim posebnostim,
- poškodbam zaradi delovanja različnih dejavnikov: naravnih pojavov, delovanja mikroorganizmov, gliv, insektov, živali in človeka.

Posledica vseh teh sprememb v lesu in različnih poškodb tako dreves kot lesnih polizdelkov in izdelkov je zmanjšana uporabnost in vrednost lesa ter slabša gospodarska uspešnost vseh, ki se preživljajo s spravilom hlodovine ter predelavo in obdelavo lesa (Leban, 2007).

Na kakovost lesnih proizvodov vplivajo zlasti značilnosti lesa, ki sledijo.

#### 2.1.1 Značilnosti povezane z obliko okroglega lesa

Koničnost, krivost, ovalnost, žlebatost, zavitost so najpomembnejše značilnosti povezane z obliko okroglega lesa, ki vplivajo na tehnološki postopek obdelave in na kakovost proizvoda.

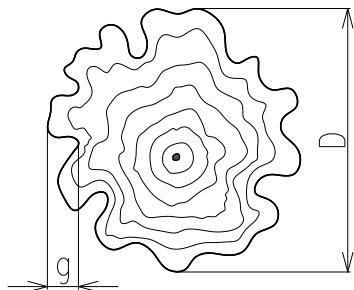
##### 2.1.1.1 Zavitost

O zaviti oz. spiralni rasti govorimo, kjer se smer rasti vlaken odklanja od drevesne osi v levo ali desno. Zavitost merimo tam, kjer je največja, oz. na dolžinskem metru z največjim odklonom. Zmerimo jo tako, da izmerimo odklon vlaken od vzdolžne osi na dolžini 1 m.

Težave z zavitostjo se pojavljajo pri žaganju zaradi ovijanja in trganja vlaken ob žagnem zobu ter zahajanja žagnih listov. Pri skobljanju, rezkanju in struženju ne dosežemo zadovoljive gladkosti. Les se težko cepi, pri sušenju se močno krivi. Težave se še izraziteje pojavljajo pri izkoriščanju lesa mladih dreves, pri katerih se pojavlja le enostranska usmeritev rasti.

### 2.1.1.2 Žlebatost

Žlebatost so vzdolžne poglobitve in/ali nabrekline na obodu okroglega lesa (*SIST EN 844-8*).



Slika 1: Žlebatost

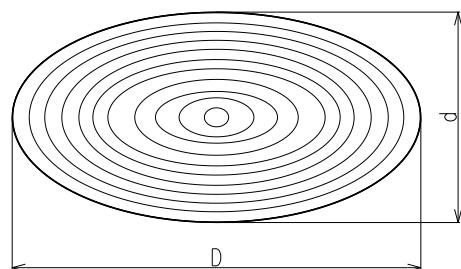
$$\text{stopnja žlebatosti} = \frac{g}{D} \cdot 100 [\%] \quad \dots(1)$$

g ... globina žleba [cm]

D ... premer hloda [cm]

### 2.1.1.3 Ovalen prerez

Ovalnost je oblikovanost prečnega preseka debla s pomembno razliko med najmanjšim in največjim premerom (*SIST EN 844-8*).



Slika 2: Ovalen prerez

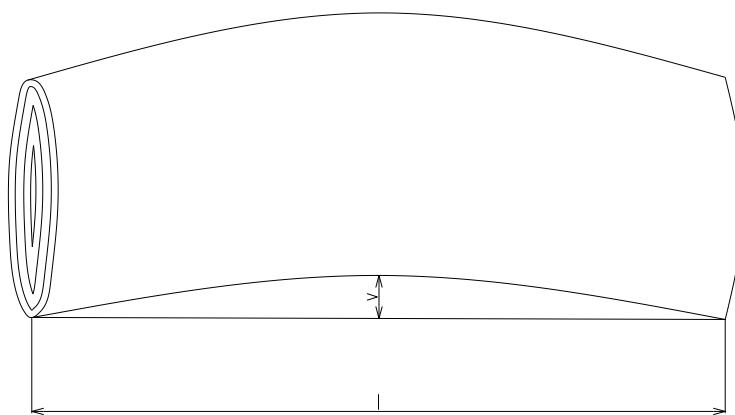
$$\text{ovalnost} = \frac{D-d}{D} \cdot 100 [\%] \quad \dots(2)$$

d ... manjši premer hloda [cm]

D ... večji premer hloda [cm]

#### 2.1.1.4 Krivost hloda

Krivost je odklon vzdolžne osi okroglega lesa od ravnine (SIST EN 844-8: 1999). Krivo deblo ima v primerjavi z ravnim obliko loka. Krivost hloda merimo z višino loka na prizadeti dolžini hloda in jo primerjamo z dolžino krivega dela hloda. Izrazimo jo v %. Krivo deblo je posledica odziva rasti drevesa na vplive iz okolice.



Slika 3: Krivost hloda

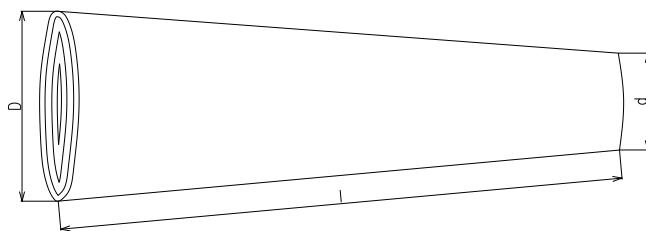
$$krivost = \frac{h}{l}; \quad stopnja\ krivosti = \frac{h}{l} \cdot 100 \ [\%] \quad \dots(3)$$

$h$  ... višina loka [cm]

$l$  ... dolžina krivega dela hloda [cm]

#### 2.1.1.5 Koničnost

Drevesno deblo ni pravilne valjaste oblike temveč se proti vrhu zožuje – premer debla pada.



Slika 4: Koničnost debla

$$pp = \frac{D-d}{l}; \quad koničnost = \frac{pp}{D} \cdot 100 [\%] \quad \dots(4)$$

pp ... padec premera [cm/m]

l ... dolžina hloda [cm]

D ... premer debelejšega konca hloda [cm]

d ... premer tanjšega konca hloda [cm]

### 2.1.2 Značilnosti glede na strukturo

Na kakovost lesnih proizvodov vplivajo tudi naslednje značilnosti lesa:

- reakcijski les,
- nepravilna zgradba,
- napake srca (ekscentričnost srca, dvojno srce, razpoke, kolesivost, diskoloriran les),
- smolike, ...

### 2.1.3 Značilnosti nastale zaradi zunanjih vplivov

Značilnosti nastale zaradi zunanjih vplivov so:

- razpoke,
- trohnoba,
- rjavost (v srcu in na obodu),
- piravost,
- rovi žuželk,
- mehanske poškodbe,
- tujki v lesu.

## 2.2 POŠKODBE ZARADI DELOVANJA RAZLIČNIH DEJAVNIKOV

Na drevo med rastjo vplivajo različni dejavniki, med katere prištevamo, poleg rastišča, naravne pojave (mraz, sneg, žled, veter, strela...) ter delovanje mikroorganizmov, gliv, insektov, živali in človeka. Napake lesa kot posledica delovanja različnih dejavnikov lahko razdelimo v tri skupine:

- razpoke v deblu in v žaganem lesu,
- barvne spremembe: dvojna beljava, diskoloriran les,
- poškodbe oz. ranitve: debla poškodovana npr. zaradi udara strele, poseka sosednjih dreves ali gradnje cest,...

### 2.2.1 Razpoke

Razpoka je osno razcepljeno oz. razdvojeno lesno tkivo (Torelli, 1990). V deblu ločimo:

- mrazne razpoke,
- notranje ali srčne razpoke,
- krožne razpoke ali kolesivost,

- sušilne razpoke, ki nastanejo zaradi sušenja lesa.  
Sušilne razpoke v žaganem lesu ločimo še po legi: razpoke na ploskvi, t.j. površinske razpoke, ter na robne in čelne razpoke kjer razlikujemo pokline oz. napoke, ter globoke razpoke ali reže.

### 2.2.2 Mrazne razpoke

Mrazne razpoke so radialne debelne razpoke, ki nastanejo največkrat na spodnjem delu debla v času nenašnega hudega mraza. Lahko so dolge tudi več metrov. Kasneje notranje napetosti povzročijo zapiranje razpoke, ki se z delovanjem kambija iz leta v leto zožuje in prerašča. Razpoka v notranjosti ostane in zelo zmanjšuje uporabnost in s tem vrednost lesa. Mrazne razpoke zlahka opazimo že na stoječem drevesu. Pogoste so predvsem pri listavcih, redkejše pri iglavcih, predvsem pa pri drevesnih vrstah z izrazitim lesnim trakovi, ki imajo dobro cepljivost kot so hrast, jelen, brest, bukev, javor. Mrazne razpoke močno zmanjšajo uporabnost lesa, povečajo odpadek pri predelavi. Na mestih razpok v drevo pogosto vdrejo tudi mikroorganizmi, glive in insekti (Leban, 2007).

### 2.2.3 Notranje razpoke

Notranje ali srčne razpoke nastanejo med rastjo drevesa. Svoje izhodišče imajo v drevesnem strženu, kjer so tudi najširše in se raztezajo radialno proti obodu. Glede na razporejenost notranje razpoke delimo na enojne, križne in zvezdaste. Največkrat se pojavljajo pri hrastu, jelki, macesnu. So posledica delovanja notranjih napetosti v deblu (Leban, 2007).

### 2.2.4 Krožne razpoke

Krožna razpoka ali kolesivost je razpoka, ki poteka v deblu med branikami, največkrat po letnici. Krožne razpoke so posledica rastnih napetosti. Nastanejo predvsem v spodnjem delu debla. Pri stoječem drevesu je krožne razpoke na zunaj skoraj nemogoče ugotoviti. Največkrat se pojavljajo pri drevesnih vrstah, kot so: jelka, hrast, domači kostanj, jelen, bukev, smreka, macesen, brest, oreh. Na mestu krožne razpoke je zelo zmanjšana trdnost lesa. Pri predelavi lesa moramo mesto z razpoko izločiti, zato nastaja veliko odpadka (Leban, 2007).

### 2.2.5 Sušilne razpoke

Razpoke, nastale zaradi sušenja, so v bistvu tudi naraven pojav, vendar nastanejo šele na podrtrem drevesu potem, ko se les začne sušiti. Pri sušenju izhlapeva iz lesa voda, najmočneje iz zunanjih plasti lesa. Zaradi narave lesa se z izhajanjem vode začne les krčiti. Zaradi krčenja nastopijo v lesu napetosti. Posledica teh napetosti je nastanek razpok. Razpoke so različno široke in globoke, odvisno od vrste lesa in hitrosti sušenja. Posebej močno lahko razpoka les listavcev, predvsem hitro rastočih vrst s širokimi branikami. Kvaliteto lesa zmanjšujejo daljše, globlje, širše in številnejše razpoke. Razpoke so tudi

primerna mesta za vdor različnih lesnih škodljivcev in tako še dodatno negativno vplivajo na kvaliteto lesa (Leban, 2007).

## 2.3 GRČAVOST

### 2.3.1 Oblike grč

V standardu SIST EN 1310 (2001) so definirane naslednje oblike grč.

#### Okrogla grča

O okrogli grči govorimo kadar razmerje med večjim in manjšim premerom grče ni večje od 1,5.



Slika 5: Okrogla grča

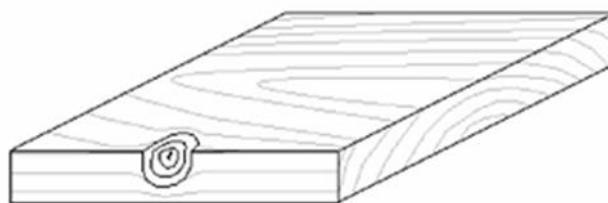
#### Ovalna grča

O ovalni grči govorimo kadar je razmerje med večjim in manjšim premerom grče večje od 1,5, vendar pa ne večje od 4.



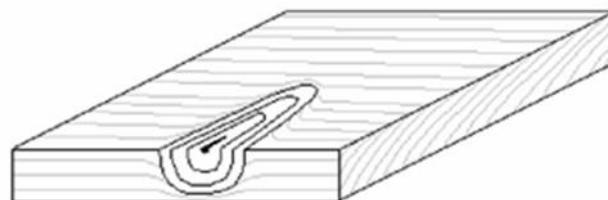
Slika 6: Ovalna grča

#### Robna grča



Slika 7: Robna grča (SIST EN 1310)

### Krilasta grča



Slika 8: Krilasta grča (SIST EN 1310)

### Mačja Šapa



Slika 9: Mačja šapa (skupina – venec grč)

### Brkasta grča



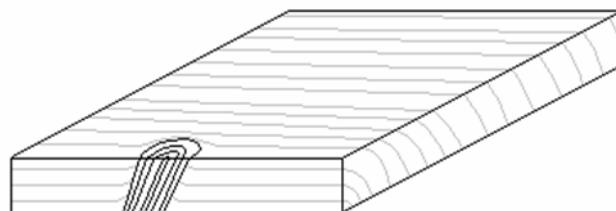
Slika 10: Brkasta grča

### Skupina grč



Slika 11: Skupina grč

### Prebojna grča



Slika 12: Prebojna grča (SIST EN 1310)

### 2.3.2 Vrsta grč

Vrasla grča (Gorišek, 2009)

Dokler je veja živa, njen kambij in prirastne plasti sklenjeno prehajajo v debelni kambij in debelne prirastne plasti: grča je vrasla.



Slika 13: Vrasla grča (Gorišek, 2009: 45)

Izpadna grča (Gorišek, 2009)

Ko veja odmre se povezava s kambijem prekine, veja se odlomi. Štrclji vej pri iglavcih še dolgo ostanejo na deblu, ki jih obrašča. Tako nastanejo izpadne grče, katere pri obdelavi navadno izpadejo.



Slika 14: Izpadna grča (Gorišek, 2009: 45)

#### Vrasla slepica (Gorišek, 2009)

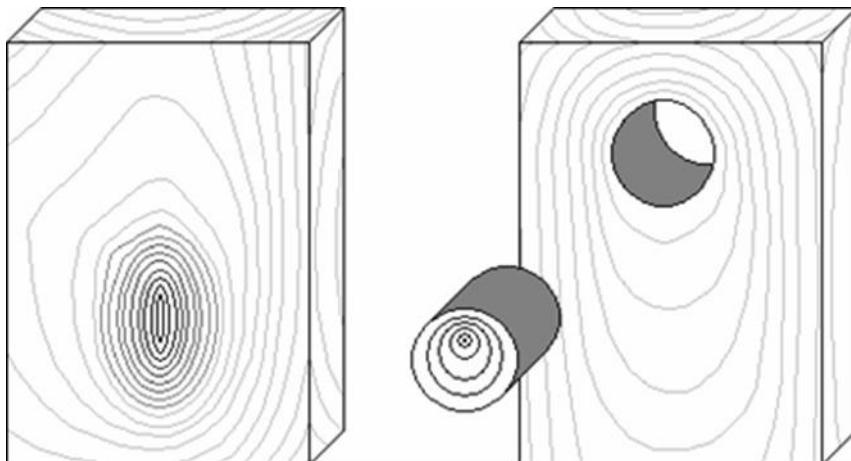
Ko veja odmre, z njo odmre tudi vejni kambij, prekine se povezava med debelnim in vejnim kambijem oz. prirastnimi plastmi. Slepice so lahko že bolj ali manj biološko okužene ali razgrajene. Njihovo prisotnost prepoznamo po bulah, ali pa le po sledovih saj so lahko popolnoma prerasle. Takih grč ne razvrščamo med (večje) napake.



Slika 15: Vrasla slepica (radialni prerez) (Gorišek, 2009: 45)

### 2.3.3 Videz grče (Leban, 2007)

Zunanji videz grče (oblika grče) v deski je odvisen od njenega poteka in smeri žaganja. Na radialnem prerezu je grča videti kot konica na površini lesa (slika 15), na tangencialnem prerezu pa ima grča okroglo ali ovalno obliko (slika 16).



Slika 16: Tangencialni prerez debla. Levo: vrasla grča. Desno: izpadna grča (Leban, 2007: 18)

### 2.3.4 Trhla in zdrava grča

Če odlomljena veja začne trohneti, je grča trhla, grča brez sledi trohnobe pa je zdrava grča.



Slika 17: Primerjava zdrave in trhle grče

## 2.4 MERJENJE GRČ

Grče merimo na dva načina; po t.i. splošni metodi ali po alternativni metodi. Splošno metodo uporabljamo pri razvrščanju žaganega lesa v kakovostne razrede na podlagi izgleda, alternativno pa kadar ocenujemo trdnost žaganega lesa oz. žagan les razvrščamo v trdnostne razrede.

#### 2.4.1 Ocenjevanje grčavosti s splošno metodo

Pri ocenjevanju grčavosti s splošno metodo merimo vsako grč posebej. Ugotavljam:

- obliko grče (okrogle, ovalne, podolgovate, krilaste, razvezjane - brkaste, skupine grč - venci),
- velikost grče (velikost grče je aritmetična sredina največjega in najmanjšega premera grče),
- položaj grče (na ploskvi ali na boku).

#### 2.4.2 Alternativna metoda merjenja grč

Alternativno metodo uporabljamo samo pri robljenem žaganem lesu kadar ocenjujemo trdnost. Merimo le grče na ploskvi in/ali boku, ki so prežagane pravokotno ali poševno. Velikost grče je enaka širini posamezne grče ali skupine grč, ki jo izmerimo pravokotno glede na vzdolžno os žaganega lesa.

### 2.5 KONSTRUKCIJSKI LES

Če želimo les uporabiti kot nosilni material v konstrukcijah, moramo zanj (tako kot za vsak drugi gradbeni material) poznati njegove mehanske lastnosti – predvsem njegovo trdnost. Za razliko od drugih materialov (beton, jeklo...), pri katerih lahko pri izdelavi vplivamo na mehanske lastnosti, je les naraven material, pri katerem so lastnosti odvisne od pogojev rasti. Zato je treba ugotavljati lastnosti lesa vsakega elementa in nato (s predpisano stopnjo zanesljivosti) oceniti, v kateri trdnostni razred sodi. V konstrukcijah je lahko les obremenjen upogibno, tlačno oziroma natezno (vzporedno ali pravokotno na vlakna) ter strižno. Ker pa so leseni elementi pogosto obremenjeni na upogib, (in pa zato, ker je to lastnost razmeroma lahko določiti), je kot karakteristična lastnost izbrana upogibna trdnost lesa. Za razvrstitev v določeni trdnostni razred pa sta pomembni še gostota in modul elastičnosti lesa.

Masivni les uvrstimo v trdnostni razred, ki je po standardu EN 338 označen s črkama C (Coniferous = iglavci) oz. D (Deciduous = listavci) in številko, ki pomeni karakteristično upogibno trdnost v MPa (npr. C 24 pomeni les iglavcev z upogibno trdnostjo 24 MPa). Lepljeni lamelirani les uvrstimo v trdnostni razred po standardu EN 14080, označen pa je z oznako GL (Glued Laminated Timber = lepljeni lamelirani les) ter črkama h (homogeneous = homogen – iz lamel istega trdnostnega razreda) oz c (combined = kombiniran – notranje lamele so iz lesa nižjega trdnostnega razreda). Sledi številka, ki prav tako pomeni trdnostni razred lesa lamel – pri homogenem vseh, pri kombiniranem zunanjih. Karakteristična upogibna trdnost lepljenega lameliranega lesa z oznako GL 28h je torej 28 MPa (Srپčič, 2009).

#### 2.5.1 Trdnost

Je odpornost materiala oziroma telesa proti spremembi oblike; trden material nikoli ni ne krhek ne mehak. Trdnost materialov določamo eksperimentalno, na preizkušancih standardnih oblik. Preizkusi se razlikujejo po vrsti materiala in obremenitve, osnovni

princip pa je pri vseh enak: obremenitev preizkušanca enakomerno povečujemo in sproti merimo naraščajočo deformacijo, vse do porušitve. To danes delamo s pomočjo računalnika, ki nam zvezo med napetostjo in deformacijo na koncu prikaže grafično, v obliki diagrama.

Trdnost je lahko tudi največja napetost, ki se lahko pojavi v nekem materialu (porušna ali zrušilna napetost) tik pred porušitvijo.

Glede na smer delovanja napetosti ločimo tlačno, natezno, upogibno, strižno, uklonsko in torzijsko ali vzvojno napetost ter deformacije (sploščitev ali zdrobitev, raztezek, upogib) (Gorišek, 2009).

### 2.5.2 Dejavniki, ki vplivajo na trdnost lesa

Na trdnost lesa vplivajo:

- gostota,
- smer obremenjevanja,
- potek vlaken,
- vlažnost,
- temperatura,
- hitrost, način in trajanje obremenitve,
- anomalna rast (grče, odkloni vlaken - spiralni, diagonalni, ...),
- potek, reakcijski les, smolni in lateksni kanali, rastne anomalije ter razpoke)...

### 2.5.3 Razvrščanje lesa v trdnostne razrede

DIN 4047 je do leta 1989 za projektiranje lesenih konstrukcij les označeval s trdnostnimi razredi (I, II in III), pri čemer so bile za posamezne razrede določene vizualne karakteristike, kot so širina letnic, naklon vlaken ter dovoljeni obseg napak (grče, lisičavost,obarvanje). Te lastnosti so prav gotovo povezane s trdnostjo, je pa korelacija včasih slaba. Kljub temu je vizualno razvrščanje lesa v trdnostni razred še vedno sprejemljivo, čeprav precej zamudno in tudi odvisno od vestnosti pregledovalca.

Evropske države imajo zelo različne tradicije pri vizualnem razvrščanju lesa, zato enotnega evropskega standarda za vizualno razvrščanje ni in je dopustna uporaba nacionalnih standardov. Od 1. 9. 2009 lahko vizualno razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa v Sloveniji izvajamo po standardu SIST DIN 4074-1 (Šega, 2010).

Za pospešitev postopkov razvrščanja (razvrstiti je treba vsak element) se je pričel razvoj naprav za strojno razvrščanje lesa. Te naprave razvrstijo les v trdnostni razred z merjenjem ene od količin, ki je neposredno povezana s trdnostjo (gre predvsem za modul elastičnosti, kombiniran tudi z meritvijo gostote), namesto vizualne ocene napak (predvsem grč) pa so proizvajalci razvili naprave za detekcijo napak (npr. z rentgenskimi žarki, skeniranjem...) (Srpčič, 2009).

### 2.5.4 Označevanje konstrukcijskega lesa z oznako CE

Tako masivni kot lepljeni les štejemo kot gradbeni proizvod, za katere veljajo določila Zakona o gradbenih proizvodih - ZGPro (Ur. list RS št. 52/2000). Za oba sta že sprejeta in

harmonizirana standarda za proizvod: za masivni žagan les SIST EN 14081-1 in za lepljeni lamelirani les SIST EN 14080. Standard za masivni les se lahko uporablja od 1. 9. 2006, za lepljeni les pa od 1. 4. 2006, torej je na njihovi osnovi že omogočeno označevanje z oznako CE (Srپčič, 2009).

## 2.6 PRAVILA RAZVRŠČANJA KONSTRUKCIJSKEGA LESA V NEKATERIH EVROPSKIH DRŽAVAH

V državah, ki so članice Evropske unije, ureja področje razvrščanja konstrukcijskega žaganega lesa standard EN 14081-1:2016.

Preglednica 1: Pravila razvrščanja in oznake vizualnih trdnostnih razredov, ki jih uporabljajo v nekaterih evropskih državah (Šega, 2010: 96-104)

Država	Pravila razvrščanja	Oznake vizualnih trdnostnih razredov
Nemčija Avstria Češka	DIN 4074-1:2009 OENORM DIN 4074-1:2012 ČSN 73 2824-1 (identičen DIN 4074-1)	S13, S10, S7
Skandinavske države	INSTA 142:1997	T3, T2, T1 in T0
Irska	IS 127:2002	SS in SG
Italija	UNI 11035-1:2003	S1, S2 in S3
Portugalska	NP 4305:1995	E
Španija	UNE 56544:2007	ME1 in ME2
Velika Britanija	BS 4978:2007	SS, GS in HS
Francija	NF B52-001:2007	ST-I, ST-II in ST-III
Slovaška	STN 49 153/Z1:2001	S0, SI in SII
Nizozemska	NEN 5480	A, B

V EN 14081-1 so navedena le osnovna načela, ki jih je potrebno upoštevati pri oblikovanju zahtev za mejne vrednosti za nekatere značilnosti lesa, kriteriji pa so podani v nacionalnih standardih (preglednica 1).

Definirane morajo biti mejne vrednosti za:

- značilnosti, zaradi katerih je zmanjšana trdnost lesa: grče, naklon vlaken, gostota in hitrost rasti ter razpoke.
- geometrijske značilnosti: lisičavost, ukrivljenost.
- značilnosti biološke razgradnje lesa:obarvanost, trohnoba, poškodbe od žuželk.
- ostale značilnosti: reakcijski les, mehanske poškodbe ipd.

### 2.6.2 Prevedba sortirnih razredov v trdnostne razrede

Žagani les, ki je vizualno razvrščen v vizualne trdnostne razrede oz. v sortirne razrede S7, S10 in S13 (iglavci) in LS10 in LS13 (listavci) v skladu s standardom, ki ustreza zahtevam SIST EN 14081-1, lahko na podlagi lesne vrste in njegovega izvora, preko povezave, ki jo najdemo v standardu SIST EN 1912, uvrstimo v trdnostne razrede, ki so definirani v SIST EN 338 (preglednica 2) (Šega, 2010).

