



## Investigation of Physical and Mechanical Properties of Iranian and Imported Georgian Beech Wood

Mohammad Najafian Ashrafi<sup>1</sup>, Hooman Shaabani Asrami<sup>2</sup>, Zeynolabedin Vosoughi Rudgar<sup>3</sup>, Mohammad Ghorbanian Far<sup>4\*</sup>, Moein Dehghan<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculty Member, Department of Wood Science and Engineering, Technical Faculty Number 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran.

<sup>2</sup>BSc, Department of Wood Science and Engineering, Technical Faculty Number 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran.

<sup>3</sup>MA Student, Department of Wood Engineering and Technology, Tarbiat Modares University, Noor Branch, Noor, Iran.

<sup>4</sup>MSc, Department of Wood Engineering and Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

<sup>5</sup>PhD Student, Department of Wood Engineering and Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

### ARTICLE INFO

**Received:** 06.28.2021

**Revised:** 07.18.2021

**Accepted:** 07.26.2021

**Keyword:**

Beech wood

Density

Mechanical properties

Physical properties

**\*Corresponding Author:**

Mohammad Ghorbanian Far

**Email:**

[mohammad.ghoryani1993@gmail.com](mailto:mohammad.ghoryani1993@gmail.com)

### ABSTRACT

Wood and wooden products are one of the most important materials that have been traditionally used for building constructions. In this study, Mazandaran Sangdeh Beech and imported Georgian Beech wood were used. Physical properties (including dry and critical densities, shrinkage and swelling) and mechanical properties (including bending strength, modulus of elasticity, compression parallel to grain, shear parallel strength to grain, tensile strength parallel and perpendicular to grain, screw withdrawal strength and hardness) were investigated. Physical and mechanical tests were performed according to international standard methods such as ISO 3129 (2012) and ASTM (D143-14). The moisture content of all samples was 12% during mechanical tests. The mean dry densities of Sangdeh and Georgian beech were 0.61(g/cm<sup>3</sup>) and 0.65(g/cm<sup>3</sup>), respectively. The result showed that significant differences were observed among the properties of the mentioned species after T-test, except in critical density, radial shrinkage and radial swelling. Moreover, the obtained strengths of Georgian timber were significantly higher than the Iranian beech, which was attributed to the higher density of Georgian timber.





## بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب راش ایران و الوارهای وارداتی راش گرجستان

محمد نجفیان اشرفی<sup>۱</sup>، هومن شعبانی اسرمی<sup>۲</sup>، زین العابدین وثوقی رودگر<sup>۳</sup>، محمد قربانیان فر<sup>۴</sup>، معین دهقان<sup>۵</sup>

- ۱- عضو هیأت علمی، گروه علوم و مهندسی چوب، دانشکده فنی شماره ۲، واحد مازندران، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، ساری، ایران.
- ۲- دانش آموخته مقطع کارشناسی، گروه علوم و مهندسی چوب، دانشکده فنی شماره ۲، واحد مازندران، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، ساری، ایران.
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و صنایع چوب، دانشگاه تربیت مدرس، واحد نور، نور، ایران.
- ۴- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و صنایع چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۵- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی و صنایع چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

چوب و محصولات چوبی به دلیل مقاومت‌های بسیار بالا، یکی از مهم‌ترین محصولات مورد استفاده در ساختمان‌سازی در سراسر جهان است. در این پژوهش از چوب راش سنگه مازندران و الوارهای وارداتی راش گرجستان استفاده شد. خواص فیزیکی شامل (دانسیته خشک و بحرانی، هم‌کشیدگی و واکشیدگی) و خواص مکانیکی شامل (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، فشار موازی به الیاف، برش موازی به الیاف، کشش موازی و عمود به الیاف، مقاومت به نهداری پیچ در دو جهت مماسی و شعاعی و سختی) بررسی شدند. در این آزمایش از استانداردهای ASTM و ISO 3129 (D143) به ترتیب برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی استفاده شد. رطوبت کلیه نمونه‌ها در هنگام انجام آزمایش‌های مکانیکی ۱۲ درصد بود. متوسط دانسیته خشک به‌دست‌آمده از چوب راش سنگه و گرجستان به ترتیب برابر با ۰.۶۱۶ و ۰.۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی این دو راش مورد استفاده، بعد از آزمون (T-test) به جز دانسیته بحرانی، هم‌کشیدگی شعاعی و واکشیدگی شعاعی مشاهده شد. همچنین مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده الوارهای راش گرجستان بسیار بالاتر از چوب راش سنگه بود که به دانسیته بالاتر الوار راش گرجستان نسبت داده شد.

