

## **PRILOGA I: Navodila za toplotno obdelavo (HT)**

### **1. Obseg**

To so navodila za toplotno obdelavo lesa v konvencionalnih toplotnih komorah (sušilnih pečeh), ki se običajno uporabljajo za sušenje lesa. Novejša tretiranja, kot so dielektrično segrevanje (npr. radijska frekvenca, mikrovalovi itn.), vroče vodne kopeli itn. niso del teh navodil, čeprav lahko z njimi dosežemo kombinacijo temperature in časa za uničevanje škodljivih organizmov. Posebne komore, na primer vakuumski ali kondenzacijski sušilniki itn., niso obravnavani v teh navodilih, vendar pa lahko nekaj opisanih razlag velja tudi za tovrstne sisteme.

### **2. Osnovne informacije o toplotni obdelavi in sušenju v peči**

Komercialni postopek uporabe toplote za sušenje lesa sega v začetek 20. stoletja, ko je rokopis strokovnjaka H. D. Tiemanna z naslovom *The Kiln-drying of Lumber, A Practical and Theoretical Treatise (Sušenje lesa v peči, praktična in teoretična razprava)* predstavil nekatere osnovne usmeritve pri uporabi toplote za proizvodnjo lesa z nižjo vsebnostjo vlage. S sušenjem les postane manj dovzeten do dimenzionalnih sprememb, ki se sčasoma pojavijo. Sušenje prav tako zmanjšuje občutljivost lesa na primarne razkrojevalce, plesni in glive modrivke ter zagotavlja, da les ostane suh dlje časa. Izboljša se čvrstost lesa, lažje se mehansko obdelava ter omogoči lažji in enostavnejši prevoz. Sušenje lesa v peči pogosto poveča vrednosti lesnih proizvodov.

Sušenje v peči je postopek znižanja vsebnosti vlage, ni pa jamstvo, da s temperaturo in trajanjem toplotne obdelave lesa dosežemo uničenje škodljivih organizmov. Vseeno pa je mogoče opise in praktične usmeritve, navedene v specifikacijah za sušenje v peči, uporabiti v kombinaciji z drugimi smernicami za toplotno obdelavo in s tem doseči najboljše prakse upravljanja postopkov. Čeprav nekateri postopki sušenja v peči morda ne dosežejo temperatur in časov obdelave za uničenje škodljivih organizmov, številni od njih presegajo zahteve za toplotno obdelavo, predvsem pri lesu iglavcev. Preverjanje, ali določen postopek izpolnjuje fitosanitarne zahteve, je ključno pri ugotavljanju njegove ustreznosti.

### **3. Toplotna obdelava kot fitosanitarni postopek**

V okviru standarda ISPM 15:2009 je toplotna obdelava postopek, kjer se doseže minimalna temperatura lesa 56 °C, ki se ohranja neprekinjeno vsaj 30 minut po vsem lesu. Ta specifikacija se je izkazala za učinkovito pri uničevanju večine karantenskih lesnih škodljivih organizmov v različnih stopnjah njihovega razvoja.

Uporaba toplote pri fitosanitarnem tretiranju lesa sega v začetek 90. let 20. stoletja, ko so nekatere države, zaskrbljene zaradi gibanja lesnih škodljivih organizmov, spoznale, da nekateri industrijski postopki segrevanja lesa v komercialne namene zadostujejo za uničenje različnih škodljivcev in ogorčic, ki napadejo drevesa, kot je na primer borova ogorčica, *Bursaphelenchus xylophilus*. Raziskave so potrdile, da 30-minutno segrevanje profila lesa, vključno z njegovo sredico, na minimalno temperaturo 56 °C učinkovito uniči zgoraj navedene škodljive organizme. Novejše študije so pokazale, da tovrstna toplotna obdelava prav tako uniči številne glivične organizme, ki jih povezujemo z lesom.

Toplotna obdelava kot fitosanitarni postopek ne zahteva zmanjšanja vsebnosti vlage in se vedno predpisuje kot minimalna temperatura lesa in za določen čas, ki se običajno merita v sredici posameznega kosa lesa, saj konvencionalna toplotna obdelava segreje les od zunaj navznoter. Toplotna obdelava dvigne temperaturo lesa, kar lahko povzroči majhno oziroma nično zmanjšanje vsebnosti vlage. Toplotno obdelan les lahko vsebuje vlago vse od zelenega (sveže posekan les) do suhega (vsebnost vlage je običajno pod 20 odstotki) lesa, odvisno od prvotne vsebnosti vlage ter trajanja in temperature tretiranja. Toplotna obdelava je lahko cenejša za uporabo od sušenja lesa v peči in, odvisno od končne uporabe, lahko običajno lesu doda vrednost, a pri tem ne zmanjša

stroškov prevoza, osnovanih na masi. Les, ki je bil toplotno obdelan brez zmanjšanja vsebnosti vlage, je pogosto občutljiv na napad sekundarnih organizmov. Ti običajno niso fitosanitarni problem, lahko pa zmanjšajo vrednost in omejijo končno uporabo lesa. Sprostitev maščobnih kislin in sterilizacija površine lesa s toplotno obdelavo prav tako omogoča infestacijo in rast vseprisotnih gliv plesnivk na površini lesa, predvsem če lesa površinsko ne sušimo. Glive plesnivke niso fitosanitarno vprašanje, vseeno pa lahko poslabšajo kakovost, odvisno od stopnje infestacije, in predstavljajo tveganje za zdravje ljudi.

Toplotna obdelava se doseže z nadzorom temperature v toplotni komori. Temperature komore, ki so potrebne za učinkovito tretiranje, so odvisne od:

- vrste in stanja komore za tretiranje,
- količine in smeri pritoka zraka prek zložaja lesa,
- vsebnosti vlage v zraku v okolici zložaja lesa med tretiranjem,
- začetne temperature lesa,
- vsebnosti vlage v lesu,
- gostote lesa,
- dimenzij lesa,
- vrst tretiranega lesa in
- količine toplote, uporabljene v komori, ki se določi z uporabljenim toplotnim sistemom.

Pretok zraka znotraj zaprte komore je odvisen od:

- zmogljivosti opreme v komori, da premika zrak,
- dimenzij tretiranega lesa,
- velikosti posode za vsesani zrak in
- stopnje oddaljenosti kosov lesa v zložaju.

