

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران

جلد ۲۶، شماره ۲، صفحه ۳۳۸-۳۲۶، (۱۳۹۰)

## تأثیر طبقات بار کوره بر کیفیت خشک شدن چوب تبریزی

سهراب رحیمی<sup>۱</sup>، مهدی فائزی پور<sup>۲\*</sup>، سعید اسحاقی<sup>۳</sup> و اصغر طارمیان<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترای تخصصی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران

\*۲- مسئول مکاتبات، استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران [mfaezi@ut.ac.ir](mailto:mfaezi@ut.ac.ir)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۸

### چکیده

چوب صنوبر (تبریزی) (*Populus nigra*) با برش تجاری به ضخامت اسمی ۵ سانتی متر از منطقه طالقان واقع در غرب کرج، تحت سه برنامه مختلف شامل Tg-F<sub>4</sub> (برنامه پیشنهادی<sup>۱</sup> FPL برای تبریزی)، Tg-F<sub>5</sub> و Tg-F<sub>4</sub> در کوره خشک گردید. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر ردیف‌های دسته بندی بار کوره (فوقانی، میانی و تحتانی) بر کیفیت چوب‌آلات خشک شده در کوره انجام شد. دمای خشک اولیه در سه برنامه به ترتیب ۵۴، ۵۴ و ۶۰ درجه سانتی گراد و دمای خشک نهایی به ترتیب ۸۲، ۸۲ و ۷۱ درجه سانتی گراد منظور شد. در هر سه برنامه رطوبت اولیه تخته‌ها ۹۶±۲٪ و رطوبت نهایی ۱۱±۲٪ بود. به طوری که ارتفاع کل دسته بندی بار کوره ۸۵ سانتی متر و پهنای بار ۱۵۲ سانتی متر بود. شدت اعوجاج‌ها، ترک‌های داخلی و ترک‌های سطحی در تخته‌های خشک شده اندازه گیری شد و تجزیه و تحلیل نتایج انجام شد. نتایج نشان دادند که تخته‌های طبقات فوقانی، میانی و تحتانی در هر سه برنامه از نظر کیفیت خشک شدن تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارند. همچنین تخته‌ها از نظر قرار گرفتن در دامنه قابل قبول رطوبت نهایی نیز، در شرایط مطلوب قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن، تبریزی، معایب چوب خشک‌کنی، کوره، طبقه.

### مقدمه

بنابراین در عملیات چوب خشک‌کنی (در هوای آزاد یا در کوره)، خشک شدن یکنواخت همه تخته‌های بار کوره هم به لحاظ دستیابی به کیفیت یکسان در تخته‌های خشک شده و هم به لحاظ اقتصادی دارای اهمیت است. همچنین آگاهی از تغییر میزان خشک شدن و شدت بروز معایب در دسته بندی چوب‌آلات توفیق در عملیات چوب

امروزه به دلیل کاهش سطح جنگلهای جهان و به ویژه کشور ما (ایران)، و نیز افزایش تقاضا برای چوب، حفاظت از این ماده بیولوژیک اهمیت فوق‌العاده‌ای یافته است. چنانچه هنگام عملیات چوب خشک‌کنی دقت لازم به عمل نیاید چوب دچار معایبی مانند انحناء، تاب، کمائی شدن، ناودانی شدن و بروز ترک و شکاف خواهد شد.

روی میزان خشک شدن بی تأثیر است، به طوری که می توان سرعت پنبه ها را تا حدود ۵۰ درصد کاهش داد و به این ترتیب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در انرژی الکتریکی به دست آورد. در این پژوهش بررسی کیفیت تخته های خشک شده تبریزی در طبقات مختلف بار کوره دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران مطالعه شده است.

### مواد و روشها

**نمونه برداری:** از چوب آلات گونه تبریزی (*Populus nigra*) منطقه طالقان واقع در غرب کرج استفاده شد. ضخامت اسمی چوب های مورد مطالعه در هر ۳ برنامه ۵ سانتی متر انتخاب شد. علت انتخاب این ضخامت، مصرف بالای چوب صنوبر با این ضخامت در صنایع است. طول و عرض تخته ها در حدود ۱۰۰ و ۱۳ سانتیمتر بود. در مجموع سه برنامه ۱۲۶ تخته با ابعاد فوق از ۸ پایه تبریزی تهیه شد. این کوره مجهز به سه دستگاه فن، دو کانال خروج هوا و رطوبت و یک کانال ورودی بوده و ظرفیت اسمی آن ۷ مترمکعب است.

