

## بررسی امکان جایگزینی چوب گونه های بومی ایران در ساختمان برجهای خنک کننده

فرداد گل‌بابائی\*<sup>۱</sup>، حسین حسین‌خانی<sup>۲</sup>، امیر نوربخش<sup>۳</sup>، ابوالفضل کارگرفرد<sup>۲</sup> و عباس فخریان<sup>۳</sup>

\*<sup>۱</sup>- مسئول مکاتبات، مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور،

پست الکترونیک: fardad.golbabaei@gmail.com

<sup>۲</sup>- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۳</sup>- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۸

### چکیده

جهت اجرای این طرح تحقیقاتی نمونه‌هایی از گونه‌های توسکا، افرا، بلوط، صنوبر و کاج الداریکا به ابعاد  $120 \times 5 \times 5$  سانتیمتر تهیه و با توجه به داشتن سیلندر و امکانات اشباع چوب در نیروگاه منتظر قائم کرج مطابق با روش متداول برای اشباع چوبهای برجهای خنک کننده با ماده حفاظتی سلکور اشباع شدند و پس از نگهداری به مدت حدود ۲ ماه جهت تثبیت ماده حفاظتی، به ۴ منطقه گیلان (نیروگاه برق لوشان)، خوزستان (پتروشیمی بندر امام)، استان اصفهان (نیروگاه برق دورچه) و استان تهران (نیروگاه برق منتظر قائم کرج) که از نظر شرایط محیطی بلحاظ آلودگی کاملاً با یکدیگر متفاوت بودند انتقال و در داخل برجهای خنک کننده نصب شدند و در طول مدت ۶ سال هرساله تعدادی از نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال و سختی، خمش استاتیک و فشارموازی‌الیاف اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بعد از گذشت ۶ سال در نقاط مختلف عوامل تخریب متفاوتی بر روی چوبها اثر گذاشته‌اند البته در طی ۴ سال از نظر آماری تخریبی مشاهده نشده و در سال پنجم اجرای طرح نیز از نظر دید ظاهری تخریبی مشاهده نشده ولی مقاومتها کاهش یافته‌اند. در منطقه صنعتی پتروشیمی ماهشهر با توجه به تولیدات مواد شیمیایی مختلف از جمله کلر و گوگرد که این مواد در هوا پخش شده و از طریق باد و عوامل مکش برج بر روی چوبها اثر کرده و باعث تخریب شیمیایی شده است در حالی که در سایر مناطق این آلودگی وجود نداشته و بیشتر تخریب بیولوژیکی اتفاق می‌افتد در بین گونه‌های مختلف استفاده شده جهت تهیه نمونه گونه‌های بلوط و کاج‌الداریکا از نظر شکل ظاهری و مقاومتها استقامت بسیار بالایی داشته‌اند اما گونه بلوط با توجه به جذب آب زیاد آن دارای وزن بسیار زیادی نیز شده است که باعث افزایش وزن کلی سازه می‌شود که مطلوب نیست چوب کاج الداریکا با توجه به خصوصیات مناسب ساختمانی و مواد شیمیایی موجود در آن و با توجه به کاشت آن در ایران می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی به جای چوب گونه‌های وارداتی باشد.

واژه‌های کلیدی: برج‌های خنک کننده، بلوط، توسکا، صنوبر دلتونیدس، افرا، کاج الداریکا، مقاومت مکانیکی، خواص فیزیکی

### مقدمه

مشکلات گرمای ایجاد شده وجه مشترک دارند گرمای

ناخواسته در این واحدها توسط آب حذف می‌گردد بدین صورت که آب سردتر از ادوات گرم درگیر در فرآیند کار

واحدهای پتروشیمی و پالایشگاهها و نیروگاهها که

نیازهای اجتناب ناپذیر کشور را پاسخگو هستند در

ابراهیمی (۱۳۷۹) در کتاب مهندسی برج‌های خنک کننده (تر) به بررسی کامل روش کار و انواع برجها پرداخته و دو گونه سرخ چوب و دوگلاس فر را به عنوان چوب برجها در ساختمان آن قید نموده است.

Matthew E. Anderson (۲۰۰۲) در بررسی بر روی چوب اجزاء برجهای خنک کننده استفاده از دستگاها و ابزار ساده مانند درفش سوراخ کن را مورد بررسی قرار داده و رابطه کاملاً منطقی و درستی بین مقاومت‌های باقیمانده چوب‌آلات بکار رفته در برجها و مقاومت آنها در برای سوراخ شدن عنوان نموده است.

James L. Willa (۱۹۹۸) در طی یک بررسی ۱۰ ساله بر روی انتخاب بهترین چوب و بهترین فشار اشباع برای ساختمان برجهای خنک کننده ثابت نموده که سرخ چوب اشباع شده با کروزت مشابه با استفاده از ACC (اسید کرمات مس) و بهتر از استفاده از CCA (ارسنات کرومات مس) بوده است.

Darrell R. Smith (۱۹۹۶) در بررسی تحت عنوان حفاظت چوب و چگونگی مناسب بودن آن برای صنایع برجهای خنک‌کننده پیشنهاد نموده که عمل حفاظت چوب در عمق چوب و اعضای چوبی مورد استفاده در صنایع برجهای خنک کننده انجام گیرد.