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷

بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴

### کلید واژگان:

چوب راش  
دانسیته  
خصوصیات فیزیکی  
خصوصیات مکانیکی

\*نویسنده مسئول: محمد قربانیان فر

پست الکترونیکی:

mohammad.ghoryani1993@gmail.com



## مقدمه

چوب و محصولات چوبی به دلیل مقاومت‌های بسیار بالا، یکی از مهم‌ترین محصولات مورد استفاده در ساختمان‌سازی در سراسر جهان است [۱؛ ۲]. چوب مقاومت بالایی به سختی دارد و هدایت گرمایی کمی را دارا می‌باشد. با این وجود، ویژگی‌های منفی مانند کاهش و افزایش ابعاد در برابر تغییر رطوبت دارد و مقاومت، سختی و سایر خصوصیات مکانیکی آن در سه جهت چوب با هم برابر نیست [۳]. بنابراین برای استفاده از این مواد به‌طور کارآمد، لازم است از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن اطلاع کافی داشته باشیم. دانسیته چوب که به طرز ویژه‌ای بر بیشتر خصوصیات و ویژگی‌های درخت تأثیر می‌گذارد و می‌تواند به‌عنوان شاخص اصلی کیفیت چوب در نظر گرفته شود. برخی از محققان به‌طور متوسط دانسیته چوب درخت راش را حدود ۰/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب گزارش کردند که نشان از مقاومت بالای چوب این درخت است [۱؛ ۴].

منطقه هیرکانی در جنوب دریای خزر واقع شده است. در ایران این منطقه تقریباً ۵۰۰۰۰ کیلومترمربع در استان‌های شمال کشور ایران مساحت دارد. رطوبت کافی، مرطوب بودن آب‌وهوا و خاک حاصل‌خیز این منطقه، مکانی عالی برای رشد درختان به‌وجود آورده است. به‌طور خاص، راش ایران<sup>۱</sup> یکی از اصلی‌ترین درختان ساکن در این جنگل‌ها است که ۳۰ درصد از حجم این جنگل‌ها را به خود اختصاص می‌دهد [۵]. در خارج از ایران نیز گونه‌های راش در بسیاری از کشورهای اروپا گسترش دارد [۱؛ ۴؛ ۶-۸]. از این چوب بیشتر در روکش‌گیری، مبلمان، تخته لایه و ساختمان‌سازی استفاده می‌شود [۹].

از سوی دیگر برای محصولات چوبی و ساختمان‌سازی، تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مانند مدول الاستیسیته (MOE)، مقاومت خمشی (MOR) و سایر مقاومت‌های مکانیکی از اهمیت بالایی برخوردار است [۳]. امروزه روش‌های بسیاری برای ارزیابی خواص چوب‌ها مانند اندازه‌گیری رنگ<sup>۲</sup> [۱۰]، تموگرافی [۱۱] و ترموگرافی [۱۲؛ ۱۳] استفاده می‌شود. از روش مادون قرمز [۱۴؛ ۱۵] و روش انتشار موج [۱۶؛ ۱۷] نیز برای بررسی خصوصیات چوب‌ها استفاده می‌گردد. اما تحقیقات کمی در زمینه بررسی مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی بر گونه راش به‌صورت ساده انجام شده است که به‌صورت جامع و کلی به تمام خصوصیات فیزیکی و مکانیکی نپرداخته‌اند [۷؛ ۱۸-۲۵]. صورت<sup>۳</sup> و گنوه<sup>۴</sup> در مورد مقایسه مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی بین گونه راش اروپا و آمریکا نشان دادند که گونه راش اروپا دارای مقاومت‌های بالاتری است [۲۶]. تحقیقاتی درباره سایر چوب‌ها در ایران انجام شده است [۲۷-۲۹] اما تحقیقات نسبتاً کمی در زمینه خصوصیات فیزیکی و مکانیکی راش ایران بوده‌اند؛ از این رو هدف اصلی از این تحقیق، بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی گونه راش سنگده ایران و الوارهای وارداتی راش گرجستان و مقایسه این خصوصیات با سایر مناطق ایران و جهان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از جنگل‌های راش شمال کشور (منطقه سنگده) صورت پذیرفت و برای انجام آزمون‌های فیزیکی بر روی گونه‌های راش سنگده و تخته‌های راش گرجستان از استاندارد ISO 3129 و برای آزمون‌های مکانیکی طبق استاندارد ASTM-D143 استفاده شد که روش‌ها و پارامترهای آزمون در جدول ۱ به‌طور خلاصه بیان شده است.

<sup>1</sup> *Fagus orientalis* Lipsky

<sup>2</sup> Color measurement

<sup>3</sup> Saurat

<sup>4</sup> Gueneau

جدول ۱. روش‌ها و پارامترهای آزمون

| استاندارد | روش آزمون    | جهت                 | اندازه<br>نمونه (میلی‌متر) | سرعت بارگذاری<br>(میلی‌متر بر دقیقه) |
|-----------|--------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| ISO 3129  | فیزیکی       | —                   | 20 x 20 x 25               | —                                    |
|           | مقاومت خمشی  | —                   | 25 x 25 x 410              | 1.3                                  |
|           | فشار         | موازی به الیاف      | 50 x 50 x 200              | 0.3                                  |
|           | برش          | موازی به الیاف      | 50 x 50 x 63               | 0.6                                  |
| ASTM D143 | کشش          | موازی به الیاف      | 25 x 25 x 460              | 0.9                                  |
|           |              | عمود به الیاف       | 50 x 50 x 63               | 2.5                                  |
|           | قدرت نگهداری | مماسی               |                            | 2                                    |
|           | پیچ          | شعاعی               | 50 x 50 x 150              |                                      |
|           | سختی         | مماسی، شعاعی و عرضی |                            | 6                                    |