### روش خشک کردن چوب آلات

از برنامه رطوبت پایه برای خشک کردن چوب آلات استفاده شد. به طوری که در برنامه رطوبت پایه زمان تغییر گام های برنامه (زمان تغییر دما و رطوبت نسبی) را رطوبت چوب بار کوره تعیین می کند. نمونه های کنترل به تعداد ۶ تخته (۲ تخته در طبقات فوقانی، ۲ تخته در طبقات میانی و ۲ تخته در طبقات تحتانی) از چوب های مذکور بدون معایبی مانند گره، انحراف الیاف، شکاف و باختگی انتخاب شد. به نحوی که از وسط تخته ها قطعه ای به طول ۶۵ سانتی متر جدا شد. از دو انتهای نمونه های مذکور،

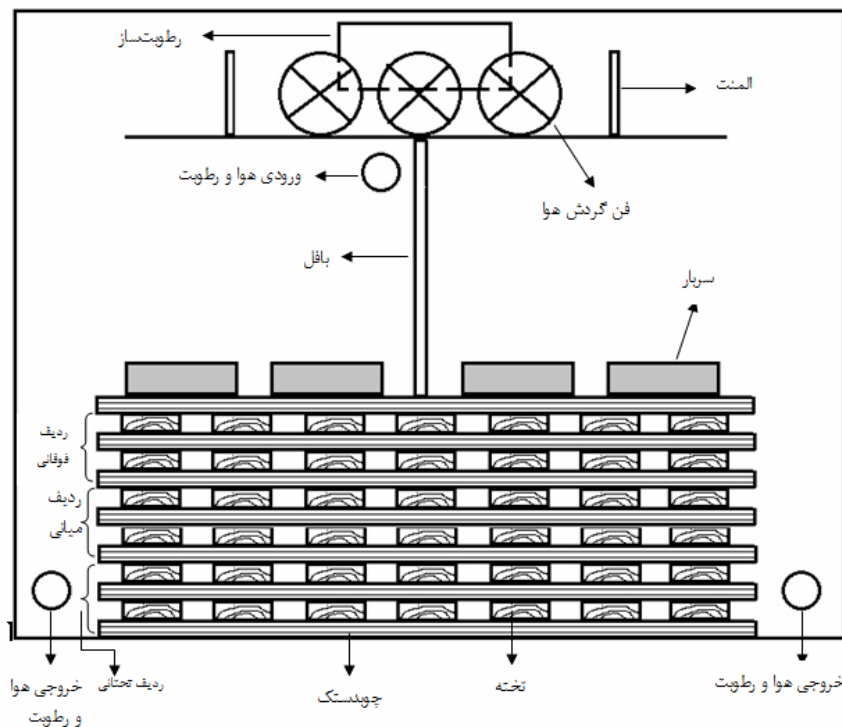
خشک کنی را بیشتر خواهد کرد. در رابطه با خشک کردن چوب تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده که بسیاری از آنها در راستای تدوین برنامه بهینه چوب خشک کنی بوده است. به طوری که در سال ۱۳۷۵، مدهوشی برنامه راش ایران (*Fagus orientalis*) با ضخامت ۵ سانتی متر از منطقه نوشهر را تدوین نموده و برنامه T<sub>5</sub>-D<sub>1</sub> را پیشنهاد نمود. در سال ۱۳۷۸، چاوش اکبری برنامه بلندمازو به ضخامت ۵ سانتی متر را تدوین نموده و کد T<sub>4</sub>-D<sub>2</sub> را مناسب برای خشک کردن تخته های بلوط دانست. در سال ۱۳۸۰، خرسنداعلم تدوین برنامه چوب خشک کنی برای گونه افرا از منطقه نوشهر به ضخامت ۵ سانتی متر را بررسی و کد T<sub>5</sub>-E<sub>3</sub> را پیشنهاد کرد. در چوب خشک کنی در هوای آزاد، تخته های طبقات فوقانی سریعتر خشک می شوند، همچنین تخته هایی که در اطراف دسته بندی قرار دارند سریعتر از تخته هایی که در مرکز دسته بندی هستند، خشک می شوند (ابراهیمی، ۱۳۶۲. در سال 1984، Tarass و Harris مقایسه ای بین پراکنش رطوبت، تنش و همکشیدگی تخته های سرخ بلوط با ضخامت ۴/۳ سانتی متر خشک شده در کوره RF/V<sup>1</sup> و کوره متعارف انجام دادند. نتایج آزمایش حکایت از یکسان بودن پراکنش رطوبت و مقدار تنش در دو روش فوق می باشد. اما همکشیدگی تخته های خشک شده در کوره RF/V در مقایسه با کوره متعارف حدود ۳۰ درصد کمتر است. زمان لازم برای خشک کردن با استفاده از کوره RF/V در حدود کوره متعارف می باشد. در سال 1990، Wengert در رابطه با خشک کردن تخته های بلوط آزمایش های متعددی انجام داد. وی در کتاب خود به نام «خشک کردن چوب آلات بلوط» توضیح داد که در رطوبت کمتر از ۴۰ درصد سرعت جریان هوا تا حدود زیادی بر