Glede na vpliv zgoraj navedenih dejavnikov je toplotna obdelava odvisna od razvoja postopkov tretiranja, ki minimizirajo variacije teh komponent v posameznem in med različnimi tretiranjmi.

Večina shem toplotne komore temelji na vzdrževanju določenih temperatur suhega termometra in stopenj vlažnosti skozi celotno tretiranje posameznih vrst in velikosti lesa. Programi so pogosto natančno opisani v različnih navodilih za upravljanje komor (navodila za upravljanje sušilne peči, sheme toplotne obdelave, splošna navodila za upravljanje sušilne peči itn.). Operaterji komor navodila pogosto spremenijo in dopolnijo za izdelovanje določenih proizvodov, ki jih zahteva končni uporabnik.

Toplotna obdelava brez bistvenega zmanjšanja vsebnosti vlage lesa je odvisna od hitrega segrevanja lesa na minimalno temperaturo prek celotnega profila. Da bi dosegli te pogoje, mora biti razlika med mokrim in suhim termometrom (razlika v temperaturi med zrakom v okolici in temperaturo blizu 100 odstotkov relativne vlažnosti) kar najmanjša; običajno ne večja od 5 °C. Velik mokri termometer porablja energijo za izhlapevanje in ne za segrevanje lesa. Da bi dosegli pogoje, ki so potrebni za kar najhitrejše segrevanje lesa, operaterji sušilnih peči med sušenjem dodajajo v komoro vlago.

Nekatere sheme sušenja v peči ne dosežejo zahtevanih temperatur lesa, ki so potrebne za odpravo tveganja razvoja škodljivih organizmov (npr. 56 °C prek celotnega profila lesa vsaj 30 minut brez prekinitve), a izpolnjujejo industrijske standarde za sušenje lesa do kakovosti, ki jo želi proizvajalec. Na primer sheme, ki so osnovane na tretiranju ob nizkih temperaturah, kjer se les suši pri temperaturi zraka v komori približno 60 °C ali manj, lahko ne dosežejo temperature 56 °C v sredici lesa. Pogosto se tovrstne sheme uporabljajo za sušenje vrst trdega lesa ali proizvodov z visoko vrednostjo.

Najbolj praktičen in merljiv način določanja, ali je v postopku toplotne obdelave fitosanitarni standard dosežen, je uporaba več temperaturnih tipal na sredici reprezentativnih kosov lesa, ki so v predhodno

določenih območjih komore za tretiranje, za katere vemo, da so najhladnejša. Ta območja imenujemo hladne točke. Tako so tudi kosi lesa, ki se segrevajo najpočasneje znotraj zložaja lesa, ustrezno toplotno obdelani. Usmeritev in postavitev lesa v zložaju prav tako vpliva na lokacijo in velikost najhladnejših delov toplotne komore. Pri večini aplikacij je ta stopnja beleženja nepraktična in pogosto neutemeljena. V večini primerov je toplotna obdelava lesa premočrten postopek, ki je odvisen od lesa enakih dimenzij, debeline, vrste itn., in enake prostornine komore pri tretiranjih. Sheme lahko tako temeljijo na preizkusih lesa s specifičnimi lastnostmi ali uporabi temperaturnega tipala oziroma tipal na kosu lesa v tistih predelih toplotne komore, za katere je predhodno določeno, da potrebujejo največ časa, da dosežejo zahtevano temperaturo (tj. hladna točka).

Za toplotne komore, v katerih se tretira lesni pakirni material, kot so na primer palete, morda uporaba predhodno določenih shem ali posameznih tipal na predhodno določenih lokacijah ne bo ustrezna, če se dimenzija, vrsta in konfiguracija zložaja lesa razlikujejo med posameznimi postopki tretiranja. To predvsem velja za obrate, ki tretirajo popravljen ali ponovno proizveden lesni pakirni material.

Državne organizacije za varstvo rastlin (NPPO) morajo določiti specifične parametre tretiranja, vključno s postopki za merjenje učinkovitosti tretiranja in revizijo pooblaščenih proizvajalcev. Z navodili, ki so navedena v tej prilogi, se želi preveriti, ali je bil tretiran les podvržen ustreznemu segrevanju, kot to določa standard ISPM 15:2009. Navodila ne navajajo obsega, do katerega lahko NPPO predpiše zahteve posameznim proizvajalcem ali parametre, ki so potrebni za učinkovito revizijo teh standardov. Te mora določiti NPPO, ko določa vrsto obratov za toplotno obdelavo in obseg sofisticiranosti uporabljenih pristopov tretiranja.

#### 4. Opredelitve strokovnih izrazov, uporabljenih v teh prilogi

Posoda za vsesani zrak	Prostor med steno in stropom toplotne komore in tretiranim lesom, kamor vstopa zrak, ki prehaja prek zložaja lesa.
Hladna točka	Območje toplotne komore, kjer tretiran les najpočasneje doseže želeno temperaturo, kot to prikazuje spremljanje temperature na različnih točkah lesenega zložaja.
Suh termometer	Tipalo za merjenje temperature okolja.
Suh les	Les, ki ima vsebnost vlage manjšo od 20 odstotkov.
Nasičenje celičnih sten	Točka vsebnosti vlage v lesu, kjer ostane le voda, vezana v celičnih stenah.
Zeleni les	Les, ki ni bil sušen ali osušen in ima vsebnost vlage večjo od nasičenja celičnih sten za drevesne vrste.
Toplotna komora	Zaprta komora, ki se uporablja za toplotno obdelavo lesa.
Vsebnost vlage ( lesa)	Masa vode v lesu, izmerjena kot odstotek mase lesa, sušenega v peči.
Relativna vlažnost	Razmerje količine vodne pare v zraku v primerjavi s količino vodne pare, ki jo zrak lahko vsebuje.

Distančniki	Majhni kosi materiala, kot je na primer les iste velikosti, ki se uporabljajo za ustvarjanje prostora za prehajanje zraka prek lesenih površin. Imenovani tudi <i>bloki</i> ali <i>letvice</i> .
Moker termometer	Naprava za merjenje temperature, ki nastaja, ko voda izpareva in hladi tipalo.
Depresija mokrega termometra	Razlika med meritvami suhega in mokrega termometra.
Zložaj lesa	Količina lesa, vstavljenega v toplotno komoro za tretiranje.

## 5. Tehnične zahteve za toplotno obdelavo po standardu ISPM 15:2009

Naslednji sklopi opisujejo nekatere tehnične elemente, ki jih je treba upoštevati, da bi dosegli toplotno obdelavo po standardu ISPM 15:2009.