از سه الوار وارداتی راش گرجستان با ابعاد (6.3 × 25 × 600 سانتی‌متر) استفاده شد. سه درخت راش به‌طور تصادفی از منطقه سنگده در یک ارتفاع برابر از سطح دریا انتخاب و به ارتفاع حدود ۲ متر از سطح زمین بریده شدند. خصوصیات اصلی درختان قطع شده در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های اصلی درختان راش مورد استفاده شده

| راش سنگده                         | خصوصیات                  |
|-----------------------------------|--------------------------|
| ۱۸۰۰                              | ارتفاع از سطح دریا (متر) |
| ماسه‌ای                           | نوع خاک                  |
| 36° 04' 05.9" N / 53° 13' 50.4" E | مختصات                   |
| ۱۴۶                               | میانگین سن درختان (سال)  |
| ۴۵                                | میانگین قطر (سانتی‌متر)  |

درختان راش سنگده و الوارهای راش گرجستان طبق استانداردهای بیان شده برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بریده شدند. برای اندازه‌گیری هم‌کشیدگی ابتدا نمونه‌ها در ظرف پر از آب غوطه‌ور شدند تا حفرات، کاملاً از آب اشباع شوند و پس از اندازه‌گیری ابعاد و وزن آن‌ها با ترازوی ۰.۰۱ گرم، نمونه‌ها را در آون در دماهای مختلف (۴۵، ۵۵، ۶۵، ۷۵، ۸۵ و ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد) که برای هر درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند (هدف از این دماهای مختلف، آرام خشک‌شدن و بدون تنش نمونه‌ها بود). سپس وزن خشک نمونه‌ها اندازه گرفته شد و پس از اندازه‌گیری ابعاد آن‌ها، هم‌کشیدگی اندازه گرفته شد. برای به‌دست آوردن واکشیدگی، نمونه‌ها ابتدا در آون گذاشته شدند تا کاملاً خشک شوند و پس از اندازه‌گیری ابعاد آن‌ها، نمونه‌ها در ظرف پر از آب غوطه‌ور شدند تا حفرات کاملاً از آب اشباع شوند و به حداکثر ابعاد خود برسند. سپس نمونه‌ها دوباره اندازه‌گیری شدند و واکشیدگی اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمون‌های مکانیکی، نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند (رطوبت ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) تا به رطوبت ۱۲ درصد برسند، سپس با استفاده از استاندارد مربوطه، قطعات برش زده شدند و با استفاده از دستگاه (SANTAM 150) آزمون‌های مکانیکی انجام شد. رطوبت تمام نمونه‌ها در هنگام آزمون‌های مکانیکی ۱۲ درصد بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند و T-test برای تجزیه داده‌ها به کار رفت.

## نتایج و بحث

## خصوصیات فیزیکی

نتایج خصوصیات فیزیکی گونه راش سنگده و راش گرجستان در جدول ۳ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین خصوصیات فیزیکی مختلف گونه‌ها مشاهده شد که به دانسیته مختلف آن‌ها نسبت داده شد؛ زیرا دانسیته، مستقیم بر بیشتر مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی چوب تأثیر می‌گذارد. شرایط رشد و عوامل محیطی، به‌ویژه ارتفاع، آب هوا و سن درخت نیز ممکن است تغییراتی در خواص چوب ایجاد کند [۸].

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی چوب راش سنگده و گرجستان

| نمونه                    | دانسیته خشک              | دانسیته بحرانی      | هم‌کشیدگی طولی | هم‌کشیدگی شعاعی     | هم‌کشیدگی مماسی | هم‌کشیدگی حجمی | واکشیدگی طولی | واکشیدگی شعاعی      | واکشیدگی مماسی | واکشیدگی حجمی |
|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------------|----------------|---------------|
|                          | g/cm <sup>3</sup>        |                     |                |                     |                 |                |               |                     |                |               |
| ابعاد نمونه‌ها           | ۲۰ × ۲۰ × ۲۵ mm          |                     |                |                     |                 |                |               |                     |                |               |
| راش سنگده                | ۰.۶۱۶ <sup>۱</sup> (۵۶۴) | ۰.۵۳۸ (۶۶۶)         | ۰.۳۲ (۳۲۷)     | ۵.۳۵۹ (۳۲۷)         | ۱۰.۶۴۹ (۳۲۷)    | ۱۶.۴۳۳ (۳۲۷)   | ۰.۴۳۷ (۳۰۴)   | ۵.۸۲۴ (۳۰۴)         | ۱۱.۶۳۹ (۳۰۴)   | ۱۷.۳۳۲ (۳۰۴)  |
| راش گرجستان              | ۰.۶۵ (۳۸)                | ۰.۵۴ (۳۸)           | ۰.۵۸ (۳۸)      | ۵.۴۷ (۳۸)           | ۱۲.۱۵ (۳۸)      | ۱۸.۷۳ (۳۸)     | ۰.۶۵ (۳۸)     | ۶.۲۱ (۳۸)           | ۱۴.۰۷ (۳۸)     | ۲۰.۵۲ (۳۸)    |
| انحراف معیار راش سنگده   | ۰.۱۲                     | ۰.۰۴                | ۰.۱۵           | ۰.۳۱                | ۰.۸۴            | ۰.۷            | ۰.۱۱          | ۰.۷۲                | ۰.۹۴           | ۱.۲۷          |
| انحراف معیار راش گرجستان | ۰.۰۲۷                    | ۰.۰۲۲               | ۰.۲۴۲          | ۰.۴۰۳               | ۰.۴۰۵           | ۰.۳۸۴          | ۰.۲۴۷         | ۰.۳۷۶               | ۰.۷۷۱          | ۰.۹۲۳         |
| T-test <sup>۲</sup>      | ۰.۰۰۰                    | ۰.۱۶۲ <sup>ns</sup> | ۰.۰۰۰          | ۰.۱۲۸ <sup>ns</sup> | ۰.۰۰۰           | ۰.۰۰۰          | ۰.۰۰۰         | ۰.۰۵۸ <sup>ns</sup> | ۰.۰۰۰          | ۰.۰۰۰         |

