


<p>Slika 1. Tvrdo?a drveta mo?e biti odre?ena paralelno sa vlakancima - popre?na tvrdo?a ili upravno na vlakanca - bo?na tvrdo?a.</p>

Tvrdo?a drveta predstavlja zna?ajan indikator kvaliteta i upotrebe drveta u gra?evinarstvu. Tu se prvenstveno misli na drvene podove odnosno parkete. Zbog svoje lepote, trajnosti, topline, lakog renoviranja i odr?avanja,

[podod drveta je postao savr?en i nezamenjiv materijal.](#)

Zapravo u ovoj oblasti primene nailazimo vrlo ?esto na podatke o tvrdo?i drveta. Tvrdo?a (engl. hardness, nem. h?te) drveta predstavlja otpor koje drvo pru?a prodiranju nekog drugog tvr?eg materijala u njegovu masu, odnosno zapreminu.

Prema pravcu dejstva sile, u odnosu na pravac protezanja vlakanaca, tvrdo?a mo?e biti odre?ena paralelno sa vlakancima - popre?na tvrdo?a ili upravno na vlakanca - bo?na tvrdo?a. Kod bo?ne tvrdo?e pravac dejstva sile mo?e biti upravan na prstenove prirasta - radijalna tvrdo?a ili tangenta na njih ? tangencijalna tvrdo?a (slika 1).

Za ispitivanje tvrdo?e drveta, danas se uglavnom koriste dve metode: metod po Brinelu i metod po Janki. Postupak ispitivanja tvrdo?e po Brinelu (standard SRPS EN 1534) se sastoji u utiskivanju u drvo ?eli?ne kuglice pre?nika 10 mm (slika 2). Uzorci za ispitivanje moraju biti prizmatini ?ije su stranice du?ine pribli?no 50 mm.

<p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">  </p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"> src="images/stories/gradjevinarstvo/54-dt25-02.jpg" width="181" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"/> </p>	<p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">  </p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"> src="images/stories/gradjevinarstvo/54-dt25-03.jpg" width="181" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"/> </p>
<p>Slika 2. Postupak odre?ivanja tvrdo?e po metodi Brinel-a</p>	<p>Slika 3: Otisak kod popre?ne</p>

tvrd?e po Brinelu

--

Odre?ivanje tvrdo?e se temelji na merenju otiska kuglice na povr?ini drveta po dejstvu sile od 1 kN odnosno 1000 N. Otisak se ostvaruje postavljanjem indigo papira izme?u kuglice i povr?ine drveta. Utiskivanje mora biti ravnomerno, tako da se optere?enje od 1 kN posti?e u prvih 15 3 sekunde.

Zbog stabilizacije otiska, narednih 25 5 sekundi, epruveta se dr?i

[podostignutim optere?enjem, a zatim se vr?i rastere?enje. Otisak kod popre?ne tvrdo?e je u vidu kruga, a kod bo?ne elipti?nog oblika. Na taj na?in se kod popre?ne tvrdo?e mernom opremom meri jedan pre?nik \(slika 3\), a kod bo?ne dva pre?nika otiska](#)

[podpravim uglom jedan u odnosu na drugi: jedan du? vlakanaca d1, a drugi upravno na vlakanca d2 \(slika 4\), sa ta?no?u od 0,2 mm.](#)

Posle preciznog merenja pre?nika, izra?unavanje tvrdo?e se vr?i po formuli:



Gde je: H_B - tvrdo?a po Brinelu, izra?ena u N/mm² ili MPa, F - sila od 1000 N, D - pre?nik kuglice - 10 mm, d - pre?nik otiska (popre?na tvrdo?a) ili srednji pre?nik ako je bo?na tvrdo?a u pitanju $d = (d_1 + d_2) / 2$ u mm.

Slabost Brinel-ove metode se ogleda u tome to je kod veoma tvrdih vrsta drve?a veli?ina otiska kuglice na povr?ini drveta relativno mala, pa postoji realna mogu?nost da se otisak na?e prete?no u zoni ranog ili kasnog drveta unutar jednog prstena prirasta, a time i da do?e do velike varijacije dobijenih rezultata zbog vrlo velike razlike u tvrdo?ama ovih dveju zona.

Da bi se na neki na?in ukolonili nedostaci Brinel-ove metode, slova?ki nau?nik Janka je predlo?io metod koja se sastoji u utvr?ivanju sile koja je potrebna da se ?eli?na kuglica pre?nika 11,284 mm utisne u drvo do polovine svog pre?nika od 5,642 mm (slika 5).