### 5.1 Toplotna komora

Toplotna komora je lahko sestavljena iz različnih materialov. Sestavni materiali ne smejo vplivati na njeno delovanje. Uporabijo se lahko različni viri toplote, vključno z zemeljskim plinom, nafto, elektriko, sončno energijo in biogorivi.

Večina toplotnih komor, ki se uporabljajo za sušenje v peči, deluje po načelu »svež zrak/sproščen zrak«. Zrak se segreva in dovaja v komoro s pomočjo ventilatorjev. Segret zrak se v komori izenači, s tem pa se v njej dosežejo enotne temperature. V številnih komorah so ventilatorji, ki premikajo zrak, na stropu (Slike 1–4); nekateri ventilatorji pa delujejo na eni izmed sten komore (Slika 5). V obeh primerih se segret zrak potiska prek zložaja lesa.

Pri toplotnih komorah, ki imajo vir umetne toplote, kot je nafta ali plin, mora biti toplotna komora dobro izolirana, da bi se zmanjšalo toplotne izgube in s tem ohranilo kar najbolj enakomerno porazdelitev toplote v komori ter zagotovilo konsistenco med različnimi tretiranjmi. Morda je potrebno uporabiti izolacijske pregrade tako na stenah in pod dnom. Izolacija lahko škodi toplotnim komoram, ki uporabljajo sončno energijo.

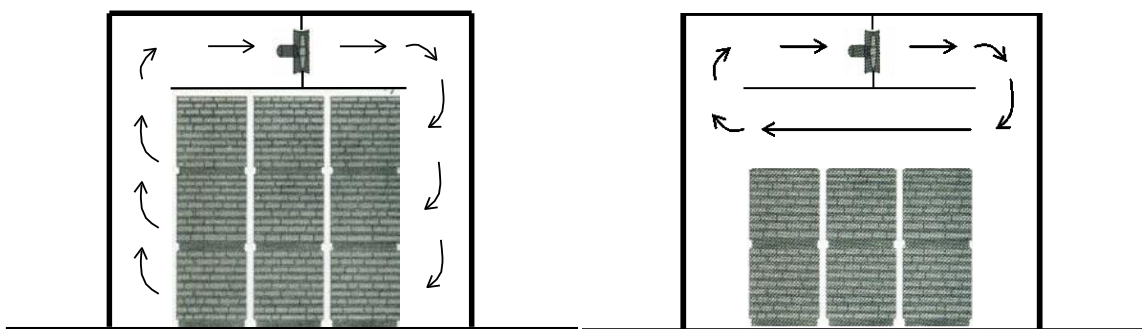
Konstrukcija komore lahko vpliva na učinkovitost tretiranja. Nekateri kriteriji, ki jih je treba izpolniti, so:

- Vrata toplotne komore ne smejo biti poškodovana in morajo biti zatesnjena, da preprečujejo uhajanje toplote iz komore.
- Sama komora mora biti zgrajena na način, ki minimizira toplotne izgube.
- Pretok zraka mora biti stalen prek zložaja lesa, oprema, ki usmerja pretok zraka, na primer lovilniki, mora biti na voljo in uporabljena.
- Ventilatorji morajo biti uporabljeni za kroženje zraka v komori.
- Ventilatorji morajo ustrezati zahtevam komore in delovati v skladu s specifikacijami proizvajalca. Če je ventilatorjev več, morajo vsi delovati na način, ki maksimira pretok zraka v isto smer.
- Prezračevanje v komori mora zagotavljati enotno porazdelitev temperature.
- Temperaturna tipala, vključno s kabli, morajo biti v ustreznem stanju delovanja.
- Ventili in motorji za obračanje ali spreminjanje pretoka zraka morajo ustrezno delovati.
- Nabiranje vlage na tleh je lahko znak, da obrat neustrezno meri vsebnost vlage, nima ustreznega kroženja zraka, ali je prišlo do drugih okvar, ki jih je treba odpraviti.

## 5.2 Polnjenje toplotne komore

Način, kako je toplotna komora napolnjena, vpliva na pretok zraka prek zložaja lesa in s tem na lokacijo hladnih točk v komori ter na les, ki je na teh hladnih točkah. Da bi zagotovili ustrezen pretok zraka prek zložaja lesa, je treba upoštevati naslednje:

- Zložaj lesa je treba dvigniti od tal, da bi omogočili učinkovit pretok zraka pod njim in tako preprečili vpliv hladnejših tal.
- Zložaj ne sme biti prevelik, da bi preprečil pretok zraka prek njegovega vrha.
- Posoda za vsesani zrak mora biti dovolj prostorna, da omogoči ustrezen, enakomeren pretok zraka prek zložaja lesa.
- Material, ki se ga tretira, mora biti enak (npr. samo palete ali samo deske), da se zagotovi enakomerna porazdelitev toplote. Če sušimo mešane predmete, kot so palete in zaboji, je težko doseči priporočeno temperaturo, prav tako pa tovrstno sušenje zahteva več temperaturnih tipal za potrditev ustreznega tretiranja.
- Zložaji žaganega lesa morajo biti postavljeni z distančniki oziroma z bloki med deskami. Distančniki morajo biti položeni vzporedno s smerjo pretoka zraka. Nekatere toplotne komore zahtevajo posebne perforirane bloke, ki zagotovijo ustrezen pretok zraka.
- Če komora ni naložena prek celotnega preseka, je treba vgraditi lovilnike, ki usmerjajo pretok zraka prek zložaja lesa (glejte tudi poglavje »Kroženje zraka«). Brez lovilnikov se bo zrak premikal po poti najmanjšega zračnega upora (Slika 1, desno). V tem primeru obstaja verjetnost, da operater komore napačno oceni čas, ki je potreben za doseganje temperatur sredice, saj se komora segreva precej hitreje kot les.