### نتایج

تعداد کل تخته‌های هر بار ۴۲ عدد بود. هریک از تخته‌ها دارای طول تقریبی یک متر و ابعاد مقطع ۱۳×۵ سانتی‌متر بود. چوب‌ها در ۶ ردیف و در هر ردیف ۷ تخته قرار گرفت. ارتفاع کل دسته‌بندی بار کوره ۸۵ سانتی‌متر و پهنای بار آن ۱۵۲ سانتی‌متر بود. هنگام دسته‌بندی و چیدن هر طبقه انتهای چوب‌آلات توسط رنگ ضدزنگ اندود شد تا از انتقال رطوبت در جهت محوری (طولی از طریق مقاطع) و ایجاد ترک‌ها و شکاف‌های مقطعی حتی الامکان جلوگیری به‌عمل آید. لازم به توضیح است که مرحله اندود کردن در هنگام تبدیل گرده‌بینه به الوار نیز توسط رنگ ضدزنگ انجام شد. به هنگام دسته‌بندی، محل نمونه‌های کنترل بار کوره نیز در بین سایر چوب‌ها تعبیه شد. (شکل ۱)

آزمونه‌های تعیین رطوبت به طول ۲/۵ سانتی‌متر جدا شد که باقیمانده به طول ۶۰ سانتی‌متر نمونه کنترل بود و نمونه‌های کنترل پس از برش، شماره‌گذاری و تمیز گردیده و بلافاصله توزین شد. سپس مقاطع آنها با استفاده از رنگ ضدزنگ اندود گردید.

برای تعیین رطوبت اولیه چوب‌های بار کوره و نیز رطوبت نمونه‌های کنترل از دو نمونه تعیین رطوبت که از دو سر هر نمونه کنترل بریده می‌شود، استفاده شد (ابراهیمی و فائزی‌پور، ۱۳۸۲). کوره متعارف دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران با ظرفیت اسمی ۷ مترمکعب دارای ۳ دریچه خروجی (مکنده رطوبت) و یک دریچه ورودی (دمنده رطوبت) است. همچنین دارای ۳ پنکه می‌باشد که طبق تنظیم هر ۶۰ دقیقه جهت تنظیم آن بعکس می‌شود. چوبدستک‌های مورد استفاده از گونه راش با ابعاد مقطع ۳/۵×۲/۵ سانتی‌متر بودند.



شکل ۱ - شمایی از کوره چوب خشک‌کنی

## انتخاب برنامه و اجرای آن

از سه برنامه متفاوت برای خشک کردن چوب آلات استفاده شد. بنابراین روند ایجاد تغییرات در برنامه‌ها بدین صورت بود:

۱- کد پیشنهادی مؤسسه تحقیقات فراورده‌های جنگلی ایالات متحده F.P.L که برنامه T<sub>8</sub>-F<sub>4</sub> می‌باشد (U.s. Forest products laboratory. 1991)

۲- در برنامه دوم، ردیف (کلاس) بالاتر رطوبت انتخاب شد. T<sub>8</sub>-F<sub>4</sub> → T<sub>8</sub>-F<sub>5</sub>

۳- در برنامه سوم، اختلاف دمای خشک و تر افزایش یافت (کلاس دمای خشک تغییر کرد) T<sub>8</sub>-F<sub>4</sub> → T<sub>9</sub>-F<sub>4</sub>.

(جدول ۱ تا ۳) مطابق دستور پیشنهادی F.P.L، گام شروع

برنامه براساس رطوبت اولیه بار کوره تنظیم شده و برنامه تا رسیدن رطوبت بار به متوسط رطوبت نهایی ۱۱±۲ درصد ادامه یافت. به منظور تعیین شرایط اجرایی هر برنامه در مراحل اجرایی کار، نمونه‌های کنترل روزانه حداقل یک بار با توجه به سرعت کاهش رطوبت بار، توزین گردید و رطوبت جدید بار محاسبه و گام دیگر برنامه براساس میانگین رطوبت نمونه‌ها اجرا شد. تیمار متعادل‌سازی نیز برای برنامه اول ۶، برای برنامه دوم ۱۲ و برای برنامه سوم ۲۴ ساعت اعمال گردید.

جدول ۱- برنامه خشک کردن چوب تبریزی به ضخامت ۵ سانتی‌متر کد T<sub>8</sub>-F<sub>4</sub>

رطوبت گام (%)	دمای خشک (°C)	دمای تر (°C)	اختلاف دمای خشک و تر (°C)	رطوبت نسبی (%)	رطوبت تعادل (%)
بیش از ۷۰	۵۴	۵۰	۴	۸۰	۱۶/۳
۷۰	۵۴	۴۹	۵	۷۴	۱۴/۵
۶۰	۵۴	۴۶	۸	۶۲	۱۱/۶
۵۰	۵۴	۴۰	۱۴	۴۰	۷/۹
۴۰	۵۴	۳۲	۲۲	۱۷	۴
۳۵	۵۴	۲۶	۲۸	۵	۱/۴
۳۰	۶۰	۳۲	۲۸	۱۰	۲/۵
۲۵	۶۵	۳۷	۲۸	۱۶	۱/۶
۲۰	۷۱	۴۳	۲۸	۲۴	۵/۲
نهایی - ۱۵	۸۲	۵۴	۲۸	۳۲	۶/۳

