

Nastanek mraznih razpok pri drevju

Formation of frost cracks in trees

avtor prof. dr. dr.h.c. **Niko TORELLI**, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 LJUBLJANA

izvleček/Abstract

Opisan je mehanizem nastanka mraznih razpok kot ga je predlagal H. Müller-Thurgau in dokazal H. Kübler.

A description is given of mechanism of frost crack formation in tree as proposed by H. Müller-Thurgau and substantiated by H. Kübler.

Ključne besede: mrazno krčenje, mrazne razpoke, mrazna rebra, nastanek

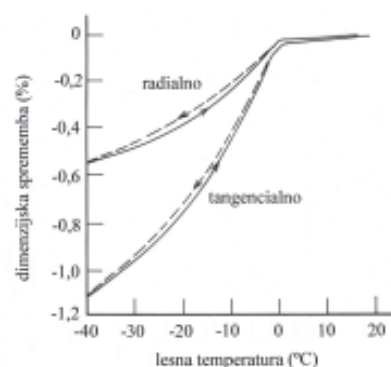
Keywords: frost-shrinkage, frost cracks, frost ribs, formation

Nastanek mrazne razpoke spremlja močan pok, podoben topovskemu. Pri tem nastane do več metrov dolga, v smeri debelne osi potekajoča *mrazna razpoka* (angl. *frost crack*, nem. *Frostriß* m) in kasneje mrazno rebro (angl. *frost rib*, *frost scar*, nem. *Frostleiste* f). Čeprav se mrazna razpoka proti koncu zime zapre (slika) in jo preraste kalus, se lahko naslednjo zimo spet odpre in tako večkrat zapored. Mrazno rebro je rezultat večkratnega kalusnega prekrivanja mrazne razpoke.

Radialne mrazne razpoke povzročijo natezne napetosti v tangencialni smeri. Razumevanje procesa nastanka mraznih razpok nekoliko otežuje obstoj v nasprotni smeri delujočih rastnih tlačnih napetosti. Vendar te delujejo pri normalni temperaturi. Müller-Thurgau je že 1886 (cit. iz Mayer-Wegelin et al. 1962) obrazložil nastanek mraznih razpok z "mraznim krčenjem" lesa zaradi "notranjega sušenja". Po njegovi hipotezi naj bi bilo krčenje lesa posledica izhajanja "imbibijske" (vezane) vode iz celičnih sten v celične lumne, potem ko je v njih zmrznila prosta (kapilar-

na) voda. Pri "mraznem" sušenju voda ne izhaja iz lesa!

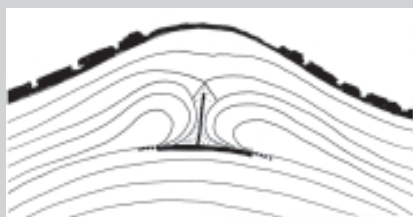
V tem kontekstu res lahko govorimo o "notranjem" in "zunanjem" sušenju. Slednjega lesarji prav dobro poznajo in ga izvajamo "na prostem" ali pa ga v sušilnicah programirano pospešimo s tehničnimi sredstvi (tehnično ali "umetno" sušenje). Učinek je v obeh primerih identičen: izločanje vezane vode iz celičnih sten in z njim povezano krčenje lesa z izrazito prečno krčitveno anizotropijo. Rezultat: značilne radialne



Slika 1. Sprememba radialnih in tangencialnih dimenzij pri ohlajevanju in segrevanju hrastovine (U=75 %)

(Risba po Schirpu in Küblerju 1968 iz Küblerja 1983)

razpoke. Čeprav Müller-Thurgau "iz-zmrznjenja" vode iz celične stene v celični lumen ni mogel prepričljivo dokazati, oziroma ga napraviti vidnega, njegove hipoteze desetletja niso mogli niti potrditi niti ovreči. Šele Kübler (1962) je dokazal, da parni tlak ledu z nižajočo se temperaturo pada hitreje kot parni tlak podhlajene vezane vode v celični steni. Višji parni tlak vode v celičnih stenah dejansko povzroči, da vlaga difundira proti ledu v celičnih lumnih. Z drugimi besedami, parni tlak žene vodo iz celične stene. Manj je vode v celični steni, močnejše jo veže nase



□ **Slika 2.** Nastanek radialne in tangencialne razpoke na mestu prerasle površinske mehanske poškodbe. Tangencialna razpoka je nad temnim zaščitnim lesom. Šibko mesto je tudi parenhimska "barierna cona" v podaljškju. Radialna razpoka poteka pravokotno na tangencialno razpoko oziroma zaščitni les in poteka med nesklenjenimi kalusnimi plastmi.