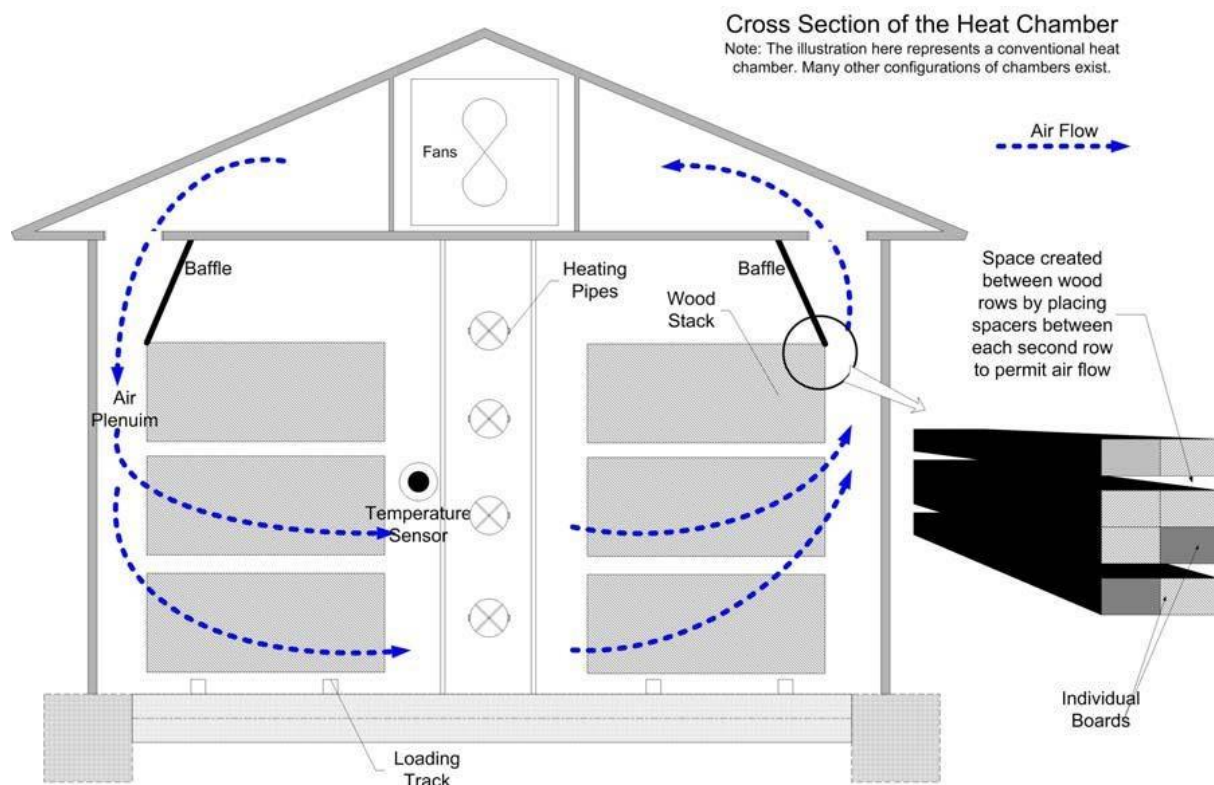
**Slika 1:** Shematski prikazi naložene toplotne komore z različnim kroženjem zraka. Levo: pri povsem naloženi komori (presek) zrak kroži prek celotnega zložaja in sušenje je enakomerno. Desno: v ne povsem naloženi komori (presek) zrak kroži prek zložaja lesa in les se ne segreva tako hitro zaradi praznega prostora v komori.

## 5.3 Kroženje zraka

Ventilatorji za kroženje zraka zagotavljajo nadzorovano gibanje segretega zraka znotraj komore. Pretok zraka je mogoče meriti z anemometri. Ti so lahko pritrjene enote, ki jih spremljajo sistemi komore ali pa ročno upravljane naprave, ki beležijo pretoke zraka poljubno in tako ugotavljajo, ali ventilatorji delujejo znotraj želenih parametrov. Minimalni pretok zraka 0,5 m/s velja za normalno delovanje komore.

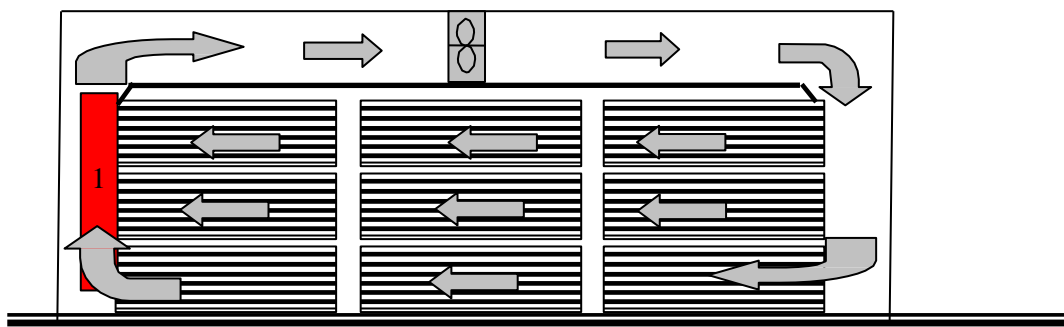
Ventilatorji morajo biti vgrajeni, da zagotavljajo pretok zraka v enaki smeri. Obrat pretoka zraka med tretiranjem pomaga zagotoviti enakomerno segrevanje vseh strani lesa, vendar ta funkcija ni nujna. Obratni pretok zraka zagotovi, da les na obeh straneh komore prejme zrak najvišje temperature. Ko zrak prehaja prek zložaja lesa, se ohlaja zaradi izhlapevanja vode iz lesa. Obratno delovanje ventilatorja skrajša čas tretiranja, s tem da zmanjša vpliv tega učinka ohlajanja na les na odvetni strani zložaja. Upravljanje komore z obratno smerjo delovanja ventilatorja vpliva na mesto, kjer se les najpočasneje segreva (t. i. hladna točka) in zato se priporoča, da se na to mesto postavijo temperaturna tipala (glejte tudi Slike 2–5). Če pa obratnega delovanja ventilatorja ni, se les lahko učinkovito tretira z

višjimi temperaturami okolice ali daljšimi časi tretiranja.