P. Song and Michael G. (۱۹۸۶) در بررسی متدهای شناختن عواملی که چوب برج های خنک کننده را مورد حمله قرار می‌دهند عنوان می‌دارد که عوامل مخرب بیولوژیکی و شیمیایی می‌توانند تخریب چوب برجهای خنک کننده را تسریع نمایند. خسارت و ضربه وارده غیرقابل جبران بوده و اغلب نتیجه آن زیاد و پرهزینه و تعویض قطعه چوبی را به همراه دارد. حمله بیولوژیکی

بوده و گرمای آنها را گرفته و با خود به محیط مناسب برده و در هوا تخلیه می‌کند. مسئله مصرف آب در واحدهای صنعتی ابعاد چشمگیری دارد. این واحدها روزانه میلیونها متر مکعب آب مصرف می‌کنند که هرگاه در بازیافت آب مصرفی کوشش نگردد منابع آب سریعاً از دست رس خارج خواهند شد. با توجه به مطالعات مختلف در جهان بر روی چوب برجهای مختلف و وجود شرایط کاملاً مخرب برای چوب از بین بیشتر گونه‌ها، گونه دوگلاس فر بدلیل شرایط ساختمانی مناسب، برای برجها انتخاب گردیده است. لازم به ذکر است که کشور ایران از نظر پوشش گیاهی طوری است که غالب پوشش آنرا پهن برگان در برگرفته و سوزنی‌برگان بومی ایران نیستند و هرچه از گونه های سوزنی برگان است بصورت دست کاشت می‌باشد.

در کشور ما ایران تعداد بسیار زیادی واحد های نیروگاه، پتروشیمی و حتی مجتمع‌های مسکونی وجود دارند که دارای سیستم‌های هواساز هستند که حدود سه دهه پیش اغلب بوسیله شرکت‌های خارجی بنا شده‌اند که در اکثر این سیستم ها عمل خنک‌کنندگی با برجهای خنک‌کننده می‌باشد این شرکت‌ها فناوری طراحی، بازسازی، ساخت و نگهداری این دستگاهها را به مسئولان آن بطور کامل و مناسب آموزش نداده و در نتیجه این برجها پس از گذشت مدت زمانی نه چندان زیاد دچار عدم بازدهی مناسب شده و خیلی سریعتر از زمان مقرر دچار فرسودگی و تخریب می‌شوند.

بر روی برجهای خنک‌کننده تحقیقات بسیار زیادی در کشورهای مختلف صورت گرفته است که در زیر به پاره‌ای از آنها اشاره می‌شود

### روش تحقیق

در این بررسی نمونه‌هایی از گونه‌های توسکا، افرا، بلوط، صنوبر و کاج الداریکا به ابعاد ۵×۵ سانتیمتر و طول ۱۲۰ سانتیمتر تهیه و سپس با استفاده از سیلندر و امکانات اشباع چوب در نیروگاه منتظر قائم کرج مطابق با روش متداول، برای اشباع چوبهای برجهای خنک‌کننده با ماده حفاظتی سلکور (نمک تانالیت (CCA یا Green Salt)) عمل اشباع نمونه‌ها انجام گردید و در ادامه نمونه‌های اشباع شده مدت ۲ ماه جهت تثبیت ماده حفاظتی در کارگاه صنایع چوب دپو شدند و سپس نمونه‌ها جهت قرار گرفتن در داخل برج‌های خنک‌کننده به ۴ منطقه که از نظر الودگی محیطی کاملاً با یکدیگر متفاوت بودند انتقال و نصب گردیدند. این مناطق شامل گیلان (نیروگاه برق لوشان)، خوزستان (پتروشیمی بندر امام)، استان اصفهان (نیروگاه برق دورچه) و استان تهران (نیروگاه برق منتظر قائم کرج) بودند. در طول مدت ۵ سال هرساله تعدادی از نمونه‌ها بصورت تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن انتقال و مورد اندازه‌گیری مقاومت‌های مکانیکی سختی، خمش استاتیک و فشار موازی‌الیاف قرار گرفتند مقادیر کاهش مقاومتها را در گونه‌های مورد آزمایش با استفاده از روش‌های آماری مورد بررسی قرار داده و دوام چوب گونه‌های مختلف را در محیط استفاده مشخص شدند. کلیه آزمایشات بر طبق استاندارد ASTM D-143 انجام گرفت

برجهای خنک‌کننده دارای دو نوع متداول شامل برج با جریان متقابل و برج با جریان عرضی بوده که در کل آب بوسیله پمپ‌های قوی به قسمت فوقانی که همان حوضچه آب گرم است.

بسیار مهمتر از سایر حمله‌ها بوده آشکار شدن آن نیز بسیار مشکل‌تر است کنترل هر نوع از حمله‌ها به برج در نگهداری خوب برج بسیار ضروری است. مراجعه به ساختمان چوب، نوع حمله و متدهایی برای کنترل و آمادگی مهمترین اصول هستند. اثرات آب قلیایی برج باعث زوال چوب می‌شود.

Martin, J.L. Haymore (۱۹۸۵) در رابطه با نمونه‌برداری و آنالیز در برج‌های خنک‌کننده تحقیقاتی انجام داده و از برجهای خنک‌کننده که در طی سالهای ۱۹۵۱ و ۱۹۵۵ در حال کار بوده اقدام به نمونه برداری نموده و بر روی نمونه‌ها آزمایشهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی انجام داده است نتایج آزمایشات مورد آنالیز و بحث قرار گرفته و نتایج شامل درجه تخریب شدید نمونه‌های چوبی بوده است.

