

ارزیابی پوسیدگی درختان آسیب‌دیده راش (*Fagus orientalis*) حاشیه مسیرهای چوبکشی با استفاده از تکنیک غیرمخرب امواج تنشی

داود کرتولی نژاد^۱، اکبر نجفی^{۲*} و سعید کاظمی نجفی^۳

۱- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست الکترونیک: a.najafi@modares.ac.ir

۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۷

چکیده

یکی از پیامدهای عملیات چوبکشی صدمه به درختان حاشیه مسیرها می‌باشد که در بلندمدت ممکن است به کاهش رویش آنها بینجامد. در این پژوهش اثرهای چوبکشی زمینی بر ایجاد و گسترش پوسیدگی درختان راش (*Fagus orientalis lipsky*) مجاور مسیرهای چوبکشی با سنین ۰ تا ۵، ۵ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۲۰ سال مورد بررسی قرار گرفت. پس از تقسیم‌بندی مسیرها (به سه بخش با تردد کم، متوسط و شدید) بر مبنای فاصله از دپوها و انشعابات، با استفاده از دستگاه سنجش سرعت امواج تنشی، زمان عبور امواج در سه جهت (جهت زخم، عمود بر زخم و جهت طولی تنه) برای تمامی درختان حاشیه مسیرها اندازه‌گیری شد. پس از اصلاح با استفاده از ضریب تصحیح دستگاه، سرعت امواج تنشی برای درختان در هر سه جهت بدست آمد و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش از ۷۵ درصد از درختان در حاشیه ۱/۵ متری از دو طرف مسیرها دچار زخم توسط اسکیدر شده‌اند که حدود ۲۵ درصد زخمها منجر به پوسیدگی شدند. این در حالیست که حتی یک مورد پوسیدگی نیز در درختان بدون زخم حاشیه مسیر یافت نشد. با افزایش سن مسیرهای چوبکشی نیز شدت پوسیدگی افزایش یافته بود. بیشترین پوسیدگی در درختان واقع در محل پیچ‌ها و نیز درختان واقع در پایین مسیرها بود. نتایج این تحقیق بیانگر صدمات جبران‌ناپذیر اما قابل پیشگیری به درختان سرپای محدوده اثر اسکیدر است.

واژه‌های کلیدی: صدمات بهره‌برداری، تردد، دپو، سرعت و زمان عبور امواج، اسکیدر، زخم تنه.

مقدمه

Najafi, 2010; Han & Kellogg, 1997; Ficklin *et al.*, 1997). تاکنون مطالعات فراوانی برای ارزیابی آسیب‌های وارده به درختان سرپا، در اثر بکارگیری روشهای مختلف بهره‌برداری انجام شده است (Han & Kellogg, 2000; Glöde & Sikström, 2001). در ایران نیز طی چند سال اخیر مطالعات متعددی در ارتباط با اثرهای چوبکشی و شیوه‌های مختلف بهره‌برداری در مسیرهای چوبکشی و محوطه‌های برش جنگلهای شمال کشور انجام شده است. صدمات وارد شده به زادآوری و خاک توده جنگلی در

چوبکشی زمینی با استفاده از اسکیدر، رایج‌ترین سیستم بهره‌برداری در ایران است که امروزه در اغلب طرحهای جنگلداری شمال کشور استفاده می‌شود. از آنجا که اسکیدرها جزو ماشین‌آلات سنگین بهره‌برداری محسوب می‌شوند، حرکت آنها چه بدون بار و چه به همراه تنه و کنده درختان بر روی مسیرهای چوبکشی اغلب موجب صدمات و زخم‌هایی به درختان سرپای مجاور می‌شود (Bettinger & Kellogg, 1993; Ezzati &

افت سرعت امواج تنشی و فراصوتی در مقایسه با چوب سالم را به همراه دارد (Larsson *et al.*, 2004). براساس آخرین نتایج بدست آمده در ایران، ۵۶٪ از درختان راش مورد بهره‌برداری، دارای انواعی از پوسیدگی درونی هستند که تنها ۲۲٪ از آنها قابلیت شناسایی به صورت تجربی و بصری را دارند. این در حالیست که با استفاده از روش امواج غیرمخرب با فرکانس زیاد می‌توان وجود پوسیدگی تا بیش از ۹۰٪ از این درختان را قبل از قطع تخمین زد (Kazemi-Najafi *et al.*, 2009). بنابراین در مدیریت جنگل، استفاده از امواج تنشی به‌عنوان یک روش دقیق غیرمخرب برای شناسایی پوسیدگی در درختان زنده، چه در فرایند بهره‌برداری و مدیریت فروش و چه حفاظت می‌تواند بسیار مفید باشد (Larsson *et al.*, 2004)؛ زیرا شناسایی نواقص درخت به‌ویژه هنگامی که پوسیدگی درونی علائم خارجی نداشته باشد، همواره در مدیریت جنگل مهم تلقی می‌شود (Lin *et al.*, 2008).

به‌دلیل آنکه امکان قطع تک‌تک درختان حاشیه مسیره‌های چوبکشی برای انجام ارزیابی مستقیم پوسیدگی ناشی از اثرهای زخم اسکیدر (روش مخرب) غیرقابل توجیه به‌نظر می‌رسد و نیز از آنجایی که تاکنون با استفاده از روش غیرمخرب امواج تنشی مطالعه مدونی بر روی صدمات چوبکشی در مسیره‌های طراحی شده در طی زمانهای مختلف در دنیا و ایران گزارش نشده است، این پژوهش سعی دارد آسیب‌ها و اثرهای ناشی از اسکیدرهای چرخ لاستیکی را بر ایجاد و گسترش پوسیدگی در درختان حاشیه مسیره‌های چوبکشی در یک دوره ۲۰ ساله با استفاده از امواج تنشی ارزیابی نماید. این مطالعه همچنین در نظر دارد تا صدمات وارده به بخش تحتانی تنه درختان واقع در حاشیه ۴ مسیر چوبکشی متروکه را کمی نموده و موقعیت درختانی را که بیشتر در معرض آسیب اسکیدر هستند نشان دهد. ارتباط میان ویژگیهای بصری زخمها با سرعت امواج تنشی و نیز