جدول ۲- برنامه خشک کردن چوب تبریزی به ضخامت ۵ سانتی متر کد T<sub>8</sub>-F<sub>5</sub>

رطوبت تعادل (%)	رطوبت نسبی (%)	اختلاف دمای خشک و تر (°C)	دمای تر (°C)	دمای خشک (°C)	رطوبت گام (%)
۱۴/۵	۷۴	۵	۴۹	۵۴	بیش از ۷۰
۱۱/۶	۶۲	۸	۴۶	۵۴	۷۰
۹/۳	۴۹	۱۱	۴۳	۵۴	۶۰
۵/۵	۲۵	۱۹	۳۵	۵۴	۵۰
۱/۴	۵	۲۸	۲۶	۵۴	۴۰
۱/۴	۵	۲۸	۲۶	۵۴	۳۵
۲/۵	۱۰	۲۸	۳۲	۶۰	۳۰
۱/۶	۱۶	۲۸	۳۷	۶۵	۲۵
۵/۲	۲۴	۲۸	۴۳	۷۱	۲۰
۶/۳	۳۲	۲۸	۵۴	۸۲	نهایی - ۱۵

جدول ۳- برنامه خشک کردن چوب تبریزی به ضخامت ۵ سانتی متر کد T<sub>9</sub>-F<sub>4</sub>

رطوبت تعادل (%)	رطوبت نسبی (%)	اختلاف دمای خشک و تر (°C)	دمای تر (°C)	دمای خشک (°C)	رطوبت گام (%)
۱۶/۶	۸۱	۴	۵۶	۶۰	بیش از ۷۰
۱۴/۹	۷۶	۵	۵۵	۶۰	۷۰
۱۱/۹	۶۴	۸	۵۲	۶۰	۶۰
۸/۳	۴۳	۱۴	۴۶	۶۰	۵۰
۴/۷	۲۱	۲۲	۳۸	۶۰	۴۰
۲/۵	۱۰	۲۸	۳۲	۶۰	۳۵
۱/۶	۱۶	۲۸	۳۷	۶۵	۳۰
۵/۲	۲۴	۲۸	۴۳	۷۱	۲۵
۵/۲	۲۴	۲۸	۴۳	۷۱	۲۰
۵/۲	۲۴	۲۸	۴۳	۷۱	نهایی - ۱۵

## کنترل کیفیت تخته‌های خشک شده

اندازه‌گیری شد. پس از خروج بار از کوره اعوجاج در تخته‌های خشک اندازه‌گیری و با سنجش قبلی مقایسه شد. به این ترتیب میزان تغییر فرم ناشی از خشک شدن در تخته‌ها به دست آمد. برای سنجش شدت ناودانی، کمانی و خمیدگی به ترتیب میزان انحراف در امتداد پهنا، طول و کناره تخته با خط‌کش فلزی اندازه‌گیری شد. در

شدت اعوجاج‌ها در تخته‌های خشک شده هر بار کوره شامل تاب‌خورگی، کمانی، خمیدگی، ناودانی و الماس‌گونی در مورد تمام تخته‌ها (۴۲ تخته در هر بار) با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. شدت هر نوع اعوجاج در هر تخته (در صورت وجود) تعیین، علامت‌گذاری و

مورد تاب‌خوردگی نیز میزان انحراف یا برگشت یکی از چهار گوشه تخته نسبت به سه راس دیگر اندازه‌گیری شد. شدت بروز ترک‌های سطحی در هر بار کوره اندازه‌گیری شد (جدول ۴ تا ۸). به طوری که ترک‌های سطحی هر تخته پیش از بارگیری تعیین، علامت‌گذاری و اندازه‌گیری شد. پس از خروج بار ترک‌های سطحی در تخته‌های خشک اندازه‌گیری و با سنجش قبلی مقایسه شد. به این ترتیب میزان تغییر ترک سطحی ناشی از خشک شدن در تخته‌ها به دست آمد. شدت بروز ترک‌های داخلی نیز در هر بار کوره اندازه‌گیری شد. به علاوه اینکه در پایان عملیات خشک کردن رطوبت‌نهایی تمام تخته‌ها اندازه‌گیری شد.