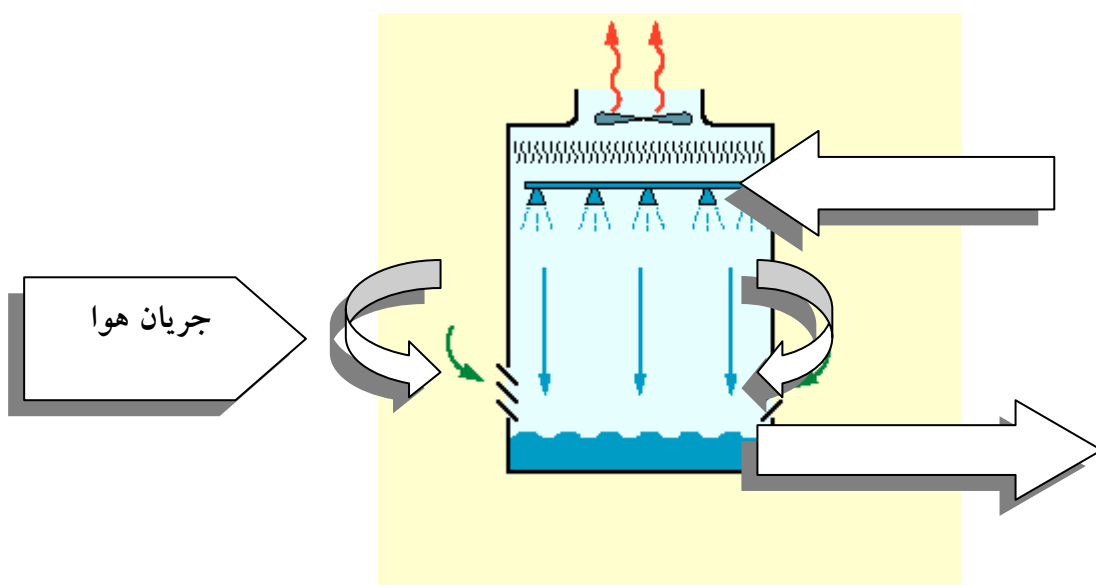
Paul R. Puckorius (۱۹۸۴) تحقیقاتی را در رابطه با تشخیص پوسیدگی شدت سرایت مرض و روشهای کنترل انجام داده است. در این بررسی بر روی متدهای کنترل بر روی تخته‌های گونه دوگلاس فر اشباع شده قبل و بعد از نصب شدن در داخل برج تحقیقاتی صورت گرفته است.

John A. Nelson and Robert W. Petterson (۱۹۸۳) درباره اثرات آب داغ بر روی مقاومت‌های نمونه‌های دو گونه دوگلاس فر و سرخ چوب تحقیق انجام داده‌اند. در این بررسی مدول الاستیسیته مقاومت به فشار موازی الیاف بر روی نمونه‌های سالم و اندازه کامل از گونه‌های دوگلاس فر و سرخ چوب بعد از قرار گرفتن سه سال در شرایط حرارت ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه فارنهایت اندازه‌گیری شده و از نتایج آزمایشات جهت کاهش فاکتورهای تخریب استفاده گردید.

### معرفی برج خنک کننده:



شکل ۱- برج با جریان متقابل



۲- نحوه عملکرد برج خنک کننده با جریان متقابل

انتقال می‌یابد هر برج داری تعدادی اتاقک فن دار است که بنام سل نامیده می‌شود.

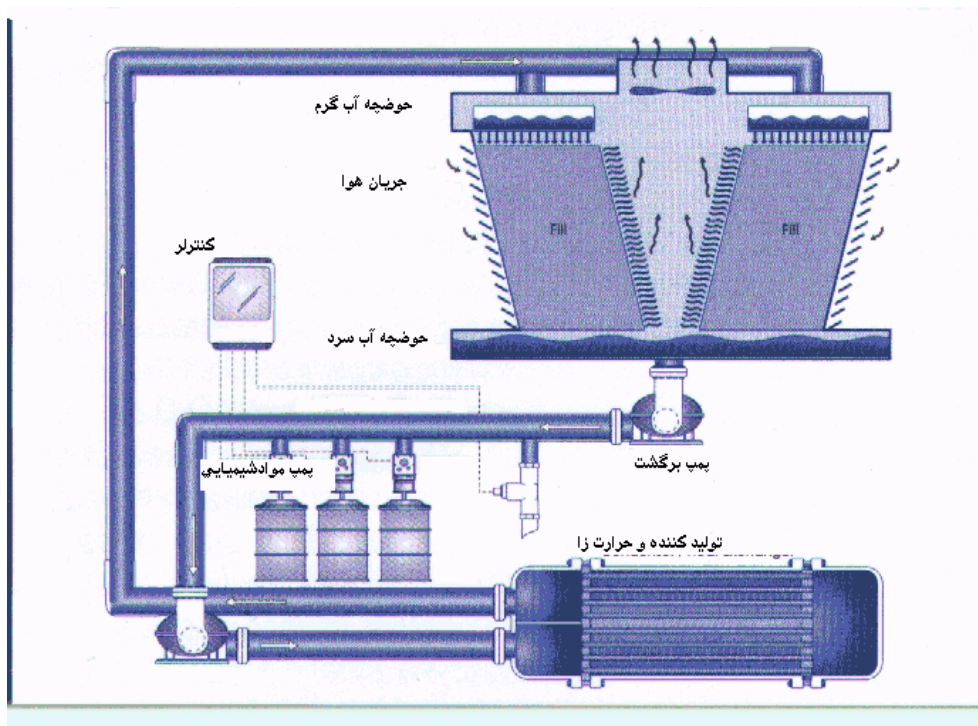
انتقال یافته و از آنجا به وسیله نازل‌های متعددی به قسمت تحتانی (حوضچه آب سرد) سرازیر می‌شود که در این سیکل دمای آب پایین آمده مجدداً به داخل سیستم



شکل ۳- برج خنک کننده با جریان عرضی



شکل ۴- برج خنک کننده با جریان عرضی



شکل ۵- نحوه عملکرد برج خنک کننده با جریان عرضی

نمونه‌ها انتخاب شده تازه توسط استادکاران اصفهانی مورد بازسازی کلی قرار گرفته و وضعیت مناسبی دارد.