اثر بکارگیری روش خروج چوب سنتی توسط (Ghaffarian *et al.*, 2005) و نیز استفاده از اسکیدر چرخ لاستیکی توسط (Tvnrkar *et al.*, 2009) بررسی شده است. همچنین صدمات بهره‌برداری در شیوه تک‌گزینی بر زادآوری و توده سرپا توسط (Lotfalian *et al.*, 2009b) و (Majnounian *et al.*, 2010) بررسی شده است. علاوه بر مطالعات ذکر شده، صدمات ناشی از بهره‌برداری سنتی به درختان سرپا در شیوه پناهی (Majnounian *et al.*, 2009)، برآورد ریالی صدمات بهره‌برداری بر توده سرپا و زادآوری (Lotfalian *et al.*, 2009a)، اثرهای خروج چوب با اسکیدر چرخ لاستیکی بر خاک مسیره‌های چوبکشی (Jourgholami & Majnounian, 2011) و نیز بر توده سرپا و زادآوری (Naghd *et al.*, 2008) به‌خوبی مطالعه شده است. نتایج حاصل قبلی نشان دادند که آسیب به سه متر اول تنه درختان سرپا ناشی از عملکرد ماشین‌آلات بهره‌برداری، ممکن است باعث ایجاد اثرهای زیان‌باری بر ساختار توده، کیفیت چوب و حجم درختان سرپا شوند. در طی عملیات بهره‌برداری، آسیب وارده به بخش تحتانی درخت ممکن است باعث شیوع انواع بیماریها به این درختان شده که در نهایت به افت قابل ملاحظه‌ای کیفیت چوب و کاهش حجم سرپای توده‌های مبتلا به این نوع بیماریها، منجر شود (Akay *et al.*, 2006; Seablom & Reed, 2005). براساس تحقیقات انجام شده، همچنین مشخص شده که ارزش تجاری بینه‌ها در بخش پایینی درختان حداکثر است (Bucur, 2005; Larsson *et al.*, 2004).

آسیب به پوست درختان از طرف دیگر باعث ورود و حمله قارچها می‌شود. هنگامی که قارچها به ساقه حمله می‌کنند، حرکت آب به نواحی رویش میسلیم موجب تحرک یون‌های فلزی رها شده توسط سلول‌های آسیب‌دیده درخت می‌گردد. این امر باعث کاهش مقاومت چوب آسیب‌دیده و بروز پوسیدگی زودرس می‌شود که

پوسیدگی درختان بحث می‌گردد.

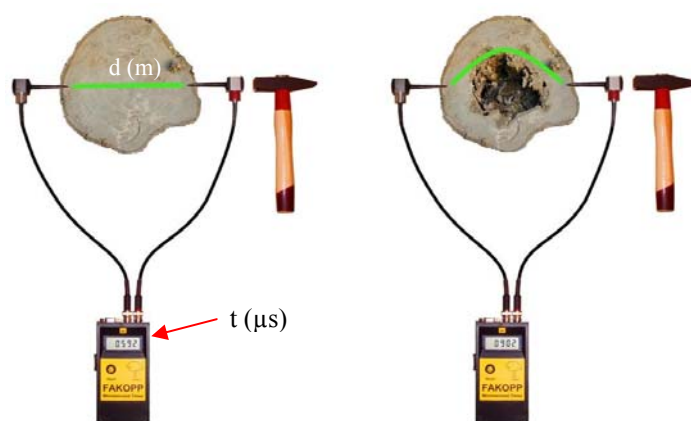
مواد و روشها

پژوهش حاضر، در جنگلهای تحت مدیریت شرکت نکاچوب، در سری‌های ۲، ۴ و ۵ از بخشهای ۷ و ۲ واقع در ارتفاعات روستای سیکا در محدوده طول جغرافیایی $31^{\circ} 24' 53''$ تا $33^{\circ} 15' 53''$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 21' 10''$ تا $36^{\circ} 22' 23''$ شمالی، در بهار سال ۱۳۸۹ انجام شده است. به منظور بررسی نقش زمان در گسترش پوسیدگی احتمالی در این مطالعه، مسیره‌های چوبکشی با سنین متفاوت و با قدمتی ۱ تا ۲۰ سال در محدوده طرح نکاچوب که یکی از قدیمی‌ترین طرحهای شمال کشور بوده و مسیره‌های از پیش طراحی شده مدونی را داراست، شناسایی شدند. پس از جنگل‌گردشی، مسیره‌هایی با شرایط تقریباً یکسان از نظر جهت چوبکشی (رو به پایین)، شیب عمومی مسیر، جهت دامنه، نوع خاک و تیپ جنگل (راشستان) با داشتن حداقل فاصله جغرافیایی ممکن از یکدیگر (برای اجتناب از بروز سایر عوامل تأثیرگذار) انتخاب شدند. مسیره‌های انتخاب شده با سنین ۰-۵، ۰-۱۰، ۵-۱۵ و ۱۵-۲۰ سال و طول ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر در دامنه ارتفاعی ۱۱۶۰ متر تا ۱۵۷۰ متر از سطح دریا قرار داشتند.

شیوه جنگل‌شناسی مورد استفاده در این جنگلها در گذشته تدریجی-پناهی و در سالهای اخیر تک‌گزینی بوده است. روش استخراج چوب در جنگلهای مزبور چوبکشی زمینی با استفاده از اسکیدرهای چرخ لاستیکی بوده که در گذشته از TAF و در سالهای اخیر از Timberjack 450 C استفاده شده است.