	
--	--

font-family: Arial, Verdana, sans-serif;" /></p> </td> </tr> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td align="center" width="220" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"><em style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;">Slika 4. Otisak kod tangencijalne tvrdo?e po Brinelu</td> <td align="center" width="220" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"><em style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;">Slika 5. Postupak odre?ivanja tvrdo?e po Janki metodi</td> </tr> </table> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Na taj na?in se ostvaruje otisak na povr?ini drveta od 1 cm² ili 100 mm². Tvrdo?a po Janki se isto izra?ava u N/mm² odnosno u MPa tako ?to se u odnos stave potrebna sila u N i povr?ina od 100 mm². Velika slabost ove metode je u prevelikoj dubini utiskivanja kuglice (skoro 6 mm ? slika 6), tako da su ? prednosti dobijene tvrdo?e bliske vrednostima ?vrsto?e na pritisak za istu vrstu drveta, anatomski pravac i vla?nost.</p> <table cellpadding="0" cellspacing="0" bgcolor="#ffffff" border="0" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; width: 100%;"> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td width="220" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"></p> </td> <td width="220" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"></p> </td> </tr> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td align="center" width="220" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"><em style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;">Slika 6. Otisak kod popre?ne tvrdo?e po Janki</td> <td align="center" width="220" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"><em style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;">Slika 7. Alati za odre?ivanje tvrdo?e drveta: levo za Brinelov metod, desno za metod po Janki</td> </tr> </table> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">U Evropi se najvi?e primenjuje Brinel-ov metod (EN 1534), a u Americi metod po Janki (ASTM D 1037-7). Prisutnost oba na?ina ispitivanja i uo?ene njihove slabosti nam govore da nijedan metod nije idealan. Smatra se da je Brinel-ov metod pogodniji za odre?ivanje tvrdo?e kod lak?ih, a Janki kod te?ih vrsta drve?a. Vrlo ?esto se kod uvoznih vrsta pojavljuju vrednosti tvrdo?e po Janki, ali ne u N/mm².</p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Naj?e?i na?in prikazivanja je u lb, lbf, ili lbf (pound force) jedinicama, a ?esto i u kgf (kilogram ? force) jedinici. 1 pound-force = 4,4482 N, a 1 kgf = 9,81 N. Ako je tvrdo?a drveta iskazana bez jedinice npr. samo kao broj 3500, onda se uglavnom misli na pound-force. U tom slu?aju tvrdo?a drveta u N/mm² iznosi: (3500 x 4,4482)/100 = 155,7 N/mm².</p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"><strong style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;">

font-size: 12px;">Tvrdo?a drveta predstavlja zna?ajan indikator kvaliteta i upotrebe drveta u gra?evinarstvu. Tu se prvenstveno misli na drvene podove, odnosno parkete. Zbog svoje lepote, trajnosti, topline, lakog renoviranja i odr?avanja, [podod drveta je postao savr?en i nezamenjiv materijal. Zapravo u ovoj oblasti primene nailazimo vrlo ?esto na podatke o tvrdo?i.</p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Pretra?uju?i internet prezentacije preduze?a, koje se bave proizvodnjom parketa, na?ene su velike nepravilnosti u prikazivanju ovog svojstva drveta. Ovaj podatak mo?e izazvati veliku konfuziju tako da niste sigurni kakvo drvo odnosno parket kupujete, tvrd ili mek. Naravno, svesni su prodavci da te brojke ne privla?e toliku pa?nju u pore?enju sa bojom, teksturom i drugim trendovima.</p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Zbog svega navedenog, veoma je bitno, pri predstavljanju?podataka o tvrdo?i drveta, navesti o kom metodu se radi, pri kojoj vla?nosti i gustini je vr?eno ispitivanje i ?to je najva?nije koja tvrdo?a je u pitanju ? popre?na ili bo?na.</p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Popre?na tvrdo?a kod drveta je za oko 30 do 40 % ve?a od bo?ne tvrdo?e \(radijalne i tangencijalne\). Drvo vla?nosti 12 % se, prema popre?noj tvrdo?i po Janki, mo?e podeliti na ?est skala. Prema toj skali proizilazi da su doma?e vrste vrlo meke do tvrde ?to je prikazano u tabeli.</p> <table cellpadding="2" cellspacing="0" bgcolor="#ffff90" border="0" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; width: 100%;"> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td colspan="3" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"><strong style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Tabela: Janka skala za popre?nu tvrdo?u pri 12 % vla?nosti drveta</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"><strong style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Opis</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"><strong style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Popre?na tvrdo?a \(N/mm²</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;"><strong style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Doma?e vrste drveta</p> </td> </tr> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Vrlo meko</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">< 35</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Beli bor, smr?a, jela, topola, lipa, vrba</p> </td> </tr> </table>](#)

style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Meko</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">od 35,1 do 50</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Ari♦, crni bor, javor, breza</p> </td>

</tr> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Srednje tvrdo</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">od 50,1 do 65</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Brest, bukva, hrast, jasen</p> </td>

</tr> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Tvrdo</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">od 65,1 do 100</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Grab, bagrem</p> </td>

</tr> <tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Vrlo tvrdo</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">od 100,1 do 150</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"></td> </tr>

<tr style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Tvrdo kao kost</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"> <p align="center" style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">preko 150</p> </td> <td style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif;"></td> </tr>

</table> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Me?utim, kod parketa je upravo va♦nija bo?na tvrdo?a.</p> <p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Radijalna i tangencijalna tvrdo?a imaju pribli♦no iste vrednosti, ali se kod♦poda♦od ?etinara ili prstenasto poroznih li♦?ara ispituje tangencijalna tvrdo?a, odnosno tvrdo?a na radijalnoj povr♦ini. Razlog tome le♦i u postojanju velike razlike u tvrdo?i kasnog i ranog drveta na tangencijalnoj povr♦ini, a samim tim i ve?e varijacije u kona?noj vrednosti.</p>

<p style="color: #4e4e4e; font-family: Arial, Verdana, sans-serif; font-size: 12px;">Treba znati da nisu sve uvozne vrste samim tim i tvr?e. Vrlo ?esto trgovci iz marketin♦kog interesa a ustvari iz nedostatka stru?nog znanja, reklamiraju uvozni parket npr. od drveta iroko kao veoma