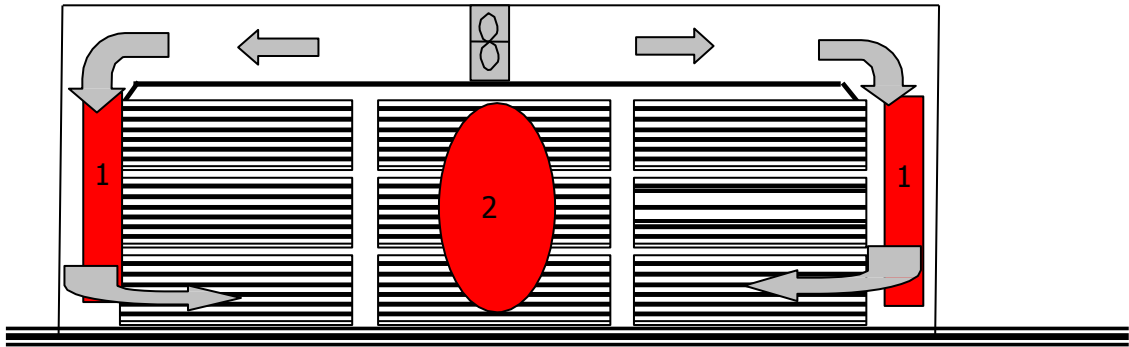


**Slika 2:** Vrsta toplotne komore s toplotnimi cevmi na sredi. Temperaturna tipala je treba postaviti na mesto, kjer zrak zapušča zložaj lesa in je zato najhladnejše.

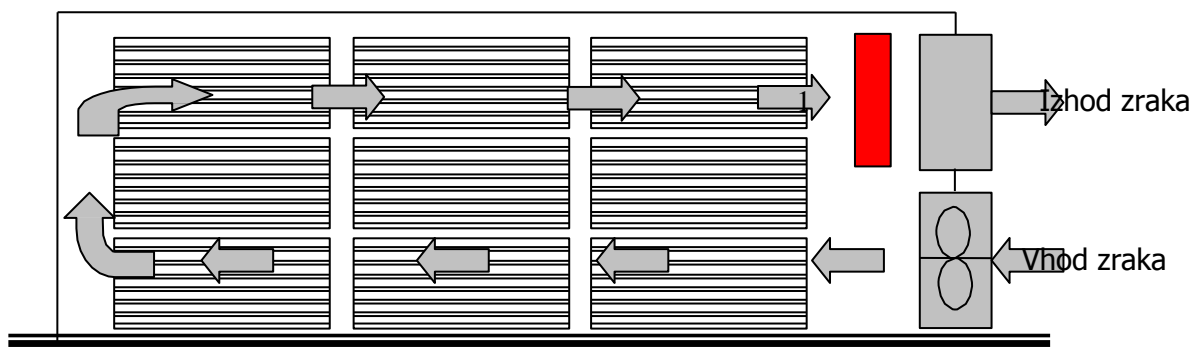
(Presečni prerez toplotne komore; Opomba: slika prikazuje konvencionalno toplotno komoro. Obstajajo številne druge konfiguracije komore. Ventilatorji; lovilnik; posoda za vsesani zrak; temperaturno tipalo; nosilec; toplotne cevi; zložaj lesa; lovilnik; pretok zraka; Prostor med vrstami lesa, ki se ga ustvari z distančniki med vsako drugo vrsto za pretok zraka; posamezne deske)



**Slika 3:** Toplotna komora, kjer so toplotne cevi postavljene z ventilatorjem nad zložajem lesa. Hladna točka je običajno najbližje izhodni strani zložaja, temperaturno tipalo pa je treba postaviti na mesto, kjer zrak zapušča zložaj lesa (označeno z »1«).



**Slika 4:** Toplotna komora, kjer je segrevanje dvosmerno. Če je shema tretiranja dolga, je lahko hladna točka na strani, kjer zrak izhaja iz lesa (označeno z 1). Temperaturna tipala morajo biti postavljena vzdolž sten komore. Če je shema krajša, so hladne točke običajno na sredini zložaja lesa (označeno z »2«), kamor je treba tudi postaviti tipala.



**Slika 5:** Toplotna komora, kjer se segrevanje izvaja na eni strani tal. Temperaturno tipalo je postavljeno na mesto, kjer zrak izhaja iz zložaja lesa (označeno z »1«).

Toplotna komora je lahko opremljena z lovilniki za nadzor pretoka zraka prek zložaja lesa. Lovilniki so običajno kosi platna, kovine ali lesa za regulacijo ali odbijanje pretokov zraka znotraj komore.

Distančniki se lahko uporabijo tudi za ločevanje plasti lesa in s tem povečajo enakomernost segrevanja. Distančniki morajo biti enotne velikosti, da zagotovijo enakomeren pretok zraka. Prav tako morajo biti položeni vzporedno s smerjo pretoka zraka. 20–30 mm distančniki se na primer pogosto uporabljajo za toplotno obdelavo trdega lesa, 30–50 mm distančniki pa za mehek les. Velikost distančnikov je odvisna od gostote in debeline tretiranega lesa. V nekaterih primerih, ko se tretira les majhnih dimenzij, je treba distančnike vgraditi med vsako drugo ali tretjo vrsto desk. Ustrezna debelina za določanje učinkovitosti tretiranja je v teh primerih szložajna debelina vseh kosov, ki so naloženi brez distančnikov. Če so na primer distančniki vstavljeni v razmiku treh vrst in je debelina posameznega kosa 20 mm, je celotna debelina tretiranega lesa 60 mm. Pogoji delovanja morajo tako upoštevati segrevanje lesa debeline 60 mm, da bi se vsem kosom zagotovilo stalno temperaturo 56 °C vsaj 30 minut prek celotnega profila lesa. Mogoče je tudi toplotno obdelati zložaj lesa brez distančnikov. Toda v teh primerih je določanje, ali so posamezni kosi učinkovito tretirani, odvisno od tega, ali so kosi v sredini zložaja lesa dovolj časa prejeli ustrezno segret zrak, da bi dosegli potrebne temperature prek profila vseh kosov lesa.

Distančniki običajno niso potrebni pri toplotni obdelavi izdelanega lesnega pakirnega materiala, kot so na primer palete. Odprtine, ustvarjene v konstrukciji palet zagotavljajo dovolj prostora za premikanje zraka. Vseeno so običajno potrebni lovilniki, ki zagotovijo ustreznost pretoka.

## 5.4 Prezračevanje

Prezračevanje toplotne komore se lahko uporabi za izčrpanje prekomerne vlage, ki se sprošča med tretiranjem. Vseeno je v zgodnji fazi segrevanja zaželeno ohraniti vlago zraka, ki pomaga dvigniti temperaturo zložaja lesa, kar skrajša celotni čas segrevanja.

## 5.5 Vlaženje zraka

Vsebnost vlage v lesu vpliva na zmožnost segrevanja lesa. Vlaga znotraj lesa pride na površje pri segrevanju, s tem pa ga ohladi, kar zahteva daljše segrevanje. Učinkovitost toplotne obdelave je tako odvisna od nekaterih lastnosti, ki vplivajo na vsebnost vlage v lesu, kot so:

- debelina lesa,
- gostota lesa,
- smer strukture lesa (les je bolj prepusten v vzdolžni smeri),
- strukturne nepravilnosti lesa.