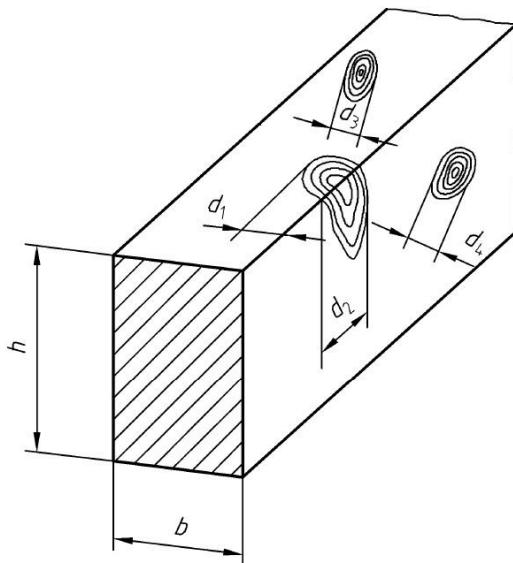
Preglednica 2: Prevedba sortirnih razredov v trdnostne razrede (Šega, 2010: 96-104)

Lesna vrsta	Izvor	Sortirni razred po SIST DIN 4074-1	Trdnostni razred po EN 338
Smreka Jelka Bor Macesen	Srednja, vzhodna in severna Evropa	S7 S10 S13	C16 (jelka in macesen) C18 (smreka in bor) C24 C30
Duglazija	Nemčija	S7 S10 S13	C16 C24 C30
Bukev	Nemčija	LS10 in višji LS13	D35 D40
Hrast	Nemčija	LS13	D30

## 2.7 PRAVILA ZA MERJENJE GRČ

Grče ocenujemo na podlagi treh različnih pravil merjenja, ki so opisana v standardih SIST DIN 4074-1 in BS 4978.

V nemškem standardu sta opisana dva načina merjenja grč. Prvi način uporabljamo pri razvrščanju nosilcev (slika 18), drugega pa pri razvrščanju plohov in desk.



Slika 18: Merjenje grč pri tramovih (SIST DIN 4074-1)

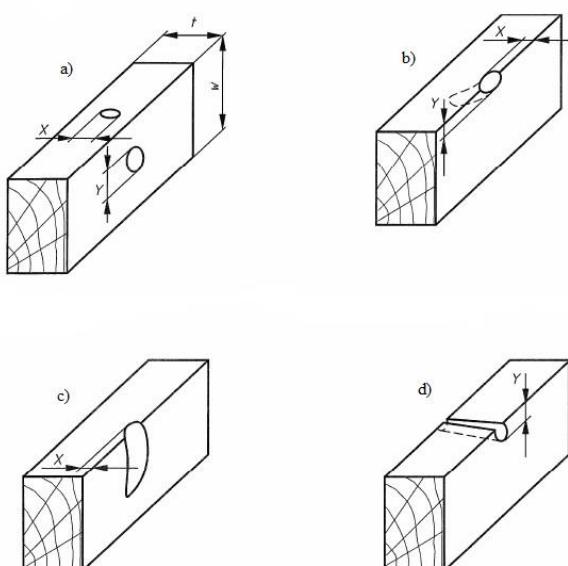
Izračun grčavosti:

$$A = \max\left(\frac{d_1}{b}, \frac{d_2}{h}, \frac{d_3}{b}, \frac{d_4}{h}\right) \quad \dots(5)$$

Pri nosilcih izmerimo velikost največje posamezne grče na vseh štirih vzdolžnih ploskvah in izračunamo parameter A, ki predstavlja delež grče v širini oziroma višini prereza nosilca.

Pri plohih in deskah pa poleg premerov posameznih grč ocenujemo še velikost venca grč in globine projekcij bočnih grč. Natančneje so pravila merjenja grč podana v nadaljevanju.

Na sliki 19 je prikazana meritev grč po britanskem standardu, ki se lahko uporablja poleg merjenja po metodi KAR (gl. pogl. 2.7.3).



Slika 19: Merjenje grč po britanskem standardu BS 4978

Na sliki a) je izmerjena X vrednost deljena z debelino, mera Y pa z višino elementa. Pri sliki b) se večja meritev med X in Y deli z debelino. Na sliki c) je X vrednost deljena z debelino. Na sliki d) pa se vrednost Y deli z višino elementa.

### 2.7.2 SIST DIN 4074-1:2009

Standard SIST DIN 4074-1: 2009 podaja pravila merjenja 11 različnih značilnosti (Šega, 2009):

- grče (posamezne, venci – skupine grč, robne grče),
- naklon vlaken,
- stržen,
- širina branike,
- razpoke (zaradi sušenja, strel, kolesivost),
- lisičavost,
- ukrivljenost (vzdolžna – lok, sablja in zvitost),
- obarvanje, trohnoba (modrenje, čvrste rjave in rdeče proge ter rjava in bela trohnoba),
- kompresijski les,

- napad insektov svežega lesa,
- ostale značilnosti.

Žagani les iglavcev, ki jih standard deli na nosilce oziroma tramove, plohe, deske in letve (ustrezne dimenzijske in razmerja stranic prečnega prereza so prikazana v preglednici 3), lahko na podlagi SIST DIN 4074-1: 2009 razvrstimo v tri sortirne razrede: S13, S10 in S7 .

### Razdelitev žaganega lesa

Preglednica 3: Razdelitev žaganega lesa (SIST DIN 4074-1: 2009)

Vrsta žaganega lesa	Debelina $d$ oz. višina $h$	Širina $b$
Letev (Latte)	$d \leq 40$ mm	$b < 80$ mm
Deska <sup>a</sup> (Brett)	$d \leq 40^b$ mm	$b \geq 80$ mm
Ploh <sup>a</sup> (Bohle)	$d > 40$ mm	$b > 3d$
Nosilec/tram (Kanthalz)	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40$ mm

a Pokončno postavljeni deski in plohi, ki so upogibno obremenjeni po robu razvrščamo enako kot nosilce in jih tudi ustrezno označujemo  
b Ta omejitev ne velja za deske za lepljen lameliran les (BS-Holz).

Dimenzijske elemente in izmere značilnosti veljajo pri 20 % vlažnosti lesa.

Les razvrščamo v sortirne razrede na podlagi ocen 11 različnih vrst značilnosti lesa (preglednica 5). Ocenjujemo značilnosti lesa, ki vplivajo na trdnost elementa (npr. grče, naklon vlaken, razpoke ipd.). Iz izmer značilnosti izračunamo kriterije. Običajno so to kvantitativne vrednosti (npr. grčavost), lahko pa tudi same izmere značilnosti. Kriterije nato primerjamo z mejnimi vrednostmi, ki so definirane za posamezno vrsto lesa in sortirni razred ter na podlagi primerjave kriterijev in mejnih vrednosti elemente uvrstimo v ustrezeni sortirni razred. Mejne vrednosti so postavljene tako (npr. grčavost  $\leq 1/5$ ), da v praksi omogočajo čim enostavnejše razvrščanje.

V standardu so za vsako vrsto značilnosti (npr. za posamezne grče, robne grče, skupine grč, bočne grče ipd.) prikazana pravila merjenja in pravila za izračun kriterijev (npr. grčavost računamo kot razmerje med velikostjo grče in širino ploskve, na kateri se grča nahaja).

Značilnosti ocenjujemo na za določeno značilnost najbolj neugodnem mestu elementa žaganega lesa. Ta mesta so lahko različna za različne značilnosti.

Zahteve oz. mejne vrednosti za nosilce ter deske in plohe, ki so prevladujoče upogibno obremenjeni po robu, so podane v preglednici 5. Pri lesu, ki ni razvrščen v suhem stanju (vlažnost lesa v času razvrščanja  $> 20\%$ ), razpok in ukrivljenosti ne upoštevamo.

Pri naknadni kontroli pošiljke razvrščenega žaganega lesa lahko kriteriji odstopajo od mejnih vrednosti pri 10 % pošiljke za največ 10 %.

Glede dimenzijskih odstopanj SIST DIN 4074-1 zahteva, da so le ta v mejah, ki jih predpisuje SIST EN 336. Tolerance dimenzijskih so podane v preglednici 4. (Šega, 2010: 96 - 104)

Preglednica 4: Dovoljena odstopanje dimenzij prečnega prereza (Šega, 2010: 96-104)

Razred odstopanja	Dovoljena odstopanja	
	Dimenzijs prečnega prereza (debelina, širina)	
	$\leq 100$ mm	$> 100$ mm
1	-1 mm / + 3 mm	- 2 mm / + 4 mm
2	-1 mm / + 1 mm	- 1,5 mm / + 1,5 mm

Žagani les, ki je bil po razvrščanju dodatno mehansko obdelan, pri čemer je bilo pri debelini oz. širini do 100 mm odvzeto več kot 5 mm materiala, pri debelini in širini nad 100 mm pa več kot 10 mm materiala, je potrebno ponovno razvrstiti.

Preglednica 5: Kriteriji razvrščanja za nosilce ter deske in plohe, ki so pretežno upogibno obremenjeni po robu (SIST DIN 4074-1: 2009)

Značilnosti razvrščanja	Sortirni razred		
	S 7, S 7K	S 10, S 10K	S 13, S 13K
1.Grče	do 3/5	do 2/5 <sup>a</sup>	do 1/5
2.Naklon vlaken	do 12 %	do 12 %	do 7 %
3.Stržen	dovoljen	dovoljen	ni dovoljen <sup>b</sup>
4.Širina branike			
- splošno	do 6 mm	do 6 mm	do 4 mm
- duglazija	do 8 mm	do 8 mm	do 6 mm
5.Razpoke			
- zaradi krčenja <sup>c</sup>	do ½	do ½	do 2/5
- zaradi strele, kolesivost	niso dovoljene	niso dovoljene	niso dovoljene
6.Lisičavost	do 1/4	do 1/4	do 1/5
7.Ukrivljenost <sup>c</sup>			
- vzdolžna ukrivljenost	do 8mm	do 8mm	do 8mm
- zvitost	1 mm / 25 mm višine	1 mm / 25 mm višine	1 mm / 25 mm višine
8.Obarvanost, trohnoba			
- modrenje	dovoljeno	dovoljeno	dovoljeno
- »čvrste« rjave in rdeče proge	do 2/5	do 2/5	do 1/5
- Rjava trohnoba, bela trohnoba	ni dovoljena	ni dovoljena	ni dovoljena
9.Kompresijski les	do 2/5	do 2/5	do 1/3
10. Napad insektov svežega lesa	dopustni rovi premra do 2 mm		
11.Ostale značilnosti	smiselno upoštevati		

<sup>a</sup> pri smreki in duglaziji do ½ pri širini branik do 4 mm pri smreki in 5 mm pri duglaziji. Delež v pošiljki (partiji) ne sme preseči 25 %.

<sup>b</sup> pri tramovih s širino > 120 mm dovoljen

<sup>c</sup> značilnosti pri lesu, ki ni razvrščen v suhem stanju, ne upoštevamo

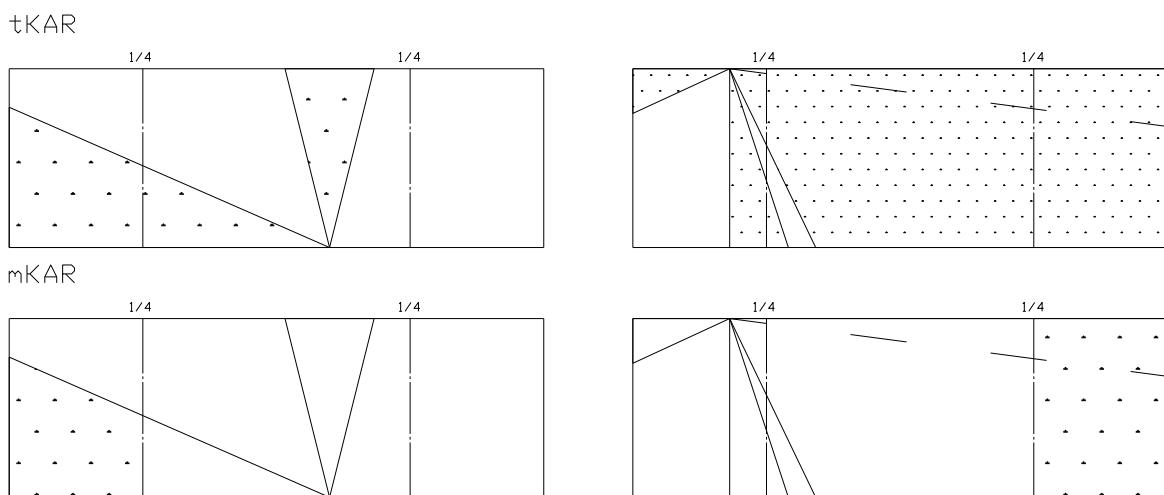
### 2.7.3 Zahteve standarda BS 4978

V Veliki Britaniji je nacionalni standard BS 4978:2007 + A1:2011 "Visual strength grading of softwood. Specification". Ta standard pokriva tudi strojno razvrščanje lesa, ki se uporablja v Združenem kraljestvu.

BS 4978 opisuje dva razreda za vizualno razvrščanje: GS (general structural grade – splošni konstrukcijski razred) in SS (special structural grade – posebni konstrukcijski razred). Za les, ki se uporablja kot lepljen les, britanski standard razlikuje naslednje tri razrede: LA, LB in LC.

Poleg kriterijev za grče, ki so običajno najbolj pomembne, pravila v BS 4978 vključujejo tudi omejitve zavitosti vlaken glede na vzdolžno os elementa, hitrost priraščanja (povprečna širina letnic), razpoke, vsebnost stržena, sloč (sabljavost), krivost, lisičavost, obarvanja, smolni žepki in napadi insektov. V standardu je delež grč definiran kot razmerje vsote površin projekcij grč na čelni prerez ter površine celotnega prečnega prereza elementa (t.i. KAR vrednost). Grč manjših od 5 mm ne upoštevamo. Standard ne razlikuje med vraslimi in izpadnimi grčami. Nekaj tipičnih KAR vrednosti prikazuje slika 39.

Grča, ki je bliže robu bolj vpliva na upogibno trdnost, kot grča ki je bliže nevtralni osi. Zaradi tega za zunanjø četrtino prečnega prereza računamo t.i. mKAR, ki je razmerje vsot površin prečnih rezov vseh zunanjih grč in površine 1/4 prečnega prereza kosa. Pri parametru tKAR pa računamo razmerje med vsoto površin prečnih rezov vseh grč in površino celotnega prečnega prereza kosa (deske) (slika 20) (Ozelton in Baird, 2002).



Slika 20: Primerjava tKAR in mKAR

Preglednica 6: Kriteriji za razvrščanje v trdnostne razrede po BS 4978 glede na mKAR in tKAR vrednosti

parameter	mKAR	tKAR
razred		
SS	< 1/2	< 1/3
SS	> 1/2	< 1/5
GS	< 1/2	> 1/3 in < 1/2
GS	> 1/2	> 1/5 in < 1/3

		tKAR			
mKAR	< 1/5	< 1/3	< 1/2	> 1/2	
< 1/2		SS	GS	ostanek	
> 1/2	SS	GS	ostanek		

Preglednica 7: Smernice pri razvrščanju za BS 4978 (Certification & timber grading)

Napaka		GS	SS
Vlažnost lesa		20 %	20 %
Širina branike		max 10 mm	max 6 mm
Razpoke	deb. razpoke $\leq$ deb. elementa	Razpoka se lahko pojavi kjerkoli	Razpoka se lahko pojavi kjerkoli
	1/2 deb. elementa $<$ deb. razpoke $<$ deb. elementa	Dol. razpoke ne sme prekoračiti 900 mm oz. 1/4 dol. elementa	Dol. razpoke ne sme prekoračiti 600 mm oz. 1/4 dol. elementa
	deb. razpoke = deb. elementa	Dol. razpoke ne sme prekoračiti 600 mm	Razpoke dovoljene samo na končeh elementa
Lisičavost		1/3 dol. vsake stranice	1/3 dol. vsake stranice
Zavitost vlaken		max 1 : 6	max 1 : 10
Oblike	ukrivljenost	do 20 mm na 2 m dol.	do 10 mm na 2 m dol.
	koritavost	neomejeno	neomejeno
	sloč (sabljavost)	do 12 mm na 2 m dol.	do 8 mm na 2 m dol.
	zvitost	do 2 mm/25 mm širine na dol. 3 m	do 1 mm/25 mm širine na dol. 3 m
Grče	s strženom	max 1/3	max 1/5
	brez stržena	max 1/2	max 1/3
Napadi insektov in gliv		Omejitvenih vrednosti standard ne navaja	

### 3 MATERIALI IN METODE

Eksperiment smo izvedli na žaganem lesu iglavcev, ki je bil po internih kriterijih primeren za konstrukcijsko uporabo. Meritve smo izvajali na žaganem lesu nominalnih dimenzij 50 x 150 x 4000 mm in sicer na 447-ih kosih smrekovine in 28-ih kosih jelovine, z vlažnostjo od 10 do 14 % in povprečne gostote 445 kg/m<sup>3</sup>.

#### 3.1 SMREKOVINA

Smreka (*Picea abies*), je vrsta v družini borovk.

Smreka je hitro rastoč iglavec stožaste oblike z razvezano krošnjo. Iglice so dolge od 10-25 milimetrov, ter so ravne. Na koncu vej rastejo spodaj podolgovati storži, ki visijo navzdol z vej. Deblo je podolgovato (slika 21). Les je rdečkasto bel, v notranjosti pa se beljava ne loči od črnjave. Poskobljen les ima vonj po smoli, pogosto pa se pojavljajo tudi smolni žepki (diskaste oblike, napolnjeni s smolo). Od lesa jelke se loči le po vsebnosti smolnih kanalov, ki jih jelka nima. Korenine rastejo plitvo pod površjem, zato jo močnejši veter ali težak sneg lahko prevrneta ali odlomita.

Smrekovina je mehka, srednje trdna, precej žilava (preglednica 8) vendar dobro cepljiva, srednje trajna in lahka. Sušenje ne dela večjih težav in po sušenju je les dimenzijsko stabilen. Je neodpora (njena trajnost znaša 5-10 let). Smrekovina se v primerjavi z ostalimi drevesnimi vrstami krči oz. nabreka zelo malo. Osno se krči 0,3 %, radialno 3,6 %, tangencialno 7,4 % in volumensko 12,0 %.

Preglednica 8: Različne mehanske vrednosti smrekovine (Gorišek, 2009)

Gostota [kg/m <sup>3</sup> ]	Upogibna trdnost [N/mm <sup>2</sup> ]	E modul [N/mm <sup>2</sup> ]	Udarna žilavost [kJ/m <sup>2</sup> ]	Tlačna trdnost [N/mm <sup>2</sup> ]	Trdota po Janki [N]	Strižna trdnost [N/mm <sup>2</sup> ]
417	72	10200	0,58	36,5	2140	9,8

Uporaba smrekovega lesa je vsestranska. Uporabljam jo za: konstrukcijski les (to je les, ki se ga uporablja na gradbiščih in za razne gradnje, kot so ostrešja in podobne konstrukcije), stavbno pohištvo (okna in vrata), opaži, pohištvo, stenske in stropne obloge, včasih pa tudi talne obloge, furnir, vezan les, papir, zvočnice godal in klavirske resonančnih plošč. Smrekov les je iskan tudi v proizvodnji ivernih plošč, vlaknenih plošč, panelk, gradbenih opažnih plošč in proizvodnji papirja (Martinčič, 2007).



Slika 21: Smreka z vejico in storžem (Smreka - videz, 2014)

### 3.2 JELOVINA

Bela jelka ali navadna jelka, tudi hoja (*Abies alba*) je iglasto drevo s ploščatimi iglicami in gladkim belkasto sivim lubjem.

Svoje ime *Abies alba* je drevo dobilo po dveh srebrnih belih črtah na spodnji strani iglic. Zgornja stran iglic je temno zelena. Iglice so posamične, dvoredne, dolge 2-3 cm. Storži so pokončni zeleno rjavi, luske pa imajo na vrhu značilen izrastek (slika 22). Olje iz iglic spodbuja prekravavitev in bronhialno izločanje, spodbuja izkašljevanje. Uporabljamo ga tudi pri vročini in bolečinah v mišicah (Brus in Kotar, 2009).

Jelovina je malo lažja od smrekovine (gostota znaša okoli  $400 \text{ kg/m}^3$ ) in zelo mehka (primerljiva s smrekovino – trdota po Brinell-u na prečnem prerezu vzporedno z vlakni znaša do  $35 \text{ MPa}$ ). Jelovina je srednje trajna in jo hitro napade gliva modrivka.



Slika 22: Jelka z vejico in storžem (Jelka - videz, 2014)

### 3.2.2 Razmerja elastičnih in strižnih modulov smrekovine in jelovine

Preglednica 9 prikazuje razmerje elastičnih in strižnih modulov med anatomske smermi (osno, radialno, tangencialno) za smrekovino in jelovino.

Preglednica 9: Razmerja elastičnih modulov ( $E_{L,T,R}$ ) in strižnih modulov ( $G_{RL,TL,RT}$ ) med anatomske smermi (Hearmon, 1948).

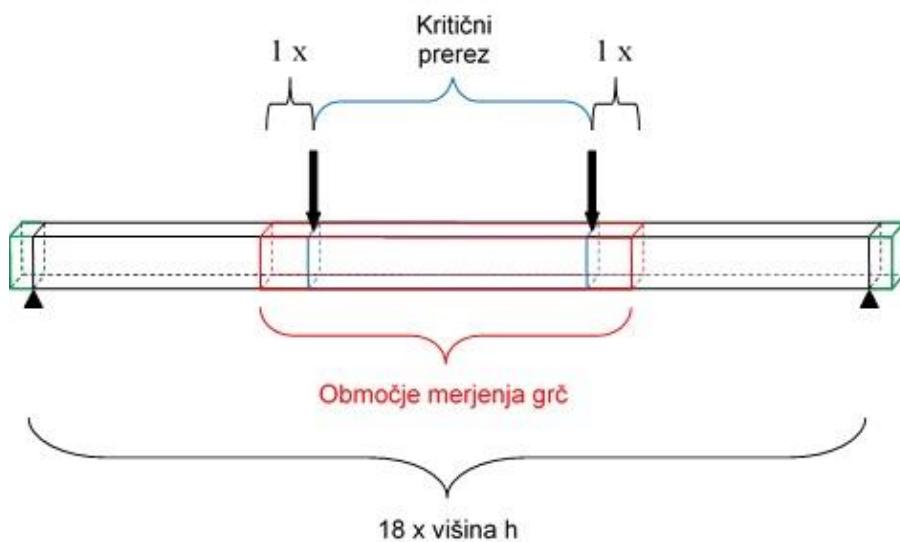
Vrsta lesa	Razmerja elastičnih modulov			Razmerja strižnih modulov		
	$E_L/E_R$	$E_L/E_T$	$E_R/E_T$	$G_{RL}/G_{TL}$	$G_{RL}/G_{RT}$	$G_{TL}/G_{RT}$
Smrekovina	23,10	40,56	1,75	1,55	18,59	11,99
Jelovina	13,83	26,53	1,92	1,25	6,33	5,07

## 3.3 METODE

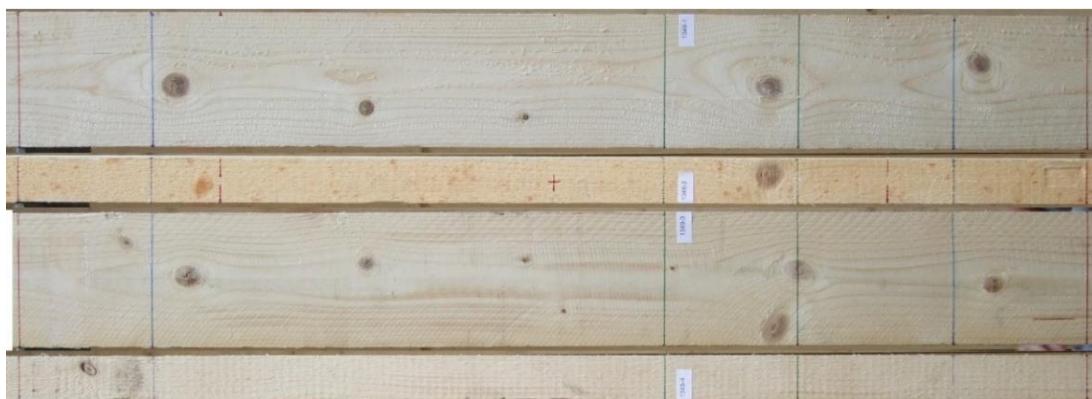
### 3.3.1 Območje merjenja grč

Merjenje grč smo izvajali v območju testiranja mehanskih lastnosti, kot prikazuje slika 23, na dolžini 8-kratne višine preizkušancev.

Območje merjenja grč smo za vsak posamezen ploh – nosilec določili tako, da smo najprej na 4 metre dolgem plohu poiskali najslabši del, oziroma del na katerem je bilo največ grč (najvišja grčavost). Ta del se je moral nahajati v srednjem delu 2,7 m dolgega oz. 18 višin nosilca, ki je tudi razdalja med podporama pri upogibnem preskušku po EN 408. Na srednjem delu izbranega dela nosilca (rdeče območje na sliki 23 – dolžine 1,2 m, oziroma 8 višin nosilca smo izmerili velikost največje posamezne grče in velikost največjega venca grč, pri čemer venec grč predstavlja vse grče na dolžini 150 mm.



Slika 23: Območje merjenja grč in območje v katerem se mora nahajati kritični prerez preskušanca ter geometrija preskuševališča (skladno s SIST EN 408)



Slika 24: Primer označevanja nosilca brez stržena



Slika 25: Primer označevanja nosilca s strženom

### 3.4 PROGRAM ZA OCENO VELIKOSTI GRČ

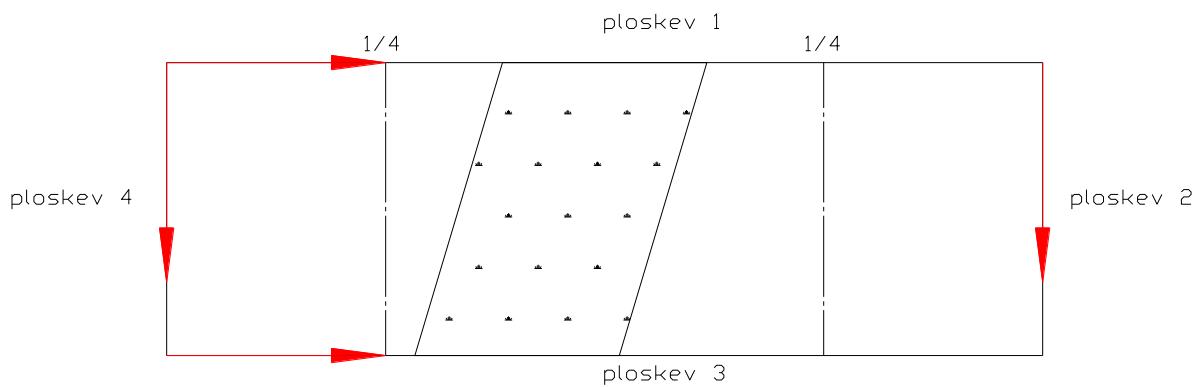
Program »Web Knot Calculator«, ki smo ga uporabljali za preračun velikosti grč, je dosegljiv v spletni obliki (Bacher, 2009).