برای اجرای این طرح ۴ منطقه کشور به لحاظ امکانات و میزان آلودگی محیطی انتخاب گردید که شامل:

#### نیروگاه برق لوشان:

این نیروگاه دارای دو برج از نوع عرضی بوده که کلا دچار خزه گرفتگی و تخریب شدید هستند

#### پتروشیمی بندر امام:

این شرکت دارای واحدهای مختلف از جمله واحد پلی اتیلن سنگین (HD) تولیدکننده ۶۰ هزار تن پلی اتیلن سنگین در انواع مختلف در سال تولید می‌کند، واحد دوم پلی اتیلن سبک (LD) تولید کننده ۱۰۰ هزار تن پلی اتیلن سبک در سال است، واحد سوم واحد پلی پروپیلن (PP) که ۵۰ هزار تن پلی پروپیلن در انواع مختلف در سال تولید می‌کند، واحد چهارم واحد تولید لاستیک مصنوعی و بوتادین (BD/SR)

#### نیروگاه منتظر قائم:

این نیروگاه دارای دو برج خنک کننده تر از نوع عرضی بوده برج از فعالیت و میزان کاهش دمای آب و استحکام سازه در وضعیت مناسبی است که نکته اساسی و مهم در این ارتباط داشتن تاسیسات اشباع و نجاری در این نیروگاه است که بطور دوره‌ای مورد بازدید و بازسازی قرار می‌گیرند.

#### نیروگاه برق دورچه اصفهان:

این نیروگاه نیز دارای ۴ برج اصلی است که یکی از آنها دارای وضعیت نامناسب بوده که در برنامه بازسازی کلی قرار دارد و برجی که توسط کارشناسان نیروگاه جهت نصب

### نتایج:

در سال اول اجرای طرح، نمونه های اشباع شده به مناطق مورد نظر انتقال و در داخل برجها نصب گردید و همچنین یک سری نمونه از گونه های مورد نظر و اشباع نشده بعنوان نمونه شاهد از نظر خواص مکانیکی شامل خمش استاتیک، فشار موازی الیاف و سختی و خواص فیزیکی مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است در ادامه اجرای طرح هر سال برج های خنک کننده که نمونه ها در آنها نصب شده بود مورد بازدید و ارزیابی قرار گرفته و بصورت تصادفی از نمونه ها آزمایشی اقدام به نمونه برداری شده و به آزمایشگاه گروه فیزیک و مکانیک چوب مجتمع البرز کرج انتقال و مورد آزمایش قرار گرفتند که میانگینهای آنها در جداول ۲ تا ۱۷ آورده شده است. این نتایج با استفاده از روشهای آماری طرح فاکتوریل در غالب کاملاً تصادفی مورد آنالیز آماری قرار گرفته و با استفاده از گروه بندی دانکن میانگین های آنها گروه بندی شدند.

که تولید کننده ۴۰ هزار تن در سال لاستیک مصنوعی در ۴ نوع مختلف است، واحد پنجم واحد پلی وینیل کلراید سوسپانسیون (S-PVC) که ۱۷۵ هزار تن پلی وینیل کلراید در انواع مختلف تولید می کند و در نهایت واحد ششم کلرآکالی (CA) تولید کننده ۵۰۰ هزار تن سود سوزآور ۵۰٪ که معادل ۲۵۰ هزار تن سود سوزآور خالص می باشد. تمام واحد های مذکور از تولیدات بسیار با اهمیتی برخوردار هستند که تامین کننده مواد اولیه صنعت کشور بوده و مقدار زیادی از آن به کشورهای مختلف صادر می شود. در اغلب این واحدها سیستم تولید دارای گرمای مازاد و اضافی بوده که در نتیجه فرآیند تولید ایجاد می شود همه واحدها دارای انواع برج های خنک کننده هستند همچنین خود محیط نیز از نظر آب وهوایی شرایط بسیار بدی را دارد.

برجها خنک کننده با ساختمانی که میتوان گفت ۹۰٪ آن از چوب است ساخته شده و فعالیت آن از نظر زیست محیطی بسیار پاک میباشد.



شکل ۶- نمای از آزمایشگاه مکانیک چوب و نمونه‌های آزمایشی



جدول ۱- خواص فیزیکی و مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار نشده شاهد)

ردیف	گونه	خواص فیزیکی			خواص مکانیکی			جرم ویژه خشک (gr/cm <sup>3</sup> )	جرم ویژه تر (gr/cm <sup>3</sup> )	سختی
		تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حد حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حد حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)			
۱	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	۴۸/۵۴	۷۵/۱۴	۸۵۱۱	۴۷/۲۴	۶۳/۲۷	۷۰۶۶/۵	۴/۶۴۲	۴/۹۲۱	
۲	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	۳۸/۵۶	۶۰/۲۳	۶۷۰۳	۳۳/۹۴	۴۹/۳۵	۴۵۱۸	۴/۱۲۹	۵/۲۵۸	
۳	بلوط <i>Quercus castaneafolia</i>	۴۲/۷۵	۶۷/۹۸	۸۹۰۲	۵۸/۴۵	۷۹/۶۶	۷۶۷۷	۵/۱۹۷	۶/۸۱۶	
۴	صنوبر <i>Populus deltoeides</i>	۳۲/۲۲	۴۶/۷۱	۴۶۱۴	۳۹/۶۴	۳۷/۵۱	۳۴۲۷	۲/۷۹۳	۳/۶۷۹	
۵	کاج الداریکا <i>Pinus eldarica</i>	۱۸/۷۲	۳۲/۹۳	۳۲۵۴	۲۲/۰۳	۳۵/۶۴	۳۳۰۵	۲/۵۰۱	۲/۸۵۲	

جدول ۲- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال چهارم ( نیرو گاه منتظر قائم )

ردیف	گونه	خواص مکانیکی			تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حد حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	سختی
		تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حد حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)				
۱	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	۴۶/۵۴	۷۲/۲۸	۸۵۵۸	۴۶/۲۴	۵۹/۲۴	۵۶۴۱	۶/۵۸۰
۲	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	۳۷/۲۸	۶۶/۴۵	۶۴۸۵	۳۸/۵۴	۴۷/۲۴	۳۹۲۴	۳/۱۵۴
۳	بلوط <i>Quercus castaneafolia</i>	۴۱/۵۴	۶۶/۵۴	۸۲۴۸	۴۳/۵۴	۵۵/۲۵	۴۸۲۸	۳/۵۸۱
۴	صنوبر <i>Populus deltoeides</i>	۳۰/۱۴	۵۱/۲۸	۶۷۵۴	۲۹/۲۴	۳۵/۲۴	۲۳۱۴	۲/۴۲۸
۵	کاج الداریکا <i>Pinus eldarica</i>	۱۸/۱۰	۳۱/۵۴	۳۲۲۵	۲۸/۵۴	۳۶/۱۸	۳۱۲۴	۲/۱۸۵