Sistemi vlaženja zraka, ki uporabljajo vbrizgavanje pare ali enote, ki škropijo vodo v toplotno komoro, lahko pripomorejo pri zagotavljanju učinkovitega segrevanja, ko zrak prehaja prek zložaja lesa. Sheme tretiranja morajo upoštevati odstopanja v debelini, gostoti in začetni vsebnosti vlage v tretiranem lesu. Na primer, časi tretiranja za les višje gostote ali večje debeline so daljši od časov tretiranja manj gostih ali tankih kosov lesa.

## 6. Preverjanje ustreznosti tretiranja lesa/lesnega pakirnega materiala

Sheme tretiranja včasih uravnavajo avtomatski ali polavtomatski sistemi, ki spremljajo temperaturo in vlažnost v komori. Bolj običajne peči za sušenje potrebujejo spremljanje podatkov tipal, ki se zbirajo na zapisovalniku. Tipala zahtevajo rutinsko kalibracijo neodvisnih služb za testiranje ali drugih usposobljenih oseb v skladu s specifikacijami proizvajalca. To je potrebno za preverjanje skladnosti delovanja sistema med posameznimi tretiranjmi in znotraj določenih parametrov točnosti tipal. Tipala je mogoče enostavno kalibrirati s pomočjo vodnih kopeli različnih temperatur (vključno s temperaturami, ki bodo verjetno prisotne med tretiranjem) in drugo predhodno kalibrirano napravo za merjenje temperature. Razlike v točnosti tipal je treba upoštevati pri postopkih tretiranja, da preprečimo morebitne variacije z ustreznimi spremembami trajanja ali končnih temperatur segrevanja, ki so potrebne med tretiranjem. Na primer vrednosti kalibriranih tipal se lahko razlikujejo od 1 do 2 °C. To razliko je mogoče upoštevati pri razvoju kombinacij temperature in časa tretiranja lesa. Na primer v shemi je mogoče uporabiti že majhno prilagoditev časa ali temperature, da les doseže in ohranja temperaturo 56 °C vsaj 30 minut prek profila, ne glede na znana odstopanja danega tipala. Čeprav v določenih primerih to privede do prekomernega tretiranja nekaterih kosov lesa, so proizvajalci lahko prepričani, da ves les izpolnjuje fitosanitarne zahteve. Vseeno pa je maksimalno odstopanje tipal treba minimizirati in NPPO mora določiti meje. Spremembe tipal morajo upoštevati tudi vrsto tretiranja. Če se les 30 minut tretira pri 56 °C in se nato tretiranje prekine, mora biti variabilnost tipal precej nižja kot pri tretiranju za industrijske namene, kjer so temperature tretiranja precej večje od 56 °C precej dlje kot 30 minut, kot se pogosto izvaja pri sušenju lesa v peči.

### 6.1 Krmilniki toplotne komore

Krmilniki toplotne komore so računalniški sistemi, ki se odzivajo na temperaturna tipala, lesne sonde in drugo opremo peči za sušenje ter zagotavljajo, da tretiranje lesa sledi specifikacijam upravitelja komore. Krmilniki samodejno zaprejo lovilnike, obračajo delovanje ventilatorjev itn. glede na časovne meritve dogodkov ali maksimirane pogoje tretiranja. Večina krmilnikov toplotne komore je v stavbi poleg komore in je sposobna identificirati težave pri delovanju komore ter obveščati operaterja ali samostojno reševati probleme. Nekateri sofisticirani krmilniki ponovno zaženejo tretiranje v primeru napačnega delovanja (npr. izpad električne energije, okvara tipala itn.). Krmilniki komore tudi



beležijo podatke tretiranja, s katerimi preverjajo, ali je tretiranje zaključeno v skladu s specifikacijami operaterja. Čeprav je kompleksnost krmilnikov različna, mora operater po posvetu z NPPO določiti dokumentirane postopke za ravnanje v neobičajnih pogojih, ki jih lahko povzroči nepravilno delovanje opreme med tretiranjem. Ti vključujejo ponovni zagon tretiranja ali podaljšanje tretiranja za doseganje zahtevanih kombinacij temperature in časa. Kjer se v obratih uporabljajo objavljene sheme za tretiranje, morajo te vsebovati navodila za ravnanje v primeru napačnega delovanja opreme. Če sheme ne vsebujejo navodil, je treba tretiranje po popravilu opreme ponoviti.

## 6.2 Merjenje temperature

Obrati se razlikujejo glede na uporabljene pristope merjenja temperature med tretiranjem lesa. Nekateri toplotne komore uporabljajo tipala, ki se vstavijo v les za merjenje temperatur sredice med posameznim tretiranjem (glejte Poglavlje 6.5). Druge merijo temperaturo in relativno vlažnost zraka v komori, hladne točke ter druge dejavnike, ki so potrebni za oceno temperature sredice lesa. Zadnji sistem temperaturo tretiranja lesa določi glede na testiranje kalibracije, ki se izvede med začetnimi ponovitvami preverjanj temperature sredice v primerjavi s temperaturami, vlažnostjo in drugimi dejavniki v komori. Začetni sklop testnih tretiranj uporablja ustrezno število temperaturnih tipal, ki so postavljena v les na različnih točkah v komori (vključno in predvsem za določanje hladne točke (hladnih točk)). Ta tipala so vstavljena v sredico določene vrste lesa določenih dimenzij. Temperaturna krivulja tipal se nato primerja s stopnjami sprememb temperature, relativne vlažnosti itn. v komori za določanje »krivulje segrevanja« na podlagi teh dejavnikov. Nadaljnja tretiranja se lahko nato izvedejo z merjenjem lažje pridobljivih dejavnikov, kot so temperatura, relativna vlažnost komore itn., pod pogojem, da so pogoji delovanja nespremenjeni, vključno z vrsto lesa, dimenzijami, začetno vsebnostjo vlage, začetno temperaturo sredice lesa (za prilagoditev časa tretiranja na primer za zmrznjen les) itn. Drugi obrati lahko uporabljajo določene časovne/temperaturne sheme, ki so objavljene v raziskovalnih dokumentih, ki priporočajo določene temperature zraka okolice, krivulje relativne vlažnosti itn. za določene vrste in dimenzije lesa. Te sheme pogosto prekomerno tretirajo les, da bi upoštevale razlike v vrsti komore, delovnih pogojih itn., a vseeno dosežejo minimalno zahtevano temperaturo sredice in čas.