#### 3.4.1 Koordinatni sistem programa

Web Knot Calculator (v nadaljevanju program), omogoča dva različna koordinatna sistema.

##### 3.4.1.1 Standardni

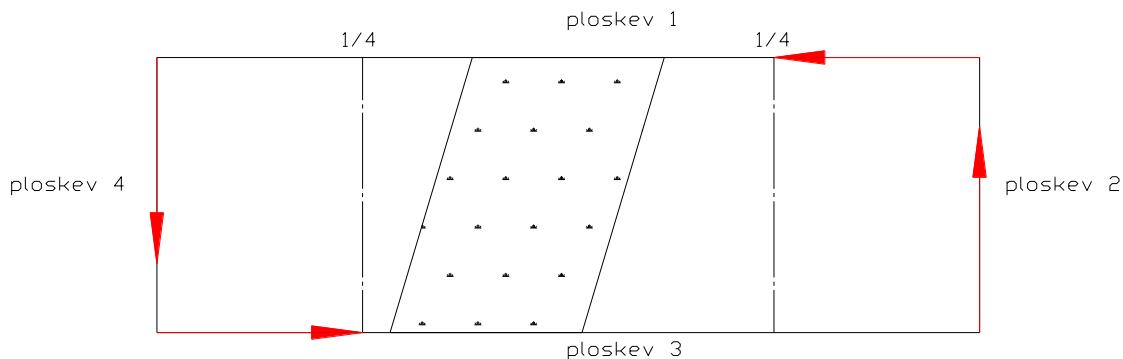
Standardni koordinatni sistem (slika26) se uporablja, kadar grče najprej izrišemo na papir ter jih kasneje izmerimo in podatke vnesemo v program.



Slika 26: Standardni koordinatni sistem

### 3.4.1.2 Zasuk v levo

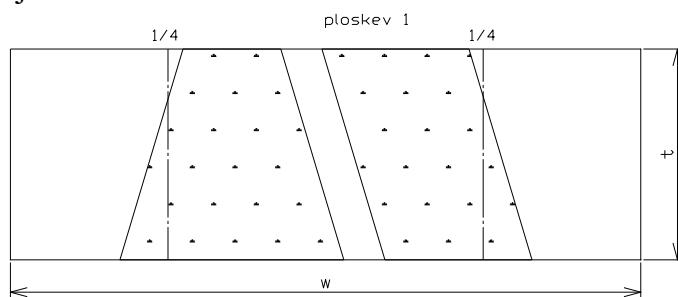
Levi koordinatni sistem se uporablja, kadar podatke o grči vnašamo sproti.



Slika 27: Levi koordinatni sistem

### 3.4.1.3 Orientacija deske

V primeru, ko je stržen izven deske, mora le ta biti orientirana tako, da je stržen nad ploskvijo 1. V primeru napačne usmeritve deske, spletni uporabniški vmesnik ponuja funkcijo  $180^\circ$  rotacije.

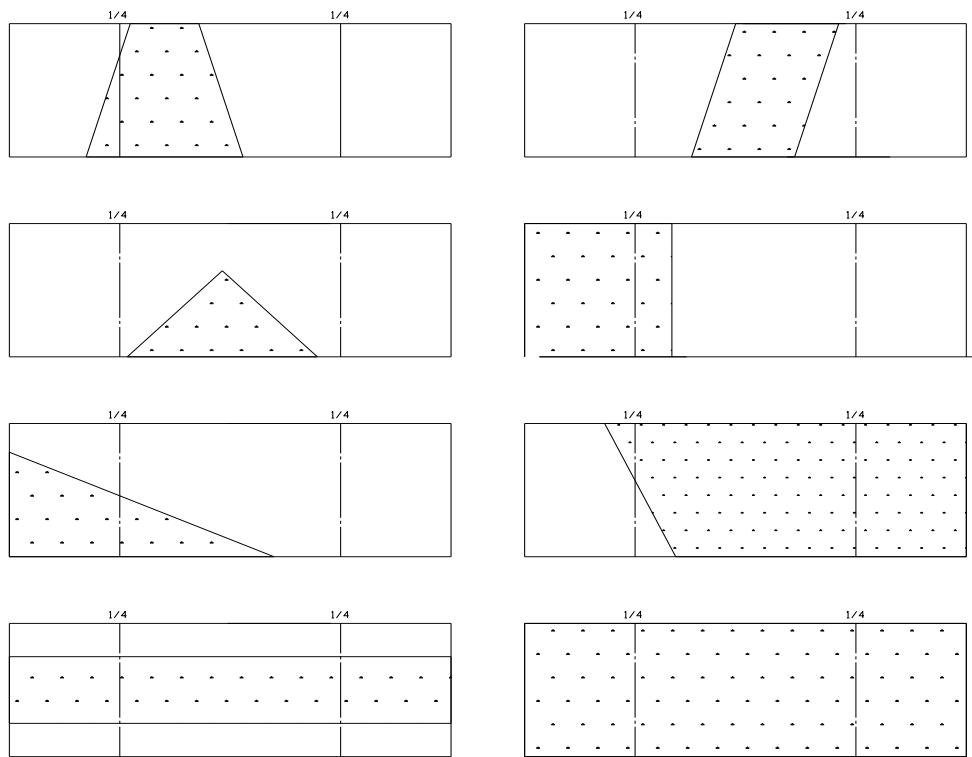


Slika 28: Orientacija deske

### 3.4.2 Izračun parametrov (velikosti grč)

#### 3.4.2.1 tKnot - Total Knot - celotni površinski delež posamezne grče

Parameter tKnot je razmerje površine projekcije posamezne grče na prečni prerez s površino celotnega prečnega prereza kosa (nosilca).



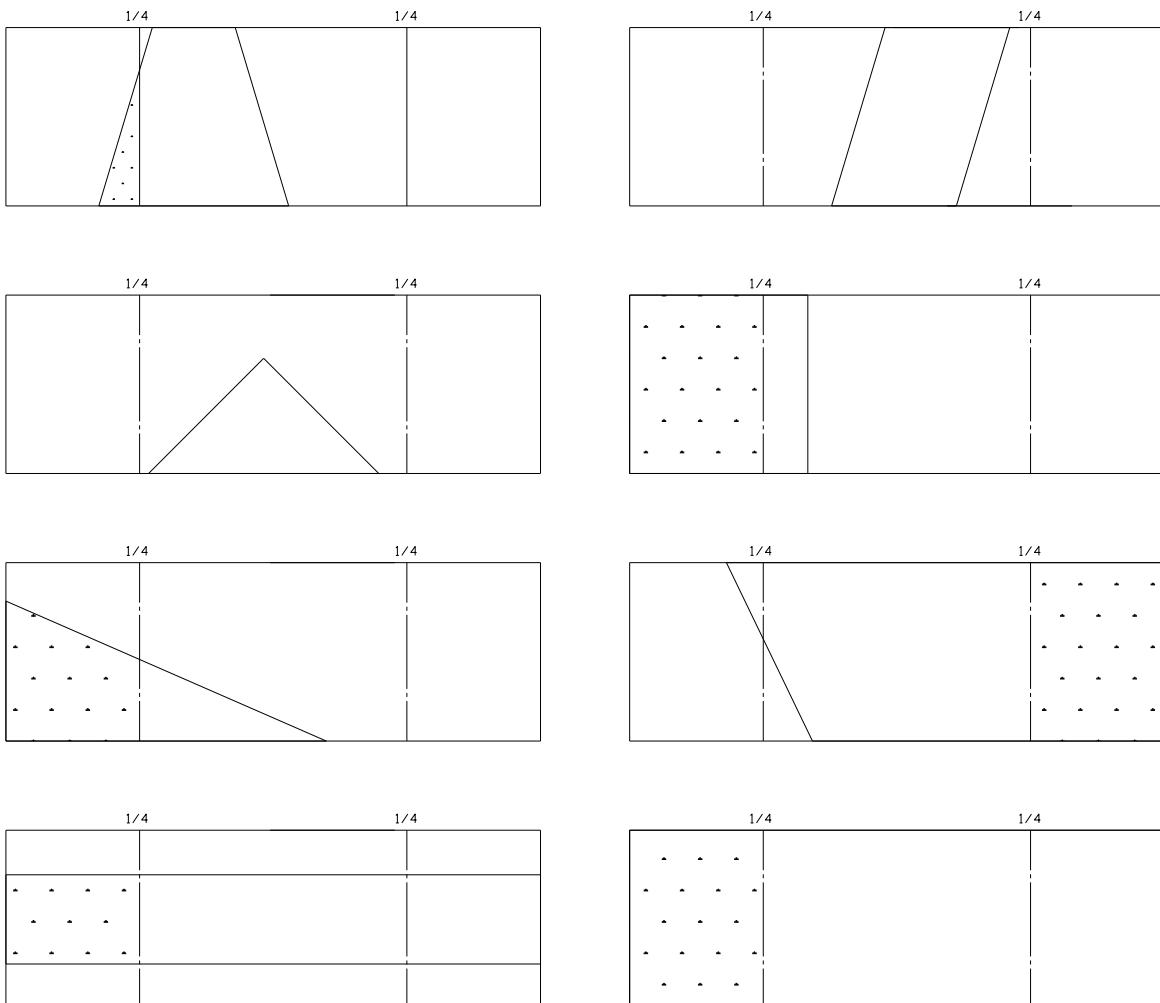
Slika 29: Prikaz ovrednotenja parametra tKnot

$$tKnot = \frac{\otimes}{(w \cdot t)} \quad \dots(6)$$

- $\otimes$  ... upoštevajoča površina grče (na sliki označeno s šrafuro)
- w ... širina kosa
- t ... višina kosa

### 3.4.2.2 mKnot - površinski delež posamezne grče

Parameter mKnot je razmerje med površino prečnega prereza grče, ki se nahaja v spodnji ali zgornji četrtini višine nosilca in površino  $\frac{1}{4}$  prečnega prereza kosa (nosilca).



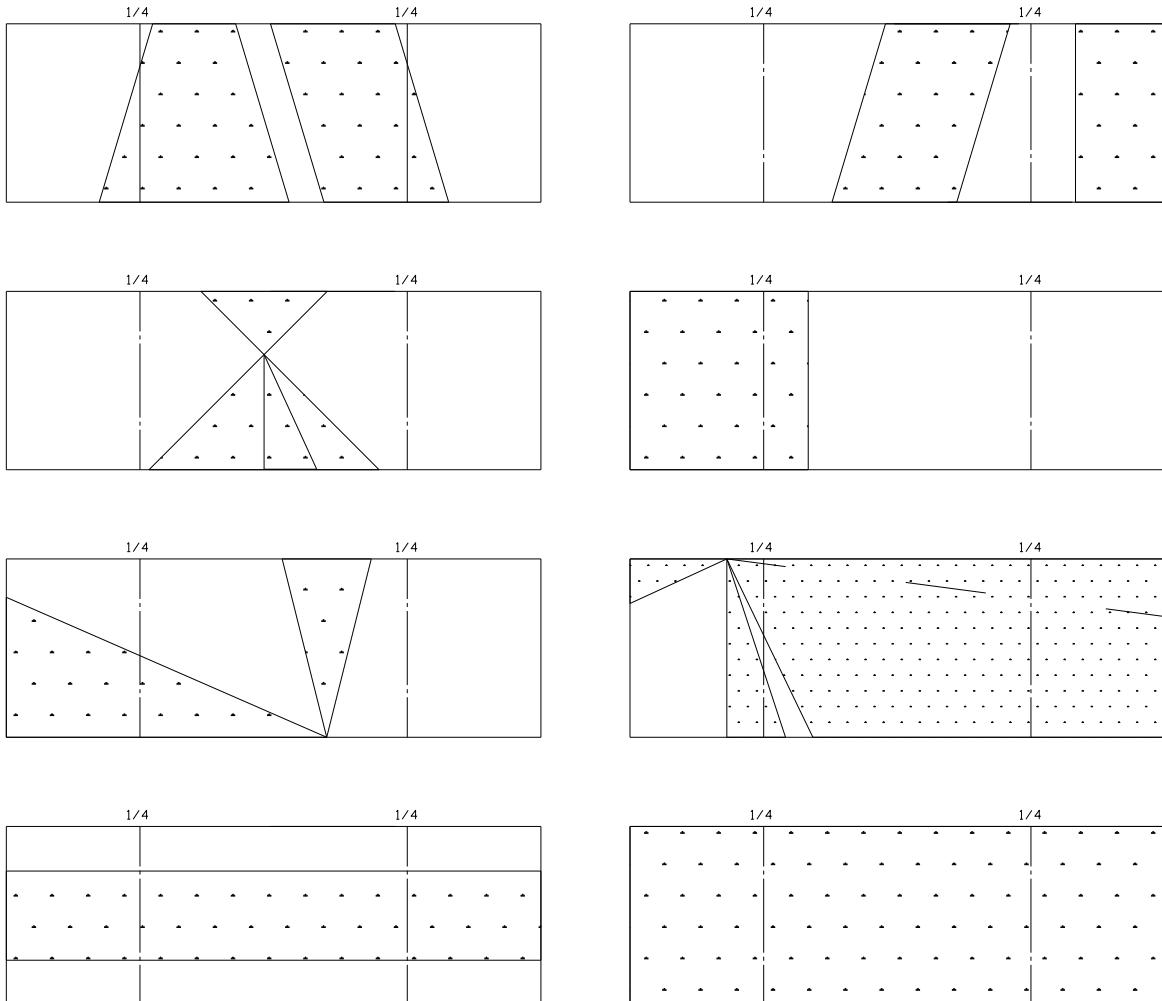
Slika 30: Prikaz ovrednotenja parametra mKnot

$$mKnot = \frac{\otimes}{(w \cdot t \cdot \frac{1}{4})} \quad \dots(7)$$

- $\otimes$  ... upoštevajoča površina grče (na sliki označeno s šrafuro)
- w ... širina kosa
- t ... višina kosa

### 3.4.2.3 tKAR - celotni površinski delež grč

Parameter tKAR je razmerje med vsoto površin prečnih prerezov vseh grč na 150 milimetrov dolgem kosu nosilca in površino celotnega prečnega prerezova kosa (nosilca). Prekrivajoča območja se upoštevajo samo enkrat (se ne števajo).



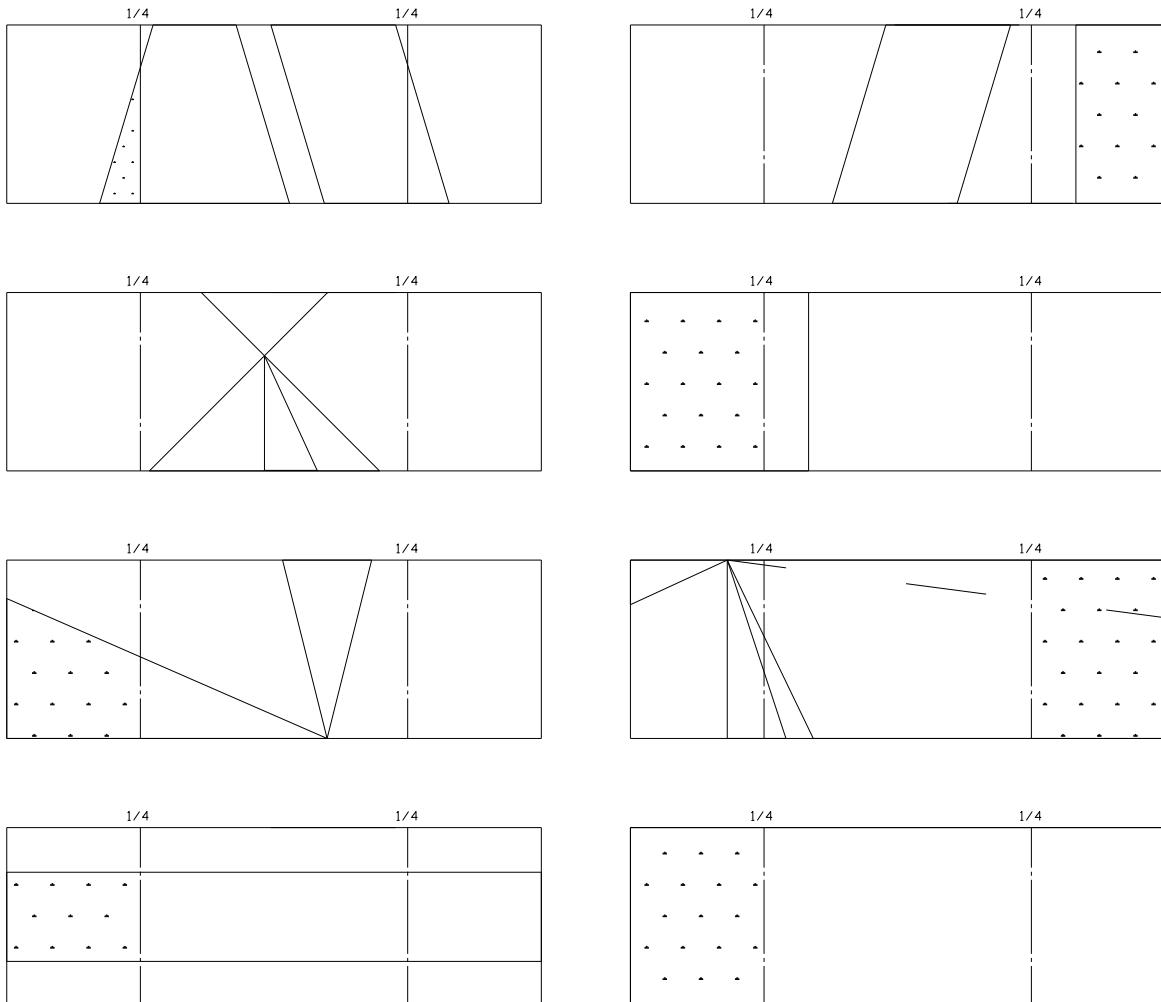
Slika 31: Prikaz ovrednotenja parametra tKAR

$$tKAR = \frac{\otimes}{(w \cdot t)} \quad \dots(8)$$

- $\otimes$  ... upoštevajoča površina grče (na sliki označeno s šrafuro)
- w ... širina kosa
- t ... višina kosa

### 3.4.2.4 mKAR - robni površinski delež grč

Parameter mKAR je razmerje med vsoto površin prečnih prerezov vseh grč, ki se nahajajo v spodnji ali zgornji četrtini višine nosilca, na 150 milimetrov dolgem kosu nosilca, in površino 1/4 prečnega prereza kosa (nosilca). Prekrivajoča območja se upoštevajo samo enkrat (se ne števajo).



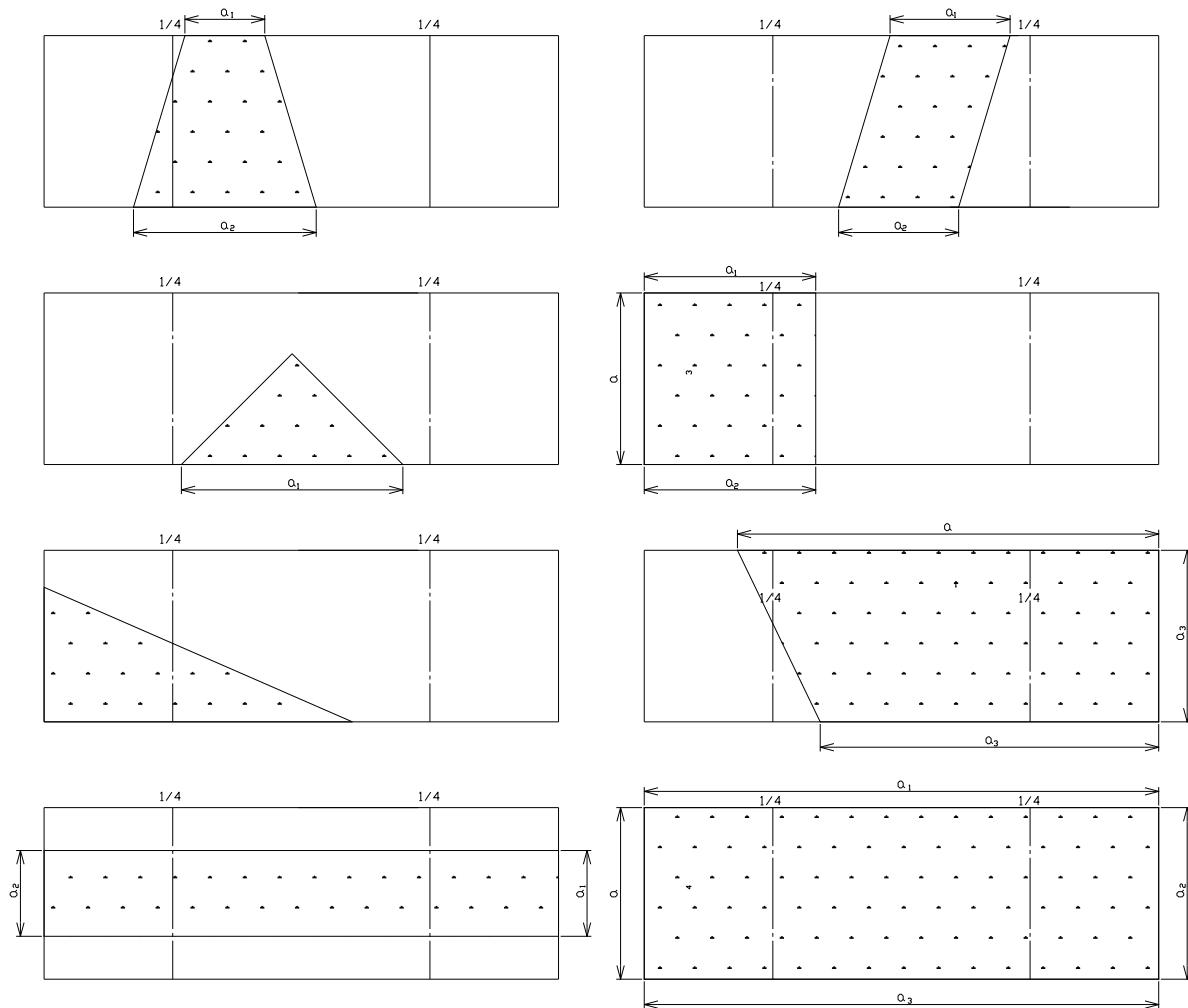
Slika 32: Prikaz ovrednotenja parametra mKAR

$$mKAR = \frac{\otimes}{(w \cdot t \cdot \frac{1}{4})} \quad \dots(9)$$

- $\otimes$  ... upoštevajoča površina grče (na sliki označeno s šrafuro)
- w ... širina kosa
- t ... višina kosa

### 3.4.2.5 DEB - velikost posamezne grče na deski

Parameter DEB je razmerje med vsoto velikosti grče na vseh ploskvah in dvojno širino kosa (deske).



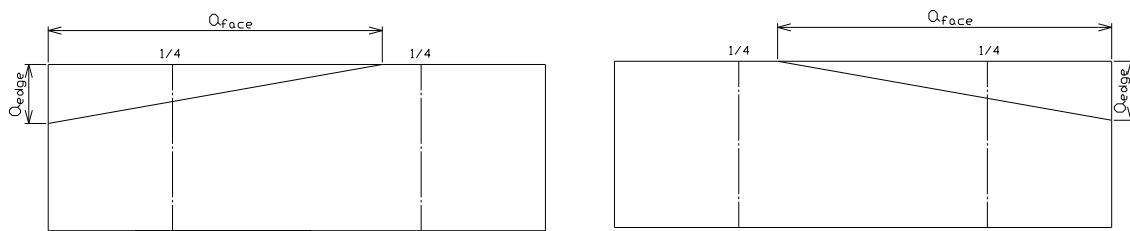
Slika 33: Prikaz ovrednotenja parametra DEB

$$DEB = \frac{\sum a_i}{2 * w} \quad \dots (10)$$

$a_i$  ... vsota velikosti grče na vseh ploskvah  
 $w$  ... širina kosa

Izjema:

Pri robnih grčah smo grčavost izračunali z uporabo enačbe 10 (kar ni povsem v skladu z zahtevami SIST DIN 4074-1).



Slika 34: DEB izjemi

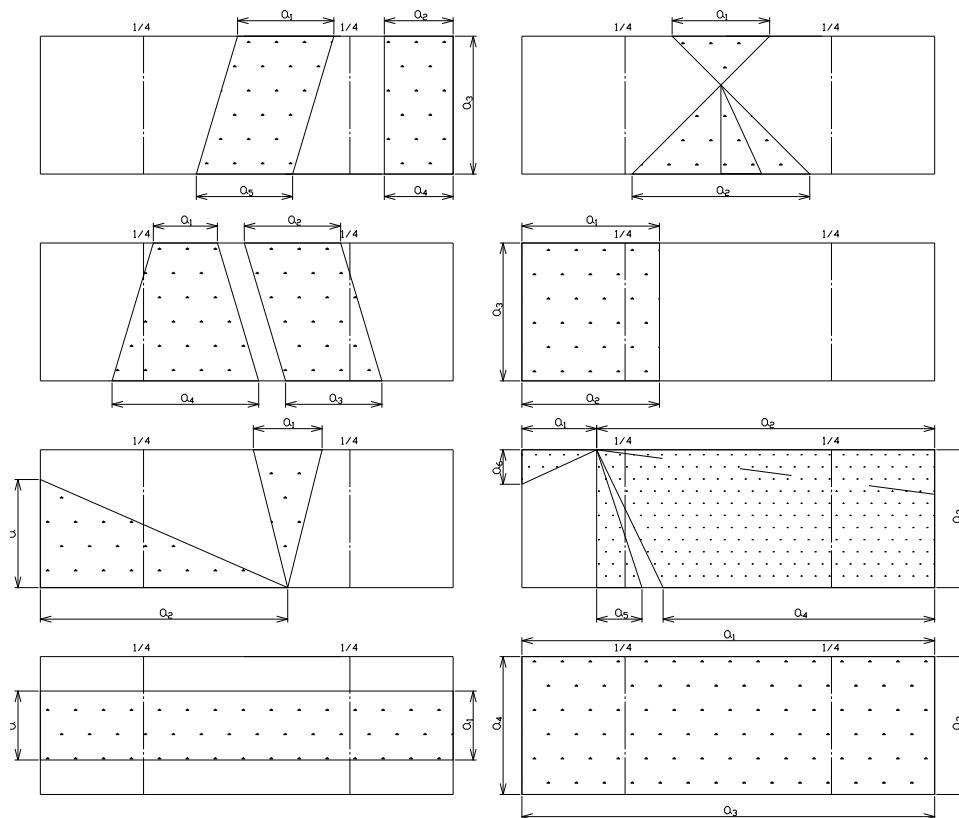
$$\frac{a_{Edge}}{t} \leq \frac{1}{2} \Rightarrow DEB = \text{Min} \left( \frac{a_{Face}}{2^*w}, \frac{a_{Edge}}{t} \right) \quad \dots(11)$$

$$DEB = \frac{a_{Edge}}{t} \Rightarrow a_{Face} = 0 \text{ for DAB} \quad \dots(12)$$

$a_{Face}$  ... velikost grče na ploskvi  
 $a_{edge}$  ... velikost grče na boku  
 $t$  ... višina kosa  
 $w$  ... širina kosa

#### 3.4.2.6 DAB - velikost venca grč na deski

Parameter DAB je razmerje med vsoto velikosti vseh grč na 150 milimetrov dolgem kosu deske in dvojno širino kosa (deske). Prekrivajoča območja se upoštevajo samo enkrat (se ne seštevajo).



