مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال شانزدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۳
ص ۵۲۹-۵۱۳
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2024.440686.1972
CC BY 4.0

ویژگی‌های خشک‌دارها در جنگل‌های دست‌نخورده و مدیریت‌شدهٔ راش- ممرز (منطقهٔ کلاردشت)

مجتبی سلیمان‌پور[۱]، مسعود طبری کوچکسرایی[۲*] و سید محسن حسینی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
[۲]استاد گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۰۴)

چکیده

مقدمه: توجه به تأثیر شیوه‌های مختلف مدیریت جنگل بر مشخصات کمی و کیفی خشک‌دارها، در حفاظت و عملکرد اکوسیستم‌های جنگلی اهمیت زیادی دارد. پژوهش حاضر با هدف مقایسهٔ مشخصات کمّی (تعداد و حجم) و کیفی (گونه، شکل ظاهری، درجهٔ پوسیدگی و طبقات قطری) خشک‌دارها در یک جنگل مدیریت‌شده و یک جنگل دست‌نخوردهٔ راش- ممرز در منطقهٔ کلاردشت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، در هر دو جنگل، با بهره‌گیری از آماربرداری ۱۰۰ درصد، پس از شناسایی کامل خشک‌دارها (با قطر بزرگ‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر)، قطر و طول خشک‌دارهای سرپا، افتاده و کُنده به تفکیک گونه ثبت شد و حجم هر یک مطابق فرمول‌های مربوط تعیین شد. به‌علاوه، تعداد و حجم خشک‌دارها بر اساس طبقات قطری و درجات پوسیدگی در دو جنگل یادداشت شد.

یافته‌ها: تعداد خشک‌دارها در جنگل‌های دست‌نخورده و مدیریت‌شده به‌ترتیب ۲/۶۰ و ۱/۸۵ اصله و حجم آنها به‌ترتیب ۱۳/۴۹ و ۶/۵۹ مترمکعب در هکتار بود. در هر دو جنگل، بیش از ۸۰ درصد تعداد و حجم خشک‌دارها به گونه‌های راش و ممرز اختصاص داشت. همچنین، بیشترین فراوانی (۷۶/۹۲ تا ۸۱/۰۸ درصد) و حجم (۷۹/۹۴ تا ۸۵/۹۲ درصد) مربوط به خشک‌دارهای افتاده بود و خشک‌دارهای سرپا و کنده با اختلاف، در رتبه بعدی قرار داشتند. بیشترین تعداد خشک‌دارها در جنگل دست‌نخورده (۳۶/۵۴ درصد) به خشک‌دارهای با قطر ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر و در جنگل مدیریت‌شده (۳۰/۱۱ درصد) به خشک‌دارهای با قطر ۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر تعلق داشت، درحالی که در هر دو جنگل، خشک‌دارهای قطورتر از ۷۵ سانتی‌متر بیشترین حجم را دارا بودند. بیشترین تعداد و حجم در جنگل دست‌نخورده به خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۴ و در جنگل مدیریت‌شده به‌ترتیب، به درجهٔ پوسیدگی ۳ و ۲ اختصاص داشت.

نتیجه‌گیری: درکل، مدیریت جنگل سبب کاهش تعداد و حجم خشک‌دارها شد و توزیع خشک‌دارها در طبقات و درجات پوسیدگی را تحت تأثیر قرار داد. در حقیقت، نظر به اهمیت خشک‌دارها در پایداری اکوسیستم، در صورت اجرای طرح‌های بهره‌برداری و مدیریت با اهداف پرورش جنگل، طراحان و کارشناسان جنگل، باید به توزیع مناسب خشک‌دارها (با تأکید بر شکل‌ها، طبقات قطری و درجات پوسیدگی) در جنگل توجه کنند.

واژه‌های کلیدی: جنگل بهره‌برداری شده، جنگل طبیعی، خشک‌دار سرپا، درجهٔ پوسیدگی، راش شرقی.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۲۴۶۲۵۰ ایمیل: mtabari@modares.ac.ir

مقدمه

خشک‌دار از اجزای مهم اکوسیستم‌های جنگلی است که آگاهی از وضعیت آن در جنگل کمک شایانی به مدیران و کارشناسان طرح‌های جنگلداری برای مدیریت و بهره‌برداری از منابع جنگلی می‌کند. خشک‌دارها که جزء جدانشدنی اکوسیستم‌های جنگلی هستند، با تغییر میکروکلیما سهم مهمی در عملکرد اکوسیستم‌ها و پویایی جنگل‌ها از جمله چرخهٔ مواد غذایی (Romashkin et al., 2018)، فرایند خاک‌سازی (Piaszczyk et al., 2019) و تسهیل در توسعهٔ تجدید حیات طبیعی (Stroheker et al., 2018) دارند و افزون‌بر این، از عناصر مهم در حفاظت و افزایش تنوع زیستی بوده و بسیاری از موجودات، از جمله گونه‌های کمیاب و در معرض تهدید، متکی به حضور خشک‌دارها هستند (Bujoczek et al., 2021). این مسئله در بسیاری از پژوهش‌ها در مورد قارچ‌ها[1] (Runnel et al., 2020)، گلسنگ‌ها[2] (Łubek et al., 2020)، خزه‌ها[3] (Táborská et al., 2015)، گیاهان آوندی[4] (Unar et al., 2017)، بی‌مهرگان[5](Andringa et al., 2019)، دوزیستان[6] (DeMaynadier & Hunter, 1995)، پستانداران کوچک[7] (Jancewicz & Kielan 2017) و پرندگان[8] (Peter et al., 2019) به اثبات رسیده است. در مجموع، تأثیر و اهمیت خشک‌دارها در توده‌های جنگلی تا آن اندازه است که از الگوی مقادیر تعداد و حجم در هکتار خشک‌دارها به‌عنوان یک شاخص اساسی و کارآمد در ارتباط با تنوع زیستی و پویایی اکوسیستم‌های جنگلی استفاده می‌شود (Korhonen et al., 2020).