هر مسیر چوبکشی با توجه به فاصله از محل دپو و نیز انشعاب‌های مسیر به سه بخش پُر تردد، تردد متوسط و کم تردد تقسیم‌بندی شدند (Ezzati & Najafi, 2010). در

هر مسیر ابتدا اولین لایه از درختان دو طرف حاشیه مسیر تا فاصله ۱/۵ متر به صورت بصری به دو دسته سالم (فاقد آثار ضربات ترمیم شده و ترمیم نشده حاصل از اسکیدر) و آسیب‌دیده تقسیم شدند. کلیه درختان مذکور برای ارزیابی زخم منجر به پوسیدگی، در سه جهت به طور مجزا ارزیابی شدند. این ارزیابی‌ها در جهت طولی یعنی در راستای محور تنه درختان و از بالا به پایین زخم، جهت زخم (معمولاً عمود بر مسیر چوبکشی) و جهت عمود بر زخم (عموماً همسو با امتداد مسیر چوبکشی) توسط دستگاه سنجش امواج تنشی FAKOPP Microsecond Timer (ساخت کشور لهستان) انجام شد. روش اندازه‌گیری به این صورت بود که ابتدا مبدل فرستنده امواج فراصوتی در یک نقطه (مثلاً بر روی محل زخم) با ضربه چکش نصب شده و مبدل گیرنده دقیقاً در یک راستا و در نقطه مقابل نصب می‌شود. پس از روشن کردن دستگاه، با زدن ضربه چکش به انتهای مبدل فرستنده زمان عبور امواج با دقت ۱۰ هزارم ثانیه ثبت می‌شود. زمان عبور امواج در هر یک از سه جهت مذکور برای تمام درختان ثبت و پس از اصلاح توسط ضریب تصحیح دستگاه با استفاده از رابطه $V = d/t$ سرعت امواج تنشی محاسبه گردید که در آن، V : سرعت موج بر حسب متر بر ثانیه، d : فاصله عبور امواج (m)، t : زمان عبور موج (s) می‌باشد. قابل ذکر است که d : فاصله عبور موج از نوک دو مبدل است که مقدار آن در راستای قطری درخت، همواره از قطر درخت در محل اندازه‌گیری کمتر است؛ زیرا قطر پوست در نظر گرفته نمی‌شود. شکل ۱ نحوه کار با دستگاه سنجش امواج تنشی را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که در یک قطر مشخص و ثابت، با افزایش مسافت عبور موج در صورت وجود پوسیدگی (سمت راست) زمان عبور افزایش یافته و در نتیجه، سرعت کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند.



شکل ۱- نحوه کار سنجش گر امواج تنشی

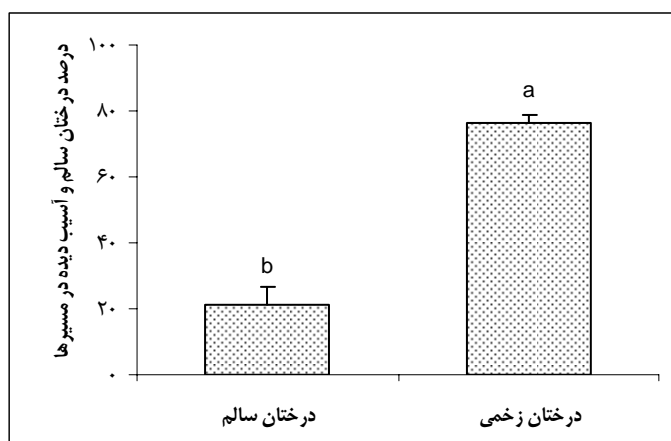
درختان سرپا، با استفاده از نرم افزار Image Tools 3.00 انجام شد.

نتایج

در این مطالعه کلیه درختان حاشیه مسیره‌های چوبکشی مورد ارزیابی پوسیدگی و آسیب‌های ناشی از ضربات اسکیدر قرار گرفتند که نتایج هر بخش در زیر آمده است. مقایسه درصد درختان زخمی و سالم واقع در حاشیه مسیره‌ها وجود اختلاف معنی‌دار را نشان داد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است. تعداد ۱۳۱ درخت در حاشیه کلیه مسیره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که از این تعداد حدود ۹۰ درخت دارای زخم تنه، ۳۴ درخت کاملاً سالم و ۷ درخت نیز تنها دارای آسیب ریشه بودند. تنها درختانی که دارای زخم تنه بودند در این ارزیابی به‌عنوان درختان زخمی از آنان یاد شده و در محاسبات لحاظ شدند. بنابراین، همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیش از ۷۰٪ از درختان واقع در حاشیه ۱/۵ متری از دو طرف مسیره‌های اسکیدر دچار حداقل یک زخم شده‌اند که برخی از آنان نیز ترمیم یافته و یا در حال ترمیم می‌باشند.

براساس مطالعات انجام شده در زمینه گونه راش، تا حدود ۹۴ درصد درختان سرپای واجد پوسیدگی درونی را می‌توان با کاهش ۹۰ درصدی سرعت امواج تنشی نسبت به سرعت پایه در درختان سالم قبل از قطع، تخمین زد. حد تشخیص پوسیدگی برای درختان راش کاهش بیش از ۹۰٪ در سرعت امواج تنشی هر درخت تعیین گردید (Kazemi-Najafi et al., 2009). در منطقه مورد مطالعه نیز در زمان قطع و به‌کمک گروه بهره‌بردار، تعداد ۲۰ درخت قبل و بعد از قطع مورد سنجش امواج تنشی قرار گرفته و درختان سالم پس از قطع کنترل و میانگین سرعت امواج پایه برای گونه مزبور در منطقه بدست آمد (۱۶۲۶ متر بر ثانیه). بنابراین حد فوقانی سرعت امواج برای درختان پوسیده ۱۴۶۳ لحاظ گردید و کمتر از این مقدار، درخت پوسیده در نظر گرفته شد.

