

بررسی تاثیر الگوی برش بر کیفیت تخته‌های تبریزی (*Populus nigra*) خشک شده در کوره

سهراب رحیمی^۱، اصغر طارمیان*^۲ و مهدی فائزی پور^۳

^۱ دانشجوی دکترای تخصصی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد، علوم و تحقیقات، ایران

^۲ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۳ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۱۵، تاریخ تصویب: ۸۹/۱۲/۹)

چکیده

چوب صنوبر (تبریزی) (*Populus nigra*) با برش تجاری به ضخامت اسمی ۵ سانتی‌متر از منطقه طالقان واقع در غرب کرج، تحت سه برنامه مختلف شامل T₈-F₄ (برنامه پیشنهادی FPL برای تبریزی) T₈-F₅، T₉-F₄ در کوره خشک گردید. برنامه اول به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در برنامه دوم کلاسه بالاتر رطوبت و در برنامه سوم کلاسه بالاتر دمای خشک انتخاب شد. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر الگوی برش تخته‌ها (شعاعی، مماسی و بینابینی) بر کیفیت تخته‌های خشک شده در کوره انجام گردید. دمای خشک اولیه در سه برنامه به ترتیب ۵۴، ۵۴ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد و دمای خشک نهایی به ترتیب ۸۲، ۸۲ و ۷۱ درجه سانتی‌گراد منظور شد. شدت تغییر شکل، ترک داخلی و ترک سطحی در تخته‌های خشک شده اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل نتایج انجام شد. نتایج نشان داد که تخته‌های مماسی سریع‌تر از تخته‌های شعاعی خشک می‌شوند. شدت انواع تغییر شکل بر حسب الگوی برش تفاوت معنی‌داری نشان نداد ولی ترک‌های سطحی بیشتر در تخته‌های مماسی به چشم خورد.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن - چوب تبریزی - معایب چوب خشک‌کنی - الگوی برش - کیفیت چوب خشک‌کنی

مقدمه

چوب ماده‌ای ناهمگن و هرسونایکسان (غیرایزوتروپ) است، بنابراین انتظار می‌رود چوب‌آلات در شرایط یکسان بر حسب الگوی برش، رفتار متفاوتی در حین خشک شدن از خود نشان دهند. نرخ انتقال رطوبت و حرارت در سه جهت ارتوتروپ (جهت‌های اصلی) چوب متفاوت است (Ebrahimi, 1991). همچنین شدت همکشیدگی در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی متفاوت است و یکی از دلایل بروز تنش‌های چوب‌خشک‌کنی که منجر به وقوع ترک‌ها و تغییر شکل می‌شود، دیفرانسیل همکشیدگی (همکشیدگی ناهمگن) است. هرچه این دیفرانسیل همکشیدگی بیشتر باشد، احتمال بروز معایب چوب خشک‌کنی بیشتر خواهد بود. بنابراین، انتظار می‌رود که تخته‌های مماسی و شعاعی رفتار متفاوتی را از لحاظ بروز معایب چوب‌خشک‌کنی و سرعت خشک شدن نشان دهند. بر حسب الگوی برش، چوب‌آلاتی که به عنوان بار کوره در کوره قرار می‌گیرند ترکیبی از تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی می‌باشد.

در رابطه با خشک کردن چوب تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده که بسیاری از آنها در راستای تدوین برنامه بهینه چوب‌خشک‌کنی بوده است. در سال 1996، Madhoushi برنامه راش ایران (*Fagus orientalis*) با ضخامت ۵ سانتی‌متر از منطقه نوشهر را تدوین نمود و برنامه T₅-D₁ را پیشنهاد نمود. در سال 2000، Chavoshakbari برنامه بلندمازو (*Quercus castaneafolia*) به ضخامت ۵ سانتی‌متر را تدوین نمود و کد T₄-D₂ را مناسب برای خشک کردن تخته‌های بلوط دانست. در سال 2001، Khorsandalam تدوین برنامه چوب‌خشک‌کنی برای گونه افرا (*Acer insigne*) از منطقه نوشهر به ضخامت ۵ سانتی‌متر را بررسی و کد T₅-E₃ را پیشنهاد کرد. در اکثر این تحقیقات، در برنامه‌های تدوین شده برای گونه‌های مختلف از الگوی برش تخته‌ها صرف نظر شده است در حالی که تخته‌های شعاعی و مماسی طی خشک شدن رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهند.

در سال 2002، McCurdy et al در تحقیقی برای بررسی اثر الگوی برش بر جابجایی رطوبت در خشک کردن تحت دمای بالای تخته‌های سوزنی برگ، آزمایش‌هایی بر روی تخته‌های مماسی و شعاعی چوب برون سوزنی برگ انجام دادند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که گرادیان رطوبت به الگوی برش وابسته است و دلیل آن نفوذپذیری پایین تر مشاهده شده در نوارهای چوب پایان نسبت به نوارهای چوب آغاز است. در سال 2002، Keey & McCurdy آزمون‌هایی بر روی رفتار خشک شدن تخته‌های مماسی و شعاعی ۵۰ میلی-متری برون چوب کاج دریایی تحت شرایط دمای بالا، ۷۰° الی ۱۲۰° C، انجام دادند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در تخته‌های شعاعی گرادیان رطوبت یکنواخت‌تری در مقایسه با تخته‌های مماسی وجود دارد. در سال 2008، Sandberg در مطالعه‌ای بر روی تخته‌های خشک شده کاج و نوئل به نتایج مشابهی دست‌یافت. در هر دو گونه، در تخته‌هایی که مغز چوب در مقطع آن قرار داشت و یا مقطع تخته نزدیک به مغز بود، ترک‌ها بیشتر به چشم خورد. چنین وضعیتی در مورد ناودانی و تاب خوردگی نیز وجود داشت درحالی که در خصوص کمانی و خمیدگی تفاوت محسوسی دیده نشد. در سال 2005، Innes et al در مطالعه‌ای بر رفتار خشک شدن اوکالیپتوس به ضخامت ۱۹ و ۲۵ mm دریافتند که تخته‌های شعاعی کمتر دچار ترک سطحی و ترک مقطعی می‌شوند. همچنین افت کیفیت ناشی از خشک شدن در تخته‌های به ضخامت ۱۹ mm کمتر بود. در سال 2000، Keey & Langrish اثر جهت حلقه‌های سالیانه و روش خشک کردن را بر روی تغییر شکل، برون سختی و رنگ تخته‌های توس نقره‌ای (*betula pendula*) بررسی کردند. بر اساس نتایج این بررسی، در تخته‌های شعاعی نسبت به تخته‌های مماسی رطوبت نهایی پایین‌تر و رنگ روشن‌تر مشاهده شد ولی تغییر شکل در تخته‌های شعاعی بیش‌تر بود. در سال 2008، Munoz & Moya طی پژوهشی بر روی خشک کردن گونه *Gmelina arborea* به بررسی رابطه