Naprave za merjenje časa so lahko enostavni fizični zapisovalniki temperature ali pa izpopolnjeni sistemi, ki uporabljajo računalniške programe in podatkovne dnevnike. Zapisji so lahko v obliki papirnih diagramov ali, vse pogosteje, računalniških podatkovnih baz, ki elektronsko beležijo informacije o tretiranju. Zapisje odčitkov tipal med tretiranjem je treba hraniti za preglede NPPO ali pooblaščenih služb za obdobja, ki ustrezajo času uporabe tretiranega lesa v mednarodni trgovini (npr. eno leto). Sisteme merjenja in beleženja morajo redno kalibrirati (npr. na letni ravni) pooblaščenim posameznikom (vključno s proizvajalci) ali organizacijam v skladu s specifikacijami proizvajalca, kot to določa Poglavlje 5. Oprema za merjenje temperature suhega in mokrega termometra mora biti ustrezno nameščena za pridobivanje točnih podatkov. Da bi zagotovili točna odčitavanja, tipala suhega termometra ne smejo biti postavljena preblizu virom toplote, ki bi lahko vplivali na meritve. Tipala mokrega termometra morajo biti postavljena v posodo za vsesani zrak.

Položaj tipal suhega termometra lesa mora biti izbran glede na mesto, kjer les potrebuje največ časa, da se segreje in s tem doseže ciljne temperature v sredici. V komorah z enosmernim pretokom zraka morajo biti tipala postavljena na strani, kjer zrak izhaja iz zložaja lesa. Če je uporabljen ventilator z obratno smerjo delovanja, čas intervala obratnega delovanja vpliva na mesto, kamor je treba postaviti tipala. Odvisno od lokacije grelnih cevi je to lahko na sredi zložaja lesa.

## 6.3 Število temperaturnih tipal

Če toplotno obdelavo določamo na osnovi temperaturnih tipal, vstavljenih v les, sta potrebni vsaj dve tovrstni tipali. Postaviti ju je treba v les, ki je v hladni točki komore. Kos lesa, kamor se vstavi tipalo, mora biti največji na najbolj oddaljeni točki od vira toplote, saj potrebuje več časa, da se segreje prek celotnega profila.

Če se uporabljajo posebne sheme tretiranja in delovanje komore temelji na temperaturnih tipalih, ki so nameščena v komori, je treba uporabiti vsaj en suh in en moker termometer oziroma dva suha termometra. Tipala suhega termometra je treba postaviti na hladno točko ali na izhodno stran zračnega pretoka.

Uporaba več tipal zagotavlja zaznavanje morebitnih mehanskih okvar tipala med tretiranjem. To je treba uporabiti tako za toplotne obdelave brez zmanjšanja vsebnosti vlage kot tudi pri postopkih sušenja v peči, ki vključujejo standard ISPM 15:2009. Ker je temperatura ciljni kriterij za ISPM 15:2009, druge meritve, kot na primer merjenje vsebnosti vlage v lesu, ne zagotavljajo potrditve tretiranja.

Če se smer pretoka zraka v komori rutinsko obrača med tretiranjem, je potrebnih več tipal za določanje mesta hladne točke ali prisotnosti več hladnih točk.

#### 6.4 Kalibriranje temperaturnih tipal

Temperaturna tipala komore in lesa je treba redno kalibrirati. Iz tehničnega zornega kota je smiselno kalibracijo izvesti vsaj enkrat letno. Običajno se ne kalibrira samo posameznega tipala, ampak celoten merilni niz (tipalo, kabel, zapisovalnik podatkov itn.). Kalibracijo je treba izvesti v skladu s specifikacijami proizvajalca, navodili pooblaščenih podjetij, ki izvajajo kalibriranje in testiranje, ali postopki, ki jih odobri NPPO. Kalibracija mora vključevati vsaj tri teste temperature, da bi se določila kalibracijska krivulja. Temperature, ki se uporabljajo med testiranjem, morajo predstavljati temperature, uporabljene med postopkom tretiranja (npr. 20 °C, 56 °C in 80 °C). Ledena ali vreła voda ni ustrezna za razvoj kalibracijske krivulje, ki predstavlja delovne temperature danega tipala.

#### 6.5 Temperaturna tipala za les

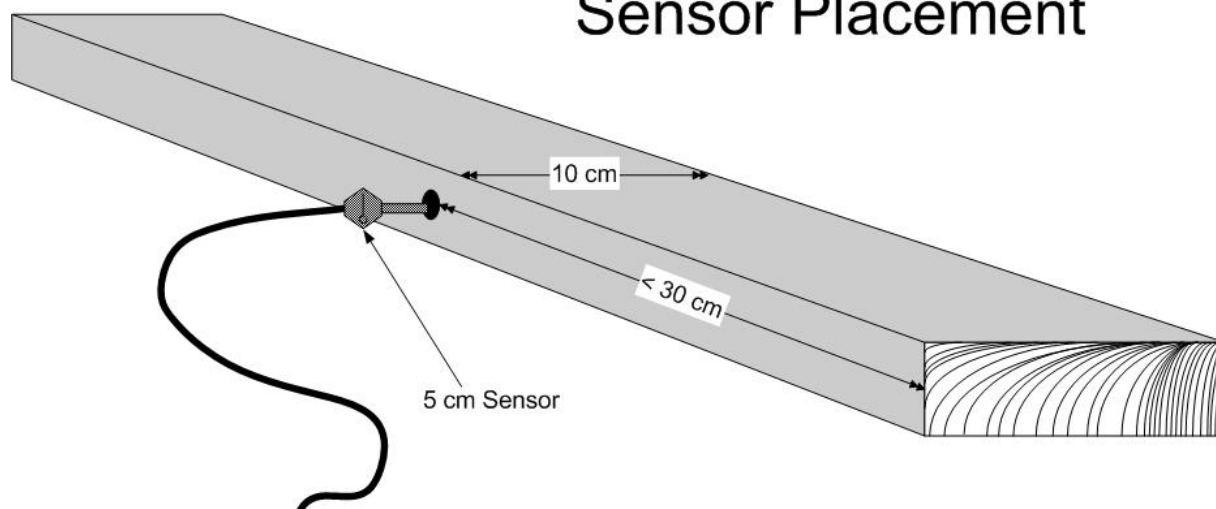
Če certifikacija tretiranega lesa ali lesnega pakirnega materiala temelji na tipalih, vstavljenih v les, mora NPPO določiti standarde za potrebno število tipal v posamezni konfiguraciji lesa v komori, da bi se zagotovilo tretiranje celotnega lesa v skladu s predpisanim standardom. Za merjenje in beleženje temperature lesa je treba uporabiti ustrezno število temperaturnih tipal za sredico. Nekateri NPPO priporočajo uporabo od petih do trinajstih tipal pri prvotnem odobritvenem postopku (testiranju) obrata. Velikost toplotne komore; vrsta, gostota in dimenzije tretiranega lesa; vir segrevanja; velikost in število hladnih točk v komori; hitrost ventilatorja; ali drugi dejavniki vplivajo na število temperaturnih tipal, ki je potrebno za učinkovito tretiranje lesa. Uporaba tipal omogoča oceno delovanja komore na nekaterih mestih in s tem določanje hladnih točk. Za učinkovito tretiranje vsega lesa v zložaju mora les na hladni točki doseči in zadržati temperaturo 56 °C vsaj 30 minut. Les, ki je na drugih mestih komore, bi v postopku tretiranja hitreje dosegel in zadržal temperaturo 56 °C vsaj 30 minut.