<sup>۱</sup> اعداد داخل پرانتز، تعداد نمونه‌های به‌کار رفته است، <sup>۲</sup> سطح معنی‌داری ۰.۰۵ و ns، عدم معنی‌داری می‌باشد.

میانگین پارامترهای چوب راش سنگده و گرجستان به‌دست‌آمده در این مطالعه با مقادیر موجود در منابع دیگر مقایسه شد (جدول ۴). دانسیته خشک به‌دست‌آمده از راش سنگده و گرجستان تقریباً با مقادیر به‌دست‌آمده توسط کرشمان<sup>۱</sup> برای راش در آمریکا [۲۰]، کامپین<sup>۲</sup> و همکارانش برای راش *sylvatica* [۱۹]، بکتاس<sup>۳</sup> و گولر<sup>۴</sup> برای راش در ترکیه [۳۰]، اسکارولیس<sup>۵</sup> و مانتانیس<sup>۶</sup> برای راش در یونان [۳۱] و گلبابایی و همکارانش برای راش در منطقه ساری [۳۲] برابر بود. در حالی که برخی از محققان مانند چاژکوفسکی<sup>۷</sup> و همکارانش برای راش در هلند [۱]، لومونوکو<sup>۸</sup> و همکارانش برای راش در ایتالیا [۲۱] و گریس<sup>۹</sup> و همکارانش برای راش *sylvatica* در اروپا، مقادیر بالاتر از ۰.۶۸ گرم بر

<sup>۱</sup> Kretschmann

<sup>۲</sup> compean

<sup>۳</sup> Bektas

<sup>۴</sup> Guler

<sup>۵</sup> Skarvelis

<sup>۶</sup> Mantanis

<sup>۷</sup> Czajkowski

<sup>۸</sup> Lo Monaco

<sup>۹</sup> Gryc

سانتی مترمکعب را گزارش کردند. دانسیته بحرانی به‌دست‌آمده از دو راش سنگده و گرجستان، با مقادیر به‌دست‌آمده توسط [۲۱؛ ۳۰؛ ۳۲] تقریباً برابر بود. هنگامی که میزان رطوبت چوب در محدوده آب آزاد تغییر می‌کند، تغییر ابعاد در چوب ایجاد نمی‌شود. تغییرات در میزان رطوبت چوب (تغییر در محتوای آب آغشتگی) تأثیر قابل توجهی بر تغییرات ابعاد دارد. بیشترین تغییر ابعاد به ترتیب در جهات مماسی و شعاعی بود و کمترین آن مربوط به جهت طولی می‌باشد [۳۳]. مقادیر هم‌کشیدگی شعاعی به‌دست‌آمده از دو راش در این پژوهش بسیار نزدیک به مقادیر گزارش شده توسط [۲۰؛ ۲۵؛ ۳۱] بود که نویسندگان آن را به دانسیته تقریباً برابر با پژوهش‌های مذکور نسبت دادند. مقادیر به‌دست‌آمده از هم‌کشیدگی مماسی و حجمی راش سنگده تقریباً برابر مقادیر گزارش شده توسط [۳۱] بود. در حالی که مقادیر به‌دست‌آمده از هم‌کشیدگی مماسی و حجمی راش گرجستان برابر با مقادیر گزارش شده توسط [۲۰؛ ۲۱] بود.

جدول ۴. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب راش سنگده و گرجستان (دو ستون آخر) و سایر منابع