باختگی انتخاب شدند. از وسط تخته‌ها قطعه‌ای به طول ۶۵ سانتی‌متر جدا گردید. از دو انتهای نمونه‌های مذکور، آزمون‌های تعیین رطوبت به طول ۲/۵ سانتی‌متر جدا شد که باقیمانده به طول ۶۰ سانتی‌متر نمونه کنترل بود. برای تعیین رطوبت اولیه چوب‌های بار کوره و نیز رطوبت نمونه‌های کنترل از دو آزمون تعیین رطوبت که از دو سر هر نمونه کنترل بریده می‌شود، استفاده گردید (Ebrahimi & Faezipoor, 2002). تعداد کل تخته‌های هر بار ۴۲ عدد بود. چوب‌ها در ۶ ردیف و در هر ردیف ۷ تخته قرار گرفت. هنگام دسته بندی و چیدن هر طبقه انتهای چوب آلات توسط رنگ ضدزنگ اندود گردید تا از انتقال رطوبت در جهت محوری و ایجاد ترک‌ها و شکاف های مقطعی حتی‌الامکان جلوگیری به عمل آید (Ebrahimi, 1983). به هنگام دسته بندی، محل نمونه‌های کنترل بار کوره نیز در بین سایر چوب‌ها تعبیه و نوع برش (مماسی، شعاعی و بینابینی) هر یک از تخته‌های شماره‌گذاری شده نیز به طور همزمان تعیین شد تا درصد غالب نوع برش تخته‌های هر بار کوره مشخص گردد. این کار بر اساس توجیه دواير رويش در مقطع تخته‌ها تعیین گردید (جدول ۱). همچنین رطوبت اولیه تمام تخته‌ها در هر برنامه به روش وزنی محاسبه گردید.

بین رطوبت نهایی (MC_f^1) بر حسب فاصله از مغز (DP^2) پرداختند و در نهایت با روش پیرسون به همبستگی منفی معنی‌داری بین MC_f و DP رسیدند. در این پژوهش به مقایسه نرخ خشک شدن چوب آلات تبریزی بر حسب نوع الگوی برش آن‌ها پرداخته می‌شود. همچنین کیفیت این تخته‌ها پس از خشک شدن بررسی و مقایسه می‌گردد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

از تخته‌های گونه تبریزی (*Populus nigra*) منطقه طالقان واقع در غرب کرج استفاده شد. ضخامت اسمی چوب‌های مورد مطالعه در هر سه برنامه ۵ سانتی‌متر انتخاب شد. علت انتخاب این ضخامت، مصرف بالای تخته‌های صنوبر ۵ سانتی متری در صنایع می‌باشد. در این پژوهش جهت خشک کردن تخته‌ها از کوره دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران استفاده شد. این کوره مجهز به سه دستگاہ فن، دو کانل خروج هوا و رطوبت و یک کانل ورودی برای اسپری رطوبت بوده و ظرفیت اسمی آن ۷ متر مکعب است.

روش خشک کردن چوب‌آلات

از برنامه رطوبت پایه برای خشک کردن چوب‌آلات استفاده شد. در برنامه رطوبت پایه زمان تغییر گام‌های برنامه (زمان تغییر دما و رطوبت نسبی) را رطوبت چوب بار کوره تعیین می‌کند. برآورد رطوبت جاری چوب‌های بار کوره به وسیله نمونه‌هایی که از چوب‌های بار کوره تهیه شدند و اصطلاحاً نمونه‌های کنترل نام دارند، انجام گرفت. نمونه‌های کنترل به تعداد ۶ تخته (۲ تخته شعاعی، ۲ تخته مماسی و ۲ تخته بینابینی) از چوب‌های مذکور بدون معایبی مانند گره، انحراف الیاف، شکاف و

۱- Final Moisture Content

۲- Distance from Pith

جدول ۱- درصد برش‌های مماسی، شعاعی و بینابینی تخته‌ها در هر بار

بار	شعاعی (%)	مماسی (%)	بینابینی (%)
۱	۳۵/۷۱	۲۳/۸۱	۴۰/۴۸
۲	۲۱/۴۳	۲۱/۴۳	۵۷/۱۴
۳	۲۱/۴۳	۱۹/۰۵	۵۹/۵۲

انجام نشد. در پایان برنامه و پس از خارج کردن بار کوره، با توزین تمام تخته‌ها رطوبت نهایی بار کوره محاسبه شد.