جدول ۳- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال پنجم ( نیرو گاه متظر قائم )

خواص مکانیکی								
ردیف	گونه	خمش استاتیک			فشار موازی الیاف			سختی
		تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	
۱	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	۴۵/۱۴	۶۹/۲۴	۸۳۲۴	۴۰/۲۴	۵۱/۴۸	۵۱۴۲	۵/۵۰۷
۲	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	۳۸/۵۴	۵۶/۶۵	۶۱۴۸	۳۰/۵۴	۴۰/۲۴	۳۶۴۵	۲/۴۸۹
۳	بلوط <i>Quercus castaneafolia</i>	۳۹/۲۴	۵۹/۲۴	۷۹۸۹	۳۸/۴۴	۵۲/۸۵	۴۰۵۷	۲/۴۸۱
۴	صنوبر <i>Populus deltoeides</i>	۲۸/۵۵	۴۲/۶۵	۶۰۵۴	۲۷/۵۴	۳۰/۴۴	۲۰۱۲	۲/۰۱۸
۵	کاج الداریکا <i>Pinus eldarica</i>	۱۸/۵۰	۳۰/۳۴	۳۲۱۵	۲۷/۵۵	۳۵/۲۴	۳۰۲۱	۲/۰۱۵

جدول ۴- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال چهارم ( نیرو گاه برق لوشان )

خواص مکانیکی								
ردیف	گونه	خمش استاتیک			فشار موازی الیاف			سختی
		تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	
۱	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	۴۷/۲۸	۷۱/۱۴	۸۵۴۸	۴۴/۱۸	۵۹/۲۴	۵۴۲۴	۵/۵۱۲
۲	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	۳۶/۱۴	۵۹/۴۵	۶۱۱۴	۳۱/۱۵	۴۸/۴۴	۳۸۴۸	۳/۶۸۵
۳	بلوط <i>Quercus castaneafolia</i>	۳۸/۵۴	۶۶/۵۸	۸۰۴۹	۴۲/۲۹	۵۲/۴۵	۴۸۲۴	۴/۲۸۵
۴	صنوبر <i>Populus deltoeides</i>	۲۷/۴۴	۴۸/۸۵	۵۶۲۴	۳۰/۵۴	۳۹/۴۳	۲۴۲۴	۲/۱۴۸
۵	کاج الداریکا <i>Pinus eldarica</i>	۱۸/۵۵	۳۰/۵۴	۳۲۱۸	۳۰/۱۱	۳۸/۴۸	۳۰۲۴	۲/۲۴۸

جدول ۵- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال پنجم ( نیرو گاه برق لوشان )

خواص مکانیکی								
ردیف	گونه	خمش استاتیک			فشار موازی الیاف			سختی
		تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	
۱	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	۴۳/۴۸	۶۸/۵۶	۸۰۱۷	۳۹/۸۵	۵۶/۲۴	۳۹۴۸	۴/۸۵
۲	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	۳۷/۲۴	۵۲/۳۵	۶۹۸۵	۲۸/۵۵	۴۰/۵۸	۳۰۴۸	۳/۴۴
۳	بلوط <i>Quercus castaneafolia</i>	۳۷/۴۸	۶۰/۲۴	۷۸۴۸	۳۵/۱۴	۵۰/۵۵	۴۳۵۴	۳/۸۵۱
۴	صنوبر <i>Populus deltoeides</i>	۲۶/۱۴	۴۷/۴۸	۵۰۱۴	۲۸/۱۴	۳۴/۱۹	۲۴۲۴	۲/۰۴۸
۵	کاج الداریکا <i>Pinus eldarica</i>	۱۸/۱۸	۳۰/۲۴	۳۰۲۴	۳۰/۰۸	۳۵/۷۱	۳۰۱۵	۲/۱۵۸

جدول ۶- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال چهارم ( نیرو گاه برق اصفهان دورچه )

خواص مکانیکی								
ردیف	گونه	خمش استاتیک			فشار موازی الیاف			سختی
		تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	مدول الاستیسیت (MPa)	
۱	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	۴۸/۵۱	۷۴/۱۷	۸۷۳۹	۴۸/۹۶	۶۳/۵۸	۵۸۱۴	۶/۱۵۳
۲	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	۳۷/۱۴	۶۰/۶۶	۶۵۷۱	۳۳/۶۰	۴۳/۵۶	۳۶۲۵	۳/۹۶۶
۳	بلوط <i>Quercus castaneafolia</i>	۴۱/۷۲	۶۹/۴۱	۸۲۰۴	۴۷/۱۳	۵۸/۹۱	۵۸۴۸	۴/۹۲۹
۴	صنوبر <i>Populus deltoeides</i>	۳۱/۰۱	۵۲/۶۵	۶۷۳۵	۳۱/۳۴	۳۹/۱۸	۲۶۴۵	۲/۴۷۳
۵	کاج الداریکا <i>Pinus eldarica</i>	۱۸/۵۴	۳۲/۵۱	۳۲۰۰	۳۱/۲۸	۳۵/۵۵	۳۴۱۴	۲/۵۴۴

جدول ۷- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال پنجم ( نیرو گاه برق اصفهان دورچه )