| سنگده        | گرجستان     | بکناس و گور<br>(۲۰۰۱) | کلبانی و همکاران<br>(۲۰۰۴) | کامبین و همکاران<br>(۲۰۰۷) | گرنس و همکاران<br>(۲۰۰۸) | کرشمان<br>(۲۰۱۰) | اسکاروینس و ماتنیسی<br>(۲۰۱۳) | همکاران و<br>(۲۰۱۵) | اومونکو<br>همکاران و<br>(۲۰۱۵)             | جمعیت |
|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------|--|-------|
| ۰.۰۶۱۶       | ۰.۰۶۵       | ۰.۰۶۳۱                | ۰.۰۶۰۸                     | ۰.۰۵۹                      | ۰.۰۷۵                    | ۰.۰۶۴            | ۰.۰۶۴                         | ۰.۰۶۸۸              | دانسیته-<br>خشک٪                           |       |
| ۰.۰۵۳۸       | ۰.۰۵۴       | ۰.۰۵۲۲                | ۰.۰۵۷۵                     | -                          | -                        | -                | -                             | ۰.۰۵۶               | دانسیته<br>بحرانی٪                         |       |
| ۵.۳۵۹        | ۵.۴۷        | ۷.۲۳                  | -                          | -                          | -                        | ۵.۵              | ۵.۴۶                          | ۷.۰۱۷               | هم‌کشیدگی<br>شعاعی٪                        |       |
| ۱۰.۶۴<br>۹   | ۱۲.۱۵       | ۷.۹۱                  | -                          | -                          | -                        | ۱۱.۰۹            | ۹.۹۳                          | ۱۱.۷۲               | هم‌کشیدگی<br>مماسی٪                        |       |
| ۱۶.۴۳<br>۳   | ۱۸.۷۳       | ۱۵.۲۷                 | -                          | -                          | -                        | ۱۷.۰۲            | ۱۵.۰۸                         | ۱۸.۵۱               | هم‌کشیدگی<br>حجمی٪                         |       |
| ۵.۸۲۴        | ۶.۲۱        | ۸.۵۴                  | -                          | -                          | ۶.۹۸                     | -                | -                             | -                   | واکشیدگی<br>شعاعی٪                         |       |
| ۱۱.۶۳<br>۹   | ۱۴.۰۷       | ۹.۶۳                  | -                          | -                          | ۱۴.۰۸                    | -                | -                             | -                   | واکشیدگی<br>مماسی٪                         |       |
| ۱۷.۳۳<br>۲   | ۲۰.۵۲       | ۱۸.۲۹                 | -                          | -                          | ۲۳.۰۴                    | -                | -                             | -                   | واکشیدگی<br>حجمی٪                          |       |
| ۸۸.۱۷        | ۹۹.۰۱       | -                     | ۱۱۹.۶۶                     | ۱۲۰                        | -                        | ۱۰۳              | ۱۰۵.۴۹                        | ۱۰۸.۰۴              | مقامت<br>خمشی (N.m)<br>(m <sup>2</sup> )   |       |
| ۹۳۰.۸.<br>۴۹ | ۱۱۲۲۴<br>۸. | -                     | ۱۱۱۷۵                      | ۱۲۹۰۰                      | -                        | -                | -                             | -                   | مدول<br>الاستیسیته<br>(N.mm <sup>2</sup> ) |       |

| خصوصیات  | لومبوکو<br>همکاران و<br>[۳۱] (۲۰۱۵) | اسکارولیس و ماتانیس<br>[۳۱] (۲۰۱۳) | کرشمان<br>[۲۰] (۲۰۱۰) | گریس و همکاران<br>[۷] (۲۰۰۸) | کامبین و همکاران<br>[۱۹] (۲۰۰۷) | گلبنایی و همکاران<br>[۳۲] (۲۰۰۴) | بکاس و گور<br>[۳۰] (۲۰۰۱) | گرجستان    | سنگده |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|-------|
| فشار موازی به<br>الیاف<br>(N.mm <sup>2</sup> ) | ۵۴،۴                                | ۵۵،۴۳                              | -                     | -                            | ۶۴                              | ۶۷،۴۶                            | -                         | ۵۷،۰۵      | ۴۲،۰۵ |
| برش موازی به<br>الیاف<br>(N.mm <sup>2</sup> )  | -                                   | ۱۴،۸۴                              | -                     | -                            | ۱۲،۴                            | ۱۳،۰۸                            | -                         | ۱۰،۴۷      | ۸،۴۱۲ |
| کشش موازی<br>به الیاف<br>(N.mm <sup>2</sup> )  | -                                   | -                                  | -                     | -                            | ۱۱۹                             | -                                | -                         | ۱۳۱،۱<br>۵ | ۸۲،۵۱ |
| کشش عمود<br>به الیاف<br>(N.mm <sup>2</sup> )   | -                                   | -                                  | -                     | -                            | ۲،۶۴                            | -                                | -                         | ۳،۷۱       | ۱،۹۹  |
| سختی در<br>جهت مماسی<br>(N)                    | -                                   | -                                  | -                     | -                            | -                               | -                                | -                         | -          | ۳۸۸۵  |
| سختی در<br>جهت شعاعی<br>(N)                    | -                                   | -                                  | ۵۸۰۰                  | -                            | -                               | ۵۷۳۵                             | -                         | -          | ۴۰۵۱  |

مقادیر واکنش‌پذیری اندازه‌گیری شده از راش سنگده بسیار کمتر از مقادیر گزارش شده توسط [۷] بود که به نظر می‌رسد مقادیر کمتر گزارش شده از راش سنگده، به دانسیته پایین‌تر چوب راش سنگده ارتباط مستقیم دارد؛ زیرا دانسیته به‌طور مستقیم بر بیشتر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تأثیر می‌گذارد. شرایط آب‌وهوایی، ارتفاع از سطح دریا و شرایط جغرافیایی نیز می‌تواند تغییراتی در خصوصیات چوب ایجاد کند [۲۱؛ ۳۴].