کنترل کیفیت تخته‌های خشک شده

شدت تغییر شکل در تخته‌های خشک شده هر بار کوره شامل تاب‌خورگی، کمانی، خمیدگی، ناودانی و الماس‌گونی اندازه‌گیری شد. همچنین، شدت بروز ترک‌های داخلی، ترک‌های سطحی و ترک‌های جانبی در هر بار کوره اندازه‌گیری شد. در حقیقت در مورد تخته‌های شعاعی ترک‌های سطحی روی سطح شعاعی و ترک‌های جانبی روی سطح مماسی اندازه‌گیری شدند. در مورد تخته‌های مماسی وضعیت برعکس است. تعداد ترک‌های مورد ارزیابی جهت بررسی شدت بروز معایب در هر برنامه ۲۴ عدد بود (۸ تخته شعاعی، ۸ تخته مماسی و ۸ تخته بینابینی). پیش از خشک کردن تخته‌ها میزان اولیه معایب (در صورت وجود) اندازه‌گیری، تعیین و علامت‌گذاری شد. به این ترتیب با اندازه‌گیری معایب پس از خشک شدن و مقایسه آنها با داده‌های اولیه، شدت ایجاد یا توسعه معایب ناشی از خشک شدن به دست آمد. شدت تغییر شکل‌ها بر اساس استاندارد EN1310 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ترک داخلی، پس از خروج تخته‌ها از کوره به فاصله ۵cm از دو انتهای هر تخته برش داده شد. میزان ترک‌های داخلی در دو مقطع برش خورده با خط‌کش فلزی و دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. ضمناً برای بررسی ترک داخلی از نمونه‌های فاقد ترک‌های مقطعی استفاده شد تا اطمینان حاصل شود ترک‌های داخلی ناشی از توسعه ترک‌های مقطعی نباشند.

انتخاب برنامه و اجرای آن

از سه برنامه متفاوت برای خشک کردن چوب‌آلات استفاده شد. روند ایجاد تغییرات در برنامه‌ها بدین صورت بود: ۱- کد پیشنهادی مؤسسه تحقیقات فرآورده‌های جنگلی ایالات متحده (F.P.L)^۱ که برنامه T₈-F₄ است. ۲- در برنامه دوم، ردیف (کلاسه) بالاتر رطوبت انتخاب شد. T₈-F₄ → T₈-F₅ ۳- در برنامه سوم، اختلاف دمای خشک و تر افزایش یافت (کلاسه دمای خشک تغییر نمود) T₈-F₄ → T₀-F₄ (جدول ۲ تا ۴) Ebrahimi, (1991). مطابق دستور پیشنهادی F.P.L، گام شروع برنامه براساس رطوبت اولیه بار کوره تنظیم شد و برنامه تا رسیدن رطوبت بار به متوسط رطوبت نهایی ۱۱±۲ درصد ادامه یافت. میانگین رطوبت اولیه تخته‌ها ۹۶ درصد بود. به منظور تعیین شرایط جدید برنامه در مراحل اجرایی کار، نمونه‌های کنترل روزانه حداقل یک بار بسته به سرعت کاهش رطوبت بار، توزین گردیدند و رطوبت جدید بار محاسبه و گام دیگر برنامه براساس میانگین رطوبت نمونه‌ها اجرا شد. تیمار متعادل‌سازی نیز برای برنامه‌های اول، دوم و سوم به ترتیب به مدت ۶، ۲۴ و ۱۲ ساعت اعمال شد. در هر سه برنامه، مرحله متعادل‌سازی زمانی که خشک‌ترین نمونه کنترل به رطوبت ۹٪ رسید آغاز و زمانی که رطوبت مرطوب‌ترین نمونه کنترل به ۱۱٪ رسید، خاتمه یافت. به دلیل محدودیت کوره در تامین هم‌زمان دما و رطوبت بالا (دما ۸۲°C و رطوبت ۷۸٪) تیمار مشروط‌سازی در هیچ یک از بارهای کوره

۱- Forest Products Laboratory

جدول ۲- برنامه خشک کردن تبریزی به ضخامت ۵ سانتی‌متر کد T₈-F₄

رطوبت تعادل (%)	رطوبت نسبی (%)	اختلاف دمای خشک و تر (°C)	دمای تر (°C)	دمای خشک (°C)	رطوبت گام (%)
۱۶/۳	۸۰	۴	۵۰	۵۴	بیش از ۷۰
۱۴/۵	۷۴	۵	۴۹	۵۴	۷۰
۱۱/۶	۶۲	۸	۴۶	۵۴	۶۰
۷/۹	۴۰	۱۴	۴۰	۵۴	۵۰
۴	۱۷	۲۲	۳۲	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 تبریزی به ضخامت ۵ سانتی‌متر کد T₈-F₅

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 ۴- برنامه خشک کردن تبریزی به ضخامت ۵ سانتی‌متر کد T₉-F₄

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

نتایج

شدت اعوجاج

نتایج مربوط به شدت بروز اعوجاج شامل کمانی، تاب خوردگی، ناودانی، خمیدگی و الماسگونی در تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی در جدول ۵ نشان داده شده است. ناودانی شدن عبارت است از انحراف دو لبه طول تخته از خط راست به موازات عرض تخته. کمانی شدن عبارت است از انحراف از خط راست در دو انتهای تخته. خمیدگی شبیه به کمانی شدن است با این تفاوت که انحراف به جای این که در طول تخته باشد از کنار به کنار تخته است. تاب عبارت است از برگشت و انحراف یکی از چهار گوشه تخته و به نحوی است که چهار گوشه در یک خط راست قرار نمی‌گیرند. الماسگونی شکلی از تغییر شکل است که در تخته‌های ضخیم یا با سطح مقطع مربع رخ می‌دهد و در اثر خشک شدن مقطع مربع در تخته به شکل لوزی می‌شود. در برنامه اول الماسگونی و خمیدگی در هیچ یک از نمونه‌ها مشاهده نشد. تخته‌های مماسی بیشتر دچار کمانی و ناودانی شدند ولی در تخته‌های شعاعی بیشتر تاب خوردگی به