خشک‌دارها در جنگل شامل درختان سرپا و ریشه‌کن‌شده، تنه‌های افتاده، سیستم‌های ریشه‌ای پوسیده و کُنده‌های درختان پوسیده است (Tavankar et al., 2022) که از دیدگاه جنگل‌شناسی و بوم‌شناسی اهمیت ویژه‌ای دارند و بوم‌شناسان کارکردهای متفاوتی برای آنها قائل‌اند (Monaco et al., 2022). با توجه به نقش خشک‌دارها در اکولوژی جنگل، حضور و تعداد کافی آنها برای پایداری و توالی اکوسیستم‌های جنگلی ضروری است و در بسیاری از بخش‌های مدیریت جنگل در سرتاسر جهان استانداردهایی از لحاظ کمیت، کیفیت و پراکنش آنها در نظر گرفته شده است (Bölöni et al., 2017; Veronika et al., 2021; Kechagioglou et al., 2022). در برخی پژوهش‌ها (Mönkkönen et al., 2009; Müller & Bütler 2010) حجم خشک‌دارها اغلب برای ارزیابی حفاظت از جنگل‌های طبیعی و مدیریت‌شده استفاده شده است. اما حجم خشک‌دارها به‌تنهایی نمی‌تواند معیار ارزیابی ارزش حفاظتی و طبیعی بودن جنگل‌ها قلمداد شود (Kunttu et al., 2015) و سایر مشخصات خشک‌دارها شامل شکل ظاهری، درجهٔ پوسیدگی و اندازهٔ آنها نیز به‌دلیل اینکه نیازهای زیستگاهی گونه‌های مختلفی را بر طرف می‌کنند از اهمیت زیادی برخوردارند (Brin et al., 2009). خشک‌دار همچنین شاخصی مناسب برای تحول و تکامل توده‌های طبیعی و دست‌نخورده و معرف مشخصه‌های زیادی از طبیعی بودن اکوسیستم‌های جنگلی است (Korhonen et al., 2020) که می‌تواند مبنا یا مرجعی برای نشان دادن حفظ و پایداری جنگل‌های طبیعی شمال کشور باشد.

با توجه به اینکه مشخصه‌های کمی و کیفی خشک‌دارها در توده‌های طبیعی یکی از موضوعات اساسی در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی است (Kiadaliri et al., 2023)، در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای دربارهٔ اثر شیوه‌های مختلف مدیریت جنگل بر مشخصات کمی و کیفی خشک‌دارها در جنگل‌های مختلف دنیا (Paletto et al., 2014; Bayraktar et al., 2020; Bujoczek et al., 2021; Monaco et al., 2022). و ایران (Zolfeghari et al., 2007; Sefidi, 2010;

1. fungi
2. lichens
3. bryophytes
4. vascular plants
5. invertebrates
6. amphibians
7. small mammals
8. birds

Amanzadeh et al., 2013; Moridi et al., 2014; Rah Anjam et al., 2016; Sefidi & Esmaeilpour, 2022) انجام شده است. از جمله، سفیدی و همکاران (۱۳۸۸) جنگل‌هایی با سابقهٔ مدیریتی متفاوت با جنگل خیرودکنار نوشهر را بررسی کردند. به این منظور، با آماربرداری ۱۰۰ درصد خشک‌دارها، بیشترین حجم خشک‌دار به گونهٔ ممرز (۵۹-۵۷ درصد) تعلق داشت و حجم خشک‌دارهای افتاده (۶۸-۶۴ درصد) نسبت به خشک‌دارهای سرپا (۳۷-۳۱ درصد) بیشتر بود و در بین گونه‌های مختلف، درخت ممرز در مراحل پیشرفته‌تری از لحاظ پوسیدگی قرار داشت. در پژوهشی دیگر، به‌منظور آگاهی از میزان انباشت درختان پوسیده در جنگل‌های طبیعی، حجم خشک‌دارهای درشت و خرد به‌ترتیب ۱۵ و ۱۰ متر مکعب در هکتار برآورد شد. بیشترین شکل خشک‌دارهای اندازه‌گیری شده، خشک‌دارهای افتاده (۶۷ درصد) و بیشترین گونهٔ تشکیل‌دهندهٔ خشک‌دارها، درخت راش (۵۵ درصد) بود (Sefidi et al., 2015). در تحقیقی که در بخش گرازبن جنگل خیرودکنار نوشهر با انتخاب سه قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری از جنگل‌های کمتردست‌خورده در هر یک از مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی با آماربرداری ۱۰۰ درصد از خشک‌دارها (با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر) انجام شد، در مرحلهٔ تحولی اولیه (برعکسِ مرحلهٔ بلوغ)، خشک‌دارهای افتاده فراوانی بیشتری نسبت به خشک‌دارهای سرپا داشتند. بیشترین و کمترین حجم خشک‌دار به‌ترتیب در مرحلهٔ اولیه و بلوغ مشاهده شد. در هر سه مرحلهٔ تحولی، بیشترین حجم خشک‌دار متعلق به راش بود. بیشترین فراوانی خشک‌دار (با طبقهٔ قطری کمتر از ۳۵ سانتی متر) مربوط به مرحلهٔ تحولی بلوغ بود و بیشتر خشک‌دارها در مرحلهٔ اولیهٔ تحولی در درجات پوسیدگی پیشرفته قرار داشتند (Moridi et al., 2014). با پژوهشی که در شیب جنوبی راشستان‌های بهره‌برداری‌نشدهٔ سری گرازبن جنگل خیرودکنار، به واسطه آماربرداری ۱۰۰ درصد از خشک‌دارها (قطر میانه ≤۱۰ سانتی‌متر) انجام شد، تعداد خشک‌دارهای سرپا ۸ و تعداد خشک‌دارهای افتاده ۲۶ تکه بود و حجم خشک‌دارها ۱۵/۱۹ متر مکعب در هکتار برآورد شد. ممرز بیشترین سهم گونه‌ای را در خشک‌دارها داشت؛ حدود یک‌پنجم حجم خشک‌دارها از نوع ایستاده و نیمی از خشک‌دارها در مراحل ابتدایی پوسیدگی (درجهٔ ۱ و ۲) قرار داشتند. نسبت حجمی خشک‌دارها به درختان زنده، ۴/۳ درصد بود که این مقدار کمتر از مقدار مطلوب خشک‌دارها برای جنگل‌های معتدلهٔ طبیعی است که می‌تواند تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را در منطقهٔ پژوهش تحت تأثیر قرار دهد (Rahanjam et al., 2016). در پژوهشی در جنگل‌های تفرجی ترکیه، متوسط حجم خشک‌دارها ۱۶/۴۹ مترمکعب در هکتار برآورد شد که از آن میان، ۸۱ درصد افتاده، ۱۶/۴ درصد سرپا و ۲/۱ درصد متعلق به کُنده بودند. بیشترین حجم خشک‌دارها در جنگل‌های مسن (بیشتر از ۱۸۰ ساله) با میانگین حجمی ۲۰/۳۹ متر مکعب و بعد از آن در جنگل‌های ۶۱ تا ۱۲۰ ساله با میانگین حجمی ۱۵/۷۷ متر مکعب در هکتار مشاهده شد (Bayraktar et al., 2020).