Slika 35: Prikaz ovrednotenja parametra DAB

$$DAB = \frac{\sum a_i}{(2 * w)} \quad \dots(13)$$

$a_i$  ... vsota velikosti vseh grč na 150 milimetrov dolgem kosu  
 $w$  ... širina kosa

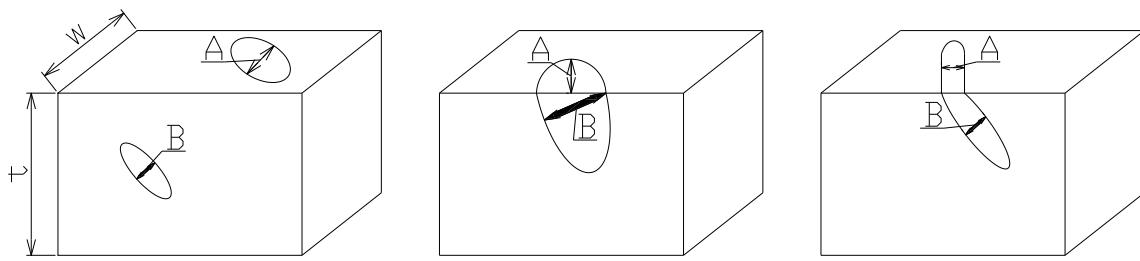
DIN standard ima eno pomanjkljivost. Pri nosilcih ne opredeljuje venca grč, definirani so kriteriji samo za posamezne grče, medtem ko BS standard venec grč upošteva v oceni tKAR.

#### 3.4.2.7 DEK - velikost posamezne grče pri nosilcih

Parameter DEK (Durchmesser Einzelast Kantholz) je največja grčavost izmerjena na nosilcu, oziroma največje razmerje med premerom grče (njej najmanjši premer na površini) in širino ploskve na kateri se ta grča nahaja, izmerjenem na katerikoli vzdolžni ploskvi nosilca.

$$DEK = \max \left\{ \frac{A}{w}, \frac{B}{t} \right\} \quad \dots(14)$$

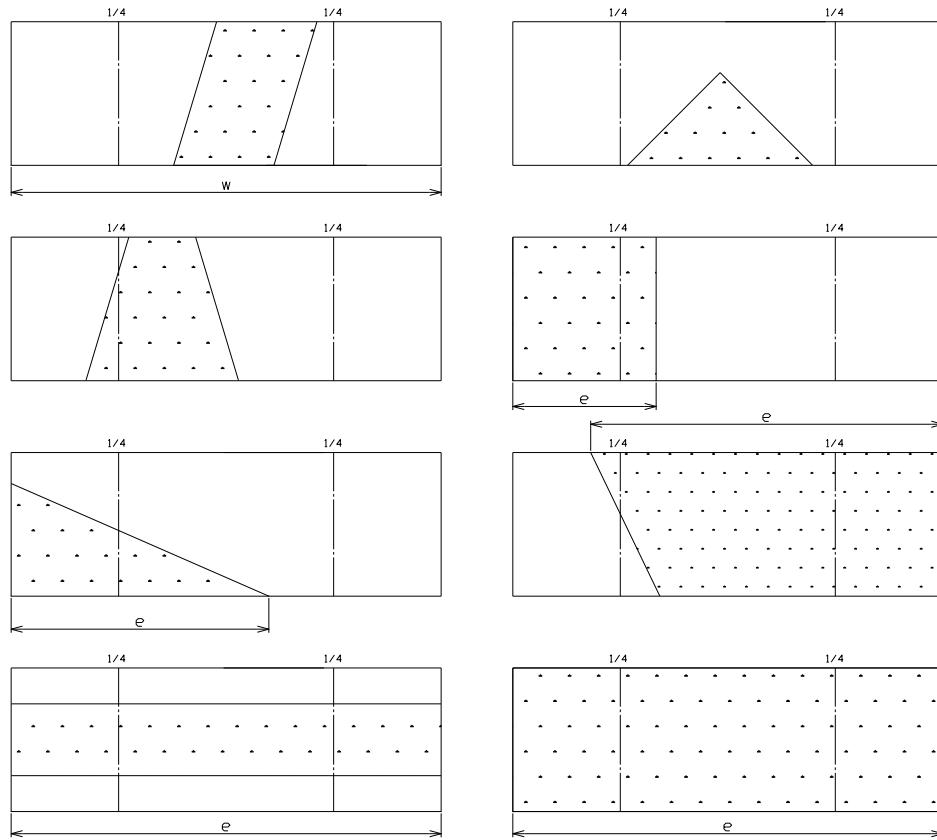
$t$  ... višina kosa  
 $w$  ... širina kosa



Slika 36: Razložitev simbolov pri parametru DEK

### 3.4.2.8 EBB - največja globina posamezne bočne grče na deski

Parameter EBB je razmerje med največjo globino bočne grče in širino kosa (deske).



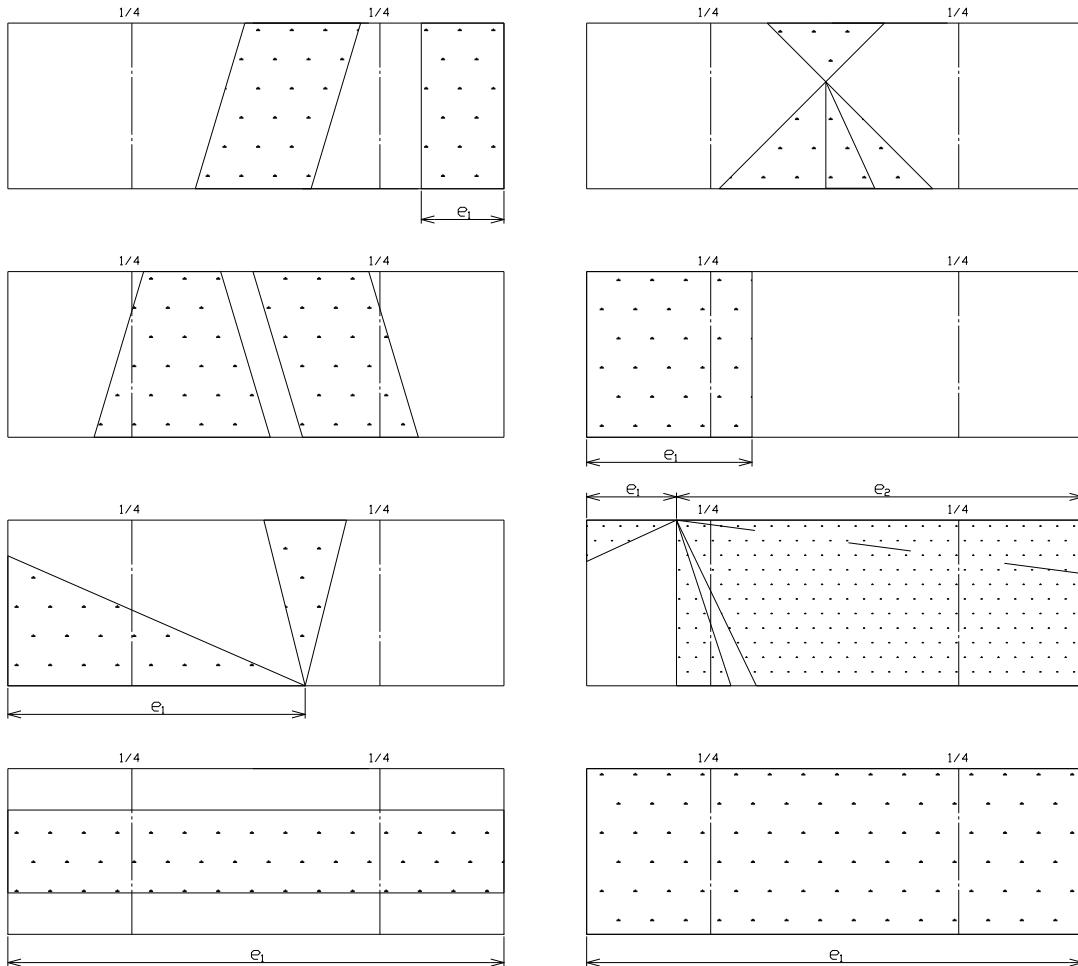
Slika 37: Prikaz ovrednotenja parametra EBB

$$EBB = \frac{e}{w} \quad \dots(15)$$

$e$  ... največja globina bočne grče  
 $w$  ... širina kosa

### 3.4.2.9 EAB - skupna globina bočnih grč venca grč

Parameter EAB je koeficient med seštevkom globin vseh grč znotraj 150-ih milimetrov in širino kosa (deske). Prekrivajoča območja se upoštevajo samo enkrat (se ne seštevajo).



Slika 38: Prikaz ovrednotenja parametra EAB

$$EAB = \frac{e_i}{w} \quad \dots(16)$$

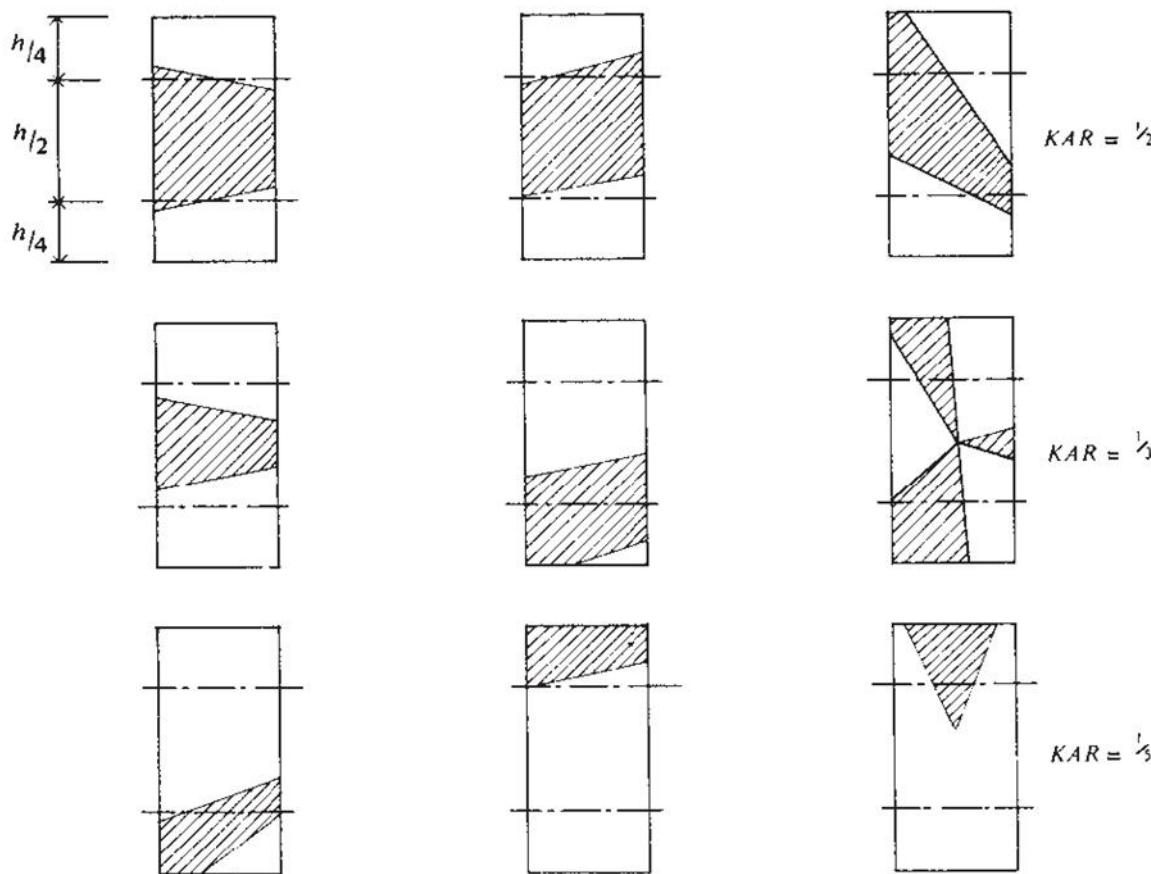
$e_i$  ... seštevek globin vseh grč znotraj 150-ih milimetrov  
 $w$  ... širina kosa

*Web Knot Calculator .... 2009.  
 Web Knot Calculator Manual ...., 2009.*

### 3.5 TKAR

Celoten delež grč (tKAR) je definiran v BS 4978 kot razmerje med površino projekcije prereza vseh grč na prečni prerez in površino celotnega prečnega prereza kosa.

Pri pripravi ocene se grč manjših od 5 mm ne upošteva. Nikakršne razlike ni glede na to ali je grča vrasla, izpadna ali pa je zgolj luknja od izpadne grče.

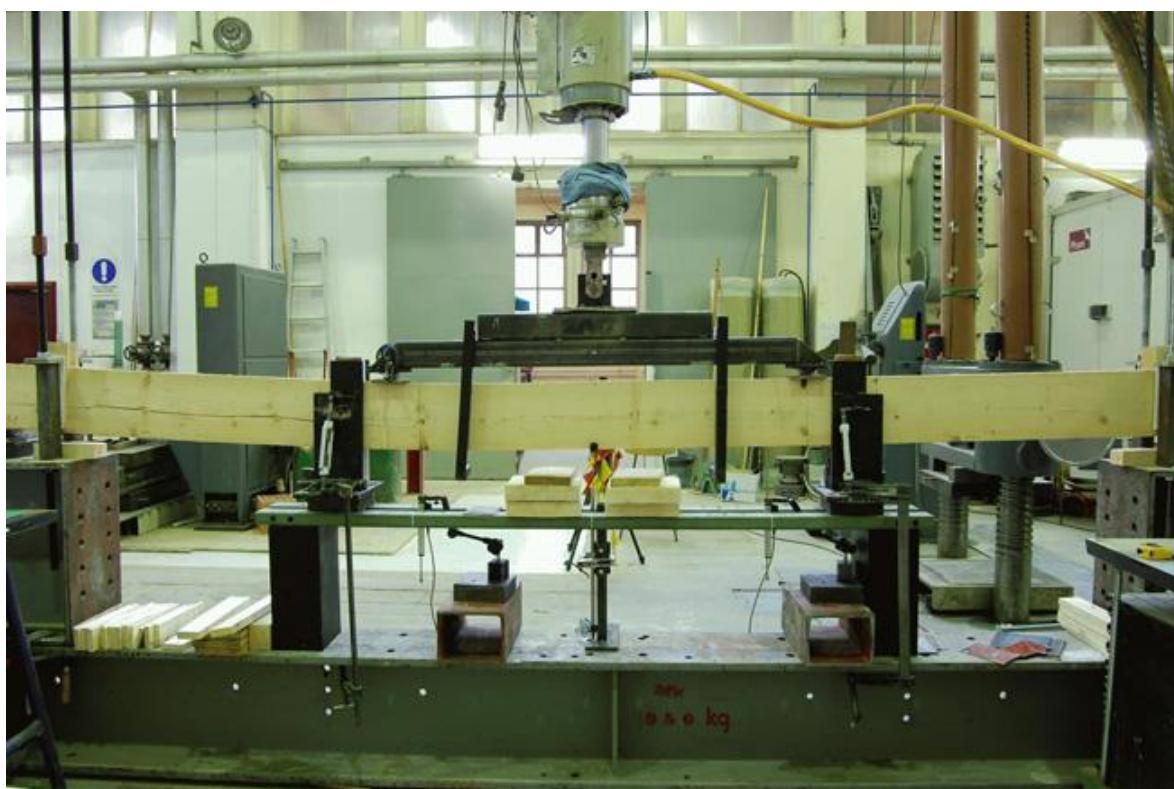


Slika 39: Nekaj tipičnih grč in njihove KAR vrednosti (Ozelton in Baird, 2002)

Za uvrstitev kosa v SS razred, mKAR ne sme presegati 1/2, in tKAR ne sme presegati 1/3, kjer mKAR presega 1/2, tKAR ne sme presegati 1/5. Za GS razred mKAR oz. tKAR ne smeta presegati 1/2, kjer mKAR presega 1/2, tKAR ne sme presegati 1/3.

### 3.6 PORUŠNI TEST

Porušne teste (slika 39) smo izvajali na Zavodu za gradbeništvo Slovenije v okviru znanstveno raziskovalnega projekta (projekt: ARRS L2-2214 Razvrščanje leseni konstrukcijskih elementov po trdnosti (Zavod za gradbeništvo - projekt). Test smo izvajali po standardu SIST EN 408 (slikovni prikaz v poglavju 3.3.1). V standardu so podana pravila za izvedbo 4 točkovnega upogibnega preskusa. Opisana je geometrija preskuševališča, podane so zahteve glede natančnosti merjenja sil in deformacij ter enačbe za izračun trdnosti in modula elastičnosti.



Slika 40: Slikovni prikaz porušitvene metode (Zavod za gradbeništvo - slika)

### 3.7 RAZVRŠČANJE V TRDNOSTNE RAZREDE

Vsek element, ki se ga uporabi kot konstrukcijski les, mora biti razvrščen v trdnostni razred in označen z oznako CE. S tem tudi izpolnjuje minimalno zahtevo razreda v katerega je razvrščen.

Standard SIST EN 338 podaja lastnosti za posamezne razrede – vrednosti so prikazane v preglednici 10.

Preglednica 10: Zahtevane lastnosti za posamezne razrede po SIST EN 338

Razred	$f_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
C30	30	12000	380
C24	24	11000	350
C18	18	9000	320
C16	16	8000	310

Pri razvrščanju smo upoštevali dejanske vrednosti izmerjene s porušnimi testi.  $f_m$  predstavlja upogibno trdnost,  $E_m$  pa modul elastičnosti.

Plos (2012) v svoji diplomski nalogi navaja: »Optimalno razvrščanje je način razvrščanja elementov v trdnostne razrede, na osnovi odločilnih lastnosti: trdnosti  $f$ , dobljene s porušno metodo, modula elastičnosti  $E$  in gostote  $\rho$ . Razvrščanje se izvaja od zgoraj navzdol: najprej preverimo, koliko elementov ustrezam najvišjega razreda, za ostanek

elementov preverimo, koliko jih ustreza naslednjemu razredu in tako naprej. Ker dobimo na ta način razvrščanja največ možnih elementov v najvišjih razredih, se razvrščanje imenuje optimalno.

Odločilne lastnosti morajo zadoščati zahtevam iz standarda SIST EN 14081-2:

- trdnost 95 % elementov razreda mora presegati zahtevano trdnost  $f_m$ , oziroma, vrednost 5. centila za trdnost  $f_{0,05}$  mora biti višja od  $f_m$ ,
- povprečni modul elastičnosti elementov razreda  $E_{mean}$  mora presegati zahtevani modul elastičnosti  $E_m$
- vrednost 5. centila za gostoto  $\rho_{0,05}$  mora biti višja od  $\rho$ .

Vrednosti  $f_{0,05}$ ,  $E_m$ ,  $\rho_{0,05}$  imenujemo karakteristične vrednosti.

Postopek optimalnega razvrščanja ravno tako podaja standard SIST EN 14081-2.

1. preizkušance najprej trikrat razvrstimo po vsaki od lastnosti v najvišji trdnostni razred, da ugotovimo kje jih je največ (recimo tej skupini a);
2. vzamemo preizkušance iz skupine a in jih razvrstimo po lastnosti, ki je dala druga največ preizkušancev v točki 1. (recimo tej skupina b);
3. točko 2. ponovimo še za zadnjo skupino c in preverimo, da vse tri karakteristične vrednosti presegajo zahtevane vrednosti;
4. s preostalimi preizkušanci ponovimo postopek za naslednje razrede.
5. centil določimo v skladu s standardom SIST EN 384.«

## 4 REZULTATI Z RAZPRAVO

Povezave rezultatov meritov različnih kriterijev smo prikazali s korelacijsko matriko in frekvenčnimi matrikami, ker nam to pomaga ovrednotiti veliko količino podatkov.

V korelacijski matriki je zelo jasno razvidno katera dva parametra sta med seboj najbolj povezana in je zato zelo pregledna.

Frekvenčna matrika pa nam pove, kakšen je delež pravilno razvrščenih, podcenjenih oz. precenjenih elementov v primerjavi z optimalno razvrstitvijo.

### 4.1 MERITVE

Vsakemu plohu (475-im kosom) smo izmerili debelino, širino, dolžino, maso in vlažnost (pri merjenju smo upoštevali pravila ustreznih evropskih standardov) ter velikosti grč po različnih pravilih merjenja le teh (po pravilih podanih v standardih SIST DIN 4074-1 in BS 4978). Na podlagi porušnega preskusa smo izračunali upogibno trdnost in globalni modul elastičnosti.

Zaradi velike količine podatkov, ki smo jih zbrali z meritvami, smo na slikah in preglednicah prikazali le končne ugotovitve, posamezne meritve pa so podane v preglednici v prilogi B.

#### 4.1.1 Korelacijska matrika

Korelacijska matrika (preglednica 11) prikazuje vpliv grč, ocenjenih na podlagi različnih pravil, na upogibno trdnost in modul elastičnosti.

Preglednica 11: Korelacijska matrika

	$f^n$																		
$f_m$	1,00	$E_m$																	
$E_m$	0,84	1,00	$\rho$																
$\rho$	0,56	0,73	1,00	$\rho_{cel}$															
$\rho_{cel}$	0,53	0,70	0,97	1,00	A1														
A1	-0,44	-0,32	-0,08	-0,04	1,00	A2													
A2	-0,32	-0,23	-0,07	-0,07	0,64	1,00	A3												
A3	-0,27	-0,23	-0,16	-0,12	-0,05	0,00	1,00	A4											
A4	-0,44	-0,29	-0,03	0,02	0,42	0,29	0,01	1,00	Apl										
Apl	-0,55	-0,41	-0,12	-0,07	0,65	0,40	0,51	0,43	1,00	Abok									
Abok	-0,43	-0,27	0,01	0,05	0,48	0,45	-0,01	0,93	0,46	1,00	A								
A	<b>-0,56</b>	-0,42	-0,11	-0,06	0,65	0,38	0,50	0,49	0,99	0,51	1,00	tKnot							
tKnot	-0,42	-0,27	0,00	0,05	0,43	0,26	-0,05	0,68	0,42	0,67	0,47	1,00	mKnot						
mKnot	-0,49	-0,34	-0,08	-0,03	0,46	0,22	0,15	0,46	0,55	0,47	0,58	0,70	1,00	tKAR					
tKAR	<b>-0,54</b>	-0,42	-0,23	-0,17	0,30	0,21	0,22	0,45	0,41	0,43	0,43	0,58	0,55	1,00	mKAR				
mKAR	-0,51	-0,38	-0,12	-0,07	0,44	0,23	0,17	0,45	0,54	0,46	0,56	0,64	0,93	0,61	1,00	DEB			
DEB	-0,45	-0,30	-0,06	-0,03	0,49	0,38	0,10	0,51	0,52	0,55	0,55	0,57	0,55	0,35	0,55	1,00	DAB		
DAB	<b>-0,54</b>	-0,44	-0,23	-0,18	0,38	0,38	0,30	0,39	0,51	0,42	0,51	0,35	0,41	0,72	0,51	0,60	1,00	EBB	
EBB	-0,29	-0,26	-0,24	-0,21	0,17	0,17	0,42	-0,07	0,38	-0,04	0,34	0,00	0,26	0,39	0,31	0,08	0,36	1,00	EAB
EAB	-0,28	-0,25	-0,19	-0,17	0,13	0,13	0,42	-0,09	0,34	-0,07	0,31	-0,03	0,19	0,41	0,25	0,04	0,41	0,89	1,00

Izrazi pomenijo:

A: maksimalna grčavost je razmerje med manjšim premerom grče in višino oziroma širino nosilca izmerjena po SIST DIN 4074-1

A1: grčavost robnih grč na ploskvi

A2: grčavost robnih grč na boku

A3: grčavost celih grč na ploskvi

A4: grčavost celih grč na boku

Apl: grčavost na ploskvi

Abok: grčavost na boku

BS 4978: standard Velike Britanije, ki zajema pravila razvrščanja v vizualne trdnostne razrede z oznakami SS, GS, HS

DAB: grčavost venca grč na deski

DEB: grčavost posamezne grče na deski

EAB: grčavost skupine – venca grč na deski

EBB: največja globina bočnih grč na deski

$\rho$ : gostota pri 12 % vlažnosti<sup>\*1</sup>

pcel: gostota pri 12 % vlažnosti – celi preizkušanci<sup>\*2</sup>

mKAR: povšinski delež marginalnih grč (delež grč iz spodnje in zgornje cone nosilca v prerezu le tega; po BS 4978)

mKnot: delež posamezne grče v zunanjem delu prereza nosilca

$E_m$ : globalni modul elastičnosti

$f_m$ : trdnost korigirana s  $k_h$  in  $k_l$ <sup>\*3</sup>

tKAR: celoten delež grč (tKAR) je razmerje med površino projekcije prereza vseh grč na prečni prerez in površino celotnega prečnega prereza kosa. (celoten delež grč v prerezu nosilca; po BS 4978)

tKnot: celoten delež posamezne grče v prerezu nosilca

## OPOMBE

\*1:

Gostota je bila ugotovljena na kratkih, čistih preizkušancih, ki so bili izžagani čim bližje mestu porušitve. Vlažnost lesa je bila izmerjena z gravimetrično metodo.