چشم خورد. در برنامه دوم نیز الماسگونی و خمیدگی در هیچ کدام از نمونه‌ها به چشم نخورد. کمانی بیشتر در تخته‌های بینابینی، ناودانی بیشتر در تخته‌های مماسی و تاب خوردگی بیشتر در تخته‌های شعاعی وجود داشت. در برنامه سوم علاوه بر الماسگونی و خمیدگی، تخته‌ها دچار عیب کمانی نیز نشدند. ناودانی و تاب خوردگی نیز بیشتر در تخته‌های شعاعی به چشم خورد. نتایج به دست آمده در برنامه سوم با نتایج Loustarien (2007) همخوانی دارد. برای بررسی اعوجاج‌ها، نمودار کنترل C برای تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی رسم شد (شکل ۱ تا ۳). هریک از نمودارها دارای سه بهر بازرسی و هر بهر شامل چهار نمونه است. بهر اول، دوم و سوم به ترتیب مربوط به تخته‌های خشک شده در برنامه‌های اول، دوم و سوم هستند. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه نمودار تخته‌ها در حدود قابل قبول قرار دارند ولی اعوجاج‌ها در تخته‌های شعاعی و بینابینی در مقایسه با تخته‌های مماسی از پراکنش یکنواخت‌تری نسبت به خط میانگین برخوردارند.

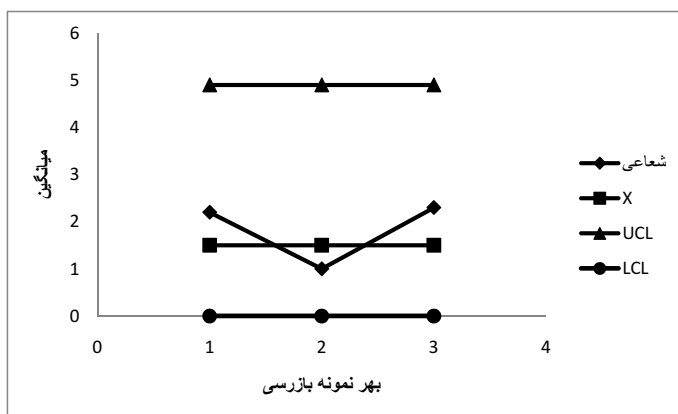
جدول ۵ - شدت تغییر شکل در تخته‌ها

نوع برنامه	الگوی برش	نوع تغییر شکل	میانگین (mm)
اول	شعاعی	کمانی	۰(۰) ^x
		تاب	۱/۷۵(۱/۰۳)
		ناودانی	۰/۱۴(۰/۵۳)
اول	مماسی	خمیدگی	۰/۲۹(۱/۰۷)
		کمانی	۱/۷۵(۱/۰۳)
		تاب	۰(۰)
اول	بینابینی	ناودانی	۱/۷۵(۰/۷۵)
		خمیدگی	۰(۰)
		کمانی	۱(۱)
اول	بینابینی	تاب	۰/۷۵(۰/۷۵)
		ناودانی	۰(۰)
اول	بینابینی	خمیدگی	۰(۰)

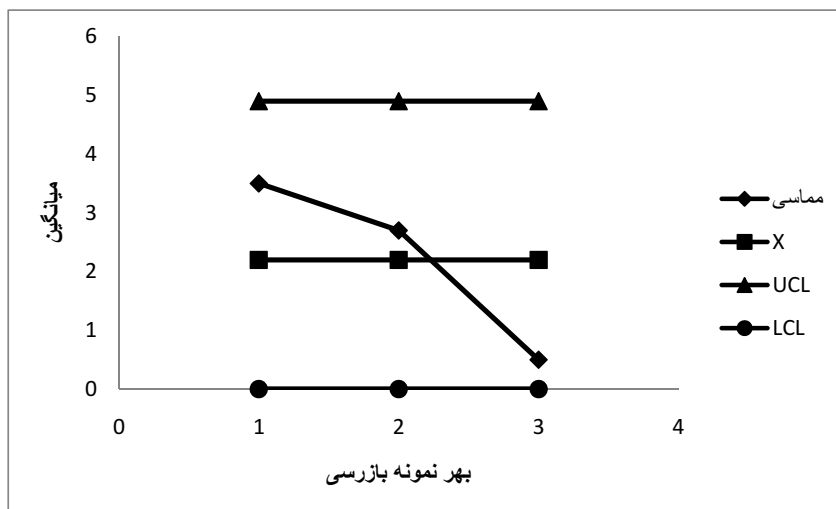
ادامه جدول ۵ - شدت تغییر شکل در تخته‌ها

میانگین (mm)	نوع تغییر شکل	الگوی برش	نوع برنامه
(۰)۰	کمانی	شعاعی	
(۰/۵)۰/۵	تاب		
(۱)۰/۷۵	ناودانی		
(۰)۰	خمیدگی		
(۱/۷۵)۱/۷۵	کمانی	مماسی	دوم
(۰)۰	تاب		
(۱)۱	ناودانی		
(۰)۰	خمیدگی		
(۱/۹۸)۳/۲۵	کمانی	بینابینی	
(۰/۲۵)۰/۲۵	تاب		
(۰/۵)۰/۵	ناودانی		
(۰)۰	خمیدگی		
(۰)۰	کمانی	شعاعی	
(۰)۰	تاب		
(۱)۱	ناودانی		
(۰/۹۶)۰/۷۵	خمیدگی		
(۰)۰	کمانی	مماسی	سوم
(۰)۰	تاب		
(۰/۵)۰/۵	ناودانی		
(۰)۰	خمیدگی		
(۰)۰	کمانی	بینابینی	
(۰)۰	تاب		
(۰)۰	ناودانی		
(۰/۲۵)۰/۲۵	خمیدگی		