#### رطوبت نهایی

نتایج نشان داد که در برنامه اول ۷۸ درصد از تخته‌های فوقانی، ۶۴ درصد از تخته‌های میانی و ۷۹ درصد از تخته‌های تحتانی در محدوده قابل قبول ۹ تا ۱۳ درصد قرار داشتند. در این برنامه ۱۴ درصد از تخته‌های میانی و ۲۱

درصد از تخته‌های تحتانی رطوبت کمتر از ۹ درصد داشتند، در حالی که هیچ‌کدام از تخته‌های فوقانی رطوبت زیر ۹ درصد نداشتند. در برنامه دوم ۷۹ درصد از تخته‌های فوقانی و ۱۰۰ درصد تخته‌های میانی و تحتانی در محدوده قابل قبول ۹ تا ۱۳ درصد بودند. همچنین در این برنامه ۲۲ درصد از تخته‌های فوقانی و ۲۲ درصد از تخته‌های میانی رطوبت بالای ۱۳ درصد داشتند در حالی که هیچ‌کدام از تخته‌های تحتانی رطوبت بالای ۱۳ درصد نداشتند، البته هیچ‌کدام از تخته‌ها در برنامه دوم رطوبت نهایی کمتر از ۹ درصد نداشتند، ولی ۲۱ درصد از تخته‌های فوقانی در این برنامه رطوبت بالای ۱۳ درصد داشتند. بنابراین با انجام آزمون Anova در همه تخته‌های طبقات فوقانی، میانی و تحتانی در این محدوده قرار داشتند. بنابراین با انجام آزمون Anova در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، مشخص شد که هیچ تفاوتی میان تخته‌های طبقات فوقانی، میانی و تحتانی در مجموع سه برنامه، از نظر قرار داشتن در دامنه قابل قبول رطوبت نهایی وجود نداشت (جدول ۴).

جدول ۴- توزیع دامنه‌های رطوبت در چوب‌های کوره

برنامه	محدوده رطوبتی (%)	فوقانی	میانی	تحتانی
اول	کمتر از ۹	۰	۱۴	۲۱
	۹ تا ۱۳	۷۸	۶۴	۷۹
	بیش از ۱۳	۲۲	۲۲	۰
دوم	کمتر از ۹	۰	۰	۰
	۹ تا ۱۳	۷۹	۱۰۰	۱۰۰
	بیش از ۱۳	۲۱	۰	۰
سوم	کمتر از ۹	۰	۰	۰
	۹ تا ۱۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	بیش از ۱۳	۰	۰	۰

## ترک‌های سطحی و داخلی

در برنامه اول بیشترین ترک‌های سطحی و داخلی در تخته‌های میانی بود. در این برنامه کمترین ترک سطحی در تخته‌های فوقانی و کمترین ترک داخلی در تخته‌های تحتانی به چشم خورد. در برنامه دوم ترک‌های سطحی در تخته‌های میانی و تحتانی بیشتر از تخته‌های فوقانی پدید آمد و از نظر ترک داخلی تخته‌های تحتانی بدترین و

تخته‌های فوقانی بهترین وضعیت را داشتند. در برنامه سوم ترک‌های سطحی و داخلی در تخته‌های فوقانی و تحتانی بیشتر از تخته‌های میانی وجود داشت. همچنین در این برنامه ترک داخلی در هیچ یک از تخته‌های میانی وجود نداشت.

## دامنه ترکها

جدول ۵ - شدت بروز ترک سطحی در تخته‌های خشک شده

تعداد در برنامه سوم			تعداد در برنامه دوم			تعداد در برنامه اول			دامنه ترکها (mm.)
تحتانی	میانی	فوقانی	تحتانی	میانی	فوقانی	تحتانی	میانی	فوقانی	
۲	۰	۶	۴	۹	۱	۲	۰	۰	۱-۱۰
۵	۲	۶	۵	۳	۱	۰	۱	۰	۱۱-۲۰
۶	۱	۱	۲	۴	۱	۱	۳	۰	۲۱-۳۰
۰	۱	۳	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۳۱-۴۰
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴۱-۵۰
۱	۰	۰	۱	۰	۳	۰	۰	۰	۵۱-۶۰
۱	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۱-۷۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۷۱-۸۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۱-۹۰
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۱-۱۰۰
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۱-۱۱۰
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۱-۱۲۰
۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱۲۱-۱۳۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۱-۱۴۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۱-۱۵۰
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۱-۱۶۰
۱۸	۴	۱۸	۱۶	۱۶	۸	۳	۶	۱	مجموع

جدول ۶- شدت بروز ترک داخلی در تخته‌های خشک شده

دامنه ترکها (mm.)	تعداد در برنامه اول			تعداد در برنامه دوم			تعداد در برنامه سوم		
	فوقانی	میانی	تحتانی	فوقانی	میانی	تحتانی	فوقانی	میانی	تحتانی
۱-۱۰	۳	۵	۱	۶	۳	۰	۰	۰	۲
۱۱-۲۰	۳	۴	۱	۲	۵	۳	۰	۰	۰
۲۱-۳۰	۰	۱	۲	۰	۲	۰	۲	۰	۰
۳۱-۴۰	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۱-۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵۱-۶۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۸	۱۳	۴	۸	۱۰	۳	۲	۰	۲

### اعوجاج‌ها

**الف) کمائی:** نتایج نشان داد که در برنامه اول کمائی شدن در تخته‌های تحتانی بیشترین و در تخته‌های میانی کمترین شدت را داشت. در برنامه دوم تخته‌های فوقانی بیشتر دچار کمائی شدند، در حالی که این عیب در تخته‌های تحتانی اصلاً به چشم نخورد. در برنامه سوم هیچ یک از تخته‌ها دچار این عیب نشدند.