پس از انجام محاسبات مربوط به سرعت برای تک‌تک درختان، با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل‌های آماری انجام شد. از آزمون t غیرجفتی برای مقایسه دو به دو تیمارها و ضریب همبستگی پیرسون برای آنالیز همبستگی استفاده شد. محاسبات مربوط به ابعاد زخم نیز پس از گرفتن عکس با مقیاس مشخص از تنه تمامی



شکل ۲- مقایسه درصد درختان زخمی و سالم واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی

وجود اختلاف معنی‌داری را در سطح ۰.۹۹٪ چه در جهت زخم و چه در جهت طولی تنه درختان نشان داد که نتایج آن در جدول ۱ و شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سرعت امواج تنشی در درختان زخمی چه در جهت زخم و چه در جهت طولی کمتر از درختان سالم بوده و مقدار آن همواره از مسیر ۵ ساله تا ۲۰ ساله روند کاهشی داشته است.

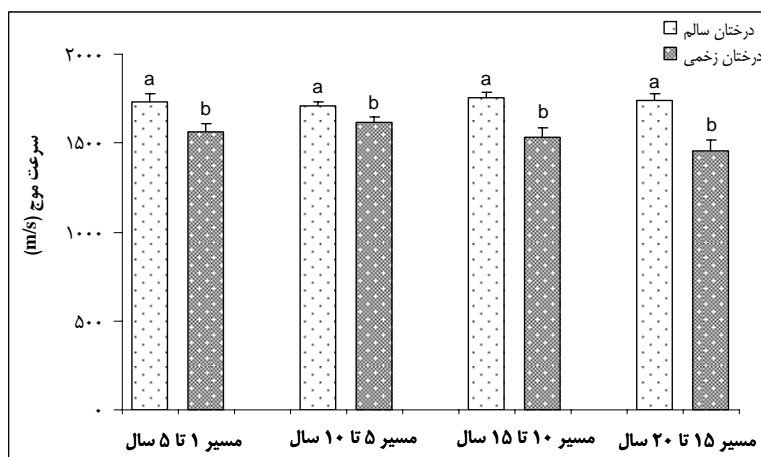
مقایسه درصد درختان زخمی در بالا و پایین مسیره‌های چوبکشی نشان داد که درصد درختان آسیب‌دیده واقع در پایین مسیر چوبکشی (۶۷/۷٪) به‌طور معنی‌داری بیشتر از درصد درختان بالای شیب حاشیه مسیره‌ها (۳۲/۳٪) بوده است ($P=0.013$, $t=5/357$).

مقایسه سرعت امواج تنشی درختان سالم و زخمی واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی دارای سنین مختلف،

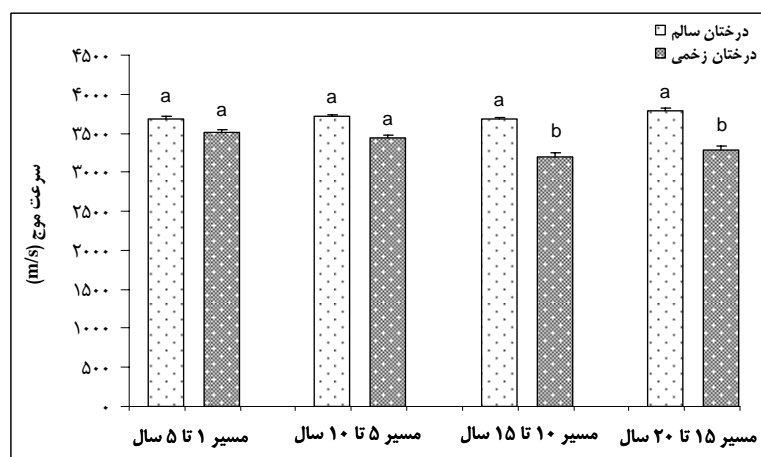
جدول ۱- نتایج مقایسه آماری سرعت امواج تنشی درختان سالم و زخمی واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی

جهت امواج تنشی	محدوده سنی مسیر	t	Sig.	اختلاف میانگین
در جهت زخم	۱ تا ۵ سال	۰/۰۱۶*	۰/۰۵۰	۱۶۸/۸
	۵ تا ۱۰ سال	۲/۳۲۴*	۰/۰۲۶	۹۳/۸
	۱۰ تا ۱۵ سال	۳/۸۳۷**	۰/۰۰۰	۲۲۴/۶
	۱۵ تا ۲۰ سال	۴/۰۷۸**	۰/۰۰۰	۲۸۲/۶
در جهت طولی درخت	۱ تا ۵ سال	۱/۱۰۳ ^{ns}	۰/۲۷۶	۱۸۰/۱
	۵ تا ۱۰ سال	۱/۸۸۲ ^{ns}	۰/۴۹۶	۲۷۸/۳
	۱۰ تا ۱۵ سال	۳/۷۳**	۰/۰۰۰	۴۷۷/۱
	۱۵ تا ۲۰ سال	۳/۵۵۴**	۰/۰۰۱	۵۰۹/۳

** و * به ترتیب نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۱ و ۵ درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۳- مقایسه سرعت امواج تنشی در درختان سالم و زخمی در جهت زخم



شکل ۴- مقایسه سرعت امواج تنشی در درختان سالم و زخمی در جهت طولی

مسیر ۵ ساله در سایر مسیرها سرعت امواج تنشی در جهت زخم در سطح آماری ۹۹٪ کمتر از مقدار سرعت در جهت عمود بر زخم بوده است.