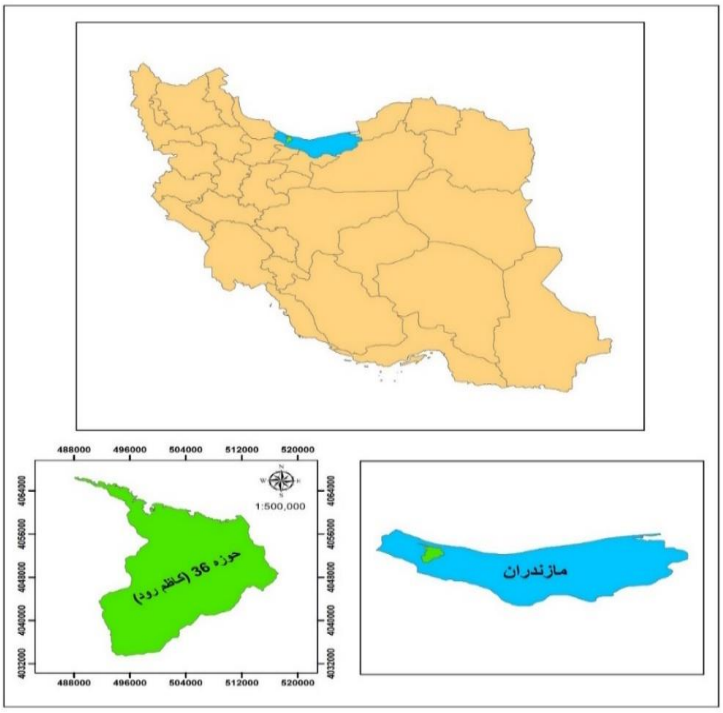
با توجه به مرور منابع، تاکنون تحقیقی در زمینهٔ مقایسهٔ مشخصات کمی و کیفی شکل‌های متفاوت خشک‌دار بین توده‌های جنگلی دست‌نخورده و مدیریت‌شدهٔ جنگل آمیختهٔ راش- ممرز در جنگل‌های هیرکانی گزارش نشده است. از این‌رو، در تحقیق حاضر این مقایسه از نظر مشخصات کمی (تعداد و حجم) و کیفی (گونه، شکل ظاهری، درجهٔ پوسیدگی و طبقات قطری) خشک‌دارها در توده‌های بهره‌برداری‌شده و توده‌های دست‌نخوردهٔ جنگل‌های راش- ممرز منطقهٔ کلاردشت هدفگذاری شد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ پژوهش از نظر استحفاظی در حوزهٔ ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران-

نوشهر، حوزهٔ ۳۶ کاظم‌رود، طرح جنگلداری کلاردشت و سری یک گِردِه‌سَر قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه در عرض جغرافیایی ´´۴،'۳۳، °۳۶ و ´´۴،'۳۷،°۳۶ و طول جغرافیایی "۳۸،'۹،°۵۱ و "۳۵،'۵،°۵۱ قرار دارد. از این سری، پارسل‌ها یا قطعه‌های ۲۸ (دست‌نخورده) و ۲۷ (مدیریت‌شده یا بهره‌برداری‌شده) به‌ترتیب به وسعت ۷۳/۴ و ۶۸/۱ هکتار به‌عنوان منطقهٔ پژوهش انتخاب شدند که اغلب از چهار گونهٔ اصلی به‌ترتیب بیشترین فراوانی شامل ممرز (*Carpinus betulus* L.)، راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) و بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) است. ارتفاع از سطح دریا در قطعهٔ دست‌نخورده بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر و در قطعهٔ مدیریت‌شده بین ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ متر است.