**ب) تاب:** نتایج حکایت از آن داشت که در برنامه اول تاب‌خوردگی در تخته‌های تحتانی بیشترین و در تخته‌های میانی کمترین شدت را داشت. در برنامه دوم تاب‌خوردگی در تخته‌های فوقانی و میانی بیش از تخته‌های تحتانی وجود داشت. در برنامه سوم بیشترین میزان تاب‌خوردگی در تخته‌های میانی دیده شد، در حالی که این عیب در تخته‌های تحتانی اصلاً پدید نیامد.

**ج) ناودانی:** براساس نتایج در برنامه اول بیشترین شدت ناودانی شدن در تخته‌های تحتانی دیده شد در حالی که در تخته‌های میانی این عیب اصلاً رخ نداد. در برنامه دوم بیشترین میزان ناودانی در تخته‌های میانی و

کمترین میزان در تخته‌های تحتانی بود. در صورتی که در برنامه سوم شدت ناودانی شدن در تخته‌های میانی بیشترین و در تخته‌های فوقانی کمترین شدت را داشت. **د) خمیدگی:** در برنامه اول بیشترین شدت خمیدگی در تخته‌های تحتانی بود، در حالی که هیچ‌یک از تخته‌های فوقانی دچار خمیدگی نشد. در برنامه دوم نیز بیشترین شدت خمیدگی در تخته‌های تحتانی بود، در حالی که هیچ‌کدام از تخته‌های فوقانی دچار این عیب نشدند. در برنامه سوم خمیدگی فقط در تخته‌های تحتانی رخ داد و تخته‌های فوقانی و میانی دچار آن نشدند.

**ه) الماس‌گونی:** در هر سه برنامه این نوع تغییر فرم در هیچ کدام از تخته‌ها وجود نداشت.

با انجام آزمون Anova در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، مشخص شد که هیچ تفاوتی میان شدت بروز معایب در تخته‌های فوقانی، میانی و تحتانی وجود ندارد.



جدول ۷- شدت اعوجاج‌ها در تخته‌های فوقانی

برنامه	نوع اعوجاج	میانگین (mm)	انحراف معیار
۱	کمانی	۰/۹۳	۱/۸۶
۲	کمانی	۱/۲۹	۲/۶۴
۳	کمانی	۰	۰
۱	تاب	۱/۵۰	۲/۲۸
۲	تاب	۰/۶۴	۱/۱۵
۳	تاب	۰/۰۷	۰/۲۷
۱	ناودانی	۰/۶۴	۱/۱۵
۲	ناودانی	۰/۴۳	۰/۶۴
۳	ناودانی	۰/۰۷	۰/۲۷
۱	خمیدگی	۰	۰
۲	خمیدگی	۰	۰
۳	خمیدگی	۰	۰

جدول ۸- شدت اعوجاج‌ها در تخته‌های میانی

برنامه	نوع اعوجاج	میانگین (mm)	انحراف معیار
۱	کمانی	۰/۳۶	۱/۳۴
۲	کمانی	۰/۵	۱/۸۷
۳	کمانی	۰	۰
۱	تاب	۰/۶۴	۱/۳۴
۲	تاب	۰/۶۴	۱/۳۴
۳	تاب	۰/۴۳	۰/۹۴
۱	ناودانی	۰	۰
۲	ناودانی	۰/۵۷	۱/۲۲
۳	ناودانی	۰/۷۱	۱/۲۷
۱	خمیدگی	۱/۳۶	۲/۷۳
۲	خمیدگی	۰/۵	۱/۸۷
۳	خمیدگی	۰	۰

جدول ۹- شدت اعوجاج‌ها در تخته‌های تحتانی

انحراف معیار	میانگین (mm)	نوع اعوجاج	برنامه
۲/۶۱	۱/۲۱	کمانی	۱
۰	۰	کمانی	۲
۰	۰	کمانی	۳
۲/۵۷	۱/۸۶	تاب	۱
۰/۹۴	۰/۵	تاب	۲
۰	۰	تاب	۳
۱/۵۸	۰/۷۹	ناودانی	۱
۰/۸۲	۰/۲۹	ناودانی	۲
۰/۵۸	۰/۲۱	ناودانی	۳
۳/۴۹	۲	خمیدگی	۱
۲/۴۳	۱/۰۷	خمیدگی	۲
۱/۸۱	۰/۷۱	خمیدگی	۳

## بحث

به طور کلی نتایج نشان داد که در هر سه برنامه تخته‌های طبقات فوقانی، میانی و تحتانی با کیفیت یکسانی خشک شده‌اند و تفاوت معنی‌داری از لحاظ شدت بروز انواع اعوجاج‌ها و ترک‌های سطحی و داخلی بین آن‌ها وجود ندارد. خشک شدن یکنواخت تخته‌ها هم به لحاظ کاهش زمان خشک شدن و مراحل متعادل‌سازی و تنش‌زدایی و هم به لحاظ دستیابی به چوب‌آلات با کیفیت مشابه، مهم است.