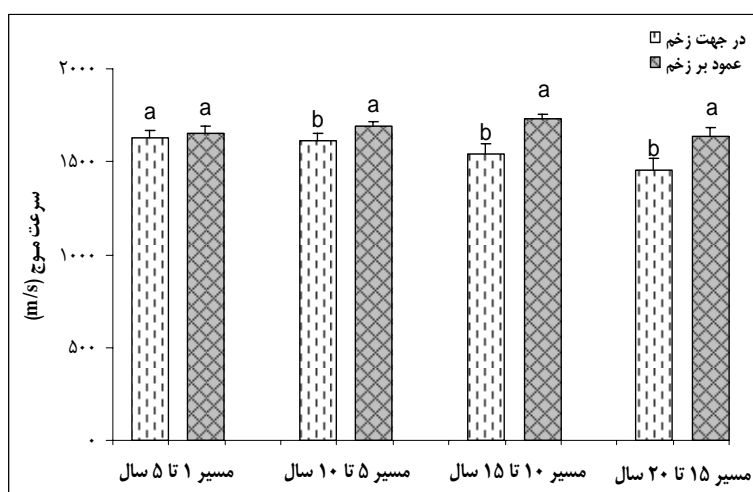
سرعت امواج تنشی در جهت زخم و عمود بر آن در درختان آسیب دیده حاشیه مسیرهای چوبکشی دارای سنین مختلف مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ و شکل ۵ آمده است. مشاهده می شود که به استثناء

جدول ۲- نتایج مقایسه آماری سرعت امواج تنشی در جهت زخم و عمود بر آن در درختان آسیب دیده واقع در حاشیه مسیرهای چوبکشی

با سنین مختلف

اختلاف میانگین	Sig.	t	محدوده سنی مسیر
۲۶/۳	۰/۴۷۰	۰/۷۳۶ ^{ns}	۱ تا ۵ سال
۷۶/۶	۰/۰۰۱	۳/۵۱۴ ^{**}	۵ تا ۱۰ سال
۱۹۱/۸	۰/۰۰۰	۴/۶۱۱ ^{**}	۱۰ تا ۱۵ سال
۱۷۹/۱	۰/۰۰۰	۴/۳۴۹ ^{**}	۱۵ تا ۲۰ سال

** تفاوت معنی دار آماری در سطح ۱ درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.



شکل ۵- مقایسه سرعت امواج تنشی در جهت زخم و عمود بر آن در درختان آسیب‌دیده واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی

آورده شده است. مشاهده می‌شود که تغییرات سرعت امواج در دو جهت مورد مقایسه همسو و در تمامی مسیره‌ها از رابطه معنی‌داری برخوردار است.

همبستگی میان سرعت امواج تنشی در جهت زخم و عمود بر زخم در درختان آسیب‌دیده حاشیه مسیره‌های چوبکشی نیز اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۳

جدول ۳- همبستگی سرعت امواج تنشی در جهت زخم و عمود بر آن در درختان زخمی حاشیه مسیره‌های چوبکشی

Sig.	r_p	محدوده سنی مسیره
۰/۰۱۵	۰/۵۲۲*	۱ تا ۵ سال
۰/۰۰۰	۰/۸۱۹**	۵ تا ۱۰ سال
۰/۰۰۰	۰/۷۰۱**	۱۰ تا ۱۵ سال
۰/۰۰۰	۰/۷۰۸**	۱۵ تا ۲۰ سال

** و * به ترتیب نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

است. سرعت امواج در درختان واقع در پیچ‌ها (در جهت زخم) در مقایسه با سایر درختان به‌طور معنی‌داری کمتر است.

همچنین مقایسه سرعت امواج تنشی در درختان واقع در پیچ‌ها با سایر درختان زخمی واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی انجام شد که نتایج در جدول ۴ نشان داده شده

جدول ۴- مقایسه سرعت امواج تنشی در درختان واقع در پیچ‌ها با سایر درختان زخمی حاشیه مسیره‌های چوبکشی

Sig.	t	df	جهت امواج تنشی
۰/۰۳۷	۲/۱۱۵*	۸۸/۷۷	در جهت زخم
۰/۱۵۸	۱/۴۲۰ ^{ns}	۱۲۷	در جهت طولی درخت

*: تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

مقایسه سرعت امواج تنشی در درختان واقع در پیچ‌های بالا و پایین دو طرف مسیرهای چوبکشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری چه در جهت زخم ($t=0/195$ ، $P=0/846$) و چه در جهت طولی ($t=0/090$ ، $P=0/928$) بین آنها وجود ندارد.

اثر تردد اسکیدر (کم، متوسط و شدید) بر سرعت امواج تنشی در درختان حاشیه مسیرهای چوبکشی (آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه) نیز چه در جهت زخم ($t=0/208$ ، $P=0/813$) و چه در جهت طولی ($t=0/074$ ، $P=0/928$) در سطح احتمال ۹۵ درصد، معنی‌دار تشخیص داده نشد.

در نهایت با توجه به کاهش سرعت امواج تنشی، مقدار درصد درختان پوسیده از کل درختان زخمی حاشیه مسیرها و شدت آن در جدول ۶ ثبت شد.

سرعت امواج تنشی در درختان واقع در بالا و پایین شیب عرضی دو طرف مسیرهای چوبکشی مورد مقایسه آماری قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۵ ذکر شده است. سرعت امواج (در جهت زخم) در درختان واقع در پایین شیب عرضی مسیرها نسبت به درختان بالای دامنه به‌طور معنی‌داری کمتر بوده است.

جدول ۵- مقایسه سرعت امواج تنشی در درختان واقع در بالا و پایین حاشیه مسیرهای چوبکشی

جهت امواج تنشی	df	t	Sig.
در جهت زخم	۱۳۵	۲/۰۵۲*	۰/۰۴۰
در جهت طولی درخت	۱۲۲/۰۲	۰/۳۸۷ ^{ns}	۰/۶۹۹

*: تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۶- درصد درختان پوسیده از کل درختان زخمی و شدت پوسیدگی آنها

مجموع درصد درختان پوسیده (کاهش سرعت موج کمتر از ۹۰٪)	۲۴/۸٪
کاهش سرعت موج ۹۰ تا ۷۵٪ (پوسیدگی کم)	۴۴/۷٪
کاهش سرعت موج ۷۵ تا ۵۰٪ (پوسیدگی متوسط)	۳۶/۹٪
کاهش سرعت موج به کمتر از ۵۰٪ (پوسیدگی شدید)	۱۸/۴٪

همبستگی میان این مشخصه‌ها با سرعت امواج تنشی در هر یک از درختان آسیب‌دیده در حاشیه مسیرهای چوبکشی انجام شد که نتایج آن در جدول ۷ نشان داده شده است.