### خصوصیات مکانیکی

خصوصیات مکانیکی چوب راش سنگده و گرجستان در جدول ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تفاوت معنی‌داری در بین خصوصیات مکانیکی گونه راش سنگده و راش گرجستان مشاهده شد. مقادیر متوسط خواص مکانیکی چوب راش به‌دست‌آمده در این مطالعه با مقادیر سایر پژوهش‌های گزارش شده، مقایسه شد (جدول ۴). محصولات چوبی نیاز به شناسایی دقیق عملکرد و قابلیت اطمینان سازه به‌ویژه برای مصالح ساختمانی دارند که مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته از خصوصیات مکانیکی مهمی از چوب است [۳۵]. مقدار متوسط مقاومت خمشی از راش سنگده و گرجستان تقریباً برابر با مقادیر [۲۰؛ ۲۵؛ ۳۱] بود. در حالی که برخی از محققان، مقادیر بالاتری را برای مقاومت خمشی چوب راش گزارش کردند [۱۹؛ ۲۱؛ ۳۲]. مقادیر گزارش شده از راش سنگده برای مدول الاستیسیته،

فشار و برش موازی به الیاف کمتر از مقادیر گزارش شده توسط [۱۹; ۲۱; ۲۵; ۳۱; ۳۲] بود. آن چنان که ملاحظه می‌شود به دلیل کمتر بودن دانسیته راش سنگده نسبت به سایر پژوهش‌ها، کمتر بودن مقاومت‌های مکانیکی این چوب دور از انتظار نبود؛ زیرا دانسیته به‌طور کاملاً مستقیم بر خصوصیات درختان تأثیر می‌گذارد و با کاهش یا افزایش دانسیته، سبب کاهش یا افزایش مقاومت‌های مکانیکی خواهد شد اما مقادیر گزارش شده از راش گرجستان برای مدول الاستیسیته، با نتایج [۳۲] کاملاً تطابق داشت. مقادیر گزارش شده از راش گرجستان برای فشار موازی به الیاف نیز تقریباً برابر با مقادیر گزارش شده توسط [۲۱; ۳۱] بود؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که تطابق نتایج راش گرجستان با سایر پژوهش‌های گزارش شده را می‌توان به دانسیته تقریباً برابر راش گرجستان با آن‌ها اشاره کرد. مقادیر گزارش شده از راش گرجستان برای مقاومت به کشش موازی و عمود به الیاف بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط [۱۹] بود. مقادیر گزارش شده از راش سنگده برای مقاومت به نگهداری پیچ در دو جهت مماسی و شعاعی صورت پذیرفت که مقادیر متوسط آن برابر با 4466 و 4566.2 نیوتن اندازه‌گیری شد که بیشتر از مقدار گزارش شده توسط [۲۴] بود.

جدول ۵. خصوصیات مکانیکی چوب راش سنگده و گرجستان

| نوع چوب                | مقاومت خمشی       | مدول الاستیسیته | مقاومت به فشار موازی به الیاف | مقاومت به برش موازی به الیاف | مقاومت به کشش موازی به الیاف | مقاومت نگهداری پیچ |         | مقاومت به سختی |         |
|------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------|----------------|---------|
|                        |                   |                 |                               |                              |                              | مماسی N            | شعاعی N | مماسی N        | شعاعی N |
| راش سنگده              | ۸۸.۱۷             | ۹۳۰۸.۴          | ۴۲۰۰.۵                        | ۸.۴۱۲                        | ۸۲.۵۱                        | ۴۴۶۶               | ۴۵۶۶    | ۳۸۸۵           | ۴۰۵۱    |
|                        | (۴۶) <sup>۱</sup> | (۴۸)            | (۹)                           | (۱۴)                         | (۱۲)                         | (۲۲)               | (۲۲)    | (۱۸)           | (۲۲)    |
| راش گرجستان            | ۹۹.۰۱             | ۱۱۲۲۴           | ۵۷.۰۰۵                        | ۱۰.۴۷                        | ۱۳۱.۰۱                       | -                  | -       | -              | -       |
|                        | (۱۶)              | (۱۶)            | (۱۶)                          | (۱۶)                         | (۱۶)                         |                    |         |                |         |
| انحراف معیار راش سنگده | ۱.۱۹              | ۸.۴۳            | ۶.۶۲                          | ۰.۶۵                         | ۲.۰۲۲                        | ۴.۰۷۸۸             | ۴.۰۴۲   | ۲.۰۰۵          | ۳.۸۰    |
|                        |                   |                 |                               |                              |                              |                    |         |                |         |
| انحراف معیار گرجستان   | ۵.۲۱۲             | ۷.۹۶۵           | ۴.۱۳۱                         | ۱.۴۵۲                        | ۷.۱۰۴                        | -                  | -       | -              | -       |
|                        |                   |                 |                               |                              |                              |                    |         |                |         |
| T-test <sup>۲</sup>    | ۰.۰۰۰             | ۰.۰۰۰           | ۰.۰۰۰                         | ۰.۰۰۰                        | ۰.۰۰۰                        | -                  | -       | -              | -       |

<sup>۱</sup> اعداد داخل پرانتز، تعداد نمونه‌های مورد استفاده شده است، <sup>۲</sup> سطح معنی‌داری: ۰.۰۵

در این پژوهش، مقاومت به سختی راش سنگده در سه جهت انجام شد که مقادیر گزارش شده پایین‌تر از راش آمریکایی بود [۲۰].

### نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات فیزیکی (دانسیته خشک و بحرانی، هم‌کشیدگی و واکشیدگی) و خصوصیات مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، فشار موازی به الیاف، برش موازی به الیاف، کشش موازی و عمود به الیاف، مقاومت به نگهداری پیچ در دو جهت مماسی و شعاعی و سختی) از چوب درختان راش ایران و الوارهای وارداتی راش گرجستان و مقایسه این مقاومت‌ها با سایر پژوهش‌ها بر روی چوب راش بود. نتایج نشان داد که چوب راش منطقه سنگده ایران مقاومت‌های متوسطی دارند اما از سایر درختان راش کشورهای اروپا، مقاومت‌های کمتری دارند. این مقاومت‌های



کمتر به دلایل مختلفی مانند دانسیته کمتر چوب راش ایران، شرایط آب‌وهوایی معتدل تر و شرایط جغرافیایی ایران می‌باشد. چوب راش ایران به دلیل مقاومت‌های نسبتاً خوب اندازه‌گیری شده، برای ساختمان‌سازی، پانل‌های ساختمانی و مبلمان مناسب است. با توجه به مقاومت‌های خوب اندازه‌گیری شده از چوب راش گرجستان، می‌توان بیان کرد که این مقاومت‌ها، تقریباً برابر با مقاومت‌های گزارش شده سایر محققان برای راش مناطق اروپا، برابر بود.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از هیئت محترم داوری به دلیل مطالعه و راهنمایی‌های ارزنده برای بهبود این مقاله و همچنین از شرکت (داد) به‌ویژه مدیر محترم تولید آن شرکت، جناب آقای مهندس موسوی برای تهیه الوارهای وارداتی راش گرجستان سپاسگزارند.

## References

- [1] Czajkowski, Ł., Olek, W., & Weres, J. (2020). Effects of heat treatment on thermal properties of European beech wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78(3), 425-431. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01525-w>
- [2] Brunetti, M., Nocetti, M., Pizzo, B., Aminti, G., Cremonini, C., Negro, F., Zanuttini, R., Romagnoli, M., & Scarascia Mugnozza, G. (2020). Structural products made of beech wood: quality assessment of the raw material. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78(5), 961-970. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01542-9>
- [3] Fathi, H., Nasir, V., & Kazemirad, S. (2020). Prediction of the mechanical properties of wood using guided wave propagation and machine learning. *Construction and Building Materials*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120848>
- [4] Akrami, A., Barbu, M. C., & Fruehwald, A. (2014). Characterization of properties of oriented strand boards from beech and poplar. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72(3), 393-398. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0793-9>
- [5] Bayranvand, M., Kooch, Y., & Alberti, G. (2018). Classification of humus forms in Caspian Hyrcanian mixed forests ecoregion (Iran): Comparison between two classification methods. *Catena*, 165, 390-397. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.02.021>
- [6] Tsioras, P. A., & Liamas, D. K. (2015). Residual tree damage along skidding trails in beech stands in Greece. *Journal of Forestry Research*, 26(2), 523-531. <https://doi.org/10.1007/s11676-015-0056-6>
- [7] Gryc, V., Vavrčik, H., & Gomola, Š. (2008). Selected properties of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal of forest science*, 54(9), 418-425. [https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=59\\_2008-JFS](https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=59_2008-JFS)
- [8] Standovář, T., & Kenderes, K. (2003). A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied ecology and environmental research*, 1(1), 19-46.
- [9] Torkaman, J., Vaziri, M., Sandberg, D., & Mohammadi Limaie, S. (2018). Relationship between branch-scar parameters and knot features of oriental beech (*Fagus orientalis* Libsky). *Wood Material Science & Engineering*, 13(2), 117-120. <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1424731>
- [10] Nasir, V., Nourian, S., Avramidis, S., & Cool, J. (2018). Prediction of physical and mechanical properties of thermally modified wood based on color change evaluated by means of "group method of data handling" (GMDH) neural network. *Holzforchung*, 73(4), 381-392. <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0146>