\*2:

Vlažnost lesa je bila določena z uporovno metodo

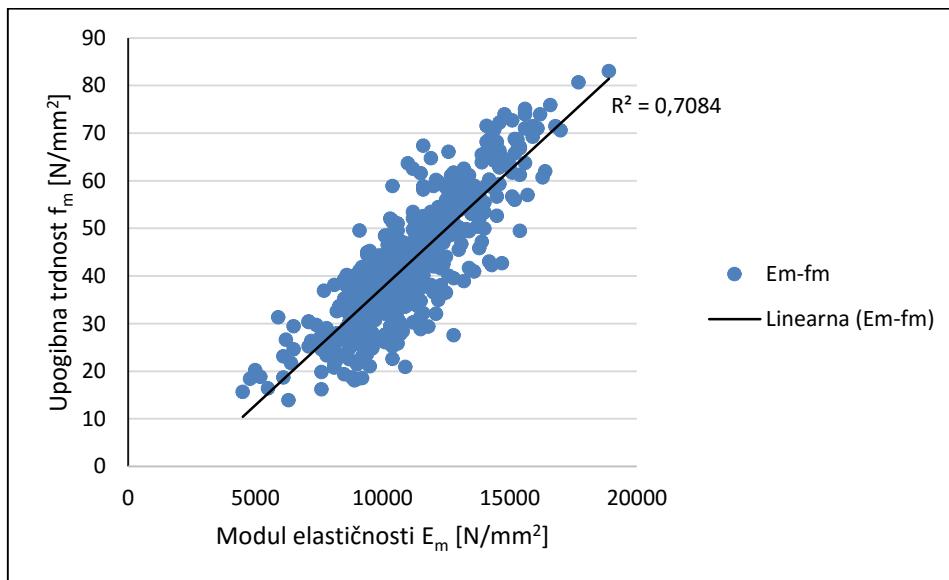
\*3:

$k_h$  in  $k_l$  sta faktorja s katerima je potrebno korigirati izmerjeno upogibno trdnost. Definirana sta v EN 384. S  $k_h$  faktorjem korigiramo karakteristično upogibno trdnost, če je višina nosilca manjša ali večja od 150 mm, s  $k_l$  faktorjem pa korigiramo trdnost, če so bile razdalje med podporišči in mesti obremenjevanja drugačne kot zahteva standard SIST EN 408.

#### 4.1.2 Korelacijski med preučevanimi značilnostmi

Zanimale so nas korelacijske med lastnostmi, ki so se najbolje ujemale pri korelacijski matriki, zato jih bomo prikazali še grafično, saj tako nazorno vidimo razpršenost meritev.

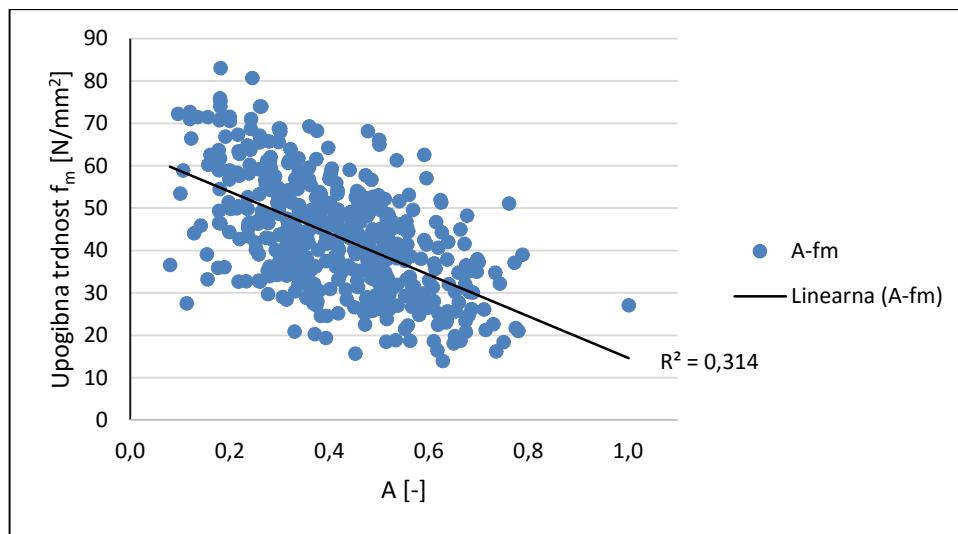
Na sliki 41 je prikazana povezanost med modulom elastičnosti in upogibno trdnostjo.



Slika 41: Korelacija med modulom elastičnosti [ $E_m$ ] in upogibno trdnostjo [ $f_m$ ]

Pri tej zvezi je dosegel korelacijski koeficient 0,84 oz. determinacijski koeficient je znašal 0,71. Pri drugih raziskavah, kot poroča Ocepek (2014) je znašala korelacija 0,8 in kot navajata Gornik-Bučar in Bučar (2011), znaša korelacijski koeficient med temi dvema spremenljivkama v enem primeru 0,66 in drugem 0,82. Ugotavljam, da je naša korelacija zelo dobra in se nanjo lahko zanesemo.

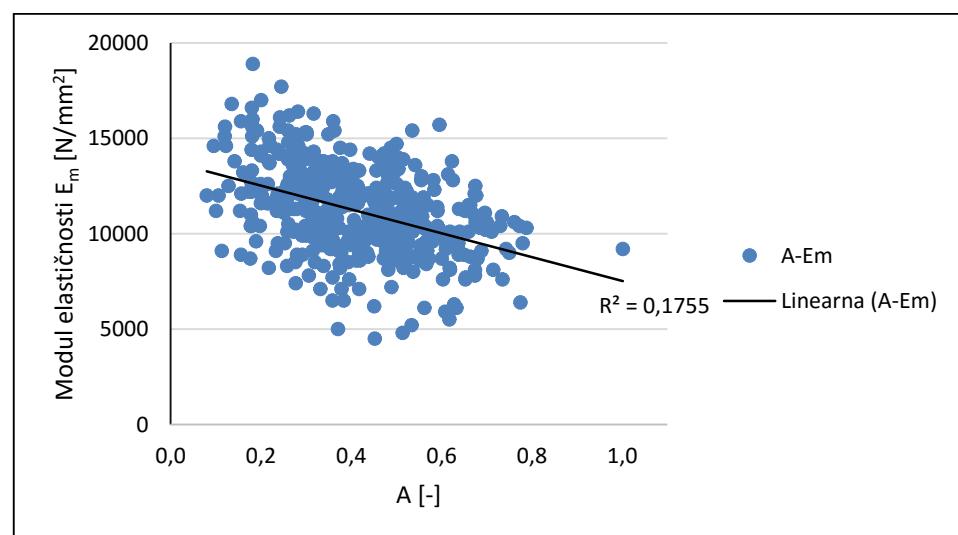
Slika 42 prikazuje korelacijo med grčavostjo A (izmerjeno po pravilih za merjenje grč na nosilcih po nemškem standardu SIST DIN 4074-1) in upogibno trdnostjo.



Slika 42: Korelacija med največjo grčavostjo izmerjeno na nosilcu [A] in upogibno trdnostjo [ $f_m$ ]

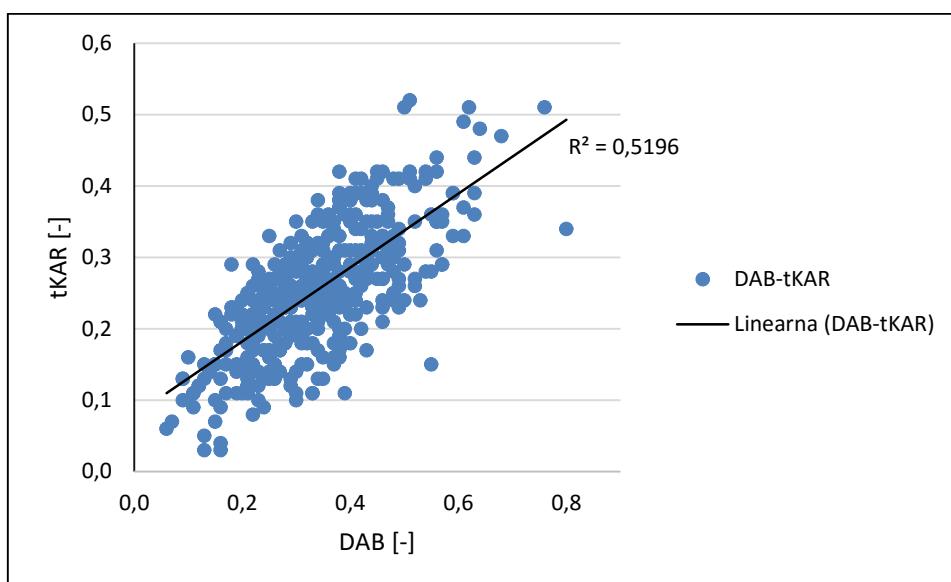
Grčavost A je najbolj zanesljiv način ocenjevanja grč izmed preučevanih, saj lahko z njim najbolj natančno napovemo upogibno trdnost. Korelacijski koeficient znaša 0,56. Graf (slika 41) kaže precejšnjo razpršenost. Kriteriji razvrščanja morajo zaradi tega biti postavljeni dovolj nizko, da zagotavljajo varnost (pravimo, da je vizualno razvrščanje konzervativno).

Slika 43 prikazuje raztresenost podatkov pri povezavi med parametrom A (največjo grčavostjo (izmerjeno po pravilih za merjenje grč na nosilcih po SIST DIN 4074-1) in modulom elastičnosti.



Slika 43: Korelacija med največjo grčavostjo na nosilcu [A] in modulom elastičnosti [ $E_m$ ]

Pri primerjavi povezav (slika 42 in 43) ugotovimo, da imajo grče značilnejši vpliv na trdnost, kot pa na togost nosilcev. Korelacijski koeficient v tem primeru znaša 0,42. Na modul elastičnosti ima značilneje vpliva gostota lesa, korelacijski koeficient znaša 0,73.



Slika 44: Korelacija med velikostjo venca grč na deski [DAB] in celotnim razmerjem površine grč [tKAR]

Slika 44 prikazuje povezavo med ocenama velikosti venca grč na podlagi britanskega standarda - tKAR in na podlagi nemškega standarda - DAB. Z drugimi besedami to pomeni primerjavo ocene skupine venca grč po nemškem standardu (SIST DIN 4074-1) in britanskem standardu (BS 4978). Korelacija je znašala 0,72 in nam pove, da se ta dva parametra dobro ujemata, kljub temu da standarda različno merita vence grč. Britanska pravila upoštevajo projekcijo prerezov grč na čelu, nemška pa samo kar se vidi na površini (ne upošteva globine grč). Zaradi drugačne metode merjenja nastane tudi razlika. Če primerjamo oba podatka v korelacijski matriki z upogibno trdnostjo vidimo, da imata enak vpliv na upogibno trdnost. V obeh primerih znaša korelacijski koeficient 0,54. Pri primerjavi z modulom elastičnosti pa je DIN standard za odtenek boljši.

Po pravilih britanskega standarda je vizualno ocenjevanje grč veliko težje, saj si je potrebno v glavi ustvariti 3D sliko grč. Pri nemškem standardu pa pri vizualnem razvrščanju po klasifikaciji za nosilce šteje samo kar je vidno na površini, kar je enostavnejše. Vizualno razvrščanje po trdnosti je izvedljivo, vendar je nekoliko bolj zamudno. Kljub temu lahko ustrezno usposobljen delavec razvrsti elemente zelo hitro in zanesljivo v ustrezni trdnostni razred.

#### 4.1.3 Izkoristki razvrščanja

Ker smo preučevali vpliv grč na trdnost elementov, smo pri razvrščanju upoštevali samo tiste elemente, pri katerih so bile grče odločilni dejavnik pri vizualnem razvrščanju. Elemente pri katerih pa grče niso bile odločilen dejavnik, smo iz analize podatkov izvzeli

(4,81 %). Kot je prikazano v preglednici 12, pri razvrščanju po standardu SIST DIN 4074-1 dobrih 8 % testiranih kosov sodi v najvišji razred S13, dobrih 40 % v S10 in slabih 40 % v S7. Nerazvrščenih kosov je 12,2 %. Po britanskem standardu BS 4978 (preglednica 13) pa dobrih 71 % testiranih kosov sodi v najvišji razred SS (prevajamo ga v C24), 12 % pa v razred GS. Nerazvrščenih kosov je 16,8 % (nerazvrščeni kosi ne izpolnjujejo minimalnih kriterijev in niso primerni za konstrukcijsko uporabo).

Preglednica 12: Deleži optimalno razvrščenih elementov in deleži elementov razvrščenih v posamezen trdnostni razred na podlagi različnih pravil merjenja grč po standardu SIST DIN 4074-1

Trdnostni razred	Optimalna razvrstitev C30/C24/C18	Deleži elementov v ustremnem razredu [%]							
		Načini ocenjevanja grč po DIN							
		Nosilci			Plohi in deske				
		A	Apl	Abok	DEB	DAB	EBB	EAB	
C30 (S13)	92,6	8,2	9,5	84,8	72,0	53,7	42,3	34,1	
C24 (S10)	0	40,2	38,9	15,2	27,6	38,5	56,8	39,2	
C18 <sup>1</sup> (S7)	4,4	39,4	39,4	0	0,4	7,2	0,8	26,7	
nerazvrščen	3,0	12,2	12,2	0	0	0,6	0	0	

<sup>1</sup> pri jelki se razred S7 prevaja v C16

Preglednica 13: Deleži optimalno razvrščenih elementov in deleži elementov razvrščenih v posamezen trdnostni razred na podlagi pravil merjenja grč po britanskem standardu BS 4978

Trdnostni razred	Optimalna razvrstitev C24/C16	Deleži elementov v ustremnem razredu [%]		
		Načini ocenjevanja grč po BS		
		Nosilci		
		mKAR + tKAR*		
C24 (SS)	100	71,2		
C16 (GS)		12,0		
nerazvrščen		16,8		

\* rezultati pri grčah so podani po kriteriju za plohe, ki so upogibno obremenjeni po robu

V preglednici 13 vidimo, da optimalna razvrstitev v kombinacijo razredov C24/C16 vse kose razvrsti v najvišji razred C24, optimalna razvrstitev v kombinacijo razredov C30/C24/C18 (preglednica 12) pa jih v najvišji razred C30 uvrsti 92,6 %.

Moramo pa poudariti, da britanski vizualni trdnostni razred SS prevajamo v trdnostni razred C24, kar ustreza nemškemu sortirnemu razredu S10, kar pomeni, da po BS standardu elementov v razred C30 sploh ne moremo razvrščati.

#### 4.1.4 Frekvenčne matrike

V frekvenčni matriki (preglednica 15) so prikazani deleži pravilno ocenjenih elementov ter deleži prenizko oziroma previsoko razvrščenih elementov. Primerjajo razvrstitev v t.i. dodeljene razrede, ki so bili dodeljeni na podlagi različnih ocen grč, z razvrstitvijo v optimalne razrede. Zaradi lažje primerjave z optimalno razvrstitvijo so S razredi (sortirni) prevedeni v C razrede (trdnostni). Povezave med S in C razredi, ki so ugotovljene eksperimentalno in jih podaja SIST EN 1912, prikazuje preglednica 14.

Preglednica 14: Povezava med trdnostnimi razredi in razredi vizualno razvrščenega lesa iglavcev po SIST EN 1912

Trdnostni razred SIST EN 338	Vizualni trdnostni razred po DIN 4074-1	Vizualni trdnostni razred po BS 4978
C30	S13	
C24	S10	SS
C18	S7 (smreka)	
C16	S7 (jelka)	GS
C14		

V frekvenčnih matrikah se primerja vizualno in optimalno razvrstitev ter ugotavlja ali je dodeljeni razred elementa enak, nižji ali višji od optimalnega. Pravilno razvrščeni so vsi elementi, kjer je dodeljen razred enak optimalnemu razredu. V preglednici 15 je prikazana frekvenčna matrika za razvrstitev na podlagi ocene grč po nemških pravilih za ocenjevanje grč na nosilcih. Odebeljeno so prikazana števila pravilno razvrščenih elementov (skupaj 50 oziroma 10,5 % vseh elementov); nad temi so števila prenizko razvrščenih elementov (skupaj 87,4 % vseh); pod njimi pa števila previsoko razvrščenih elementov (2,1 % vseh). Število prenizko razvrščenih elementov kaže na nizek izkoristek razvrščanja; število previsoko razvrščenih elementov pa predstavlja varnostno tveganje. Le tega lahko ovrednotimo s tako imenovano cenovno matriko, vendar to presega namen te raziskave.

Preglednica 15: Frekvenčna matrika za razvrstitev po DIN glede na maksimalno grčavost nosilca [A]

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - nosilci [A]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>39</b>	186	177	38	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	0	2	<b>5</b>	14	21
Ostanek	0	3	5	<b>6</b>	14
Skupaj	39	191	187	58	475

delež [%]	8,2 %	40,2 %	39,4 %	12,2 %	100,0 %
-----------	-------	--------	--------	--------	---------

Pravilno ocenjenih (kom)	50
Pravilno ocenjenih	10,5 %
Prenizko ocenjenih	87,4 %
Previsoko ocenjenih	2,1 %

Celotne frekvenčne matrike za ostale razvrstitev so podane v prilogi od A1 do A3, v preglednici 16 pa podajamo samo skupne deleže pravilno, prenizko in previsoko ocenjenih elementov.

Preglednica 16: Deleži pravilno, prenizko in previsoko ocenjenih elementov

	Deleži ocenjenih elementov [%]									Ocenjevanje po BS	
	Ocenjevanja po DIN										
	Nosilci			Plohi in deske					Nosilci		
	A	Apl	Abok	DEB	DAB	EBB	EAB	min (DEB, DAB, EBB, EAB)	mKAR + tKAR		
Pravilno ocenjeni	<b>10,5</b>	11,8	80,6	29,1	54,3	39,6	33,7	<b>24,4</b>	<b>71,2</b>		
Prenizko ocenjeni	<b>87,4</b>	86,1	12,0	63,6	40,0	53,1	60,4	<b>70,5</b>	<b>28,8</b>		
Previsoko ocenjeni	<b>2,1</b>	2,1	7,4	7,4	5,7	7,4	5,9	<b>5,1</b>	<b>0,0</b>		

Iz rezultatov vidimo, da je DIN standard za ozke elemente, ki so obremenjeni kot nosilec napačno zastavljen. Dober les razvrsti v nižji razred. Razlog za to so kriteriji za grče, kateri so preostri. Smiselno bi bilo ločiti kriterij za ozke in široke elemente. Glavni kriterij za razvrstitev v razred so po naših podatkih grče, saj večina elementov pade v nižji razred ravno zaradi njih. Po kriterijih za nosilce je velik delež elementov prenizko ocenjenih (87,4 %). V primerjavi s kriterijem za deske in plohe, če gledamo parameter DEB (posamezno grč) pa je delež prenizko ocenjenih veliko manjši (63,6 %). V primerjavi s parametrom EAB (bočna grč) se trditev o preostrem kriteriju za grče po DIN standardu samo še potrdi, saj je prenizko ocenjenih elementov 60,4 %.

Britanski standard je bolj optimalen, vendar pa elementov ne moremo razvrščati v razred C30. Noben element ni razvrščen previsoko. Po optimalni razvrstitvi pa vsi elementi sodijo v razred C24.

Pri kriteriju za deske in plohe merimo posamezno grč, skupino grč in bočne grče, medtem ko pri kriteriju za nosilce ne merimo skupine grč (venca).

## 5 SKLEPI

Proučevali smo vpliv grč na trdnost konstrukcijskega lesa iglavcev, pri čemer smo upoštevali različne standarde, ki se medsebojno razlikujejo v načinu merjenja grč in kriterijih razvrščanja.

Prišli smo do naslednjih ugotovitev.

- Med velikostjo grč in trdnostjo konstrukcijskih lesenih elementov obstaja povezava. Je pa napovedovanje trdnosti samo na podlagi grč dokaj nezanesljivo. Korelacijski koeficienti so v mejah od 0,27 do 0,56.
- Najvišje korelacijske koeficiente med trdnostjo in grčavostjo smo ugotovili:
  - po pravilih nemškega standarda za razvrščanje nosilcev, pri oceni posamezne grče – A (0,56),
  - po pravilih nemškega standarda za razvrščanje desk in plohov, pri oceni venca grč – DAB (0,54)
  - ter pri oceni tKAR po britanskem standardu (0,54).
- Korelacija med grčavostjo in modulom elastičnosti (korelacijski koeficient od 0,23 do 0,42) je manjša kot med grčavostjo in trdnostjo.
- Optimalna razvrstitev v trdnostne razrede kaže, da ima žagani les iz slovenske smrekove in jelove hlodovine dobre mehanske lastnosti. Pri razvrstitvi v kombinacijo razredov C30/C24/C18 lahko kar 92,6 % nosilcev razvrstimo v razred C30; pri razvrstitvi v kombinacijo razredov C24/C16 pa lahko vse kose razvrstimo v razred C24.
- Delež pravilno razvrščenih elementov na podlagi kriterijev za razvrščanje nosilcev je 10,5 %, delež prenizko razvrščenih 87,4 %, previsoko razvrščenih 2,1 %. Po kriteriju za razvrščanje desk in plohov pa je delež pravilno razvrščenih elementov 24,4 %, prenizko razvrščenih 70,5 %, previsoko razvrščenih 5,1 %. Delež previsoko razvrščenih elementov je lahko z vidika varnosti problematičen.
- Najmanj zanesljiva kriterija za ocenjevanje grč sta se izkazala EBB (0,28) in EAB (0,29) saj imata najmanjši korelacijski koeficient glede na trdnost. Predstavljata globini bočnih grč tako pri posameznih kot pri vencih grč.
- Primerjava standardov DIN in BS je pokazala da:
  - britanski standard omogoča doseganje boljših izkoristkov pri vizualnem trdnostnem razvrščanju vitkih nosilcev: v razred C24 lahko razvrstimo 71,2 % konstrukcijskih elementov; na podlagi nemškega standarda lahko v razreda C24 in C30 razvrstimo samo 48,4 % nosilcev,
  - razvrstitev na podlagi britanskega standarda se bolj približa optimalni razvrstitvi, saj lahko na podlagi tega standarda pravilno razvrstimo 71,2 % elementov; na podlagi nemškega standarda je pravilno ocenjenih le 10,5 % elementov.

- Na podlagi nemškega standarda razvrstimo večino elementov v prenizke trdnostne razrede (87,4 %); po britanskem standardu je delež prenizko razvrščenih kosov 28,8 %.
- Delež izločenih elementov, ki ne ustreza kriterijem za konstrukcijsko uporabo pa je nekoliko višji pri britanskem standardu (16,8 % proti 12,2 %).
- Problematično je razvrščanje vitkih nosilcev z majhno širino, v našem primeru 50 mm, po pravilih DIN standarda za nosilce, saj je izkoristek pri tem razvrščanju zelo nizek. Samo 8,2 % jih lahko razvrstimo v najvišji trdnostni razred C30; optimalno pa je v ta razred razvrščenih kar 92,6 % kosov. Problematičen je kriterij, ki omejuje grčavost na ožji ploskvi – v razred S13 (oz. C30) lahko uvrstimo le elemente, ki imajo grče manjše od 10 mm (1/5 sirine nosilca).

## 6 POVZETEK

Celotna naloga temelji na vizualnem razvrščanju konstrukcijskega žaganega lesa smreke in jelke po nemškem (DIN 4074-1), ter britanskem (BS 4978) standardu. Osredotočili smo se samo na grče in jih ocenjevali po treh različnih pravilih merjenja. V meritvah smo obravnavali 447 smrekovih in 28 jelovih nosilcev nominalnih dimenzij 50 mm x 150 mm x 4000 mm. Iskali smo korelacije med grčavostjo, modulom elastičnosti in upogibno trdnostjo.

Merili in pregledovali smo več različnih značilnosti lesa, v naši nalogi pa smo se omejili samo na ocenjevanje vpliva grč na mehanske lastnosti lesenih konstrukcijskih elementov.

V veliko pomoč pri izračunih deležev grč nam je bil program Web Knot Calculator. Z njim smo pridobili ocene posameznih grče na deski (DEB), vencev grče na deski (DAB), velikosti posamezne grče na nosilcih (DEK), največjo globino posamezne bočne grče na deski (EBB), skupno globino bočnih grče venca grče (EAB). Podal nam je tudi površinske deleže grč (tKnot, mKnot, tKAR, mKAR).

S porušnim testom, ki so ga izvedli na Zavodu za gradbeništvo Slovenije po standardu SIST EN 408, smo pridobili podatke o modulu elastičnosti in trdnosti elementov.

Pri elementih, ki se uporablajo kot konstrukcijski les, je zelo pomembna njihova trdnost, zato je potrebno dobro vedeti kateri dejavniki najbolj vplivajo na trdnost lesa. V našem primeru imata največji vpliv na trdnost materiala gostota izmerjena pri 12 % vlažnosti in maksimalna grčavost (A). V obeh primerih znaša korelacijski koeficient 0,56.

V splošnem DIN standard preostro razvršča ozke elemente, ki so obremenjeni kot nosilci. Po podatkih iz frekvenčne matrike na podlagi maksimalne grčavosti, kar 87,4 % elementov uvrsti v prenizek razred, medtem ko jih britanski 28,8 %. Upoštevanje pravil britanskega standarda nam je dalo 71,2 % elementov pravilno razvrščenih elementov, medtem ko razvrščanje po pravilih nemškega standarda le 10,5 %.

Pričakovali smo, da bo razvrščanje upoštevajoč DIN standard boljše, saj le ta razvršča žagan les na tramove, plohe in letve, britanski standard pa ne razvršča po dimenzijah oz. po preseku. Na osnovi primerjave rezultatov lahko ugotovimo, da se pri vizualnem razvrščanju po kriteriju grč, bolje obnese britanski standard. Pri tem pa je potrebno poudariti, da po tem standardu lesa ne moremo razvrstiti v najvišji trdnostni razred C30.