از طرف دیگر، برای اطلاع از اینکه کدام یک از مشخصه‌های زخم، اعم از مساحت، طول، پهنا و نیز عمق بیشترین دخالت را در بروز پوسیدگی درختان زخمی دارد و یا به عبارتی با دیدن کدام یک از این مشخصه‌ها می‌توان پی به پیشرفت پوسیدگی در درختان زخمی برد، آنالیز

جدول ۷- همبستگی سرعت امواج تنشی با مساحت و ابعاد زخم و طبقات شدت زخم در درختان آسیب‌دیده حاشیه مسیرهای چوبکشی

Sig.	r	N	
۰/۱۲۸	- ۰/۱۲۶ ^{ns}	۱۴۸	سرعت امواج تنشی × مساحت زخم
۰/۱۷۳	- ۰/۱۱۳ ^{ns}	۱۴۸	سرعت امواج تنشی × طول زخم
۰/۲۶۰	- ۰/۰۹۵ ^{ns}	۱۴۸	سرعت امواج تنشی × پهنای زخم
۰/۰۰۰	- ۰/۳۲۱**	۱۴۸	سرعت امواج تنشی × طبقات شدت زخم

*: نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

بحث

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، بیش از ۷۰٪ از درختانی که در حاشیه مسیره‌های چوبکشی و در لایه اول قرار داشتند دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند (شکل ۲). نتایج مطالعه (Naghdi *et al.*, 2008) نشان داد که آسیب‌دیدگی درختان در مجاورت مسیره‌های چوبکشی بسیار بیشتر و شدیدتر از درختان حاشیه حفره‌های قطع بوده است (بیش از ۲/۵ برابر). البته درصد آسیب‌دیدگی در تحقیق حاضر بیش از نتایج تحقیق آنان می‌باشد.

در بسیاری از تحقیقات داخل کشور و یا خارج از کشور به ابعاد، مساحت، فراوانی و ارتفاع زخم بر روی تنه درختان برای کمی کردن شدت آسیب‌دیدگی درختان پرداخته شده است (Majnounian *et al.*, 2010; Jourholami *et al.*, 2011; Han & Kellogg, 1997 and 2000). اما نکته حائز اهمیت این است که در بسیاری موارد حتی کنده شدن پوست درختان باعث آسیب جدی به ساختار تنه و حیات درخت نمی‌شود. اینکه زخم چه مقدار به درون چوب نفوذ نموده و اینکه درخت از اقبال کافی برای حمله عوامل بیماری‌زا به محل آسیب برخوردار بوده یا خیر بیشتر اهمیت دارد. بنابراین نمی‌توان از سطح آسیب وارد شده به پوست درختان نسبت به آینده و سلامت درخت ناامید بود.

نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش معنی‌دار سرعت امواج در درختان زخمی نسبت به درختان سالم، در هر یک از مسیره‌ها چه در جهت زخم و چه در جهت طولی بیانگر ظهور آثار پوسیدگی و تغییر تراکم و دانسیته چوب در این درختان می‌باشد (شکل ۳ و ۴). همچنین افزایش اختلاف میان سرعت امواج در درختان سالم و زخمی با افزایش سن مسیره‌ها (جدول ۱)، مشخصه واضحی از پیشرفت پوسیدگی ناشی از زخم در درختان زخمی با گذشت زمان است. همانطور که بیشترین اختلاف میانگین سرعت امواج در درختان سالم و زخمی در مسیر ۲۰ ساله شاهد مشاهده شد. نتایج این بخش با یافته‌های Lin *et al.* (2008) و Larsson *et al.* (2004) مشابهت دارد.

کم بودن سرعت امواج در جهت زخم نسبت به جهت عمود بر زخم به‌خوبی نشان داد که وجود پوسیدگی در درختان زخمی منحصراً ناشی از زخم اسکیدر بوده است (شکل ۵)؛ زیرا در صورت وجود پوسیدگی درونی طبیعی، سرعت امواج نباید اختلاف معنی‌داری در دو جهت می‌داشت.

از طرفی همبستگی بالای میان سرعت امواج تنشی در جهت زخم و عمود بر زخم در مسیره‌های چوبکشی با سنین مختلف نشان می‌دهد که با افزایش پوسیدگی در جهت زخم در مسیره‌های با سن بیشتر، پوسیدگی به اطراف زخم گسترش یافته و بدین دلیل می‌توان کاهش سرعت موج و افزایش پوسیدگی را در جهات دیگر غیر از جهت زخم نیز انتظار داشت (جدول ۳).

در محل پیچ‌ها، معمولاً درختان در فاصله کمتری از شعاع پیچ قرار داشته و به این دلیل عموماً بار اسکیدر در محل پیچ‌ها به تنه درختان سرپا برخورد نموده و بیشترین آسیب را به چنین درختانی تحمیل می‌نماید. به همین دلیل درختان سرپای واقع در دو طرف پیچ‌ها مقدار پوسیدگی بیشتری در مقایسه با سایر درختان نشان دادند (جدول ۴). همچنین به دلیل اینکه پیچ‌ها در مناطق فاقد شیب عرضی و یا با شیب بسیار ملایم طراحی می‌شوند، هیچ‌گونه اختلافی از نظر شدت پوسیدگی در درختان واقع در دو طرف پیچ‌ها مشاهده نشد؛ به این معنی که درختان دو سمت پیچ‌ها به‌طور یکسان مورد آسیب اسکیدر واقع می‌شوند.