تغییر فرم و اعوجاج الوار طی خشک شدن وقتی اتفاق می‌افتد که رطوبت آن به زیر رطوبت نقطه اشباع فیبر (FSP) برسد. بنابراین عوامل متعددی مانند رطوبت چوب، شدت هرسونایکسانی، گرادیان رطوبت، تنش‌های چوب خشک‌کنی، گره‌ها، جوان‌چوب، چوب واکنشی و ... شدت تغییر فرم را طی خشک شدن تحت تأثیر قرار

می‌دهند. نتایج سایر تحقیقات نشان می‌دهد که اغلب تغییر فرم‌ها (کمانی، خمیدگی و تاب) مستقل از برنامه چوب خشک‌کنی است. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که در هر سه برنامه چوب خشک‌کنی مورد استفاده و صرف‌نظر از طبقات بار کوره، شدت انواع تغییر فرم‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در حقیقت می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ویژگی‌های ذاتی چوب بیشترین تأثیر را بر وقوع این نوع معایب دارند، به عنوان مثال، علت اصلی تاب‌خوردگی الوار طی خشک شدن ماریپچ‌تاری است. نتایج این مطالعه نشان داد که ناودانی شدن تخته‌ها مستقل از طبقات بار کوره و برنامه چوب خشک‌کنی است. نتایج این تحقیق اظهار نظر سایر محققان مبنی بر وابستگی ناودانی شدن به ضخامت الوار و پهنای آن، رطوبت، میزان ناهمگنی همکشیدگی و فاصله از مغز را تأیید می‌کند. بر اساس اظهار نظر محققان تنش‌های چوب

بار کوره (TDAL<sup>1</sup>) به طور متوسط برابر با ۳/۵ درجه سانتی گراد بود، در حالی که اُفت دما در امتداد طبقات به طور میانگین ۰/۵ درجه سانتی گراد بود. بنابراین از لحاظ نوسانهای رطوبت نسبی در امتداد پهنای بار کوره و طبقات کوره تفاوت محسوسی مشاهده نشد و مقدار تغییر رطوبت نسبی به طور میانگین برابر با ۲٪ بود.

به هر حال، برای کنترل نایکنواختی خشک شدن در دو سمت بار کوره، می توان از پهنای کمتری استفاده کرد و یا به صورت متداول معکوس کردن جهت جریان فن ها هر چند ساعت یکبار انجام شود. نتایج سایر محققان نشان می دهد که عمده تفاوت ها از لحاظ شرایط کوره و کیفیت چوب خشک کنی در امتداد بار کوره اتفاق می افتد. معمولاً در امتداد بار کوره افزایش رطوبت نسبی (HRAL<sup>2</sup>) و یا افزایش رطوبت تعادل چوب (ERAL<sup>3</sup>) اتفاق می افتد. به همین ترتیب، ولی با شدت کمتر در طبقات مختلف در جهت ارتفاع بار کوره کاهش رطوبت نسبی اتفاق می افتد. TDAL نیز در امتداد بار کوره اتفاق می افتد. به دلیل ارتفاع و پهنای بار کم کوره در تحقیق حاضر و تفاوت نامحسوس در شرایط کوره، تأثیر شرایط کوره بر بروز انواع اعوجاج ها در طبقات مختلف بار کوره نامحسوس بود، ولی می توان انتظار داشت در صورتی که ارتفاع و یا پهنای بار افزایش یابد و از طبقات بیشتری در بار کوره استفاده گردد، به دلیل بروز نوسانهای فاحش در دما و رطوبت نسبی کیفیت چوب آلات مختلف در طبقات چشمگیر باشد. بنابراین پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی تأثیر افزایش ارتفاع و پهنای بار کوره و شدت

خشک کنی موجب کاهش ناودانی شدن می شود و اعمال مشروط سازی در پایان عملیات چوب خشک کنی به دلیل برگشت خزش در لایه سطحی الوار، شدت ناودانی شدن را افزایش می دهد. با توجه به این که در تحقیق حاضر در هیچ یک از بارهای کوره مشروط سازی انجام نشد، می توان پیش بینی کرد که در صورت اعمال مشروط سازی درصد ناودانی شدن تخته ها بیشتر از حد انتظار باشد. به هر حال، شدت انواع اعوجاج ها صرف نظر از برنامه چوب خشک کنی یا طبقات بار کوره در محدوده استانداردهای EN518 و EN519 بود.