Na podlagi opravljenih meritev ugotavljamo, da večina naših vzorcev sodi v trdnostni razred C30. To pomeni, da imamo zelo kakovosten les, ki pa ga na podlagi veljavnih pravil za vizualno razvrščanje, ne razvrstimo optimalno oz. pravilno. Pripraviti bi bilo potrebno nova pravila, ki bi omogočala ustrezejše vrednotenje našega lesa.

## 7 VIRI

Bacher M. 2009. Program »Web Knot Calculator«  
<http://knots.microtec.eu> (2013)

Brus R., Kotar M. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 320 str.

BS 4978 + A1. Visual strength grading of softwood. Specification. 2007 + A1: 2011: 22 str.

Burgar I. 2006. Razvrščanje lesa z nedestruktivnimi metodami. Diplomska naloga.  
Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Certification & timber grading.  
<http://www.catg.co.uk/CATGDoc1294978GradingGuidelines.pdf> (9. 5. 2015)

Gorišek Ž. 2009. Les: zgradba in lastnosti: njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana,  
Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 178 str.

Gornik Bučar D., Bučar B. 2011. Strength grading of structural timber using the single  
mode transverse damped vibration method. Wood Research, 56, 1: 67-76

Hearmon, R. F. S. 1948. Elasticity of wood and plywood. London, HM Stationery Office

Jelka - videz, 2014  
<http://www2.arnes.si/~evelik1/les/jelka.htm> (25. 01. 2014)

Leban I. 2007. Napake v lesu. Srednja lesarska šola Škofja Loka.  
<https://www.yumpu.com/xx/document/view/47581462/napake-v-lesu-cpi/17>  
(7. 4. 2016)

Martinčič A. 2007. Mala flora Slovenije, 4. izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije:  
967 str.

Ocepek J. 2014. Vpliv razvrščanja lesenih lamel na trdnost in deformabilnost lesenih  
lepljenih nosilcev. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 56 str

Ozelton E. C., Baird J. A. 2002. - Timber Designers' Manual 3rd edition. Blackwell  
Science Ltd, a Blackwell Publishing company. 542 str.  
<http://books.google.si/books?id=jJZSS8MS1zMC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=Visual+Strength+Grading+of+softwood+to+BS4978&source=bl&ots=vSHFKwjz3N&sig=Nl2l6k6VXtlDfIKrKxULubCxFpM&hl=sl&sa=X&ei=QXL7Ur3ZDujnywO4vIGQCg&ved=0CFkQ6AEwBQ#v=onepage&q=Visual%20Strength%20Grading%20of%20softwood%20to%20BS4978&f=true> (15. 01. 2014)

Plos M. 2012. Razvrščanje konstrukcijskega lesa v različne kombinacije trdnostnih  
razredov. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 66 str.

SIST DIN 4074-1. Razvrščanje lesa po trdnosti - 1. del: Žagani les iglavcev. 2009

SIST EN 336. Konstrukcijski les – Mere, dovoljena odstopanja. 2013

SIST EN 338. Konstrukcijski les – Trdnostni razredi. 2013

SIST EN 384: Konstrukcijski les – Ugotavljanje značilnih vrednosti mehanskih lastnosti in gostote. 2010

SIST EN 408 + A1. Lesene konstrukcije - Konstrukcijski les in lepljeni lamelirani les - Ugotavljanje nekaterih fizikalnih in mehanskih lastnosti. 2010 + 2012

SIST EN 844-8. Okrogle in žagani les – Terminologija - 8. del: Izrazi, povezani z značilnostmi okroglega lesa. 1999

SIST EN 1310. Okrogle in žagani les – Metode merjenja značilnosti. 2001

SIST EN 1534. Lesene talne obloge - Ugotavljanje odpornosti proti vtiskovanju (Brinell) - Preskusne metode. 2011

SIST EN 1912. Konstrukcijski les – Trdnostni razredi – Določitev trdnostnih razredov na podlagi vizualnega razvrščanja in vrste lesa. 2012

SIST EN 14080. Lesene konstrukcije - Lepljeni lamelirani les in lepljeni masivni les. 2013

SIST EN 14081-1. Lesene konstrukcije - Razvrščanje konstrukcijskega lesa pravokotnega prečnega prereza po trdnosti - 1. del: Splošne zahteve. 2016

SIST EN 14081-2. Lesene konstrukcije - Razvrščanje konstrukcijskega lesa pravokotnega prečnega prereza po trdnosti - 2. del: Strojno razvrščanje; dodatne zahteve za začetni preskus proizvodnje. 2011

Smreka - videz, 2014

<http://www.taborniki.eu/smreka.htm> (25. 01. 2014)

Srpčič J. 2009. Les za gradbene konstrukcije (pdf zapis). Zavod za gradbeništvo Slovenije: 6 str.  
[http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Les\\_za\\_gradbene\\_konstrukcije.pdf](http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Les_za_gradbene_konstrukcije.pdf)  
(14. 08. 2010)

Šega B. 2009. Razlaga pravil za vizualno razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa in navodila za uporabo SIST EN 14081-1:2006 v praksi, delavnica št. 2: 28 str.

Šega B. 2010. Vizualno razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa. Les, 3/4: 96-104

Torelli N. 1990. Les & Skorja. Wood & Bark. Holz & Rinde. Slovar strokovnih izrazov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 70 str.

Trdnost – Wikipedia, 25. 11. 2013.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/Trdnost> (14. 12. 2013)

Trdota – Wikipedia, 06. 04. 2013

<http://sl.wikipedia.org/wiki/Trdota> (14. 12. 2013)

Zavod za gradbeništvo – projekt.

<http://www.zag.si/si/index.php?nav0=dejavnosti&nav1=konstrukcije&nav2=lesene>  
(14. 12. 2013)

Zavod za gradbeništvo - slika.

[http://www.zag.si/image\\_view.php?gal=65&img=4&lang=si](http://www.zag.si/image_view.php?gal=65&img=4&lang=si) (14. 12. 2013)

Web Knot Calculator. 2009. Microtec

<http://knots.microtec.eu/index.html> (2013)

Web Knot Calculator Manual. 2009. Microtec: 37 str.

<http://knots.microtec.eu/help/help.pdf> (2013)

## **ZAHVALA**

Zahvalil bi se mentorici doc. dr. Dominiki Gornik Bučar za pomoč in strokovno vodenje pri izdelavi diplomskega dela, somentorju viš. pred. mag. Bogdanu Šegi za strokovnost in pomoč pri izdelavi ter oblikovanju diplomske naloge ter Alešu Stražetu za njegove predloge in odlično opravljeno recenzentsko delo.

Zahvaljujem se vsem na Zavodu za gradbeništvo Slovenije, ki so kakorkoli pripomogli k izvedbi meritev.

Zahvala gre tudi podjetjem, ki so pomagala pri pripravi elementov. To so GG Slovenj Gradec, GG Postojna, Hoja, Svea.

Meritve so bile opravljene v okviru raziskovalnega projekta ARRS L2-2214 Razvrščanje lesenih konstrukcijskih elementov po trdnosti.

Zahvaljujem se tudi svojim najbližnjim za podporo, potrpežljivost in večni optimizem.

Velika zahvala gre tudi vsem neimenovanim, ki so vede ali nevede pripomogli k nastajanju tega diplomskega dela.

Hvala!

## PRILOGE

### Priloga A1

V prilogi A1 so podane frekvenčne matrike optimalnih razvrstitev za nosilce po SIST DIN 4074-1.

Frekvenčna matrika po DIN kriteriju - grčavost na boku [Abok]

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - nosilci [Abok]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>383</b>	57	0	0	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	10	11	<b>0</b>	0	21
Ostanek	10	4	0	<b>0</b>	14
Skupaj	403	72	0	0	475

delež [%]	84,8 %	15,2 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
-----------	--------	--------	-------	-------	---------

Pravilno ocenjenih (kom)	383
Pravilno ocenjenih	80,6 %
Prenizko ocenjenih	12,0 %
Previsoko ocenjenih	7,4 %

Frekvenčna matrika po DIN kriteriju - grčavost na ploskvi [Apl]

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - nosilci [Apl]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>45</b>	180	177	38	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	0	2	<b>5</b>	14	21
Ostanek	0	3	5	<b>6</b>	14
Skupaj	45	185	187	58	475

delež [%]	9,5 %	38,9 %	39,4 %	12,2 %	100,0 %
-----------	-------	--------	--------	--------	---------

Pravilno ocenjenih	56
Pravilno ocenjenih	11,8 %
Prenizko ocenjenih	86,1 %
Previsoko ocenjenih	2,1 %

## Priloga A2

V prilogi A2 so podane frekvenčne matrike optimalnih razvrstitev za plohe in deske. V matriki so prikazane pomembnejše povezave dobljenih iz Bacher-jevega programa.

### Frekvenčna matrika parametra DEB iz Bacher-jevega programa po DIN-u

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - plohi, deske [DEB]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>328</b>	110	2	0	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	4	17	<b>0</b>	0	21
Ostanek	10	4	0	<b>0</b>	14
Skupaj	342	131	2	0	475

delež [%]	72,0 %	27,6 %	0,4 %	0,0 %	100,0 %
-----------	--------	--------	-------	-------	---------

Pravilno ocenjenih	328
Pravilno ocenjenih	69,1 %
Prenizko ocenjenih	23,6 %
Previsoko ocenjenih	7,4 %

### Frekvenčna matrika parametra DAB iz Bacher-jevega programa po DIN-u

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - plohi, deske [DAB]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>250</b>	163	24	3	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	2	11	<b>8</b>	0	21
Ostanek	3	9	2	<b>0</b>	14
Skupaj	255	183	34	3	475

delež [%]	53,7 %	38,5 %	7,2 %	0,6 %	100,0 %
-----------	--------	--------	-------	-------	---------

Pravilno ocenjenih	258
Pravilno ocenjenih	54,3 %
Prenizko ocenjenih	40,0 %
Previsoko ocenjenih	5,7 %

Frekvenčna matrika parametra EBB iz Bacher-jevega programa po DIN-u

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - plohi, deske [EBB]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>188</b>	249	3	0	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	7	14	<b>0</b>	0	21
Ostanek	6	7	1	<b>0</b>	14
Skupaj	201	270	4	0	475

delež [%]	42,3 %	56,8 %	0,8 %	0,0 %	100,0 %
-----------	--------	--------	-------	-------	---------

Pravilno ocenjenih	188
Pravilno ocenjenih	39,6 %
Prenizko ocenjenih	53,1 %
Previsoko ocenjenih	7,4 %

Frekvenčna matrika parametra EAB iz Bacher-jevega programa po DIN-u

Optimalni razred	Dodeljeni razred DIN - plohi, deske [EAB]				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	<b>153</b>	173	114	0	440
C24	0	<b>0</b>	0	0	0
C18	5	9	<b>7</b>	0	21
Ostanek	4	4	6	<b>0</b>	14
Skupaj	162	186	127	0	475

delež [%]	34,1 %	39,2 %	26,7 %	0,0 %	100,0 %
-----------	--------	--------	--------	-------	---------

Pravilno ocenjenih	160
Pravilno ocenjenih	33,7 %
Prenizko ocenjenih	60,4 %
Previsoko ocenjenih	5,9 %

### Priloga A3

V prilogi A3 je podana frekvenčna matrika optimalnih razvrstitev po BS 4978.

#### Frekvenčna matrika po standardu BS 4978

Optimalni razred	Dodeljeni razred BS				Skupaj
	C30	C24	C18	ostanek	
C30	0	0	0	0	0
C24	0	338	57	80	475
C18	0	0	0	0	0
Ostanek	0	0	0	0	0
Skupaj	0	338	57	80	475

delež [%]	0,0 %	71,2 %	12,0 %	16,8 %	100,0 %
-----------	-------	--------	--------	--------	---------

Pravilno ocenjenih (kom)	338
Pravilno ocenjenih	71,2 %
Prenizko ocenjenih	28,8 %
Previsoko ocenjenih	0,0 %

## Priloga B

V prilogi B je preglednica v kateri so podatki izmerjeni na ZAG-u, ročno izmerjeni podatki, ki smo jih vnašali v Bacherjev program, izvoženi preračuni iz programa Web knot calculator, ter dodeljeni sortirni razredi na podlagi grč.

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci	Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot
613011	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	49,6	13300	483	483	0,42	0,14	0,00	0,14	0,42	0,14	0,42	0,14	0,57	0,14	0,57	0,19	0,19	0,38	0,28	0,28	S7	SS	S7	30	24
613021	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	18,7	8800	421	440	0,66	0,14	0,00	0,25	0,66	0,25	0,66	0,23	0,81	0,42	0,81	0,31	0,51	0,67	0,37	0,7	Ø	Ø	Ø	18	24
613031	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	38,6	9800	384	399	0,41	0,15	0,24	0,13	0,41	0,15	0,41	0,11	0,21	0,24	0,21	0,19	0,38	0,4	0,25	0,25	S7	SS	S7	30	24
613041	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	25,8	10600	486	499	0,49	0,11	0,00	0,23	0,49	0,23	0,49	0,19	0,67	0,3	0,87	0,22	0,43	0,49	0,31	0,39	S7	GS	S7	30	24
613051	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	64,2	14400	538	540	0,12	0,04	0,40	0,12	0,40	0,12	0,40	0,1	0,32	0,25	0,49	0,08	0,21	0,38	0,49	0,93	S10	SS	S7	30	24
613061	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	42,3	14300	489	526	0,00	0,00	0,32	0,09	0,32	0,09	0,32	0,1	0,4	0,19	0,4	0,18	0,26	0,26	0,32	0,32	S10	SS	S10	30	24
613071	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	44,0	12500	432	437	0,00	0,00	0,08	0,13	0,08	0,13	0,13	0,15	0,48	0,25	0,48	0,15	0,25	0,14	0	0	S13	SS	S13	30	24
613081	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	56,9	13800	464	466	0,00	0,00	0,33	0,13	0,33	0,13	0,33	0,09	0,35	0,14	0,35	0,16	0,22	0,32	0,22	0,22	S10	SS	S7	30	24
613091	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	46,7	13100	445	470	0,36	0,09	0,61	0,18	0,61	0,18	0,61	0,09	0,36	0,17	0,36	0,2	0,38	0,55	0,26	0,5	Ø	SS	Ø	30	24
613101	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	35,0	11100	424	431	0,70	0,19	0,00	0,18	0,70	0,19	0,70	0,17	0,29	0,24	0,29	0,22	0,39	0,64	0,21	0,21	Ø	SS	Ø	30	24
613111	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	54,5	13200	532	544	0,34	0,08	0,32	0,15	0,34	0,15	0,34	0,14	0,53	0,28	0,53	0,17	0,31	0,33	0,3	0,3	S10	GS	S7	30	24
613121	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	23,1	9200	416	444	0,54	0,12	0,64	0,19	0,64	0,19	0,64	0,2	0,68	0,42	0,68	0,26	0,46	0,62	0,36	0,36	Ø	Ø	Ø	18	24
613131	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	33,2	8800	437	454	0,50	0,15	0,46	0,13	0,50	0,15	0,50	0,22	0,49	0,38	0,49	0,19	0,46	0,52	0,68	1	S7	GS	S7	30	24
613141	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	36,1	9600	431	450	0,14	0,09	0,00	0,19	0,14	0,19	0,19	0,19	0	0,19	0	0,19	0,19	0,19	0	0	S13	SS	S13	30	24
613151	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	45,9	13800	458	470	0,08	0,09	0,00	0,14	0,08	0,14	0,14	0,12	0,16	0,27	0,2	0,12	0,27	0,14	0,11	0,11	S13	SS	S13	30	24
613161	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	39,4	11100	423	437	0,36	0,07	0,48	0,18	0,48	0,18	0,48	0,16	0,34	0,31	0,34	0,21	0,42	0,45	0,24	0,24	S7	SS	S7	30	24
613171	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	37,9	10200	420	436	0,70	0,18	0,00	0,18	0,70	0,18	0,70	0,16	0,34	0,25	0,34	0,25	0,41	0,65	0,22	0,22	Ø	SS	Ø	30	24
613181	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	71,5	16800	538	552	0,00	0,00	0,10	0,14	0,10	0,14	0,14	0,17	0,36	0,23	0,36	0,17	0,23	0,18	0	0	S13	SS	S13	30	24
613191	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	74,0	14800	525	527	0,18	0,11	0,26	0,06	0,26	0,11	0,26	0,04	0,06	0,1	0,06	0,21	0,3	0,26	0,39	0,39	S10	SS	S10	30	24
613201	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	56,6	13500	532	532	0,48	0,21	0,22	0,12	0,48	0,21	0,48	0,13	0,38	0,13	0,38	0,09	0,09	0,39	0,49	0,49	S7	SS	S7	30	24
613211	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	67,4	11600	474	493	0,10	0,05	0,22	0,13	0,22	0,13	0,22	0,12	0,14	0,19	0,14	0,12	0,19	0,22	0	0	S10	SS	S10	30	24
613221	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	59,2	12600	440	455	0,26	0,09	0,18	0,05	0,26	0,09	0,26	0,1	0,26	0,1	0,26	0,09	0,09	0,26	0,48	0,48	S10	SS	S10	30	24
613231	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	67,1	15400	513	520	0,26	0,05	0,00	0,13	0,26	0,13	0,26	0,15	0,47	0,22	0,47	0,16	0,26	0,29	0,25	0,25	S10	SS	S10	30	24
613241	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	35,8	9900	370	381	0,43	0,04	0,31	0,14	0,43	0,14	0,43	0,13	0,49	0,25	0,62	0,18	0,36	0,43	0,						

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot
613401	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	50,4	13800	508	523	0,22	0,09	0,16	0,10	0,22	0,10	0,22	0,13	0,27	0,21	0,27	0,13	0,2	0,22	0	0	S10	SS	S10	30	24	
613411	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	57,0	15700	540	553	0,60	0,19	0,10	0,15	0,60	0,19	0,60	0,16	0,17	0,18	0,2	0,18	0,32	0,56	0,16	0,16	S7	SS	Ø	30	24	
613421	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	59,0	14200	482	490	0,18	0,15	0,44	0,15	0,44	0,15	0,44	0,1	0,3	0,28	0,33	0,08	0,23	0,4	0,51	1	S7	SS	S7	30	24	
613431	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	54,0	12400	504	509	0,34	0,12	0,46	0,13	0,46	0,13	0,46	0,07	0,26	0,13	0,26	0,18	0,25	0,45	0,2	0,2	S7	SS	S7	30	24	
613441	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	60,7	16300	558	554	0,12	0,03	0,32	0,11	0,32	0,11	0,32	0,11	0,18	0,16	0,18	0,14	0,25	0,32	0,19	0,19	S10	SS	S10	30	24	
613451	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	24,7	8700	400	425	0,68	0,17	0,52	0,14	0,68	0,17	0,68	0,19	0,59	0,41	0,59	0,33	0,54	0,68	0,53	1	Ø	Ø	Ø	18	24	
613461	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	45,0	12100	460	470	0,44	0,16	0,00	0,15	0,44	0,16	0,44	0,12	0,48	0,18	0,48	0,19	0,37	0,44	0,3	0,5	S7	SS	S7	30	24	
613471	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	48,2	12000	508	520	0,68	0,20	0,17	0,20	0,68	0,20	0,68	0,08	0,3	0,11	0,3	0,23	0,39	0,68	0,22	0,39	Ø	SS	Ø	30	24	
613481	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	64,8	11900	420	452	0,00	0,00	0,24	0,13	0,24	0,13	0,24	0,16	0,31	0,22	0,31	0,16	0,22	0,15	0	0	S10	SS	S10	30	24	
613491	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	30,3	11200	429	450	0,65	0,18	0,20	0,19	0,65	0,19	0,65	0,17	0,33	0,26	0,33	0,24	0,42	0,57	0,26	0,26	Ø	SS	Ø	30	24	
613501	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	43,0	11300	409	411	0,21	0,09	0,27	0,11	0,27	0,11	0,27	0,13	0,38	0,16	0,38	0,13	0,25	0,27	0,12	0,12	S10	SS	S10	30	24	
613511	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	24,8	9600	481	517	0,58	0,05	0,00	0,19	0,58	0,19	0,58	0,2	0,55	0,2	0,55	0,23	0,23	0,55	0,23	0,23	S7	Ø	Ø	18	24	
613521	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	32,6	8200	420	443	0,00	0,00	0,18	0,22	0,18	0,22	0,22	0,2	0,43	0,2	0,43	0,2	0,2	0,21	0	0	S10	SS	S10	30	24	
613531	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	54,2	13300	470	485	0,42	0,13	0,24	0,10	0,42	0,13	0,42	0,1	0,21	0,1	0,21	0,1	0,1	0,42	0	0	S7	SS	S7	30	24	
613541	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	52,6	11600	472	481	0,24	0,08	0,16	0,05	0,24	0,08	0,24	0,02	0,07	0,03	0,07	0,09	0,16	0,24	0,13	0,22	S10	SS	S10	30	24	
613551	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	52,4	11700	451	451	0,47	0,16	0,00	0,17	0,47	0,17	0,47	0,15	0,2	0,15	0,2	0,18	0,32	0,47	0,19	0,33	S7	SS	S7	30	24	
613561	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	43,4	10500	475	507	0,50	0,09	0,00	0,15	0,50	0,15	0,50	0,15	0,55	0,29	0,55	0,15	0,29	0,5	0	0	S7	GS	S7	30	24	
613571	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	33,3	10300	407	425	0,00	0,00	0,36	0,18	0,36	0,18	0,36	0,17	0,16	0,27	0,16	0,17	0,27	0,36	0	0	S10	SS	S7	30	24	
613581	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	39,2	9500	443	455	0,51	0,13	0,00	0,23	0,51	0,23	0,51	0,23	0,2	0,23	0,2	0,23	0,23	0,55	0,19	0,19	S7	SS	Ø	30	24	
613591	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	65,7	15200	492	496	0,00	0,00	0,28	0,10	0,28	0,10	0,28	0,11	0,25	0,24	0,25	0,15	0,35	0,27	0,2	0,2	S10	SS	S10	30	24	
613601	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	34,8	9200	428	437	0,51	0,15	0,32	0,18	0,51	0,18	0,51	0,18	0,48	0,18	0,48	0,19	0,39	0,49	0,26	0,44	S7	SS	Ø	30	24	
613611	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	41,4	10800	430	446	0,31	0,12	0,18	0,22	0,31	0,22	0,31	0,16	0,52	0,2	0,52	0,2	0,28	0,29	0,13	0,13	S10	Ø	S10	30	24	
613621	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	39,5	12800	470	482	0,55	0,07	0,32	0,19	0,55	0,19	0,55	0,17	0,66	0,17	0,66	0,24	0,24	0,55	0,3	0,3	S7	SS	Ø	30	24	
613631	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	38,7	10000	418	423	0,33	0,05	0,12	0,14	0,33	0,14	0,33	0,14	0,47	0,26	0,47	0,16	0,28	0,33	0,36	0,36	S10	SS	S7	30	24	
613641	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	36,2	9400	440	464	0,31	0,11	0,33	0,17	0																	

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske	Opt. vred		
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot	tKAR
613811	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	26,1	10100	468	474	0,71	0,26	0,24	0,21	0,71	0,26	0,71	0,24	0,85	0,35	0,85	0,29	0,56	0,7	0,34	0,64	Ø	Ø	Ø	30	24		
613821	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	37,6	11200	466	472	0,55	0,16	0,00	0,20	0,55	0,20	0,55	0,2	0,51	0,2	0,51	0,3	0,3	0,55	0,21	0,21	0,44	0,74	S7	Ø	Ø	30	24
613831	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	46,1	10500	490	515	0,24	0,13	0,52	0,11	0,52	0,13	0,52	0,12	0,48	0,28	0,59	0,21	0,38	0,47	0,44	0,74	S7	GS	Ø	30	24		
613841	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	58,9	12000	428	442	0,00	0,00	0,08	0,11	0,08	0,11	0,11	0,24	0,21	0,24	0,11	0,21	0,11	0	0	S13	SS	S13	30	24			
613851	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	18,3	9000	443	438	0,75	0,17	0,23	0,22	0,75	0,22	0,75	0,18	0,64	0,35	0,64	0,29	0,37	0,75	0,34	0,34	Ø	Ø	Ø	18	24		
613861	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	32,9	10400	423	431	0,30	0,12	0,46	0,12	0,46	0,12	0,46	0,12	0,33	0,24	0,33	0,19	0,48	0,44	0,24	0,47	S7	SS	S7	30	24		
613871	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	48,8	10300	423	450	0,00	0,00	0,48	0,14	0,48	0,14	0,48	0,16	0,55	0,25	0,55	0,2	0,3	0,49	0,36	0,36	S7	GS	S7	30	24		
613881	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	32,1	10100	397	422	0,47	0,23	0,64	0,22	0,64	0,23	0,64	0,17	0,44	0,36	0,45	0,19	0,57	0,65	0,27	0,47	Ø	GS	Ø	30	24		
613891	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	31,2	9500	425	447	0,53	0,03	0,00	0,23	0,53	0,23	0,53	0,2	0,64	0,38	0,64	0,26	0,44	0,51	0,42	0,42	S7	Ø	Ø	30	24		
613901	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	47,1	11300	478	494	0,16	0,06	0,08	0,26	0,16	0,26	0,26	0,22	0,63	0,22	0,22	0,23	0	0	S10	GS	S10	30	24				
613911	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	18,6	9200	429	467	0,61	0,13	0,18	0,27	0,61	0,27	0,61	0,2	0,75	0,4	0,75	0,24	0,44	0,61	0,32	0,32	Ø	Ø	Ø	18	24		
613921	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	32,7	9100	376	384	0,21	0,11	0,23	0,13	0,23	0,13	0,23	0,16	0,57	0,3	0,57	0,18	0,32	0,2	0,35	0,35	S10	GS	S10	30	24		
613931	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	44,2	9800	427	446	0,32	0,17	0,14	0,19	0,32	0,19	0,32	0,12	0,31	0,39	0,34	0,14	0,59	0,32	0,55	1	S10	GS	S10	30	24		
613941	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	32,5	9100	389	409	0,36	0,09	0,51	0,19	0,51	0,19	0,51	0,17	0,62	0,28	0,62	0,23	0,43	0,51	0,34	0,6	S7	GS	Ø	30	24		
613951	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	41,7	13400	522	537	0,48	0,07	0,00	0,21	0,48	0,21	0,48	0,2	0,56	0,29	0,56	0,2	0,4	0,49	0,31	0,59	S7	GS	S7	30	24		
613961	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	27,1	9200	455	438	1,00	0,23	0,00	0,27	1,00	0,27	1,00	0,23	0,8	0,23	0,8	0,38	0,46	1	0,36	0,42	Ø	GS	Ø	30	24		
613971	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	41,9	12200	456	473	0,28	0,14	0,51	0,19	0,51	0,19	0,51	0,2	0,61	0,33	0,61	0,25	0,46	0,54	0,39	0,6	S7	Ø	Ø	30	24		
613981	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	41,0	10900	426	432	0,32	0,16	0,10	0,13	0,32	0,16	0,32	0,17	0,44	0,32	0,7	0,29	0,49	0,34	0,53	0,53	S10	GS	S10	30	24		
613991	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	49,8	13300	491	503	0,46	0,03	0,46	0,10	0,46	0,10	0,46	0,12	0,38	0,2	0,38	0,26	0,42	0,46	0,5	0,95	S7	SS	S7	30	24		
614001	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	40,7	10300	414	434	0,32	0,14	0,20	0,17	0,32	0,17	0,32	0,15	0,47	0,29	0,47	0,15	0,3	0,31	0,39	0,39	S10	SS	S10	30	24		
614011	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	41,9	9200	393	420	0,36	0,13	0,20	0,15	0,36	0,15	0,36	0,1	0,26	0,25	0,26	0,32	0,48	0,31	0,58	1	S10	SS	S7	30	24		
614021	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	41,8	11100	511	517	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,25	0,22	0,48	0,41	0,48	0,22	0,41	0,25	0	0	S10	GS	S10	30	24		
614031	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	40,2	11600	460	462	0,25	0,17	0,08	0,20	0,25	0,20	0,25	0,19	0,67	0,36	0,67	0,21	0,39	0,24	0,34	0,34	S10	Ø	S10	30	24		
614051	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	56,8	12600	467	472	0,00	0,00	0,10	0,20	0,10	0,20	0,20	0,15	0,39	0,27	0,39	0,15	0,27	0,17	0	0	S13	SS	S13	30	24		
614061	Abies alba	50x150	SLO	Inner Carniola	38,2	11900	460	483	0,54	0,07	0,08	0,21	0,54																		