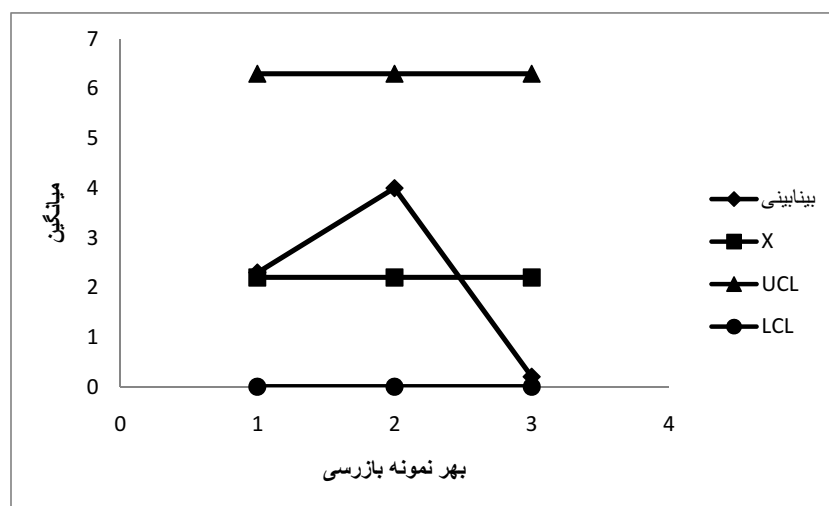
* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار است.



شکل ۱ - نمودار X برای اعوجاج‌ها در نمونه‌های شعاعی



شکل ۲ - نمودار \bar{X} برای اعوجاج‌ها در نمونه‌های مماسی



شکل ۳ - نمودار \bar{X} برای اعوجاج‌ها در نمونه‌های بینابینی

داخلی نشدند. در برنامه اول و سوم تخته‌های شعاعی از نظر ترک‌های سطحی و جانبی نسبت به تخته‌های مماسی و بینابینی در وضعیت مطلوب تری قرار داشتند که با نتایج Innes et al (2005) مطابقت دارد. این محققین نیز، در تخته‌های شعاعی اکالیپتوس ترک خوردگی سطحی کمتری در مقایسه با تخته‌های مماسی مشاهده کردند. از دلایل مهم بروز تفاوت در تخته‌های شعاعی و مماسی، جهت‌گیری متفاوت پره‌های چوبی و حساسیت آن‌ها به ترک خوردگی است.

ترک خوردگی

نتایج مربوط به شدت بروز ترک‌های سطحی، ترک‌های داخلی و ترک‌های جانبی در انواع تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی در جدول‌های ۶ الی ۸ ارائه شده است. در برنامه اول تخته‌های شعاعی دچار هیچ نوع ترک خوردگی نشدند. در برنامه دوم هر سه نوع تخته دارای ترک بودند ولی ترک‌های سطحی بیش‌تر از ترک‌های جانبی و ترک‌های داخلی به چشم خورد. در برنامه سوم در تعدادی از تخته‌ها ترک سطحی و جانبی مشاهده شد ولی هیچ یک از تخته‌ها دچار ترک‌های

جدول ۶- شدت بروز ترک سطحی در تخته‌های خشک شده

دامنه ترک‌ها (mm)	تعداد در برنامه اول			تعداد در برنامه دوم			تعداد در برنامه سوم		
	شعاعی	مماسی	بینابینی	شعاعی	مماسی	بینابینی	شعاعی	مماسی	بینابینی
۱-۱۰	۰	۰	۰	۲	۸	۴	۲	۰	۶
۱۱-۲۰	۰	۰	۰	۴	۴	۶	۰	۰	۲
۲۱-۳۰	۰	۰	۰	۶	۲	۰	۲	۰	۰
۳۱-۴۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۱-۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵۱-۶۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰
۶۱-۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷۱-۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸۱-۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹۱-۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بالای ۱۰۰	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۰	۰	۲	۱۸	۱۴	۱۰	۴	۰	۸

جدول ۷- شدت بروز ترک جانبی در تخته‌های خشک شده

دامنه ترک‌ها (mm)	تعداد در برنامه اول			تعداد در برنامه دوم			تعداد در برنامه سوم		
	شعاعی	مماسی	بینابینی	شعاعی	مماسی	بینابینی	شعاعی	مماسی	بینابینی
۱-۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰
۱۱-۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴	۰	۲	۲
۲۱-۳۰	۰	۰	۰	۲	۰	۲	۰	۰	۴
۳۱-۴۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰
۴۱-۵۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰
۵۱-۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶۱-۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷۱-۸۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰
۸۱-۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹۱-۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰
بالای ۱۰۰	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۰	۰	۰	۱۲	۰	۶	۰	۶	۶