Po kalibraciji komore uporaba več temperaturnih tipal v sredici ni potrebna za vsako tretiranje. Vseeno pa je treba uporabiti vsaj dve tipali, kar omogoča hitro odkrivanje okvare enega, kot je to opisano v Poglavju 6.3. Uporaba tipala, ki je vstavljeno v sredico lesa največje debeline, postavljenega na hladno točko ali nekaj tipal, ki so postavljena na hladne točke, stalno zagotavlja doseganje fitosanitarnih zahtev. Po zaključku testiranja kalibracije se morajo vrste in dimenzije lesa ter konfiguracija zložaja lesa v toplotni komori ujemati z začetnimi testnimi tretiranjmi za izpolnjevanje fitosanitarnega standarda.

Pri uporabi temperaturnih tipal morajo biti ta tipala vstavljena v odprtine, zvrtnane v sredico lesa. Tipala morajo biti vstavljena v najtanjša mesta lesa vsaj 30 cm od konca deske ali na sredini deske, če je ta krajša od 1 m. Dolžina tipala mora biti ustrezna, da je konica na sredini lesa. Po potrebi je treba vsako odprtino zapolniti z materialom, ki preprečuje vstop zraka iz okolja, da bi preprečili morebitne negativne učinke na odčitavanje temperature.

Nekatere zasnove tipal (npr. tipala s kovinsko kapico) preprečujejo vstop zraka v odprtino in zato zapiranje odprtin ni potrebno. Slika 6 spodaj prikazuje navodila za postavitev tipala.

## Example of Temperature Sensor Placement



**Slika 6:** Primer postavitve temperaturnega tipala v leseno desko. (Primer postavitve temperaturnega tipala)

Pri tretiranju zložaja lesnega pakirnega materiala, kot so na primer palete, je potrebno biti pazljiv na ustrezno postavitve tipal, da bi se izognili prenosu toplote vzdolž kovinskih pritrdilnih elementov, kot so žblji, kar bi lahko vplivalo na integriteto temperature, ki jo je zabeležilo tipalo. Tipalo je treba postaviti vzporedno s kovinskimi pritrdilnimi elementi in vstaviti v kos lesa v enoto, za katero vemo, da potrebuje največ časa za toplotno obdelavo (npr. kos največjih dimenzij). Če so enote sestavljene iz proizvedenega in masivnega lesa, mora biti tipalo postavljeno na kos lesa največjih dimenzij. Deske je treba zvrtni in sondirati na najožjem delu, tako da je konica na sredini kosa. Pri postavitvi tipal je treba upoštevati strukturo zložaja lesa in lokacije odprtlin v lesnem pakirnem materialu, ki lahko povzročijo napačne odčitke temperature zaradi tipal, ki so postavljena na mesta neposrednega pretoka zraka.

Naslednja priporočila za tipala in kable zagotavljajo točno odčitavanje temperatur:

- Uporabiti je treba elektronska tipala (tekočinski termometri niso zanesljivi).
- Uporabljajo se uporovni termometri ali termočleni (pirometri, ki merijo toplotno sevanje, niso zanesljivi za merjenje temperatur prek profila).
- Idealen premer tipala je med 3 in 6 mm, tipala z manjšim premerom je težko upravljati.
- Priporočajo se okrogla tipala, pravokotna niso zaželena.
- Merilni element tipala mora biti na konici.
- Ohišje tipala mora biti izolirano, da bi se preprečil vpliv na merilni element.

### 6.6 Merjenje temperatur na hladni točki

Pogosto je pretok zraka v toplotni komori neenakomeren zaradi položaja zložaja lesa, razlik v hitrosti posameznega ventilatorja, razpok ali lukenj v stenah ali vratih komore ali drugih dejavnikov. Tako je lahko temperatura zraka okolice manjša od temperature v toplotni komori, a enaka za posamezno tretiranje. Sheme morajo upoštevati območja komore, kjer se les počasi segreva na predpisano temperaturo. To se lahko doseže z namensko postavitvijo temperaturnih tipal na hladno točko. Na hladno točko lahko vpliva velikost ali število vrst lesa, dimenzija in gostota tretiranega lesa.

**Citiranje vira:**

Sela, S., T. Schroeder, M. Mamoru, M. Ormsby (2014) Explanatory Document for ISPM 15:2009 (Regulation of wood packaging material in international trade), FAO, s. 18-29.

Vir:

Explanatory Document for ISPM 15:2009 (Regulation of wood packaging material in international trade); Written by Mr Shane Sela (lead author), Mr Thomas Schroeder, Mr Matsui Mamoru and Mr Michael Ormsby under the auspices of the IPPC Secretariat.

© FAO, 2014

FAO encourages the use, reproduction and dissemination of material in this information product. Except where otherwise indicated, material may be copied, downloaded and printed for private study, research and teaching purposes, or for use in non-commercial products or services, provided that appropriate acknowledgement of FAO as the source and copyright holder is given and that FAO's endorsement of users' views, products or services is not implied in any way.

Prevod: Jernej Artač, PSD

Lektura: Mateja Žarin, GSV RS