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot
614231	Picea abies	50x150	SLO	Inner Carniola	35,6	9600	405	431	0,32	0,18	0,34	0,14	0,34	0,18	0,34	0,13	0,37	0,39	0,62	0,27	0,63	0,31	0,48	0,48	S10	Ø	S7	30	24	
623011	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	57,8	13500	451	491	0,47	0,04	0,32	0,16	0,47	0,16	0,47	0,13	0,4	0,2	0,4	0,1	0,17	0,48	0,46	0,46	S7	SS	S7	30	24	
623021	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	41,5	10400	425	444	0,31	0,13	0,51	0,16	0,51	0,16	0,51	0,09	0,27	0,23	0,5	0,2	0,38	0,51	0,23	0,23	S7	Ø	Ø	30	24	
623031	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	49,8	11200	434	442	0,16	0,13	0,24	0,11	0,24	0,13	0,24	0,06	0,12	0,15	0,12	0,17	0,37	0,24	0,53	0,53	S10	SS	S10	30	24	
623041	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	26,7	8400	423	436	0,57	0,07	0,08	0,23	0,57	0,23	0,57	0,2	0,46	0,39	0,46	0,16	0,38	0,53	0,64	1	S7	GS	Ø	30	24	
623051	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	34,0	11300	448	453	0,28	0,16	0,20	0,10	0,28	0,16	0,28	0,16	0,35	0,24	0,35	0,16	0,31	0,26	0,61	0,61	S10	SS	S10	30	24	
623061	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	40,1	11600	428	437	0,48	0,10	0,54	0,13	0,54	0,13	0,54	0,11	0,34	0,31	0,35	0,1	0,35	0,48	0,59	1	S7	SS	Ø	30	24	
623071	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	32,9	8700	381	395	0,40	0,12	0,60	0,18	0,60	0,18	0,60	0,12	0,39	0,26	0,39	0,29	0,49	0,54	0,56	1	S7	SS	Ø	30	24	
623081	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	53,3	12600	439	460	0,20	0,09	0,30	0,12	0,30	0,12	0,30	0,16	0,61	0,36	0,61	0,16	0,34	0,29	0,59	0,59	S10	Ø	S10	30	24	
623091	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	47,0	12400	433	440	0,00	0,00	0,26	0,08	0,26	0,08	0,26	0,08	0,19	0,13	0,19	0,05	0,09	0,26	0,66	1	S10	SS	S10	30	24	
623101	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	41,9	10100	402	422	0,16	0,09	0,32	0,13	0,32	0,13	0,32	0,09	0,26	0,26	0,49	0,1	0,35	0,3	0,51	1	S10	SS	S10	30	24	
623111	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	38,9	13200	495	505	0,00	0,00	0,50	0,14	0,50	0,14	0,50	0,11	0,38	0,27	0,54	0,16	0,35	0,46	0,49	0,88	S7	GS	S7	30	24	
623131	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	52,5	11900	427	440	0,00	0,00	0,37	0,13	0,37	0,13	0,37	0,07	0,25	0,21	0,25	0,06	0,16	0,34	0,57	1	S10	SS	S7	30	24	
623141	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	50,2	11700	425	456	0,39	0,07	0,20	0,15	0,39	0,15	0,39	0,13	0,42	0,32	0,42	0,12	0,29	0,42	0,51	0,91	S10	SS	S7	30	24	
623151	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	68,2	14500	497	520	0,38	0,02	0,00	0,14	0,38	0,14	0,38	0,15	0,48	0,26	0,48	0,18	0,29	0,35	0,39	0,39	S10	SS	S7	30	24	
623161	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	51,9	12700	477	481	0,16	0,13	0,32	0,09	0,32	0,13	0,32	0,09	0,28	0,22	0,39	0,18	0,18	0,32	0,51	0,96	S10	SS	S10	30	24	
623171	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	36,4	10800	415	421	0,37	0,14	0,08	0,16	0,37	0,16	0,37	0,13	0,35	0,27	0,35	0,29	0,46	0,41	0,52	0,52	S10	SS	S7	30	24	
623181	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	33,6	10900	442	453	0,00	0,00	0,52	0,16	0,52	0,16	0,52	0,12	0,38	0,31	0,38	0,23	0,49	0,48	0,43	0,83	S7	SS	Ø	30	24	
623191	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	61,2	13300	427	449	0,20	0,10	0,27	0,10	0,27	0,10	0,27	0,13	0,37	0,2	0,37	0,13	0,21	0,18	0,41	0,41	S10	SS	S10	30	24	
623201	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	31,4	9700	419	445	0,46	0,10	0,16	0,15	0,46	0,15	0,46	0,15	0,44	0,42	0,55	0,16	0,38	0,42	0,51	0,95	S7	Ø	S7	30	24	
623211	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	59,3	14600	475	480	0,14	0,05	0,28	0,12	0,28	0,12	0,28	0,08	0,21	0,26	0,35	0,11	0,38	0,26	0,59	1	S10	SS	S10	30	24	
623221	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	58,3	12600	446	468	0,00	0,00	0,21	0,10	0,21	0,10	0,21	0,11	0,25	0,19	0,25	0,11	0,19	0,21	0	0	S10	SS	S10	30	24	
623231	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	40,3	9500	390	398	0,18	0,13	0,25	0,12	0,25	0,13	0,25	0,09	0,09	0,19	0,09	0,15	0,31	0,16	0,39	0,64	S10	SS	S10	30	24	
623241	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	47,7	12400	499	504	0,00	0,00	0,41	0,14	0,41	0,14	0,41	0,1	0,36	0,1	0,36	0,23	0,23	0,42	0,35	0,35	S7	SS	S7	30	24	
623251	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia</																										

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske		Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot
623421	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	64,7	14400	465	489	0,20	0,10	0,24	0,13	0,24	0,13	0,24	0,08	0,23	0,13	0,23	0,07	0,16	0,2	0,5	0,5	S10	SS	S10	30	24		
623431	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	56,1	15200	529	548	0,08	0,07	0,35	0,19	0,35	0,19	0,35	0,12	0,23	0,2	0,23	0,14	0,28	0,35	0,5	0,5	S10	SS	S7	30	24		
623441	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	59,0	13600	524	529	0,27	0,12	0,17	0,08	0,27	0,12	0,27	0,12	0,4	0,21	0,4	0,12	0,22	0,25	0,46	0,79	S10	SS	S10	30	24		
623451	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	44,4	12100	439	449	0,31	0,16	0,33	0,16	0,33	0,16	0,33	0,16	0,44	0,31	0,45	0,17	0,38	0,35	0,45	0,74	S10	SS	S7	30	24		
623461	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	36,0	8800	427	445	0,00	0,00	0,44	0,10	0,44	0,10	0,44	0,13	0,32	0,47	0,61	0,1	0,68	0,44	0,64	1	S7	Ø	S7	30	24		
623471	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	33,2	9900	432	450	0,28	0,17	0,42	0,12	0,42	0,17	0,42	0,11	0,38	0,28	0,38	0,31	0,54	0,4	0,51	0,86	S7	SS	S7	30	24		
623481	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	27,1	8400	431	454	0,18	0,12	0,37	0,17	0,37	0,17	0,37	0,11	0,29	0,32	0,3	0,12	0,46	0,37	0,61	1	S10	SS	S7	30	24		
623491	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	50,3	13700	434	472	0,38	0,07	0,36	0,11	0,38	0,11	0,38	0,12	0,38	0,29	0,38	0,11	0,28	0,39	0,41	0,41	S10	SS	S7	30	24		
623501	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	44,5	11700	458	473	0,20	0,17	0,31	0,17	0,31	0,17	0,31	0,13	0,31	0,24	0,31	0,13	0,36	0,31	0,43	0,61	S10	SS	S10	30	24		
623511	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	44,5	11700	440	477	0,08	0,13	0,56	0,17	0,56	0,17	0,56	0,11	0,38	0,28	0,38	0,16	0,55	0,54	0,59	1	S7	SS	Ø	30	24		
623521	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	30,9	9400	406	428	0,40	0,13	0,20	0,15	0,40	0,15	0,40	0,09	0,24	0,24	0,24	0,24	0,49	0,41	0,45	0,78	S7	SS	S7	30	24		
623531	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	51,3	11400	424	422	0,24	0,06	0,30	0,09	0,30	0,09	0,30	0,09	0,24	0,23	0,24	0,06	0,29	0,3	0,62	1	S10	SS	S10	30	24		
623541	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	49,2	11800	420	424	0,35	0,17	0,10	0,15	0,35	0,17	0,35	0,1	0,2	0,14	0,36	0,2	0,3	0,29	0,31	S10	SS	S7	30	24			
623551	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	52,6	12000	452	458	0,00	0,00	0,45	0,13	0,45	0,13	0,45	0,1	0,32	0,22	0,32	0,09	0,2	0,44	0,45	0,45	S7	SS	S7	30	24		
623581	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	36,7	11200	427	468	0,00	0,00	0,34	0,20	0,34	0,20	0,34	0,14	0,4	0,27	0,4	0,14	0,27	0,34	0	0	S10	SS	S7	30	24		
623591	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	43,4	11300	418	438	0,10	0,09	0,24	0,10	0,24	0,10	0,24	0,08	0,21	0,25	0,33	0,1	0,29	0,24	0,43	0,74	S10	SS	S10	30	24		
623611	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	56,7	12800	445	450	0,15	0,06	0,27	0,09	0,27	0,09	0,27	0,08	0,22	0,22	0,09	0,23	0,18	0,44	0,44	S10	SS	S10	30	24			
623621	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	33,7	8300	374	401	0,28	0,08	0,34	0,14	0,34	0,14	0,34	0,11	0,3	0,27	0,39	0,26	0,46	0,38	0,57	1	S10	SS	S7	30	24		
623631	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	43,2	11200	439	458	0,26	0,08	0,32	0,12	0,32	0,12	0,32	0,1	0,34	0,2	0,34	0,1	0,2	0,28	0,37	S10	SS	S10	30	24			
623641	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	59,6	13100	453	477	0,26	0,10	0,36	0,15	0,36	0,15	0,36	0,06	0,16	0,2	0,16	0,08	0,32	0,36	0,51	1	S10	SS	S7	30	24		
623651	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	41,9	9600	440	457	0,12	0,13	0,39	0,13	0,39	0,13	0,39	0,13	0,34	0,24	0,34	0,11	0,22	0,4	0,52	0,52	S10	SS	S7	30	24		
623661	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	25,2	10400	476	485	0,24	0,15	0,47	0,14	0,47	0,15	0,47	0,21	0,58	0,51	0,6	0,28	0,5	0,46	0,66	1	S7	Ø	S7	30	24		
623671	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	28,0	8200	411	429	0,38	0,13	0,00	0,16	0,38	0,16	0,38	0,21	0,49	0,32	0,49	0,21	0,32	0,38	0,49	0,49	S10	SS	S7	30	24		
623681	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	35,2	8500	371	382	0,28	0,08	0,24	0,09	0,28	0,09	0,28	0,06	0,19	0,21	0,34	0,08	0,29	0,28	0,39	0,39	S10	SS	S10	30	24		
623691	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	50,4																										

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"												Nosilci		Deske		Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot	tKAR	mKAR	DEB
623871	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	69,3	15900	512	533	0,36	0,07	0,20	0,17	0,36	0,17	0,36	0,14	0,39	0,26	0,39	0,13	0,22	0,37	0,53	1	S10	SS	S7	30	24				
623881	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	44,4	11300	398	432	0,10	0,03	0,35	0,15	0,35	0,15	0,35	0,1	0,28	0,23	0,28	0,06	0,19	0,36	0,57	1	S10	SS	S7	30	24				
623891	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	40,6	10900	409	437	0,46	0,03	0,38	0,09	0,46	0,09	0,46	0,12	0,33	0,22	0,33	0,08	0,15	0,4	0,57	1	S7	SS	S7	30	24				
623901	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	39,3	10100	414	418	0,32	0,13	0,49	0,14	0,49	0,14	0,49	0,12	0,35	0,35	0,58	0,23	0,43	0,46	0,51	1	S7	Ø	S7	30	24				
623911	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	37,0	9400	464	488	0,61	0,05	0,00	0,15	0,61	0,15	0,61	0,16	0,51	0,33	0,51	0,13	0,31	0,59	0,44	0,44	Ø	Ø	Ø	30	24				
623931	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	41,7	12300	461	453	0,40	0,17	0,36	0,16	0,40	0,17	0,40	0,19	0,46	0,3	0,46	0,21	0,43	0,36	0,41	0,7	S10	SS	S7	30	24				
623941	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	34,0	9600	384	400	0,18	0,12	0,51	0,13	0,51	0,13	0,51	0,09	0,32	0,28	0,4	0,21	0,42	0,46	0,59	1	S7	SS	Ø	30	24				
623951	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	40,1	9000	390	413	0,00	0,00	0,38	0,16	0,38	0,16	0,38	0,1	0,3	0,38	0,42	0,1	0,44	0,4	0,53	1	S10	GS	S7	30	24				
623961	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	39,0	8500	372	400	0,16	0,11	0,32	0,12	0,32	0,12	0,32	0,13	0,37	0,29	0,39	0,2	0,5	0,4	0,49	0,49	S10	SS	S10	30	24				
623971	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	42,9	9700	376	389	0,36	0,07	0,32	0,15	0,36	0,15	0,36	0,1	0,23	0,25	0,23	0,1	0,24	0,32	0,46	0,46	S10	SS	S7	30	24				
623981	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	41,9	10100	401	419	0,39	0,03	0,35	0,13	0,39	0,13	0,39	0,13	0,37	0,3	0,46	0,08	0,29	0,48	0,52	1	S10	SS	S7	30	24				
623991	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	54,3	13100	451	481	0,26	0,12	0,32	0,15	0,32	0,15	0,32	0,11	0,32	0,22	0,32	0,11	0,23	0,32	0,47	0,47	S10	SS	S10	30	24				
624001	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	63,4	15000	470	485	0,20	0,09	0,22	0,10	0,22	0,10	0,22	0,07	0,18	0,16	0,18	0,12	0,37	0,2	0,52	0,52	S10	SS	S10	30	24				
624021	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	29,4	10300	446	456	0,26	0,11	0,37	0,18	0,37	0,18	0,37	0,1	0,25	0,23	0,32	0,16	0,29	0,4	0,32	0,32	S10	SS	S7	30	24				
624031	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	55,6	12900	456	465	0,25	0,08	0,27	0,14	0,27	0,14	0,27	0,1	0,18	0,22	0,18	0,19	0,36	0,25	0,33	0,33	S10	SS	S10	30	24				
624041	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	39,7	11100	424	431	0,31	0,14	0,49	0,18	0,49	0,18	0,49	0,13	0,43	0,24	0,43	0,15	0,27	0,49	0,39	0,39	S7	SS	S7	30	24				
624051	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	40,8	9700	417	443	0,00	0,00	0,34	0,10	0,34	0,10	0,34	0,09	0,27	0,31	0,34	0,06	0,39	0,35	0,55	1	S10	SS	S7	30	24				
624061	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	45,3	9500	423	425	0,16	0,19	0,24	0,15	0,24	0,19	0,24	0,12	0,38	0,24	0,48	0,19	0,41	0,19	0,35	0,35	S10	SS	S10	30	24				
624071	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	46,5	10200	426	432	0,00	0,00	0,28	0,13	0,28	0,13	0,28	0,06	0,12	0,11	0,12	0,06	0,11	0,28	0,38	0,38	S10	SS	S10	30	24				
624081	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	47,5	11500	406	414	0,18	0,08	0,41	0,15	0,41	0,15	0,41	0,13	0,45	0,26	0,45	0,19	0,38	0,47	0,39	0,61	S7	SS	S7	30	24				
624091	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	49,3	13000	459	475	0,26	0,14	0,24	0,19	0,26	0,19	0,26	0,08	0,2	0,24	0,31	0,21	0,5	0,22	0,53	1	S10	SS	S10	30	24				
624101	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	52,0	10300	427	440	0,46	0,07	0,24	0,14	0,46	0,14	0,46	0,12	0,36	0,24	0,36	0,1	0,3	0,44	0,49	0,49	S7	SS	S7	30	24				
624111	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	35,2	10700	418	422	0,42	0,03	0,46	0,16	0,46	0,16	0,46	0,15	0,45	0,32	0,5	0,15	0,35	0,39	0,54	0,85	S7	Ø	S7	30	24				
624121	Picea abies	50x150	SLO	Slo. Carinthia	26,6	6200	371	386	0,14	0,17	0,45	0,17	0,45	0,17	0,45	0,12	0,36	0,34	0,36	0,09	0,8	0,47	0,53	1	S7	GS	S7	30	24				
624131	Picea abies	50x150</td																															

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske		Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot	tKAR
633041	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	53,4	14000	449	476	0,46	0,16	0,08	0,16	0,46	0,16	0,46	0,17	0,3	0,24	0,3	0,22	0,39	0,48	0,21	0,21	S7	SS	S7	30	24		
633051	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	65,5	13900	469	494	0,26	0,09	0,24	0,12	0,26	0,12	0,26	0,12	0,37	0,15	0,37	0,12	0,22	0,22	0,16	0,16	S10	SS	S10	30	24		
633061	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	23,3	7800	432	483	0,67	0,12	0,65	0,22	0,67	0,22	0,67	0,22	0,78	0,26	0,87	0,29	0,52	0,67	0,34	0,47	Ø	GS	Ø	18	24		
633071	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	41,0	13600	537	563	0,42	0,15	0,54	0,19	0,54	0,19	0,54	0,11	0,45	0,22	0,45	0,18	0,35	0,46	0,31	0,53	S7	SS	Ø	30	24		
633081	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	51,6	10400	417	434	0,54	0,20	0,08	0,18	0,54	0,20	0,54	0,18	0,49	0,21	0,49	0,18	0,34	0,52	0,19	0,19	S7	SS	Ø	30	24		
633091	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,6	11900	421	436	0,48	0,16	0,46	0,14	0,48	0,16	0,48	0,12	0,38	0,33	0,38	0,2	0,44	0,46	0,29	0,29	S7	Ø	S7	30	24		
633101	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	53,1	13500	498	504	0,50	0,13	0,00	0,11	0,50	0,13	0,50	0,11	0,12	0,14	0,12	0,14	0,25	0,5	0,15	0,15	S7	SS	S7	30	24		
633111	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	43,4	11900	456	469	0,00	0,00	0,46	0,14	0,46	0,14	0,46	0,12	0,45	0,3	0,45	0,18	0,46	0,46	0,31	0,5	S7	SS	S7	30	24		
633121	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	61,7	15100	505	523	0,18	0,08	0,12	0,15	0,18	0,15	0,18	0,16	0,38	0,25	0,25	0,16	0,25	0,24	0,39	0,39	S13	SS	S13	30	24		
633131	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	65,0	14700	522	524	0,50	0,17	0,10	0,08	0,50	0,17	0,50	0,09	0,36	0,09	0,36	0,24	0,24	0,5	0,19	0,19	S7	SS	Ø	30	24		
633141	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	21,3	8100	426	469	0,71	0,21	0,24	0,23	0,71	0,23	0,71	0,23	0,4	0,38	0,4	0,25	0,38	0,69	0,26	0,26	Ø	GS	Ø	18	24		
633151	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	62,0	16400	527	558	0,00	0,00	0,28	0,15	0,28	0,15	0,28	0,06	0,26	0,06	0,26	0,06	0,06	0,28	0	0	S10	SS	S10	30	24		
633161	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	35,9	8700	403	408	0,18	0,06	0,08	0,15	0,18	0,15	0,18	0,14	0,33	0,24	0,33	0,14	0,24	0,14	0	0	S13	SS	S13	30	24		
633171	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	63,9	13900	477	501	0,32	0,12	0,00	0,00	0,32	0,12	0,32	0,15	0,57	0,15	0,57	0,17	0,17	0,18	0,29	0,29	S10	SS	S10	30	24		
633181	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	16,2	7600	461	485	0,74	0,22	0,00	0,30	0,74	0,30	0,74	0,26	0,89	0,3	0,98	0,31	0,42	0,74	0,32	0,32	Ø	GS	Ø	0	24		
633191	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	49,5	15400	549	547	0,36	0,17	0,26	0,15	0,36	0,17	0,36	0,04	0,15	0,04	0,15	0,16	0,16	0,36	0,2	0,2	S10	SS	S7	30	24		
633201	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	51,0	10600	427	457	0,76	0,24	0,76	0,25	0,76	0,25	0,76	0,13	0,53	0,13	0,53	0,29	0,29	0,76	0,27	0,27	Ø	SS	Ø	30	24		
633211	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	68,0	15300	496	497	0,30	0,09	0,26	0,10	0,30	0,10	0,30	0,03	0,13	0,03	0,13	0,13	0,13	0,28	0,13	0,13	S10	SS	S10	30	24		
633221	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	40,6	10100	447	476	0,44	0,13	0,62	0,26	0,62	0,26	0,62	0,14	0,52	0,25	0,52	0,25	0,35	0,68	0,36	0,36	Ø	GS	Ø	30	24		
633231	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	59,3	13300	454	465	0,00	0,00	0,18	0,13	0,18	0,13	0,18	0,14	0,25	0,14	0,25	0,14	0,14	0,14	0,14	0	0	S13	SS	S13	30	24	
633241	Abies alba	50x150	SLO	Central Slo.	32,2	11600	423	446	0,52	0,18	0,12	0,17	0,52	0,18	0,52	0,17	0,66	0,33	0,66	0,2	0,36	0,52	0,29	0,29	S7	Ø	Ø	30	24		
633251	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	42,5	12400	440	452	0,36	0,13	0,52	0,16	0,52	0,16	0,52	0,14	0,3	0,22	0,3	0,21	0,36	0,48	0,24	0,24	S7	SS	Ø	30	24		
633261	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	30,2	10700	425	448	0,62	0,16	0,68	0,16	0,68	0,16	0,68	0,15	0,58	0,36	0,58	0,23	0,55	0,65	0,32	0,63	Ø	Ø	Ø	30	24		
633271	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	75,1	15600	522	524	0,00	0,00	0,18	0,08	0,18	0,08	0,18	0,11	0,25	0,11	0,11	0,18	0	0	S13	SS	S13	30	24				
633281	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,8	11600	413	435	0,22	0,13	0,30	0,15</																			