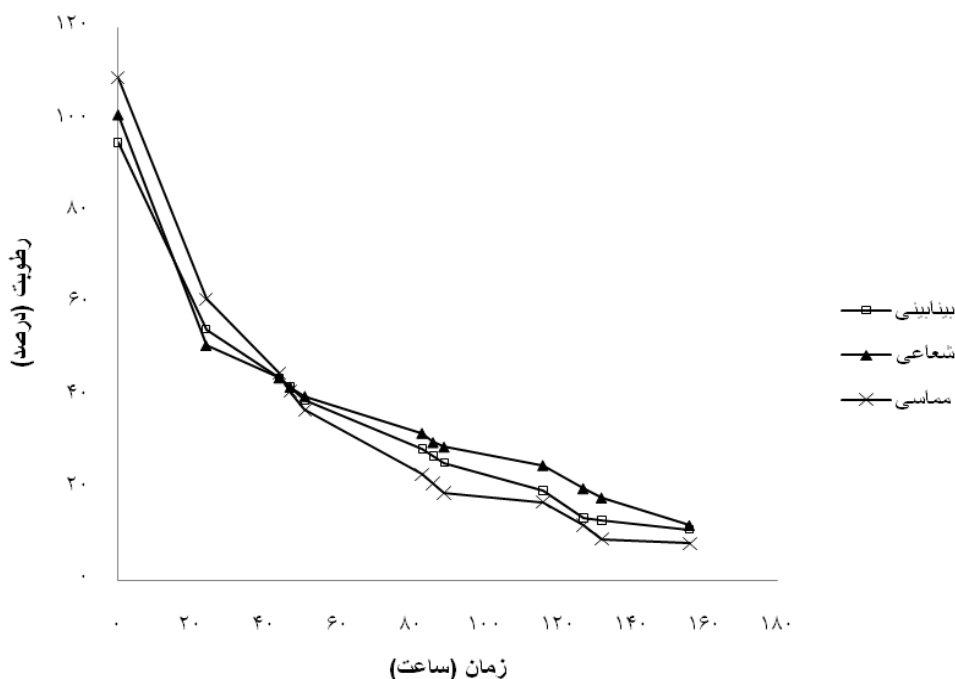
جدول ۸ - شدت بروز ترک داخلی در تخته‌های خشک شده

دامنه ترک‌ها (mm)	تعداد در برنامه اول			تعداد در برنامه دوم			تعداد در برنامه سوم		
	شعاعی	مماسی	بینابینی	شعاعی	مماسی	بینابینی	شعاعی	مماسی	بینابینی
۱-۱۰	۰	۲	۰	۴	۶	۰	۰	۰	۰
۱۱-۲۰	۰	۰	۰	۴	۰	۲	۰	۰	۰
۲۱-۳۰	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۰	۰
۳۱-۴۰	۰	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۰	۴	۲	۱۲	۶	۲	۰	۰	۰

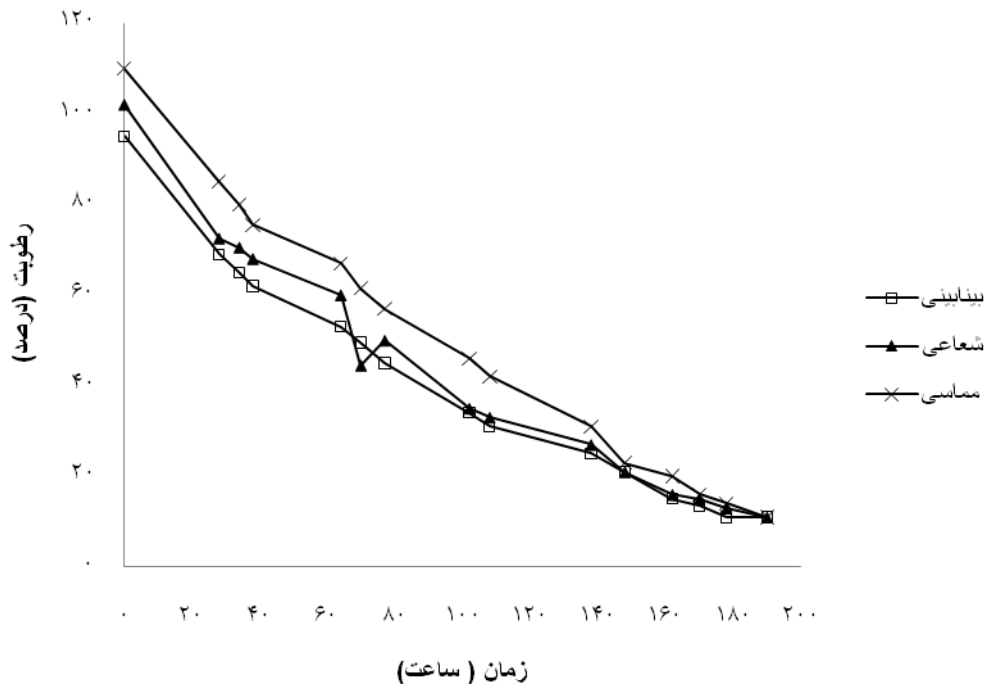
نرخ خشک شدن و یکنواختی رطوبت نهایی

در هر سه برنامه، تخته‌های مماسی سریع‌تر از تخته‌های شعاعی خشک شدند و تخته‌های بینابینی با سرعت متوسطی خشک شدند (شکل‌های ۴ الی ۶ و جدول ۹). وجود پره‌های چوبی و جهت گیری آن‌ها در جهت شعاعی، علت بروز این تفاوت‌هاست. در برنامه دوم نرخ کاهش رطوبت در تخته‌های مماسی و بینابینی یکسان بود. در مجموع، در هر سه برنامه، تخته‌های مماسی از