شکل ۱- نقشهٔ منطقهٔ پژوهش (لکهٔ سبز) واقع در حوزهٔ ۳۶ طرح جنگلداری کلاردشت، استان مازندران، ایران
Figure 1. Map of the study area (green spot) located in District 36 of Kelardasht forestry project, Mazandaran province, Iran

بارندگی سالیانه در این محدوده ۹۰۷ میلی‌متر است که حداقل آن در خرداد (۳۰ میلی‌متر) و حداکثر آن در مهر (۱۶۸/۷ میلی‌متر) رخ می‌دهد. گرم‌ترین ماه سال، مرداد با میانگین ۲۵/۴ درجهٔ سانتی‌گراد و سردترین ماه سال، بهمن با میانگین ۷ درجهٔ سانتی‌گراد است. میانگین دمای سالانه ۱۶/۸ درجهٔ سانتی‌گراد ثبت شده است. به‌طور کلی خاک‌های منطقه دارای منشأ مادری ماسه‌سنگ و سنگ آهک است. تیپ خاک در پارسل ۲۸ اغلب رانکر تکامل‌نیافته و در پارسل ۲۷ بیشتر قهوه‌ای شسته‌شده است. خاک منطقه تکامل یافته و به‌نسبت عمیق تا عمیق با شیب ملایم و در نقاط مرتفع گاه کم‌عمق با بافت متوسط تا سنگین است.

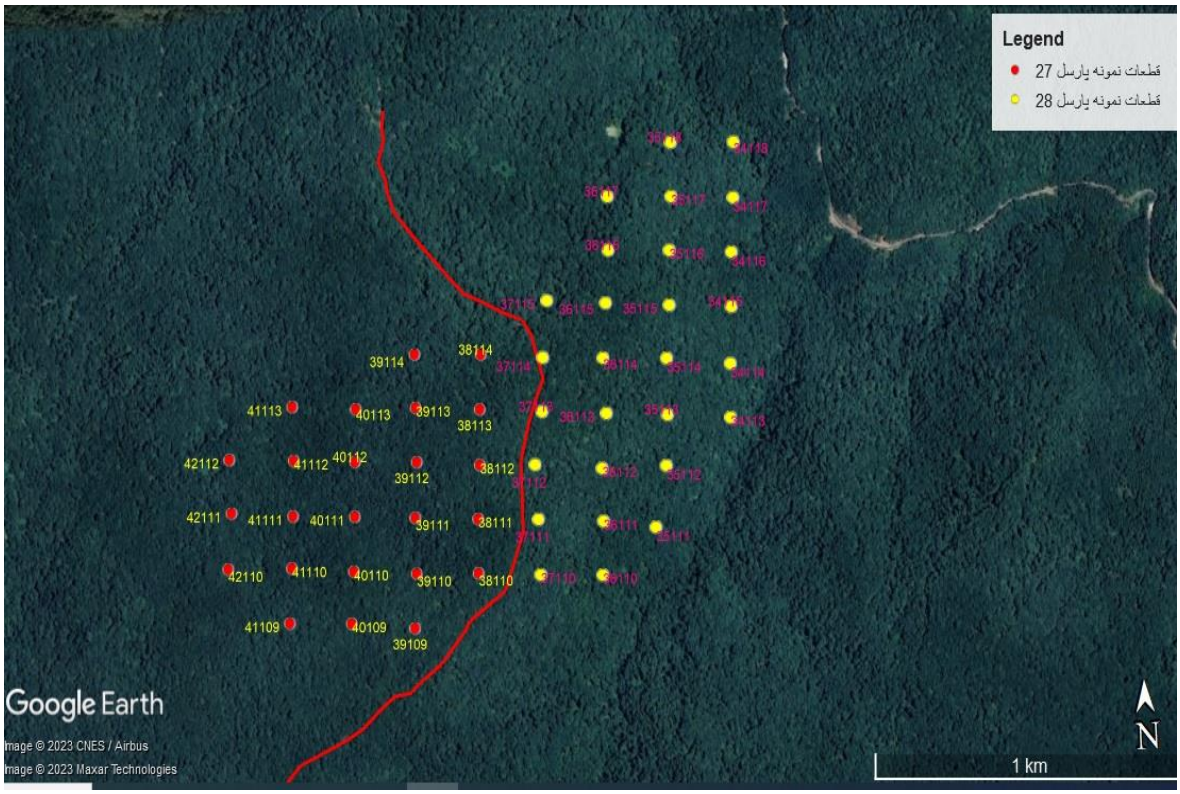
شایان ذکر است که طرح جنگلداری کلاردشت پس از طرح جنگلداری گُلبَند، از قدیمی‌ترین طرح‌های حوزهٔ ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران – نوشهر است که اولین بار در سال ۱۳۵۳ تحت یک سری جنگلداری با روش دانه‌زاد همسال (با شیوهٔ تدریجی پناهی) اجرا شد. اولین تجدید نظر آن در ناحیهٔ دانگ زادآوری در سال ۱۳۶۵ صورت گرفت و به‌دلیل مشکلات

اجرایی، تجدید نظر دوم آن قبل از موعد مقرر (سال ۱۳۶۹) آغاز شد و در سال ۱۳۷۰ برنامهٔ اجرایی آن به تصویب رسید. در این تجدید نظر نیز روش جنگلداری به‌صورت دانه‌زاد همسال (با شیوهٔ جنگل‌شناسی تدریجی پناهی) بود. در پایان مدت اول، در دانگ زادآوری تجدید نظر سوم (سال ۱۳۷۸) با هدف تغییر روش جنگلداری به دانه‌زاد ناهمسال و در قالب شیوهٔ تک‌گزینی آغاز شد که شروع برنامهٔ اجرایی آن سال ۱۳۷۹ بود. در سال ۱۳۹۰ دومین تجدید نظر طرح هم به شیوهٔ تک‌گزینی طراحی شد که پارسل ۲۷ در همان سال اول با سهمیهٔ برداشت ۱۲۰۰ متر مکعب بهره‌برداری شد (Anonymous, 2011).