در کوره های چوب خشک کنی به روش جابجایی هوای گرم، دما در طبقات فوقانی کوره بیشتر از طبقات تحتانی آن است. علاوه بر اُفت دما در طی عبور جریان هوا از سمت ورود به سمت خروج (گرادیان دما در دو سمت پهنای بار کوره)، گرادیان دما در ارتفاع بار کوره نیز وجود دارد به نحوی که هر چه ارتفاع و پهنای بار کوره بیشتر باشد گرادیان دما بیشتر خواهد شد و وجود همین گرادیان منجر به تفاوت در سرعت خشک شدن چوب آلات در طبقات مختلف بار کوره و یا در دو سمت پهنای بار کوره خواهد شد و در صورت عدم اعمال متعادل سازی در پایان عملیات چوب خشک کنی، اغلب چوب آلات در طبقات مختلف از رطوبت نهایی یکسانی برخوردار نخواهند شد. بنابراین می توان گفت که به دلیل ارتفاع و پهنای کم بار کوره و به دنبال آن تفاوت جزئی در شرایط کوره در طبقات مختلف، تخته های هر سه طبقه به نسبت از رطوبت نهایی مشابهی برخوردار بودند. از لحاظ شرایط کوره (دمای خشک و رطوبت نسبی) بیشترین تفاوت در امتداد پهنای بار کوره اتفاق افتاد تا در طبقات بار کوره، به طوری که مقدار اُفت دما در امتداد

1- Temperature Drop Across the Load

2- Relative Humidity Rise Across the Load

3- Equilibrium Moisture Content Rise Across the Load

نوسانهای HRAL، ERAL و TDAL بر بروز انواع اعوجاجها مورد بررسی قرار گیرد.

### سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی قطب علمی مدیریت کاربردی گونه‌های تندرشد چوبی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گردید؛ بنابراین از مسئولان محترم آن دانشکده تقدیر و تشکر می‌نمایم.

### منابع مورد استفاده

- ابراهیمی، قنبر، ۱۳۶۲، چوب خشک‌کنی در هوای آزاد، انتشارات علمی و فنی، ۲۵۳ صفحه.
- ابراهیمی، قنبر، فائزی پور، مهدی، ۱۳۸۲، چوب خشک‌کنی در کوره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۴۶۰ صفحه.

-چاوش اکبری، مزدا، ۱۳۷۹، تدوین برنامه خشک‌کنی چوب بلوط به ضخامت ۵ سانتی‌متر در کوره، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی.

-خرسنداعلم، مصطفی، ۱۳۸۰، تدوین برنامه خشک‌کنی چوب افرا پلت به ضخامت ۵ سانتی‌متر، دانشگاه تربیت مدرس.

-مدهوشی، محراب، ۱۳۷۵، تدوین برنامه خشک‌کنی چوب راش به ضخامت ۵ سانتی‌متر در کوره، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- U.S. Forest products laboratory. 1991. Dry kiln operators manual. U.S.Dept. Agric.Handbook No. 188.
- Harris, R. A. and M.A. Taras. 1984. Comparison of moisture content distribution, stress distribution, and shrinkage of red oak lumber dried by a Radio-frequency/Vacuum drying process and a conventional kiln. For. Prod. J.34(1):44-54
- Wengert, E.M., J.Denig. 1990. Lumber drying, Today and tomorrow, Forest prod.J.45(5): 22-30

## Comparison of the quality of poplar lumber in the upper, middle and lower rows of wood drying kiln

Rahimi, S.<sup>1</sup>, Faezipour, M.<sup>2\*</sup>, Eshaghi, S.<sup>3</sup> and Tarmian, A.<sup>4</sup>

1- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Wood & Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

2\*- Professor, Department of Wood & Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.  
Email: mfaezi@ut.ac.ir

3- M. Sc. Students, Department of Wood & Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Chemical Industries, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

Received: Dec., 2010

Accepted: Dec., 2011

### Abstract

Poplar lumbers with nominal thickness of 5 cm from Taleghan region, located in west of Karaj were dried under three different schedules including T8-F4 (recommended schedule by F.P.L for poplar), T8-F5 and T9-F4. The purpose of this research was to study the effects of the kiln's rows (upper, middle, lower) on the quality of the dried boards. Dry bulb temperatures for the schedules were adjusted at 54, 54 and 60 °C, while the final temperatures were adjusted at 82, 82 and 71 °C, respectively. The severity of warping, internal checking and surface checking in kiln dried lumbers were measured and analyzed. The results indicated that the boards in upper, middle and lower rows of the kiln, in all three schedules, did not have any significant difference in 95% confidence interval. Also, the final moisture content of the boards in all three rows and all three schedules were in acceptable quality.

**Keywords:** Drying, poplar, drying defects, kiln, Row.