- [11] Perlin, L. P., Pinto, R. C. d. A., & Valle, Â. d. (2019). Ultrasonic tomography in wood with anisotropy consideration. *Construction and Building Materials*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116958>
- [12] López, G., Basterra, L. A., & Acuña, L. (2013). Estimation of wood density using infrared thermography. *Construction and Building Materials*, 42, 29-32. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.01.001>
- [13] Barreira, E., & de Freitas, V. P. (2007). Evaluation of building materials using infrared thermography. *Construction and Building Materials*, 21(1), 218-224. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.06.049>
- [14] Sandak, J., Sandak, A., & Riggio, M. (2015). Multivariate analysis of multi-sensor data for assessment of timber structures: Principles and applications. *Construction and Building Materials*, 101, 1172-1180. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.062>
- [15] Riggio, M., Sandak, J., Sandak, A., Pauliny, D., & Babiński, L. (2014). Analysis and prediction of selected mechanical/dynamic properties of wood after short and long-term waterlogging. *Construction and Building Materials*, 68, 444-454. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.085>
- [16] Beall, F. C. (2002). Overview of the use of ultrasonic technologies in research on wood properties. *Wood Science and Technology*, 36(3), 197-212. <https://doi.org/10.1007/s00226-002-0138-4>
- [17] Nasir, V., Nourian, S., Avramidis, S., & Cool, J. (2019). Stress wave evaluation for predicting the properties of thermally modified wood using neuro-fuzzy and neural network modeling. *Holzforschung*, 73(9), 827-838. <https://doi.org/doi:10.1515/hf-2018-0289>
- [18] Bektas, I., Guler, C., & Baştürk, M. A. (2002). Principal mechanical properties of Eastern beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky) naturally grown in Andırın Northeastern Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(3), 147-154. <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-02-26-3/tar-26-3-6-0107-1.pdf>
- [19] Campean, M., Marinescu, I., & Ispas, M. (2007). Influence of drying temperature upon some mechanical properties of beech wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 65(6), 443-448. <https://doi.org/10.1007/s00107-007-0193-5>
- [20] Kretschmann, D. (2010). Mechanical properties of wood. *Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 5. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory*, 5.1-5.46. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/37427>
- [21] Lo Monaco, A., Calienno, L., Pelosi, C., Balletti, F., Agresti, G., & Picchio, R. (2014). Technical properties of beech wood from aged coppices in Central Italy. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 8(1), 82-88. <https://doi.org/10.3832/ifor1136-007>
- [22] Pöhler, E., Klingner, R., & Künniger, T. (2006). Beech (*Fagus sylvatica* L.) – Technological properties, adhesion behaviour and colour stability with and without coatings of the red heartwood. *Annals of Forest Science* 63(2), 129-137. <https://doi.org/10.1051/forest:2005105>
- [23] Simsek, H., Baysal, E., & Peker, H. (2010). Some mechanical properties and decay resistance of wood impregnated with environmentally-friendly borates. *Construction and Building Materials*, 24(11), 2279-2284. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.028>

- [24] Taj, M. A., Kazemi, S., & Ebrahimi, G. (2009). Withdrawal and lateral resistance of wood screw in beech, hornbeam and poplar. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 67(2), 135-140. <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0294-9>
- [25] Yilgor, N., Unsal, O., & Kartal, S. (2001). Physical, mechanical, and chemical properties of steamed beech wood. *Forest Products Journal*, 51, 89-93. <https://eurekamag.com/research/003/883/003883463.php>
- [26] Saurat, J., & Gueneau, P. (2004). Growth stresses in beech. *Wood Science and Technology*, 10, 111-123. <https://doi.org/10.1007/BF00416786>
- [27] Fazeli, A., & Talaei, A. (2020). A Study of the Physical and Mechanical Properties of Scots Pine Fire Retardant Treated Thermowood. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(2), 51-63. <https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119212>
- [28] Hassanpoor Tichi, A., & Rezanezhad Divekolae, M. (2021). Comparing the anatomical and biometrical characteristics of heartwood and sapwood of *Elaeagnus angustifolia* (case study Khorasan province). *Karafan Quarterly Scientific Journal*. [https://karafan.tvu.ac.ir/article\\_129725.html?lang=en](https://karafan.tvu.ac.ir/article_129725.html?lang=en)
- [29] Hassanpoor Tichi, A., Rezanezhad Divkolae, M., Khatiri, A., & Alizadeh, R. (2020). Investigation of Changing Trends in Morphological and Anatomical Characteristics of *fraxinus excelsior* in Stem Radial Axis (Case Study: Mazandaran Province). *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(2), 81-91. <https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119214>
- [30] Bektas, I., & Guler, C. (2001). The determination of some physical properties of beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky.) in the Andirın region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(4), 209-215. [https://www.semanticscholar.org/paper/The-Determination-of-Some-Physical-Properties-of-in-Bektas-Guler/73e74746b12e54568c7c32360ec89\\_b8c5ecb099a](https://www.semanticscholar.org/paper/The-Determination-of-Some-Physical-Properties-of-in-Bektas-Guler/73e74746b12e54568c7c32360ec89_b8c5ecb099a)
- [31] Skarvelis, M., & Mantanis, G. (2012). Physical and mechanical properties of beech wood harvested in the Greek public forests. *Wood research*, 58(1), 123-130. [https://www.researchgate.net/publication/237840835\\_Physical\\_and\\_mechanical\\_properties\\_of\\_beech\\_wood\\_harvested\\_in\\_the\\_Greek\\_public\\_forests](https://www.researchgate.net/publication/237840835_Physical_and_mechanical_properties_of_beech_wood_harvested_in_the_Greek_public_forests)
- [32] Golbabaee, F., Nourbakhsh, A., Fakhrian Roghani, A., & Fallah Doost, S. (2004). Changes in engineering properties of beech wood in Sangdeh forests (Mazandaran). *Iranian Wood and Paper Science Research*, 19(2), 175-192. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=64126>
- [33] Sadoh, T., & Christensen, G. N. (1967). Longitudinal shrinkage of wood — Part I: Longitudinal shrinkage of thin sections. *Wood Science and Technology*, 1(1), 26-44. <https://doi.org/10.1007/BF00592254>
- [34] Zhang, S. (1997). Wood specific gravity-mechanical property relationship at species level. *Wood Science and Technology*, 31(3), 181-191. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00705884>
- [35] Yu, L., Liang, Y., Zhang, Y., & Cao, J. (2019). Mechanical properties of wood materials using near-infrared spectroscopy based on correlation local embedding and partial least-squares. *Journal of Forestry Research*, 31(3), 1053-1060. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01031-7>