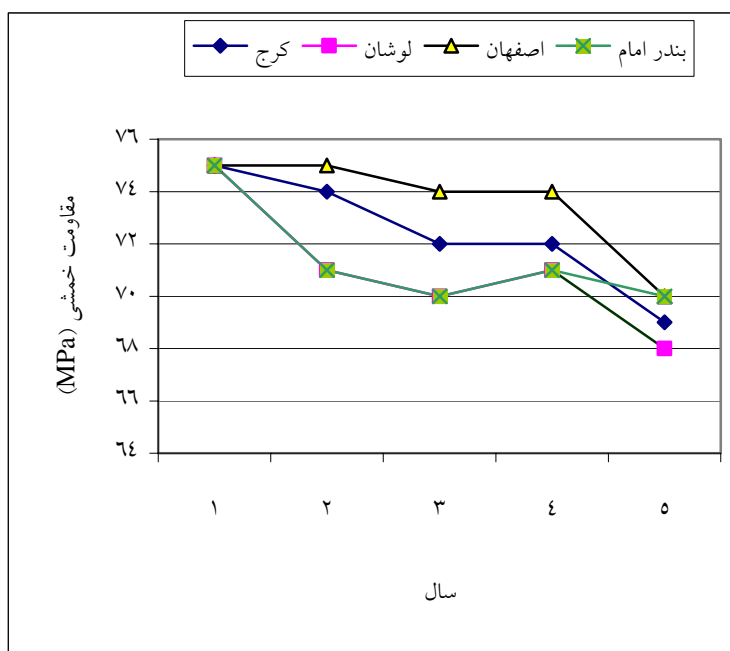
خواص مکانیکی									ردیف	گونه
سختی		فشار موازی الیاف			خمش استاتیک					
انتهایی (KN)	جانبی (KN)	مدول الاستیسیت ه(MPa)	تنش حداکثر (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	مدول الاستیسیت ه(MPa)	تنش حداکثر (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)			
۶/۴۸۵	۵/۸۵	۵۶۶۶	۶۱/۴۸	۴۵/۵۸	۸۲۴۸	۷۰/۱۴	۴۶/۵۸	۱	ممرز Carpinus betulus	
۵/۳۵۵	۳/۱۸۵	۳۴۵۸	۴۱/۲۳	۳۰/۲۸	۶۳۲۸	۵۸/۹۹	۳۸/۲۸	۲	توسکا Alnus glutinosa	
۵/۸۵۴	۳/۲۸۵	۵۶۳۸	۵۶/۲۴	۴۲/۴۳	۷۹۴۸	۶۴/۵۵	۳۸/۱۴	۳	بلوط Quercus castaneaefolia	
۴/۰۱۵	۲/۱۸۵	۳۴۴۴	۳۶/۸۵	۳۸/۲۳	۶۶۴۸	۴۸/۲۰	۳۰/۵۸	۴	صنوبر Populus deltoeides	
۳/۸۷۱	۲/۱۱۳	۳۳۸۵	۳۰/۲۴	۳۰/۳۸	۳۱۲۸	۳۰/۴۸	۱۸/۴۸	۵	کاج الداریکا Pinus eldarica	

جدول ۸- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال چهارم (پتروشیمی بندر امام )

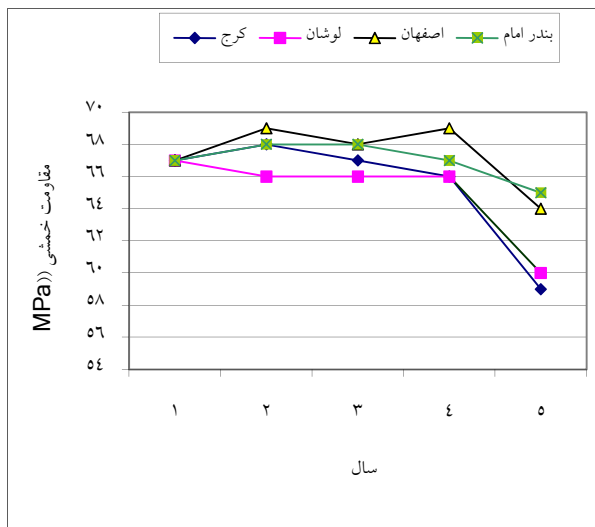
خواص مکانیکی									ردیف	گونه
سختی		فشار موازی الیاف			خمش استاتیک					
انتهایی (KN)	جانبی (KN)	مدول الاستیسیت ه(MPa)	تنش حداکثر (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	مدول الاستیسیت ه(MPa)	تنش حداکثر (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)			
۸/۰۴۷	۵/۲۲۳	۵۵۴۸	۶۱/۴۰	۴۵/۱۴	۸۷۷۰	۷۱/۴۳	۴۸/۵۲	۱	ممرز Carpinus betulus	
۶/۲۵۸	۴/۱۲۹	۳۲۴۸	۴۵/۲۱	۳۱/۱۸	۶۳۸۷	۶۱/۷۳	۳۷/۰۳	۲	توسکا Alnus glutinosa	
۶/۸۱۶	۵/۱۹۷	۴۸۴۸	۵۵/۶۵	۴۶/۵۸	۸۱۳۳	۶۷/۳۵	۴۰/۴۶	۳	بلوط Quercus castaneaefolia	
۳/۹۴۲	۲/۳۴۸	۲۸۵۸	۴۰/۱۸	۳۲/۱۴	۵۷۱۷	۵۰/۳۵	۲۷/۸۰	۴	صنوبر Populus deltoeides	
۴/۴۵۲	۲/۵۳۷	۳۱۸۵	۳۳/۲۵	۳۱/۸۰	۳۵۸۰	۳۲/۱۴	۱۹/۶۲	۵	کاج الداریکا Pinus eldarica	

جدول ۹- خواص مکانیکی چوبهای مورد آزمایش ( تیمار شده) در سال پنجم (پتروشیمی بندر امام )