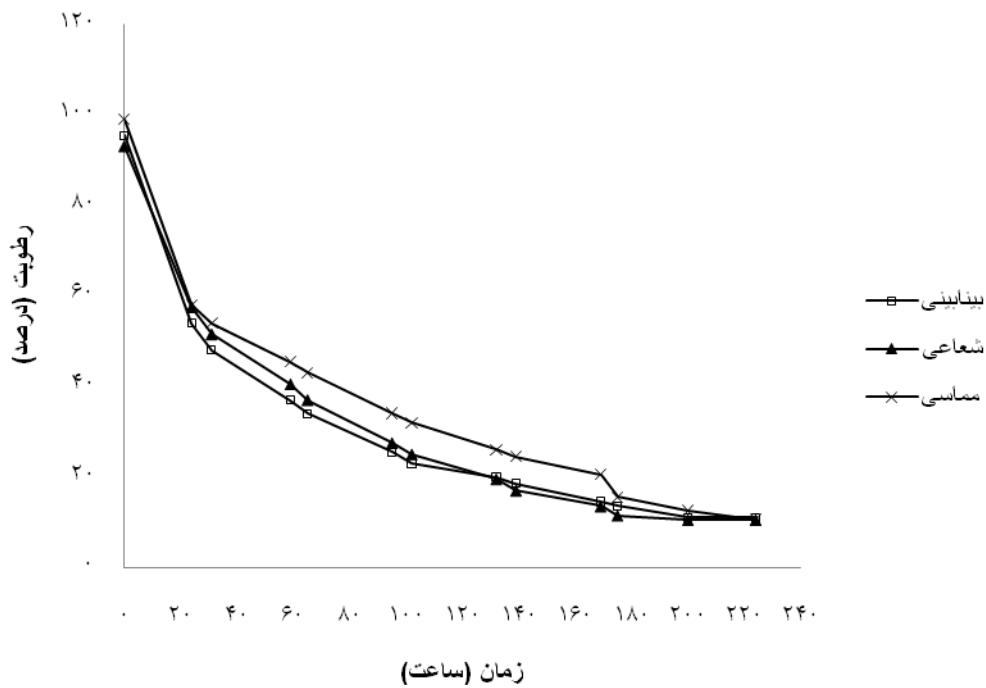
رطوبت نهایی کمتری برخوردار بودند (جدول ۱۰). نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج Luostarinen (2007) همخوانی دارد. نتایج همچنین نشان داد که تخته‌های خشک شده تحت برنامه اول از نایکنواختی رطوبت نهایی بیشتری در مقایسه با دو برنامه دیگر برخوردار بودند. در دو برنامه دیگر (برنامه دوم و سوم) رطوبت نهایی تخته‌ها در دامنه ۹ الی ۱۳ درصد متغیر بود.



شکل ۴- روند کاهش رطوبت تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی در برنامه اول



شکل ۵- روند کاهش رطوبت تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی در برنامه دوم



شکل ۶- روند کاهش رطوبت تخته‌های شعاعی، مماسی و بینابینی در برنامه سوم

جدول ۹- سرعت خشک شدن تخته‌ها در برنامه اول و دوم و سوم

نوع برنامه		اول		دوم		سوم	
نوع تخته	شعاعی	بینابینی	مماسی	شعاعی	بینابینی	مماسی	شعاعی
سرعت خشک شدن (%/h)	۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۳۷
							۰/۳۸
							۰/۳۹

جدول ۱۰- درصد کل چوب هر نوع برش در محدوده رطوبت نهایی مورد نظر

برنامه	محدوده رطوبتی	تخته شعاعی	تخته مماسی	تخته بینابینی
اول	۹-۱۳	۶۴	۵۰	۷۷
	کمتر از ۹	۱۴	۳۳	۱۴
	بیش از ۱۳	۲۲	۱۷	۹
دوم	۹-۱۳	۱۰۰	۱۰۰	۸۸
	کمتر از ۹	۰	۰	۰
	بیش از ۱۳	۰	۰	۱۲
سوم	۹-۱۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	کمتر از ۹	۰	۰	۰
	بیش از ۱۳	۰	۰	۰

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی، الگوی برش تخته‌های تبریزی در رفتار خشک شدن آن‌ها بسیار موثر بود و تخته‌های شعاعی و مماسی از لحاظ بروز انواع معایب چوب خشک کنی (به ویژه ترک خوردگی) و نرخ خشک شدن رفتار متفاوتی نشان می‌دادند. سایر محققین به نتایج مشابهی در مورد گونه‌های مختلف مانند توس نقره‌ای، کاج دریایی، نوئل و اوکالیپتوس دست یافته‌اند (Innes et al., 2005; Keey et al., 2000; Luostarinen, 2007; Munoz, & Moya., 2008) با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق که حاکی از خشک شدن سریع‌تر تخته‌های مماسی نسبت به تخته‌های شعاعی است، بهتر است در شرایط یکسان، تخته‌های مماسی در طبقات پایین کوره قرارگیرند چرا که در اغلب کوره‌ها تخته‌هایی که در ردیف

فوقانی هستند سریع‌تر خشک می‌شوند (Ebrahimi, 1983). تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که شدت انواع اعوجاج‌ها تحت تاثیر الگوی برش تخته‌ها و نوع برنامه چوب خشک کنی قرار ندارد، ولی به طور کلی شدت اعوجاج در تخته‌های مماسی در برنامه اول و در تخته‌های شعاعی در برنامه سوم اندکی بیشتر بود. وجود معایب رویشی مانند چوب واکنشی، جوان چوب، کج تار، ماریج تار و... در بروز انواع اعوجاج‌ها بسیار تاثیرگذار است و اعوجاج‌ها کمتر تحت تاثیر برنامه خشک کردن قرار دارند (Keey et al., 2000). قرار دادن تخته‌های مستعد به تغییر شکل به ویژه کمانی شدن در هر برنامه در طبقات تحتانی باعث وارد آمدن وزن طبقات بالایی بر روی آنها شده و اصطلاحاً بهتر مهار شده و امکان بروز این نوع اعوجاج در آنها کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آن بود