شیوهٔ اجرای پژوهش

اندازه‌گیری کمّی خشک دارها

به‌منظور بررسی خشک‌دارها در پارسل ۲۸ به‌عنوان جنگل دست‌نخورده (شاهد) و پارسل ۲۷ به‌عنوان جنگل مدیریت‌شده پس از شناسایی کامل خشک‌دارها در سطح هر پارسل و آماربرداری ۱۰۰ در صد، خصوصیات کمی و کیفی آنها اندازه‌گیری شد. جانمایی مراکز قطعات نمونه در پارسل‌های یادشده از طریق تصویر زمین‌مرجع‌شده رقومی‌سازی (دیجت) روی تصویر گوگل ارث در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲- جانمایی مراکز قطعه نمونه در پارسل‌ها از طریق تصویر زمین‌مرجع‌شده رقومی‌سازی (دیجت) روی تصویر گوگل ارث
دایره‌های قرمز و زرد معرف قطعات نمونه، به‌ترتیب واقع در پارسل‌های ۲۷ و ۲۸ هستند.

Figure 2. Positioning the centers of the sample plots in parcels through the georeferenced image of digitization (Digit) on the Google Earth image
The red and yellow circles represent the sample plots located in parcels 27 and 28, respectively

سپس همهٔ خشک‌دارها شامل ۱) Snag یا خشکه‌دار سرپا (با قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر، ارتفاع بیش از ۱/۳۰ متر)، ۲) Log یا خشکه‌دار افتاده (قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر، طول بیش از ۱ متر) و ۳) Stump یا کُنده (قطر بالایی کنده بیش از ۷/۵ سانتی‌متر، ارتفاع کمتر از ۱/۳۰ متر)، به تفکیک گونه یادداشت شدند و پس از اندازه‌گیری قطر و طول، حجم آنها مطابق روابط زیر تعیین شد (Keren and

Diaci, 2018). حجم خشک‌دار سرپا مطابق رابطهٔ ۱، حجم خشک‌دارهای افتاده که شکل طولی تنه‌شان شبیه پارابلوییـد ناقص بود با استفاده از فرمول اسمالیان (رابطهٔ ۲) و حجم کنده بر طبق فرمول استوانه (رابطهٔ ۳) محاسبه شد.

رابطهٔ ۱ V حجم خشک‌دار سرپا به متر مکعب، d قطر خشک‌دار در ارتفاع ۱/۳ به سانتی‌متر و h ارتفاع به متر است.

$$\mathbf{V = 0.4 \times d_{1.3}^{2} \times h}$$

رابطهٔ ۲ V حجم خشک‌دار افتاده به متر مکعب، h طول برحسب متر، g_1 سطح مقطع در ابتدای تنه، g_2 سطح مقطع در انتهای تنه

$$V = \frac{g_1 + g_2}{2} \times h$$

رابطهٔ ۳ V حجم خشک‌دار به متر مکعب، h طول برحسب متر، d قطر کنده برحسب سانتی‌متر است.

$$V = \frac{3.14}{4} \times h \times d^2$$

اندازه‌گیری کیفی خشک‌دارها

درجهٔ پوسیدگی خشک‌دارها با توجه به نوع خشک‌دار (سرپا، افتاده و کنده) و نوع گونهٔ درختی یا درختچه‌ای مطابق به چهار طبقهٔ پوسیدگی (Motta et al., 2006) و به‌شرح زیر ثبت شد:

الف) پوسیدگی درجهٔ ۱ (جوان): درخت تازه خشک شده است و برگ و جوانه ندارد. پوست و ظاهر درخت تغییر رنگ چندانی نکرده است (کمتر از ۵ سال از زمان خشک شدن آن گذشته است)؛

ب) پوسیدگی درجهٔ ۲ (میان‌سال): درخت شروع به تجزیه کرده، رنگ چوب، قهوه‌ای شده و سفیدک در آن دیده می‌شود، ولی هنوز سفت است و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن عوض نشده است (۵-۱۰ سال از زمان خشک شدن آن گذشته است)؛

ج) پوسیدگی درجهٔ ۳ (بالغ): پوسیدگی پیشرفته‌تر شده و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب عوض شده است. چوب ترک می‌خورد، رنگ آن تیره‌تر شده و شکل اولیه را از دست داده است (۱۰-۱۵ سال از زمان خشک شدن آن گذشته است)؛

د) پوسیدگی درجهٔ ۴ (کهنسال): چوب، کاملاً پوسیده و اصطلاحاً ذوب شده است و به‌راحتی در مقابل ضربه خُرد و ریز می‌شود (بیش از ۱۵ سال از زمان خشک شدن آن گذشته است).

روش تحلیل

ابتدا تمام داده‌های جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار اکسل به‌عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره شد و سپس با توجه به اینکه آماربرداری از خشک‌دارها به‌صورت ۱۰۰ درصد در دو جنگل دست‌نخورده و مدیریت‌شده انجام گرفت همهٔ محاسبات مربوط به مشخصه‌های کمی و کیفی خشک‌دار و نیز ارتباط بین قطر و حجم انواع خشک‌دارها (به تفکیک شکل ظاهری) در دو جنگل دست‌نخورده و مدیریت‌شده در محیط اکسل انجام گرفت.