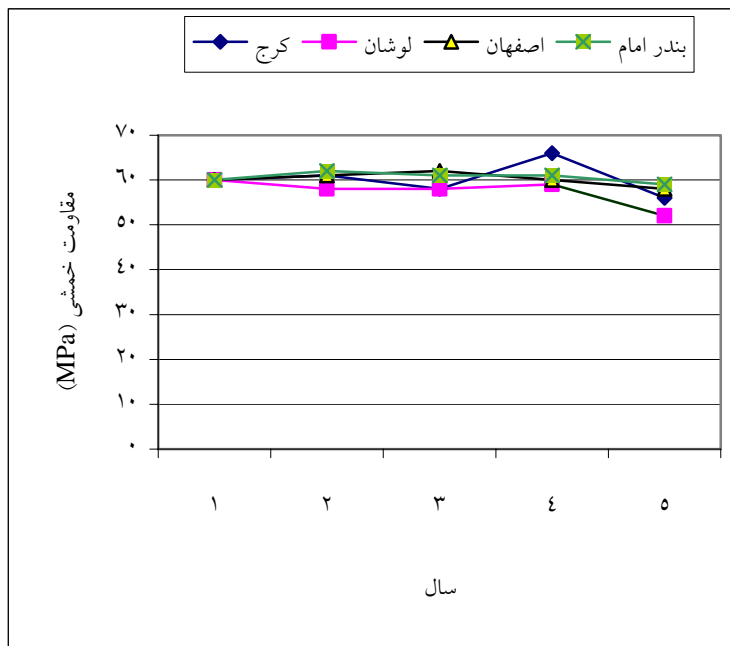
خواص مکانیکی								گونه	ردیف
فشار موازی الیاف				خمش استاتیک					
سختی	جانبی (KN)	مدول الاستیسیته (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	تنش حداکثر (MPa)	تنش حد الاستیک (MPa)		
انتهاپی (KN)									
۷/۵۴۱	۴/۱۴۸	۴۸۴۴	۵۶/۴۸	۴۰/۱۸	۸۱۷۷	۷۰/۳۳	۴۵/۵۴	ممرز Carpinus betulus	۱
۶/۰۴	۳/۸۵۱	۳۰۵۸	۴۲/۲۲	۲۸/۵۴	۶۰۴۸	۵۹/۳۴	۳۶/۱۴	توسکا Alnus glutinosa	۲
۵/۸۹۵	۴/۵۴۸	۴۳۱۸	۴۷/۲۵	۳۶/۱۸	۷۹۲۸	۶۵/۶۳	۳۸/۲۴	بلوط Quercus castaneafolia	۳
۳/۰۱۴	۲/۱۴۱	۲۴۳۸	۳۰/۵۰	۲۸/۲۴	۵۱۱۸	۴۸/۲۸	۲۶/۷۰	صنوبر Populus deltoeides	۴
۴/۰۴	۲/۰۱۴	۳۰۸۱	۳۶/۸۰	۳۰/۱۸	۳۱۲۸	۳۱/۲۴	۱۸/۲۸	کاج الداریکا Pinus eldarica	۵



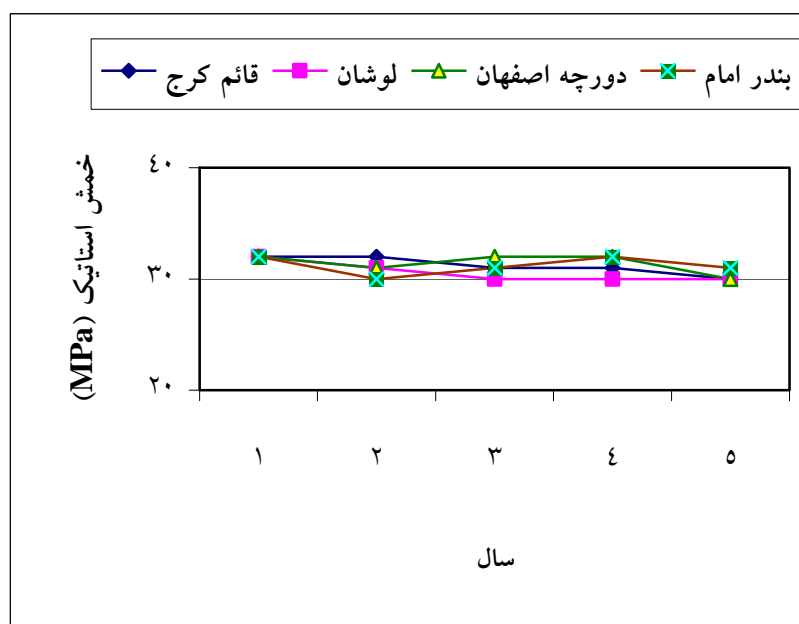
شکل ۷- تغییرات مقاومت به خمش گونه ممرز



شکل ۸- تغییرات مقاومت به خمش گونه بلوط



شکل ۹- تغییرات مقاومت به خمش گونه توسکا



شکل ۱۰- کمترین تغییر مقاومت در گونه کاج الداریکا در طی ۵ سال در مناطق مختلف

## بحث

نیرو گاه لوشان آلودگی شیمیایی کمتر وجود داشت و وجود بادهای وزان در منطقه باعث افزایش غبار و آلودگی گرد و خاک در داخل برج شده و بدلیل وجود شرایط محیطی مناسب برای رشد انواع گونه های گیاهی، هاگ و تخم خزه و سایر گیاهان به برج انتقال و در محیط برج خزه بسیار دیده می شود در منطقه کرج که تقریباً دارای آلودگی شیمیایی نبوده و محیط نیز خشک است همچنین به دلیل داشتن امکانات اشباع و نجاری بسیار مناسب در صورت مشاهده کوچکترین علائم تخریب سریعاً از سیستم خارج می شود. در منطقه اصفهان نیروگاه در کنار زاینده رود بوده و از آب آن استفاده می کند. آلودگی دیده نشده و شرایط آب و هوایی هم بسیار مناسب است اما در منطقه فعالیت پتروشیمی بندر امام، هوا به شدت آلوده بوده و به دلیل تولیدات شیمیایی مختلف از جمله کلر و گوگرد و سایر مواد که ناخواسته در هوا معلق بوده و با جریان ایجاد شده توسط برج به داخل برج مکیده شده و