چوبدستک‌گذاری و به ویژه نزدیک بودن چوبدستک به مقاطع در کاهش ترک‌های مقطعی موثر است (Keey et al., 2000). با توجه به این که عملیات مشروط‌سازی شاید در شدت وقوع معایب چوب خشک‌کنی به ویژه ترک‌های سطحی، چین خوردگی (کلاپس) و ناودانی‌شدن موثر باشد، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی تاثیر تیمار تکمیلی (مشروط‌سازی) بر وقوع انواع اعوجاج‌ها در تخته‌های تبریزی مطالعه شود. انجام تحقیقات مشابه بر روی سایر گونه‌های صنوبر مانند سپیدار (*P. alba*) نیز پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی قطب علمی مدیریت کاربردی گونه‌های تندرشد چوبی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. همچنین از همکاری آقایان مهندس ایرج منصوریار و مهندس سعید اسحاقی سپاسگزاری می‌شود.

که به طور کلی تخته‌های مماسی در مقایسه با تخته‌های شعاعی بیشتر دچار ترک خوردگی سطحی می‌شوند. شدت وقوع ترک‌های سطحی علاوه بر الگوی برش تخته‌ها، به نوع برنامه چوب خشک‌کنی نیز بسیار وابسته است. این نوع ترک‌ها در گام‌های ابتدایی برنامه چوب خشک‌کنی و در اثر استفاده از دمای خشک بالا و به ویژه رطوبت نسبی کم در این گام‌ها رخ می‌دهند. به هنگام خشک شدن تخته‌ها در گام‌های ابتدایی، سطح چوب همکشیده شده ولی مغز آن رطوبت بالاتر از رطوبت اشباع فیبر دارد. بنابراین، تنش کششی در سطح تخته و تنش فشاری در مغز آن گسترش می‌یابد. چنانچه این تنش‌ها از مقاومت چوب تجاوز کنند، ترک‌های سطحی رخ می‌دهند. در هنگام تبدیل تنش، بعضی از ترک‌های سطحی ریز بسته می‌شوند ولی ترک‌های نسبتاً شدید و عمیق بر روی تخته‌ها در پایان عملیات چوب خشک‌کنی مشاهده می‌شوند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در صورت وقوع ترک‌های سطحی در تخته‌های مماسی از رطوبت نسبی بالاتری در گام‌های ابتدایی برنامه چوب خشک‌کنی استفاده گردد. همچنین، اندودکردن کامل مقاطع و روش

References

- Chavoshakbari, M., 2000. Establishing kiln drying schedule for Oak lumber of 5 cm in thickness, Thesis Presented for the Degree of Master of Science, Islamic Azad University.
- Ebrahimi, G., 1983. Air Drying of Lumber, Scientific and Technical Press, Tehran, 253 pp.
- Ebrahimi, G., 1991. Transport Processes in Wood, Tehran University Publications, Tehran, 290 pp.
- Ebrahimi, G. & M. Faezipoor, 2002. Kiln Drying of Lumber, 2nd Ed., Tehran University Publications, Tehran, 460 pp.
- Khorsandalam, M., 2001. Establishing kiln drying schedule for Maple lumber of 5 cm in thickness, Thesis Presented for the Degree of Master of Science, Tarbiat Modares University.
- Innes, T.C., P.J., Bennett & M.W., Lee, 2005. Drying of tangentially-sawn Tasmanian *Eucalyptus oblique*, Holz als Roh- und Werkstoff, No. 63, pp. 365-371
- Keey, R.B & Langrish, T.A.G., 2000. Kiln Drying of Lumber, Springer Verlag Publications, 326pp.
- Luostarinen, K., 2007. The effect of annual ring orientation and drying method on deformations, casehardening and color of silver birch (*Betula pendula*) boards, Silva Fennica, 41(4), pp. 717-730.
- Madhoushi, M., 1996. Establishing kiln drying schedule for Beech lumber of 5 cm in thickness, Thesis Presented for the Degree of Master of Science, Tarbiat Modares University.
- McCurdy, M.C. & Keey, R.B., 2002. The effect of growth-ring orientation on moisture

movement in the high-temperature drying of softwood boards, Holz als Roh – und Werkstoff, 60(5), pp. 363-368

- McCurdy, M.C. & Keey, R.B., 2002. Influence of sawing orientation on moisture movement through softwood boards, Maderas: Cienciay Tecnologia, 4, pp. 26-39

- Munoz, F. & Moya, R., 2008. Moisture content variability in kiln dried *Gmelina arborea* wood: effect of radial position and anatomical features, J Wood Sci, No. 54, pp. 318-322.

- Sandberg, D., 2008. Distortion and visible crack formation in green and seasoned timber: influence of annual ring orientation in the cross section, Holz als Roh- und Werkstoff, No.63, pp. 11-18.

A study on the effects of grain orientation on the quality of kiln dried poplar lumbers

S. Rahimi¹, A. Tarmian^{2*}, M. Faezipour³

¹ MSC, Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

² Assistant Prof., Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

³ Professor, Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

(Received: 06 September 2009, Accepted: 28 February 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. Dry bulb temperatures for the schedules were adjusted at 54, 54 and 60 °C, while the final temperatures were 82, 82 and 71 °C, respectively. The severity of warping, honeycombing and surface checking in kiln dried lumbers were measured and analyzed. Results showed that flat-sawn boards dried faster than quarter-sawn boards. The grain orientation had no effect on the occurrence of warp, whereas cracking largely occurred in flat-sawn lumbers.

Keywords: Drying – Poplar – Drying defects –Grain orientation-Wood drying quality

*Corresponding author: Tel: +98 261 2249311 , Fax: +98 261 2249311 , E-mail: tarmian@ut.ac.ir