نتایج

تعداد و حجم خشک‌دار گونه‌ها در دو جنگل

خشک‌دارهای دو جنگل تحت بررسی متعلق به شش گونه شامل ممرز (*Carpinus betulus* L.)، راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.)، بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.)، ملج (*Ulmus glabra* Huds.) و افرا پلت (*Acer velutinum* Boiss.) بودند که در حدود ۸۰ درصد از کل تعداد و حجم خشک‌دارها به گونه‌های ممرز و راش اختصاص داشت (جدول ۱). بیشترین تعداد و حجم خشک‌دار در جنگل دست‌نخورده به‌ترتیب به گونهٔ ممرز (۱/۳۸، ۶/۰۱)، راش (۰/۷۱، ۴/۸۹) و توسکا (۰/۲۳، ۱/۰۶) مربوط بود. در جنگل مدیریت‌شده بیشترین تعداد خشک‌دار به‌ترتیب متعلق به ممرز (۱/۰۱)، راش (۰/۴۶) و توسکا (۰/۲۳) بود، اما راش (۲/۸۵)، ممرز (۲/۶۷) و بلوط (۰/۶۲) بیشترین حجم را داشتند.

به‌طور کلی، مجموع تعداد و حجم خشک‌دار در جنگل دست‌نخورده (۲/۶۰ اصله و ۱۳/۴۹ متر مکعب در هکتار) نسبت به جنگل مدیریت‌شده (۱/۸۵ اصله و ۶/۵۹ متر مکعب در هکتار) بیشتر بود. کم بودن تعداد و حجم خشک‌دار در پارسل یا قطعه مدیریت‌شده بیشتر مربوط به راش و ممرز بوده است (جدول ۱). شکل ۳، ارتباط بین قطر و حجم هر یک از سه نوع خشک‌دار را در دو جنگل دست‌نخورده و مدیریت‌شده نشان می‌دهد که در همهٔ موارد از همبستگی مثبت و قوی برخوردارند.

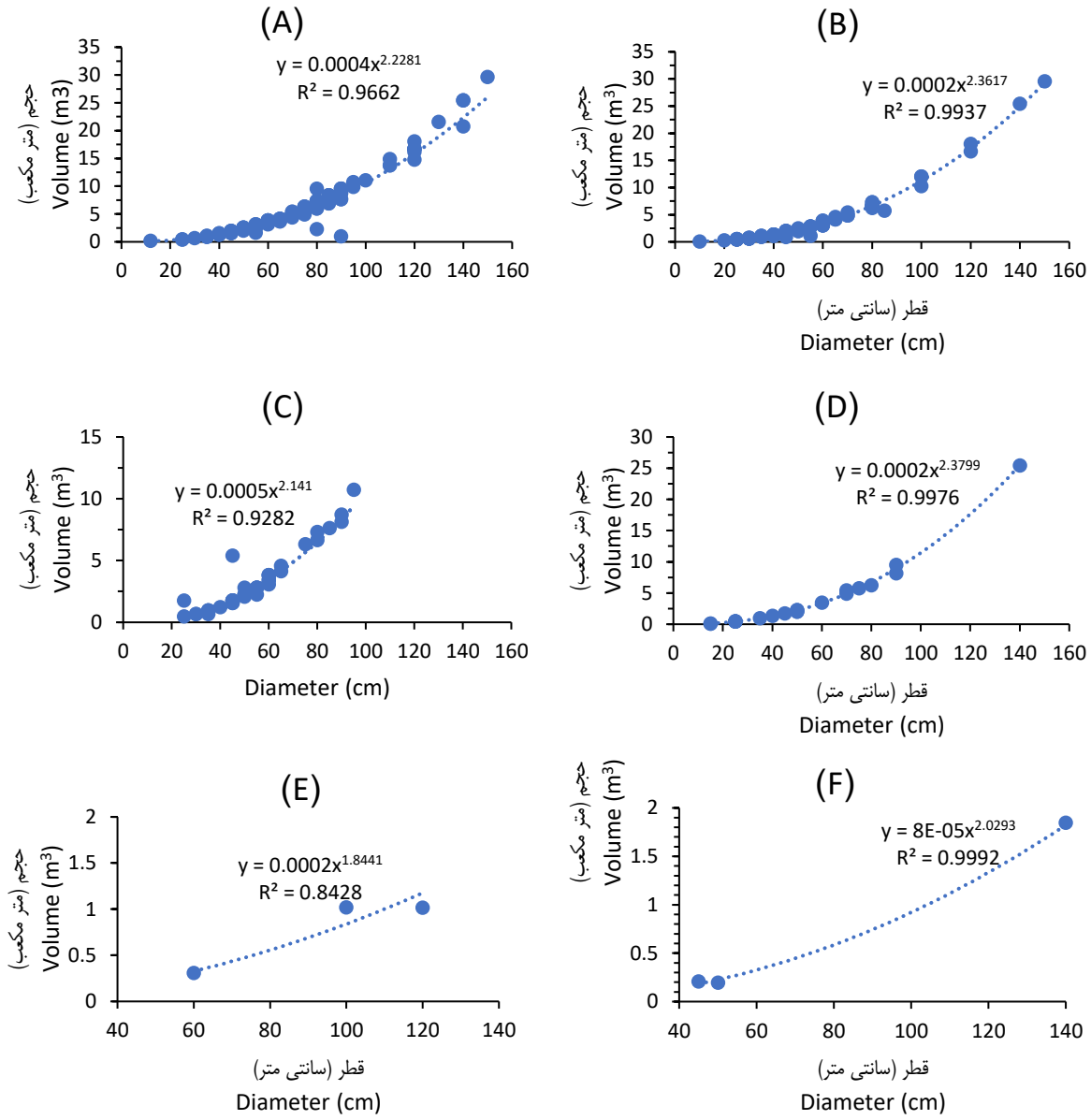
مشخصه‌های کمّی خشک‌دارها برحسب گونه و شکل ظاهری (سرپا، افتاده و کنده)