از آنجا که بین‌ها در اثر غلتیدن به پایین مسیر کشیده می‌شوند، درختان سمت پایین مسیر، دفعات بیشتری در معرض ضربه قرار گرفته و در نتیجه بروز پوسیدگی در آنها بیشتر از درختان بالای مسیر بوده است (جدول ۵). قابل ذکر است، با افزایش شیب طولی مسیره‌ها، ضربات سخت‌تر و کنترل آن نیز مشکل‌تر خواهد شد. بنابراین در طراحی مسیر باید از عبور مسیر چوبکشی از مناطق پُرشیب اجتناب ورزید.

عدم وجود اختلاف معنی‌دار سرعت امواج در

بودن همبستگی مساحت، طول و پهناى زخم با سرعت امواج تنشی در درختان آسیب دیده واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی را نیز می‌توان به موارد ذکر شده نسبت داد.

درجه‌بندی شدت آسیب به درختان که توسط *Majnounian et al.* (2009) مورد استفاده قرار گرفت دارای ۳ طبقه بود که زخم‌ها را تا آسیب به کامبیوم و برداشته شدن پوست مورد بررسی قرار می‌داد. اما در این تحقیق درجه‌بندی با ۴ طبقه انجام شد که ایجاد آسیب در داخل چوب را نیز کمی نموده است. این درجه‌بندی با روش امواج تنشی نیز هم‌خوانی داشت که نتایج جدول بیانگر دقت این درجه‌بندی می‌باشد (جدول ۷).

با توجه به نتایج بدست آمده، القای پوسیدگی در بیشتر درختان واقع در حاشیه مسیره‌های چوبکشی در طرح‌های جنگل‌داری، مستقیماً توسط آسیب ناشی از ضربات اسکیدر با بار به تنه درختان مجاور به وجود می‌آید و در طی زمان فرایند یک‌طرفه‌ای را طی می‌نماید تا منجر به پوسیدگی بخش ارزشمند تنه درختان سرپا گردد. این فرایند پوسیدگی شاید قابل احیا نباشد، اما تا حد زیادی با پوشاندن بخش تحتانی تنه درختان سرپا به روش‌های مرسوم مانند بستن لاستیک و کاتین در زمان بهره‌برداری قابل پیشگیری است. نتایج این تحقیق همچنین درختان دارای قابلیت دریافت آسیب بیشتر (درختان واقع در پیچ‌ها و پایین شیب) را نشان داد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از مسئولان شرکت نکاچوب که همکاری فراوانی در انجام این پژوهش داشته است و همچنین آقایان مهندس ستار عزتی و مصطفی کاظمی سیکایی که در امر نمونه‌برداری کمک شایانی نموده‌اند، کمال سپاس و قدردانی را داشته باشند.

تردد‌های کم، متوسط و شدید را می‌توان بدین دلیل دانست که دفعات آمد و شد اسکیدر تنها به لحاظ افزایش احتمال دفعات برخورد حائز اهمیت است و درختان در همان تردد‌های نخست بر اثر برخورد بینه‌ها و اسکیدر زخمی می‌شوند. بدین ترتیب درختانی که در محدوده تردد کم اسکیدر (انتهای مسیره‌های چوبکشی) قرار دارند، در صورت برخورد‌های شدید بینه‌ها، در طی زمان دچار پوسیدگی خواهند شد.

طول، پهنا و مساحت زخم می‌تواند شاخصی از مقدار صدمات چوبکشی و بهره‌برداری در جنگل باشد؛ همان‌طور که در بسیاری از مطالعات قبلی از این عوامل در برآورد خسارت‌های بهره‌برداری استفاده شده است (*Jourgholami & Majnounian, 2011; Majnounian et al., 2010; Aho et al., 1989; Jackson et al., 2002; Limbeck-Lilienau, 2003; Yilmaz & Akay, 2008*). برداشته شدن سطحی از پوست درختان شاید تا پایان عمر یک درخت قابل برگشت و ترمیم نباشد و در صورت جذب رطوبت در بخش‌های آسیب‌دیده، شرایط برای حملات قارچ و حشرات مهیا شده و باعث شروع پوسیدگی در این درختان شود. اما نکته‌ای که بیشتر حائز اهمیت است عمق نفوذ این ضربات به درون چوب است. همان‌طور که در بسیاری از موارد مشاهده شد، درختانی که سطح خارجی چوب آنها پس از کنده شدن پوست سالم مانده است، حتی با گذشت ۲۰ سال هنوز دچار پوسیدگی نشده‌اند. در حالی که درختانی که ضربه به عمق چوب نفوذ کرده با گذشت حتی ۳ سال دچار پوسیدگی شده‌اند. بنابراین، عمق نفوذ زخم به درون چوب، فاکتور مهم‌تری در برآورد آسیب‌های منجر به پوسیدگی است و سلامت تنه درخت را در مدت زمان کوتاه‌تری پس از ضربه تهدید می‌نماید. همان‌طور که نتایج این تحقیق نیز نشان داد، طبقات عمقی شدت زخم رابطه معنی‌دار و منفی با سرعت امواج تنشی دارد (جدول ۷). عدم معنی‌دار