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot
633461	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	56,7	15100	517	506	0,28	0,09	0,22	0,11	0,28	0,11	0,28	0,06	0,22	0,08	0,22	0,12	0,22	0,3	0,22	0,35	S10	SS	S10	30	24	
633471	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	26,4	9800	483	493	0,60	0,17	0,00	0,22	0,60	0,22	0,60	0,21	0,76	0,41	0,76	0,25	0,48	0,54	0,34	0,63	S7	Ø	Ø	30	24	
633481	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	46,2	12100	461	477	0,32	0,12	0,00	0,21	0,32	0,21	0,32	0,18	0,26	0,25	0,26	0,18	0,25	0,32	0	0	S10	SS	S10	30	24	
633491	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	66,1	14100	469	480	0,00	0,00	0,26	0,10	0,26	0,10	0,26	0,11	0,3	0,19	0,3	0,12	0,22	0,3	0,36	0,36	S10	SS	S10	30	24	
633501	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	83,0	18900	574	585	0,00	0,00	0,18	0,10	0,18	0,10	0,18	0,09	0,35	0,09	0,35	0,11	0,11	0,24	0,29	0,29	S13	SS	S13	30	24	
633511	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	34,5	10000	470	473	0,34	0,10	0,00	0,28	0,34	0,28	0,34	0,21	0,22	0,23	0,22	0,21	0,33	0,33	0,13	0,13	S10	SS	S7	30	24	
633521	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	66,9	15400	505	523	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,19	0,19	0,2	0,09	0,2	0,09	0,2	0,2	0,19	0	0	S13	SS	S13	30	24	
633531	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	40,8	10300	432	451	0,00	0,00	0,48	0,16	0,48	0,16	0,48	0,16	0,28	0,23	0,28	0,2	0,36	0,49	0,18	0,18	S7	SS	S7	30	24	
633541	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	27,8	10700	503	510	0,50	0,02	0,52	0,20	0,52	0,20	0,52	0,18	0,46	0,28	0,46	0,21	0,31	0,56	0,38	0,38	S7	SS	Ø	30	24	
633551	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	74,0	16200	499	518	0,26	0,17	0,00	0,10	0,26	0,17	0,26	0,1	0,09	0,12	0,21	0,26	0,15	0,15	S10	SS	S10	30	24			
633561	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	71,5	15900	520	533	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,16	0,16	0,14	0	0,14	0	0,14	0,14	0,16	0	0	S13	SS	S13	30	24	
633581	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	42,0	12000	461	475	0,00	0,00	0,48	0,13	0,48	0,13	0,48	0,11	0,45	0,11	0,45	0,21	0,21	0,48	0,29	0,29	S7	SS	S7	30	24	
633591	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	43,8	11200	433	433	0,20	0,05	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,09	0,34	0,13	0,34	0,14	0,24	0,3	0,28	0,47	S10	SS	S10	30	24	
633631	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	61,2	13400	455	457	0,32	0,10	0,00	0,10	0,32	0,10	0,32	0,09	0,13	0,13	0,13	0,15	0,35	0,32	0,18	0,18	S10	SS	S10	30	24	
633641	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	51,3	12800	446	462	0,00	0,00	0,63	0,16	0,63	0,16	0,63	0,12	0,45	0,24	0,45	0,21	0,33	0,61	0,33	Ø	SS	Ø	30	24		
633651	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	59,3	13400	448	471	0,36	0,15	0,40	0,17	0,40	0,17	0,40	0,12	0,06	0,24	0,06	0,12	0,23	0,4	0,38	0,38	S7	SS	S7	30	24	
633661	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	70,6	17000	549	561	0,00	0,00	0,20	0,10	0,20	0,10	0,20	0,11	0,1	0,14	0,1	0,11	0,21	0,18	0,19	0,19	S10	SS	S10	30	24	
633671	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	41,6	10100	502	509	0,54	0,05	0,26	0,17	0,54	0,17	0,54	0,16	0,63	0,31	0,87	0,25	0,44	0,56	0,35	0,56	S7	GS	Ø	30	24	
633681	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,5	13000	489	500	0,56	0,16	0,16	0,19	0,56	0,19	0,56	0,17	0,66	0,17	0,66	0,22	0,22	0,56	0,27	0,27	S7	SS	Ø	30	24	
633691	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	57,5	13300	504	517	0,40	0,08	0,40	0,18	0,40	0,18	0,40	0,16	0,51	0,26	0,51	0,17	0,31	0,36	0,39	0,69	S7	GS	S7	30	24	
633701	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	42,7	14700	540	546	0,22	0,12	0,00	0,12	0,22	0,12	0,22	0,12	0,06	0,14	0,06	0,12	0,23	0,24	0,12	0,12	S10	SS	S10	30	24	
633711	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	68,7	14200	466	487	0,12	0,09	0,24	0,10	0,24	0,10	0,24	0,07	0,27	0,15	0,27	0,12	0,26	0,26	0,31	0,41	S10	SS	S10	30	24	
633721	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,6	12100	411	433	0,00	0,00	0,24	0,10	0,24	0,10	0,24	0,1	0,28	0,24	0,28	0,13	0,33	0,3	0,3	0,56	S10	SS	S10	30	24	
633731	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	54,3	12400	478	494	0,28	0,10	0,10	0,19	0,28	0,19	0,28	0,16	0,44	0,3	0,44	0,16	0,31	0,24	0,42	0,82	S10	SS	S10	30	24	
633741	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	52,4	12600	479	494	0,16	0,09	0,30	0,11	0,30	0,11	0															

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske		Opt. vred						
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot	tKAR	mKAR	DEB	DAB	DEK	EBB
633921	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	46,7	12200	445	466	0,00	0,00	0,46	0,11	0,46	0,11	0,46	0,13	0,41	0,21	0,41	0,19	0,27	0,48	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	S7	SS	S7	30	24
633941	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,0	11500	465	473	0,66	0,02	0,38	0,18	0,66	0,18	0,66	0,13	0,45	0,38	0,45	0,15	0,4	0,59	0,42	0,78	Ø	GS	Ø	30	24							
633951	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	62,6	13200	468	468	0,00	0,00	0,16	0,08	0,16	0,08	0,16	0,09	0,19	0,17	0,19	0,09	0,17	0,08	0	0	S13	SS	S13	30	24							
633961	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	72,7	15100	499	510	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,12	0,12	0,12	0,1	0,12	0,1	0,12	0,12	0,13	0	0	S13	SS	S13	30	24							
633971	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	63,8	15600	537	546	0,08	0,06	0,24	0,10	0,24	0,10	0,24	0,11	0,14	0,17	0,14	0,11	0,16	0,24	0	0	S10	SS	S10	30	24							
633981	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	71,1	16000	515	528	0,18	0,03	0,08	0,08	0,18	0,08	0,18	0,11	0,19	0,2	0,19	0,11	0,2	0,11	0	0	S13	SS	S13	30	24							
633991	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	32,7	10300	460	462	0,50	0,15	0,00	0,23	0,50	0,23	0,50	0,21	0,69	0,38	0,69	0,24	0,4	0,46	0,38	0,38	S7	Ø	S7	30	24							
634001	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,3	10800	436	465	0,50	0,03	0,54	0,18	0,54	0,18	0,54	0,13	0,46	0,34	0,46	0,2	0,37	0,54	0,34	0,34	S7	GS	Ø	30	24							
634011	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	49,4	13400	470	483	0,38	0,14	0,50	0,17	0,50	0,17	0,50	0,17	0,45	0,23	0,45	0,19	0,35	0,46	0,69	S7	SS	Ø	30	24								
634021	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	72,2	14600	504	499	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,10	0,1	0,24	0,22	0,24	0,1	0,22	0,08	0	0	S13	SS	S13	30	24							
634041	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	46,5	10400	441	446	0,14	0,13	0,18	0,13	0,18	0,13	0,18	0,12	0,17	0,3	0,29	0,12	0,37	0,24	0,26	0,26	S13	SS	S13	30	24							
634051	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	48,6	13000	458	482	0,00	0,00	0,36	0,11	0,36	0,11	0,36	0,09	0,34	0,27	0,34	0,17	0,37	0,35	0,34	0,68	S10	SS	S7	30	24							
634061	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	58,6	12500	431	447	0,00	0,00	0,28	0,10	0,28	0,10	0,28	0,09	0,3	0,35	0,57	0,1	0,33	0,28	0,31	0,31	S10	Ø	S10	30	24							
634071	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	74,0	15600	511	516	0,00	0,00	0,18	0,07	0,18	0,07	0,18	0,1	0,16	0,21	0,32	0,1	0,27	0,2	0,22	0,22	S13	SS	S13	30	24							
634081	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	49,0	12100	473	496	0,00	0,00	0,44	0,12	0,44	0,12	0,44	0,12	0,41	0,12	0,41	0,2	0,29	0,44	0,41	0,53	S7	SS	S7	30	24							
634091	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	44,9	12200	475	510	0,52	0,05	0,12	0,18	0,52	0,18	0,52	0,13	0,35	0,32	0,45	0,22	0,47	0,52	0,47	0,79	S7	SS	Ø	30	24							
634101	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	27,6	9100	347	371	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,11	0,11	0,12	0,26	0,32	0,26	0,12	0,32	0,11	0	0	S13	SS	S13	30	24							
634111	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	34,8	11500	518	534	0,66	0,03	0,52	0,21	0,66	0,21	0,66	0,19	0,58	0,34	0,58	0,22	0,42	0,6	0,47	0,77	Ø	Ø	Ø	30	24							
634131	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	49,8	12000	414	447	0,18	0,16	0,00	0,20	0,18	0,20	0,20	0,16	0,35	0,29	0,35	0,16	0,29	0,19	0	0	S10	SS	S10	30	24							
634141	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,2	12000	502	509	0,00	0,00	0,44	0,17	0,44	0,17	0,44	0,15	0,51	0,22	0,51	0,19	0,22	0,41	0,42	0,42	S7	GS	S7	30	24							
634151	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	41,6	11000	447	468	0,67	0,17	0,20	0,23	0,67	0,23	0,67	0,14	0,3	0,22	0,3	0,19	0,33	0,58	0,22	0,22	Ø	SS	Ø	30	24							
634161	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	60,2	14200	477	504	0,00	0,00	0,24	0,08	0,24	0,08	0,24	0,09	0,25	0,2	0,25	0,13	0,29	0,26	0,41	0,69	S10	SS	S10	30	24							
634171	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	42,8	11600	465	483	0,39	0,13	0,32	0,13	0,39	0,13	0,39	0,11	0,35	0,21	0,35	0,2	0,25	0,44	0,34	0,34	S10	SS	S7	30	24							
634181	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	29,2	9100	433	450	0,00	0,00	0,51	0,19	0,51	0,19	0,51	0,19	0,54	0,52	0,54	0,19	0,51	0,42	0,25	0,25	S7	Ø	Ø	30	24							
634191	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	63,7	11000																														

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot
643181	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	58,7	12500	452	465	0,00	0,00	0,40	0,10	0,40	0,10	0,40	0,1	0,31	0,14	0,31	0,07	0,14	0,42	0,52	1	S7	SS	S7	30	24	
643191	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	39,3	8500	419	440	0,38	0,13	0,52	0,14	0,52	0,14	0,52	0,08	0,18	0,2	0,19	0,12	0,39	0,52	0,49	0,49	S7	SS	Ø	30	24	
643201	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,1	10400	468	492	0,38	0,06	0,77	0,16	0,77	0,16	0,77	0,23	0,67	0,29	0,67	0,28	0,47	0,76	0,51	0,51	Ø	GS	Ø	30	24	
643211	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	47,1	10800	405	420	0,28	0,14	0,36	0,10	0,36	0,14	0,36	0,12	0,3	0,28	0,3	0,18	0,35	0,33	0,61	1	S10	SS	S7	30	24	
643221	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,3	10600	433	456	0,54	0,05	0,70	0,18	0,70	0,18	0,70	0,17	0,57	0,34	0,62	0,24	0,49	0,7	0,38	0,75	Ø	Ø	Ø	30	24	
643231	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	48,5	10100	408	420	0,00	0,00	0,44	0,08	0,44	0,08	0,44	0,09	0,33	0,15	0,33	0,09	0,2	0,49	0,36	0,36	S7	SS	S7	30	24	
643241	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,8	8900	374	395	0,42	0,12	0,12	0,17	0,42	0,17	0,42	0,16	0,4	0,29	0,4	0,18	0,18	0,36	0,47	0,65	S7	SS	S7	30	24	
643251	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	32,9	8300	396	429	0,26	0,09	0,22	0,10	0,26	0,10	0,26	0,08	0,18	0,25	0,35	0,09	0,28	0,22	0,62	1	S10	SS	S10	30	24	
643261	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	32,2	9200	414	427	0,37	0,17	0,74	0,23	0,74	0,23	0,74	0,21	0,58	0,31	0,58	0,22	0,41	0,67	0,45	0,68	Ø	GS	Ø	30	24	
643271	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	22,5	8700	405	419	0,47	0,13	0,00	0,24	0,47	0,24	0,47	0,18	0,67	0,35	0,67	0,21	0,4	0,4	0,28	0,28	S7	Ø	S7	18	24	
643281	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,0	9400	390	418	0,55	0,05	0,16	0,14	0,55	0,14	0,55	0,22	0,76	0,35	0,76	0,32	0,44	0,55	0,39	0,39	S7	Ø	Ø	30	24	
643291	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	24,6	6500	413	433	0,30	0,10	0,38	0,09	0,38	0,10	0,38	0,07	0,22	0,21	0,28	0,1	0,25	0,29	0,51	1	S10	SS	S7	0	24	
643301	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	32,6	8600	444	460	0,16	0,11	0,50	0,09	0,50	0,11	0,50	0,15	0,44	0,37	0,44	0,13	0,47	0,58	0,53	1	S7	GS	S7	30	24	
643311	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	61,7	12800	447	461	0,00	0,00	0,34	0,14	0,34	0,14	0,34	0,09	0,28	0,26	0,3	0,11	0,29	0,32	0,35	0,35	S10	SS	S7	30	24	
643321	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	25,6	7700	479	490	0,65	0,11	0,00	0,21	0,65	0,21	0,65	0,21	0,58	0,37	0,58	0,21	0,38	0,63	0,33	0,33	Ø	Ø	Ø	30	24	
643331	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	31,3	5900	425	439	0,61	0,05	0,25	0,11	0,61	0,11	0,61	0,16	0,55	0,2	0,55	0,19	0,22	0,56	0,38	0,38	Ø	Ø	Ø	30	24	
643341	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	26,2	8800	434	458	0,44	0,16	0,52	0,14	0,52	0,16	0,52	0,13	0,39	0,31	0,39	0,29	0,47	0,52	0,52	1	S7	SS	Ø	30	24	
643351	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	54,8	13900	409	423	0,30	0,04	0,16	0,13	0,30	0,13	0,30	0,14	0,36	0,23	0,36	0,14	0,23	0,3	0,47	0,47	S10	SS	S10	30	24	
643361	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	58,9	10400	372	382	0,00	0,00	0,18	0,08	0,18	0,08	0,18	0,06	0,11	0,11	0,12	0,2	0,24	0,19	0,19	S13	SS	S13	30	24		
643371	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	58,2	11600	421	427	0,00	0,00	0,24	0,09	0,24	0,09	0,24	0,06	0,17	0,11	0,17	0,12	0,19	0,24	0,13	0,13	S10	SS	S10	30	24	
643381	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	27,6	7600	384	400	0,34	0,09	0,60	0,09	0,60	0,09	0,60	0,16	0,43	0,27	0,43	0,09	0,23	0,55	0,57	1	Ø	SS	Ø	30	24	
643401	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	61,6	11500	462	462	0,00	0,00	0,37	0,10	0,37	0,10	0,37	0,11	0,32	0,15	0,32	0,12	0,19	0,29	0,42	0,65	S10	SS	S7	30	24	
643411	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	30,1	9100	407	425	0,18	0,20	0,69	0,18	0,69	0,20	0,69	0,15	0,54	0,26	0,54	0,24	0,35	0,65	0,36	0,36	Ø	GS	Ø	30	24	
643421	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	54,5	12200	410	415	0,00	0,00	0,18	0,06	0,18	0,06	0,18	0,06	0,21	0,1	0,21	0,08	0,15	0,18	0,14	0,14	S13	SS	S13	30	24	
643431	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	38,7	9400	432	454	0,40	0,10	0,49	0,15	0,49	0,15	0,49															

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"										Nosilci		Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot
643601	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	29,0	7800	427	432	0,16	0,08	0,08	0,31	0,16	0,31	0,31	0,27	0,62	0,27	0,62	0,27	0,34	0,31	0,08	0,08	S10	GS	S10	30	24	
643621	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	46,2	11100	426	431	0,36	0,14	0,54	0,14	0,54	0,14	0,54	0,14	0,43	0,22	0,43	0,15	0,23	0,53	0,4	0,4	S7	SS	Ø	30	24	
643631	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	22,5	8200	397	418	0,62	0,14	0,40	0,16	0,62	0,16	0,62	0,2	0,53	0,41	0,53	0,18	0,51	0,61	0,59	1	Ø	Ø	Ø	18	24	
643651	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	35,9	9000	393	425	0,50	0,11	0,20	0,21	0,50	0,21	0,50	0,24	0,94	0,39	0,94	0,28	0,42	0,57	0,37	0,37	S7	Ø	S7	30	24	
643661	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	66,4	14600	509	515	0,08	0,05	0,00	0,12	0,08	0,12	0,12	0,12	0,22	0,23	0,22	0,12	0,23	0,12	0	0	S13	SS	S13	30	24	
643681	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,7	10400	416	437	0,08	0,03	0,41	0,18	0,41	0,18	0,41	0,12	0,37	0,31	0,37	0,14	0,35	0,4	0,41	0,71	S7	SS	S7	30	24	
643691	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	46,3	11600	491	503	0,26	0,07	0,15	0,13	0,26	0,13	0,26	0,11	0,42	0,11	0,42	0,27	0,33	0,15	0,15	0,23	S10	SS	S10	30	24	
643701	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	57,7	13700	469	474	0,22	0,05	0,00	0,11	0,22	0,11	0,22	0,11	0,37	0,2	0,37	0,12	0,21	0,18	0,34	0,34	S10	SS	S10	30	24	
643711	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	29,7	7400	337	345	0,28	0,05	0,16	0,06	0,28	0,06	0,28	0,1	0,41	0,12	0,41	0,14	0,23	0,37	0,21	0,34	S10	SS	S10	30	24	
643721	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	46,8	11300	477	494	0,38	0,17	0,55	0,16	0,55	0,17	0,55	0,14	0,38	0,29	0,38	0,24	0,57	0,54	0,34	0,61	S7	SS	Ø	30	24	
643731	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	28,4	9000	412	434	0,38	0,09	0,44	0,17	0,44	0,17	0,44	0,13	0,5	0,29	0,5	0,19	0,44	0,4	0,29	0,55	S7	Ø	S7	30	24	
643741	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	58,8	13300	450	460	0,12	0,04	0,34	0,09	0,34	0,09	0,34	0,07	0,2	0,13	0,2	0,14	0,34	0,3	0,28	0,48	S10	SS	S7	30	24	
643751	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	50,7	13800	480	494	0,24	0,04	0,34	0,11	0,34	0,11	0,34	0,15	0,35	0,24	0,35	0,15	0,27	0,32	0,49	0,79	S10	SS	S7	30	24	
643761	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	29,0	8700	409	431	0,30	0,09	0,48	0,15	0,48	0,15	0,48	0,1	0,39	0,29	0,39	0,16	0,31	0,44	0,3	0,3	S7	SS	S7	30	24	
643771	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	45,8	10600	409	428	0,33	0,06	0,10	0,11	0,33	0,11	0,33	0,12	0,5	0,14	0,55	0,13	0,21	0,31	0,06	0,06	S10	SS	S10	30	24	
643781	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	60,2	12100	427	437	0,16	0,06	0,00	0,13	0,16	0,13	0,16	0,13	0,29	0,13	0,29	0,13	0,13	0,13	0	0	S13	SS	S13	30	24	
643791	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	36,2	10200	414	427	0,41	0,14	0,39	0,16	0,41	0,16	0,41	0,07	0,26	0,15	0,26	0,23	0,31	0,4	0,34	0,34	S7	SS	S7	30	24	
643801	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	41,4	10400	413	429	0,56	0,19	0,10	0,12	0,56	0,19	0,56	0,13	0,39	0,23	0,41	0,22	0,29	0,54	0,37	0,37	S7	SS	Ø	30	24	
643811	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	28,8	11500	482	500	0,14	0,20	0,35	0,23	0,35	0,23	0,35	0,21	0,62	0,26	0,62	0,21	0,34	0,32	0,38	0,63	S10	GS	S7	30	24	
643821	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	58,7	14300	493	487	0,18	0,03	0,20	0,06	0,20	0,06	0,20	0,06	0,15	0,11	0,15	0,14	0,33	0,18	0,33	0,56	S10	SS	S10	30	24	
643831	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	29,8	8700	407	409	0,45	0,18	0,57	0,22	0,57	0,22	0,57	0,18	0,54	0,48	0,78	0,22	0,64	0,55	0,43	0,8	S7	Ø	Ø	30	24	
643841	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	25,2	8100	408	431	0,43	0,13	0,62	0,18	0,62	0,18	0,62	0,16	0,49	0,29	0,49	0,33	0,57	0,56	0,46	0,57	Ø	SS	Ø	18	24	
643851	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	65,6	14200	469	484	0,22	0,10	0,30	0,14	0,30	0,14	0,30	0,14	0,38	0,2	0,38	0,14	0,3	0,3	0,33	0,43	S10	SS	S10	30	24	
643861	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	42,0	11300	483	497	0,00	0,00	0,64	0,14	0,64	0,14	0,64	0,22	0,52	0,38	0,52	0,19	0,34	0,63	0,7	1	Ø	Ø	Ø	30	24	
643871	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	36,2	8900	457	425	0,28	0,15	0,08	0,16	0,28</td																	

ID	Dr. vrsta	Prerez	Drž.	Regija	f <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	ρ	ρcel	A1	A2	A3	A4	Apl	Abok	A	PROGRAM "WEB KNOT CALCULATOR"												Nosilci	Deske	Opt. vred	
																[ - ]	[ - ]	[mmxmm]	[ - ]	[ - ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	[ - ]	tKnot	mKnot
644041	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	40,1	8900	374	399	0,29	0,06	0,00	0,18	0,29	0,18	0,29	0,17	0,44	0,26	0,44	0,17	0,29	0,27	0,28	0,28	S10	SS	S10	30	24		
644051	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	26,1	10300	411	439	0,69	0,03	0,49	0,22	0,69	0,22	0,69	0,19	0,6	0,31	0,6	0,25	0,4	0,75	0,38	0,38	Ø	GS	Ø	30	24		
644061	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	47,1	10800	436	455	0,28	0,04	0,52	0,11	0,52	0,11	0,52	0,16	0,43	0,28	0,43	0,09	0,31	0,54	0,6	1	S7	SS	Ø	30	24		
644071	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	36,2	9100	412	431	0,25	0,09	0,37	0,14	0,37	0,14	0,37	0,13	0,28	0,28	0,13	0,33	0,42	0,22	0,22	S10	SS	S7	30	24			
644081	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	39,4	9800	406	432	0,34	0,18	0,34	0,20	0,34	0,20	0,34	0,18	0,51	0,36	0,78	0,18	0,41	0,34	0,41	0,41	S10	Ø	S7	30	24		
644091	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	39,7	8900	380	396	0,42	0,04	0,08	0,16	0,42	0,16	0,42	0,1	0,3	0,2	0,33	0,13	0,32	0,4	0,47	0,47	S7	SS	S7	30	24		
644101	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	37,0	9400	427	443	0,00	0,00	0,42	0,16	0,42	0,16	0,42	0,11	0,31	0,23	0,31	0,09	0,23	0,4	0,57	1	S7	SS	S7	30	24		
644111	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	53,3	12500	461	465	0,26	0,08	0,38	0,11	0,38	0,11	0,38	0,08	0,27	0,24	0,33	0,11	0,4	0,39	0,4	0,4	S10	SS	S7	30	24		
644121	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	36,8	10400	417	432	0,30	0,10	0,10	0,17	0,30	0,17	0,30	0,15	0,06	0,16	0,06	0,15	0,21	0,24	0,03	0,03	S10	SS	S10	30	24		
644131	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	31,1	10600	460	495	0,56	0,13	0,68	0,18	0,68	0,18	0,68	0,15	0,49	0,39	0,67	0,32	0,59	0,7	0,42	0,76	Ø	Ø	Ø	30	24		
644141	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	56,7	13800	499	512	0,36	0,11	0,10	0,17	0,36	0,17	0,36	0,14	0,11	0,17	0,11	0,14	0,27	0,31	0,17	0,17	S10	SS	S7	30	24		
644151	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	25,6	9200	399	423	0,48	0,15	0,18	0,16	0,48	0,16	0,48	0,18	0,59	0,27	0,59	0,19	0,28	0,48	0,35	0,35	S7	GS	S7	30	24		
644161	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	30,8	9700	413	422	0,43	0,14	0,33	0,13	0,43	0,14	0,43	0,12	0,22	0,21	0,22	0,21	0,46	0,39	0,29	0,51	S7	SS	S7	30	24		
644171	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	41,4	10200	420	455	0,60	0,03	0,30	0,13	0,60	0,13	0,60	0,15	0,52	0,39	0,52	0,18	0,43	0,54	0,38	0,74	S7	Ø	Ø	30	24		
644191	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	31,5	11500	453	475	0,34	0,18	0,57	0,17	0,57	0,18	0,57	0,13	0,47	0,24	0,47	0,21	0,34	0,57	0,29	0,29	S7	SS	Ø	30	24		
644201	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	49,3	12700	454	458	0,00	0,00	0,18	0,15	0,18	0,15	0,18	0,12	0,14	0,27	0,14	0,11	0,32	0,18	0,23	0,23	S13	SS	S13	30	24		
644211	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	41,7	10200	421	437	0,38	0,17	0,42	0,18	0,42	0,18	0,42	0,13	0,32	0,22	0,32	0,22	0,35	0,42	0,35	0,35	S7	SS	S7	30	24		
644221	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	18,7	6100	419	444	0,48	0,04	0,56	0,12	0,56	0,12	0,56	0,15	0,43	0,35	0,43	0,1	0,3	0,48	0,53	1	S7	GS	Ø	0	24		
644231	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	42,5	10400	431	441	0,00	0,00	0,59	0,13	0,59	0,13	0,59	0,13	0,49	0,2	0,49	0,18	0,25	0,53	0,34	0,34	S7	SS	Ø	30	24		
644241	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	13,9	6300	368	384	0,63	0,04	0,63	0,12	0,63	0,12	0,63	0,11	0,46	0,2	0,46	0,2	0,38	0,59	0,24	0,46	Ø	SS	Ø	0	24		
644251	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	27,0	8000	446	456	0,54	0,02	0,20	0,14	0,54	0,14	0,54	0,14	0,5	0,21	0,5	0,17	0,23	0,52	0,38	0,38	S7	Ø	Ø	30	24		
644261	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	29,5	6500	453	476	0,00	0,00	0,36	0,17	0,36	0,17	0,36	0,14	0,43	0,33	0,43	0,14	0,38	0,36	0,2	0,2	S10	Ø	S7	30	24		
644271	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	30,8	9600	458	475	0,52	0,17	0,00	0,15	0,52	0,17	0,52	0,2	0,62	0,38	0,62	0,22	0,43	0,52	0,43	0,83	S7	Ø	Ø	30	24		
644281	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	18,4	4800	397	406	0,22	0,17	0,51	0,17	0,51	0,17	0,51	0,13	0,49	0,31	0,49	0,18	0,35	0,5	0,33	0,33	S7	SS	Ø	0	24		
644291	Picea abies	50x150	SLO	Central Slo.	16,4	5500	433	443	0,50	0,18	0,62	0,1																			