نتایج آنالیز آماری بر روی میانگینهای بدست آمده از شهرهای مختلف در طی سالهای اول تا چهارم نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی داری در مقاومتها ی مکانیکی بوده است اما در سال پنجم اجرای طرح هرچند از نظر ظاهری و با چشم غیر مسلح تغییر قابل ملاحظه ای به چشم نمی خورد و علائم تخریب قابل مشاهده نبوده و فقط روی نمونه ها توسط لایه ای از ضایعات موجود در آب برج پوشیده شده بود اما نتایج آزمایشات افت مقاومتها را برای گونه های ممرز شکل ۷، بلوط شکل ۸ و توسکا شکل ۹ نشان داده ولی در غالب مناطق گونه صنوبر دلتوئیدس و کاج الداریکا (کاج تهران) شکل ۱۰ افت مقاومتی کمتر داشته و یا حتی در برخی مناطق این افت وجود نداشت. همانطوریکه در قسمت روش تحقیق اشاره شد مناطق انتخاب شده از نظر آب و هوای و آلودگی محیط کاملاً با هم متفاوت بودند به عنوان مثال در

### منابع مورد استفاده

- ابراهیمی، ق. ۱۳۷۹. مهندسی برج های خنک کننده (تر). انتشارات دانشگاه تهران، انتشار ۹۲۶۵ تهران، ۲۷۵ صفحه.
- Astm Standard Test Methods. 1999. American Society for testing materials standard methods for testing small clear specimen of timber ASTM-D142-83. Philadelphia Pa.
- Darrell R. Smith 1996. Wood preservation and how it pertain to the Cooling tower industry. Conrad Wood preserving Co. Jeffrey J. Morrell Oregon State University.
- J.L. Haymore and Martin 1985. Cooling tower wood sampling and analyses: A Case Study (TP-85-10). Marietta Energy Systems. Inc.
- John A. Nelson and Robert W. Petterson 1983. The effect of hot water exposure on the strength and stiffness of Douglas fir and red wood (TP-264A). The Marly cooling company.
- Matthew E. Anderson 2002. Evaluation of a simplified procedure to determine the condition of wood cooling tower components. Wood Advisory services Inc and Yelena S. Golod. BEC.
- P. Song and Michael G. 1986. Identification of cooling tower Wood attack and methods of control (TP- 86-10). Trulear Nalco chemical company.
- Paul R. Pckorius 1984. Cooling tower Wood decay identification current incidence and control methods (TP-84-10). Puckorius and associates Inc.
- اثرات تخریبی شدیدی را بر روی چوب برج می گذارد. در این منطقه هوا به شدت شرجی شده و دما در تابستان گاهی به ۵۰-۴۵ درجه نیز می رسد که خود باعث تشدید شرایط تخریب می شود. بایستی بدانیم که چوب حاصل فعالیت یک موجود زنده به نام درخت است و گونه های رویش نموده در یک منطقه با همان گونه در مناطق دیگر فرق دارد و چوب کمتر بصورت یک ماده همگن دیده می شود گونه کاج تهران یا کاج الداریکا را می توان با در نظر گرفتن خصوصیات خاص مورد نیاز برجهای بعنوان گونه جایگزین معرفی نمود و گونه صنوبر دلتوئیدس در مقام دوم قرار می گیرد. اما در هنگام کار کردن و بازسازی و یا ساخت برج بایستی به سالم بود چوبهای مورد استفاده از نظر استاندارد های موجود دقت نمود همچنین از چوب درختان مسن استفاده کرد.
- سپاسگزاری:
- اجرای چنین طرحهای بدون همکاری کارشناسان و دوستان گرانقدرم امکان پذیر نبوده و در اینجا از کمک های پر ارزش این عزیزان در پترو شیمی بندر امام، نیروگاه برق دورچه اصفهان، نیروگاه برق لوشان و نیروگاه برق منتظر قائم کرج بخصوص آقایان مهندس آبی و مهندس افتخاری و مهندس ضیایی تشکر و قدردانی می نمایم.



## Domestic wood as the building material for cooling towers

Golbabaie, F.<sup>1\*</sup>, Hosseinkhani, H.<sup>3</sup>, Noorbahsh, A.<sup>2</sup>,  
Kargarfard, A.<sup>2</sup> and Fakhryan, A.<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, M.Sc., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, E-mail: fardad.golbabaie@gmail.com

2-Ph.D, Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

3- M.Sc., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: Sep. 2009

Accepted: May 2010

### Abstract

Most industrial production processes need cooling water to operate efficiently and safely. Refineries, steel mills, petrochemical manufacturing plants, electric utilities and paper mills all rely heavily on equipment or processes that require efficient temperature control. Cooling water system control these temperatures by transferring heat from hot process fluids into cooling water. As this happens, the cooling water itself gets hot before reuse it must either be cooled or replenished by a fresh supply of cold water. The aim of this study was utilizing domestic wood in cooling towers structure. For this purpose, five wood species include: hornbeam, oak, alder, poplar and eldar pine different regions with different climate, include: power plant Montazer-Ghaem near Karaj, power plant Loshan north of Iran, power plant Dorcheh Esfahan in center of Iran and petrochemical manufacturing plants Bandar-Emam from south of Iran, were selected. Sampling were conducted and treated with CCA. All samples were put in the cooling towers and were tested during the study period. (Mechanical tests such as specific gravity, static bending, compression parallel to grain and hardness). Based on this study, the mechanical properties of these species during last four years were done. At the fifth year, there weren't any virtual damages, while significant difference was achieved in terms of mechanical properties. Among the wood species, poplar and eldar pine had minimum mechanical degradation and that *pinus eldarica* had better quality than populus species.

**Keywords:** *Cooling tower*, physical and mechanical properties, celcure