در هر دو جنگل، بیشترین تعداد و حجم خشک‌دار به‌ترتیب به عناصر افتاده، سرپا و کنده اختصاص داشت. در جنگل دست‌نخورده، بیشترین تعداد و حجم خشک‌دار در هر یک از شکل‌های افتاده و سرپا متعلق به گونهٔ ممرز و سپس راش بود. در جنگل مدیریت‌شده، بیشترین تعداد خشک‌دار در هر یک از شکل‌های افتاده، سرپا و کنده به ممرز و سپس راش اختصاص داشت؛ بیشترین حجم خشک‌دار در هر یک از شکل‌های افتاده و کُنده به ممرز و مقدار حجم خشک‌دار افتاده به راش مربوط بود (جدول ۲).

جدول ۱- تعداد و حجم خشک‌دار براساس نوع گونه در دو جنگل تحت بررسی

Table 1. The number and volume of deadwoods based on the type of species in the two studied forests

جنگل مدیریت‌شده (managed forest)				جنگل دست‌نخورده (intact forest)				گونه (species)
درصد حجمی Volume percentage	حجم Volume (m^3 per ha)	فراوانی Abundance (%)	تعداد Number (per ha)	درصد حجمی Volume percentage	حجم Volume (m^3 per ha)	فراوانی Abundance (%)	تعداد Number (per ha)	
43.18	2.85	24.61	0.46	36.28	4.89	27.23	0.71	راش oriental beech
40.56	2.67	54.76	1.01	44.59	6.01	52.88	1.38	ممرز hornbeam
9.36	0.62	6.35	0.12	3.51	0.47	4.19	0.11	بلوط Caucasian oak
6.40	0.42	12.70	0.23	7.86	1.06	8.90	0.23	توسکا Caucasian alder
0.14	0.01	0.79	0.01	0.10	0.01	1.05	0.03	ملج wych elm
0.36	0.02	0.79	0.01	7.67	1.03	5.76	0.15	پلت velvet maple
100.00	6.59	100.00	1.85	100	13.49	100.00	2.60	مجموع Total



شکل ۳- ارتباط بین قطر و حجم انواع خشک‌دار (به تفکیک شکل ظاهری) در دو جنگل دست‌نخورده و مدیریت‌شده. خشک‌دار افتاده در جنگل دست‌نخورده (A)، خشک‌دار افتاده در جنگل مدیریت‌شده (B)، خشک‌دار سرپا در جنگل دست‌نخورده (C)، خشک‌دار سرپا در جنگل مدیریت‌شده (D)، خشک‌دار کنده در جنگل دست‌نخورده (E)، خشک‌دار کنده در جنگل مدیریت‌شده (F)

Figure 3. The relationship between the diameter and the volume of deadwoods according to the appearance in the intact and managed forest. Logs in the intact forest (A), Logs in the managed forest (B), Snags in the intact forest (C), Snags in the managed forest (D), Stumps in the intact forest (E), Stumps in the managed forest (F)

جدول ۲- تعداد و حجم خشک‌دار گونه‌ها براساس شکل ظاهری (افتاده، سرپا و کنده) در دو جنگل تحت بررسی

Table 2. The number and volume of deadwoods based on their type (logs, snags and stumps) and species in the two studied forests

مجموع total	پلت velvet maple	ملج wych elm	توسکا ییلاقی Caucasian alder	بلوط Caucasian oak	ممرز hornbeam	راش oriental beech	مشخصه characteristic	نوع خشک‌دار Type of deadwood	Forest
2.00	0.14	0.01	0.18	0.10	1.01	0.57	تعداد Number (per ha)	افتاده Logs	جنگل دست‌نخورده Intact forest
100.00	6.80	0.68	8.84	4.76	50.34	28.57	فراوانی Abundance (%)		
11.59	1.01	0.01	0.86	0.46	4.88	4.37	حجم Volume (m^3 per ha)		
100.00	8.68	0.10	7.40	3.94	42.15	37.72	درصد حجمی Volume (%)		
0.55	0.01	0.01	0.04	0.01	0.35	0.12	تعداد Number (per ha)	سرپا Snags	
100.00	2.44	2.44	7.32	2.44	63.41	21.95	فراوانی Abundance (%)		
1.82	0.03	0.00	0.20	0.02	1.09	0.49	حجم Volume (m^3 per ha)		
100.00	1.55	0.00	10.73	0.92	59.85	26.95	درصد حجمی Volume (%)		
0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	تعداد Number (per ha)	کنده Stumps	
100.00	0.00	0.00	33.33	0.00	33.33	33.33	فراوانی Abundance (%)		
0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	حجم Volume (m^3 per ha)		
100.00	0.00	0.00	9.59	0.00	50.17	40.24	درصد حجمی Volume (%)		
1.50	0.01	0.01	0.21	0.09	0.81	0.37	تعداد Number (per ha)	افتاده Logs	جنگل مدیریت‌شده Managed forest
100.00	0.98	0.98	13.73	5.88	53.92	24.51	فراوانی Abundance (%)		
5.26	0.01	0.02	0.36	0.41	2.31	2.15	حجم Volume (m^3 per ha)		
100.00	0.17	0.45	6.90	7.71	43.84	40.94	درصد حجمی Volume (%)		
0.31	0.00	0.00	0.03	0.03	0.18	0.07	تعداد Number (per ha)	سرپا Snags	
100.00	0.00	0.00	9.52	9.52	57.14	23.81	فراوانی Abundance (%)		
1.22	0.00	0.00	0.06	0.21	0.35	0.60	حجم Volume (m^3 per ha)		
100.00	0.00	0.00	4.81	17.25	28.80	49.14	درصد حجمی Volume (%)		
0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	تعداد Number (per ha)	کنده Stumps	
100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.67	33.33	فراوانی Abundance (%)		
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	حجم Volume (m^3 per ha)		
100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.77	87.23	درصد حجمی Volume (%)		