□ **Slika 3.** Mrazna razpoka, kalusno prekrivanje in nastanek mraznega rebra (risba po Küblerju 1988 iz Thomasa 2000)

stenska substanca in nižji je njen parni tlak. Ko migracija vlage in mrazno krčenje prenehata, se pri določeni temperaturi izenačita parna tlaka vode v celični steni in ledu. Hitrost notranjega sušenja lesa se s padajočo temperaturo zmanjšuje. Proces je reverzibilen (slika 1). Ko začne temperatura zmrznjenega lesa naraščati, led v celičnih lumnih sublimira in difundira nazaj v celično steno. Celične stene in z njimi les "mrazno" nabrekne (Kübler 1983).

Zdaj nastanka radialnih mraznih razpok ni težko pojasniti. Ohlajeni periferni del drevesa se "notranje" suši in "mrazno" krči, čemur se vlažna sredica upira. Na periferiji debela nastanejo natezne napetosti v tangencialni smeri. Kontrakcija perifernega lesa zaradi mraza napetosti še poveča. Šibko mesto, kjer deblo počí, so trakovi in (zarasle) poškodbe, ki so zapustile tangencialne in radialne razpoke (slika 2).

K pokanju so zlasti nagnjeni hrasti, platana, jesen, brest in jelka. Nastale razpoke so lahko sredi zime široke več centimetrov. Ob koncu zime se mrazne razpoke zaradi "mraznega" nabrekavanja zapro. Pri tem pomagajo tudi rastne tlačne tangencialne napetosti. Zaprto razpoko kalus lažje preraste. Včasih je treba več milih zim, da jo kalus dokončno preraste. V notranjščini razpoka seveda ostane.

Menjavajoče odpiranje in kalusno prekrivanje razpoke povzroči nastanek mraznega rebra (slika 3).

Mrazno sušenje in krčenje je vezano na mrtve celice. Kako pa preživijo hud mraz žive celice kambijeve cone, parenhimske celice beljave, celice v skorji in popkih? Skorja zadostuje le pri majhnem in kratkotrajnem znižanju temperature. Hudemu mrazu

kljubujejo žive celice na tri načine. Prvi je znižanje zmrzišča s kopičenjem sladkorjev, organskih kislin ali aminokislin v celici. Mehanizem varuje žive celice do temperature -1 ali -2 °C.

Nižjim temperaturam žive celice lesnih rastline kljubuje s sposobnostjo, da se celična vsebina podhladi, ne da bi zmrznila. Tako lahko drevje prenese temperature do -40 °C. To sposobnost pa si rastlina pridobi šele po nekajdnevem obdobju s temperaturo pod 5 °C. Tedaj se zgodijo v celici bistvene fiziološke spremembe. To pojasnjuje, zakaj lahko nenaden mraz na začetku zime brez prehodnega ohlajevanja povzroči smrt rastline, enak ali hujši mraz sredi zime pa ne. Še hujšemu mrazu pa drevje kljubuje z izločanjem vode iz celic v medcelične prostore, kjer zmrzne. Celice se izsušijo. Prvi pogoj je predhodno počasno ohlajevanje. V takšnem stanju pa rastline prenesejo temperature tudi do -196 °C. □

literatura

1. **Kübler, H.** 1962. Schwinden und Quellen des Holzes durch Kälte. Holz als Roh- und Werkstoff 20:364-368.
2. **Kübler, H.** 1983. Mechanism of frost crack formation in trees - a review and synthesis. Forest Sci. 29:559-568.
3. **Mayer-Wegelin, H., Kübler, H., Traber, H.** 1962. Über die Ursache der Frostrisse. Forstwissenschaftliches Centralblatt 61:129-137.
4. **Müller-Thurgau, H.** 1886. Über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Landwirtschaftliches Jahrbuch 15:453-610.
5. **Thomas, P.** 2000. Trees: their natural history. University press, Cambridge.