منابع مورد استفاده

References

- Aho, P.E., Fiddler, G. and Filip, G.M., 1989. Decay losses associated with wounds in commercially thinned true fir stands in Northern California. USDA Forest Service, Research Paper, PNW-RP-403, 8 p.
- Akay, A.E., Yilmaz, M. and Tonguc, F., 2006. Impact of mechanized harvesting machines on forest ecosystem: residual stand damage. *Journal of Applied Science*, 6(11): 2414-2419.
- Bettinger, P., and Kellogg, L.D., 1993. Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of Western Oregon. *Forest Product Journal*, 43: 59-64.
- Bucur, V., 2005. Ultrasonic techniques for nondestructive testing of standing tree. *Ultrasonics*, 43: 237-239.
- Ezzati, S. and Najafi, A., 2010. Long-term impact evaluation of ground-base skidding on residual damaged trees in the Hyrcanian Forest, Iran. *International Journal of Forestry Research*, Hindawi Publishing Corporation, vol. 2010, Article ID 183735, 8 p.
- Ficklin, R.L., Dwyer, J.P., Cutter, B.E. and Draper, T., 1997. Residual tree damage during selection cuts using two skidding systems in the Missouri Ozarks. 11th Central Hardwood Forest Conference: proceedings of a meeting held at the University of Missouri, Columbia, MO, March 23-26, 199: 36-46.
- Ghaffariyan, M.R., Sobhani, H. and Marvi Mohadjer, M.R., 2005. A study of site damages (soil & seedlings) by traditional logging method. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58(4): 805-812.
- Glöde, D. and Sikström, U., 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. *Silva Fennica*, 35: 71-83.
- Han, H.S. and Kellogg, L.D., 1997. Comparison of damage characteristics to young Douglas-fir stands from commercial thinning using four timber harvesting systems. *Proceedings of Annual COFE meeting*, July 28-31, 1997, Rapid City, SD: 76-85.
- Han, H.S. and Kellogg, L.D., 2000. A comparison of sampling methods for measuring residual stand damage from commercial thinning. *Journal of Forest Engineering*, 11(1): 63-71.
- Jackson, S.M., Fredericksen, T.S. and Malcolm, J.R., 2002. Area disturbed and residual stand damage following logging in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 166: 271-283.
- Jourgholami, M. and Majnounian, B., 2011. Soil compaction and disturbance from logging with a wheeled skidder (case study: in Kheyroud Forest). *Iranian Journal of Forest*, 2(4): 287-298.
- Kazemi-Najafi, S., Bolandbakht, F. and Najafi, A., 2009. Detection of internal decay in standing beech trees using ultrasonic technique. 16th International Symposium on Nondestructive testing and Evaluation of Wood, 12-14 October 2009, Beijing, China: 16-19.
- Larsson, B., Bengtsson, B. and Gustafsson, M., 2004. Nondestructive detection of decay in living trees. *Tree Physiology*, 24: 853-858.
- Limbeck-Lilienau, B., 2003. Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. In: *Proceedings of the Austro 2003 meeting: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain*. CD ROM. Limbeck-Lilienau, Steinmüller and Stampfer (editors). October 5-9, 2003, Schlägl-Austria, 11 p.
- Lin, C.J., Kao, Y.C., Lin, T.T., Tsai, M.J., Wang, S.Y., Lin, L.D., Wang, Y.N. and Chan, M. H., 2008. Application of an ultrasonic tomographic technique for detecting defects in standing trees. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62: 434-441.
- Lotfalian, M., Parsakho, A. and Majnounian, B., 2009a. A method for economic evaluation of forest logging damages on regeneration and stand (case study: Alandan and Waston Series). *Journal of Environmental Science and Technology*, 10(37): 51-61.
- Lotfalian, M., Majnounian, B., Rezvanfar, M. and Parsakho, A., 2009b. Investigation of damages due to forest logging under selection cutting system on stand and regeneration. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 12(46): 363-372.
- Majnounian, B., Tashakori, M., Marvie Mohadjer, M.R. and Keivan Behjou, F., 2009. Investigation on the damages to residual trees by traditional logging system in shelterwood silvicultural method (case study: Royan forests). *Iranian Journal of Forest*, 1(3): 187-195.
- Majnounian, B., Jourgholami, M., Zobeiri, M. and Fegghi, J., 2010. Assessment of forest harvesting damage to residual stands and regenerations - a case study of Namkhaneh district in Kheyroud Forest. *Environmental Sciences*, 7(1): 33-44.
- Naghdi, R., Rafatnia, N., Bagheri, I. and Hemati, V., 2008. Evaluation of residual damage in felling gaps and extraction routes in single selection method (Siyahkal forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 87-98.
- Seablom, T.J. and Reed, D.D., 2005. Assessment of factors contributing to residual tree damage from mechanized harvesting in northern hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, 22(2): 124-131.
- Tavankar, F., Mjnounian, B. and Eslam bonyad, A., 2009. Logging damages on forest regeneration and soil compaction using ground-based system (case Study: Asalem forest area, Guilan). *Journal of Crop Production and Processing*, 13(48): 449-456.
- Yilmaz, M. and Akay, A.E., 2008. Stand damage of a selection cutting system in an uneven aged mixed forest of Çimendağı in Kahramanmaraş-Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 2(1): 77-82.

Decay evaluation of damaged beech trees (*Fagus orientalis* L.) adjacent to skid trails by nondestructive stress wave technique

D. Kartoolinejad ¹, A. Najafi ^{2*} and S. Kazemi-Najafi ³

1- Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor, I.R. Iran

2- Corresponding author, Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor, I.R. Iran. Email: a.najafi@modares.ac.ir

3- Associate Prof., Faculty Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor, I.R. Iran

Received: 30.05.2011

Accepted: 27.12.2011

Abstract

Ground skidding damages the marginal trees of the skid trails and may decrease their growth increment at long period. In this research the effects of ground skidding on decay development and extent of the beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) adjacent to the skid trails, at four age classes, including: 0-5, 5-10, 10-15 and 15-20 year were investigated. After classifying the skid trails to three traffic levels, including: low, moderate and sever, depending on their distance to depot location and trails intersections, the time required for wave transit across the marginal trees at three directions, consisting of: wound direction, wound cross and stem longitudinal direction, was measured, using a stress wave velocity apparatus. After data correction by the apparatus correction coefficient, the tree's stress wave velocity at the three directions were calculated then statistically analyzed. The results showed that more than 75% of the trees located at 1.5 m. distance adjacent to the skid trails, were wounded by the skidders which resulted in 25% decay. There was also not any decay in the unwounded trees adjacent to the skid trails. Therefore the decay extended when the age of the skid trails increased. Most of the decays were found at trees located at the skid's trails curves and t down slopes. The results of this research demonstrate an irretrievable, but preventable damage to the standing trees within the skid's activity extent.

Key words: logging damage, traffic, depot, wave transit velocity and time, skidder, stem wound.