تعداد و حجم خشک‌دار به تفکیک شکل ظاهری (سرپا، افتاده، کنده)

در قطعهٔ دست‌نخورده ۷۶/۹۲ درصد از تعداد و ۸۵/۹۲ درصد از حجم خشک‌دار و در قطعه مدیریت‌شده ۸۱/۰۸ درصد از تعداد و ۷۹/۹۴ درصد از حجم خشک‌دار، به خشک‌دارهای افتاده تعلق داشت. خشک‌دار سرپا، ۲۱/۱۵ درصد از فراوانی و ۱۳/۴۹ درصد از حجم را در جنگل دست‌نخورده و ۱۶/۷۶ درصد از فراوانی و ۱۸/۵۴ درصد از حجم را در قطعه مدیریت‌شده به خود اختصاص داد (جدول ۳). فراوانی خشک‌دار افتاده و سرپا (به‌ترتیب ۲ و ۰/۵۵ اصله در هکتار) در جنگل دست‌نخورده، بیشتر از قطعهٔ مدیریت‌شده (به‌ترتیب ۱/۵۰ و ۰/۳۱ اصله در هکتار) بود؛ درحالی که فراوانی خشک‌دار کنده در هر دو قطعه مشابه و بسیار ناچیز (۰/۰۴ اصله در هکتار) بود. حجم خشک‌دار افتاده در جنگل مدیریت‌شده (۵/۲۷ متر مکعب در هکتار) تقریباً نصف آن در جنگل دست‌نخورده (۱۱/۵۹ متر مکعب در هکتار) بود (جدول ۳).

مشخصه‌های خشک‌دارها بر اساس طبقات قطری

خشک‌دارهای با طبقهٔ قطری ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر بیشترین فراوانی (۳۶/۵۴) را در قطعهٔ دست‌نخورده داشتند و کمترین فراوانی در این قطعه به خشک‌دارهای کوچک‌تر از ۳۵ سانتی‌متر تعلق داشت. بیشترین فراوانی در جنگل مدیریت‌شده به‌ترتیب به خشک‌دارهای طبقهٔ قطری ۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر و کمترین آن به طبقهٔ قطری بیش از ۷۵ سانتی‌متر اختصاص داشت. حجم و درصد حجمی خشک‌دارها در هر دو قطعه به‌ترتیب متعلق به طبقات بزرگ‌تر از ۷۵ و سپس ۵۰ تا ۷۵، ۳۵ تا ۵۰ و کوچک‌تر از ۳۵ سانتی‌متر بود (جدول ۴). تعداد و حجم خشک‌دار با طبقات قطری بزرگ‌تر از ۳۵ سانتی‌متر (برعکس طبقات قطری کوچک‌تر از ۳۵ سانتی‌متر) در جنگل دست‌نخورده بیشتر از قطعهٔ مدیریت‌شده بود (جدول ۴).

جدول ۳- تعداد و حجم خشک‌دار به تفکیک شکل ظاهری (افتاده، سرپا، کنده) در دو جنگل تحت بررسی

Table 3. The number and volume of deadwoods based on their type (logs, snags, stumps) in the two studied forests

نوع خشک‌دار Type of dead wood	جنگل دست‌نخورده (intact forest)				جنگل مدیریت‌شده (managed forest)			
	تعداد Number (per ha)	فراوانی Abundance (%)	حجم Volume (m^3 per ha)	درصد حجمی Volume (%)	تعداد Number (per ha)	فراوانی Abundance (%)	حجم Volume (m^3 per ha)	درصد حجمی Volume (%)
افتاده log	2.00	76.92	11.59	85.92	1.50	81.08	5.27	79.94
سرپا snag	0.55	21.15	1.82	13.49	0.31	16.76	1.22	18.54
کنده stump	0.04	1.54	0.08	0.59	0.04	2.16	0.1	1.52
مجموع total	2.60	100.00	13.49	100.00	1.85	100.00	6.59	100.00

جدول ۴- تعداد و حجم خشک‌دار براساس طبقهٔ قطری در دو جنگل تحت بررسی

Table 4. The number and volume of deadwoods based on the diameter class in the two studied forests

طبقهٔ قطری Diameter class (cm)	جنگل دست‌نخورده (intact forest)				جنگل مدیریت‌شده (managed forest)			
	تعداد Number (per ha)	فراوانی Abundance (%)	حجم Volume (m^3 per ha)	درصد حجمی Volume percentage	تعداد Number (per ha)	فراوانی Abundance (%)	حجم Volume (m^3 per ha)	درصد حجمی Volume percentage
<35	0.19	7.31	0.17	1.27	0.46	24.73	0.53	8.07
35-50	0.67	25.77	1.68	12.52	0.56	30.11	0.88	13.39
50-75	0.95	36.54	3.51	26.15	0.53	28.49	1.74	26.48
>75	0.79	30.38	8.06	60.06	0.31	16.67	3.42	52.05
مجموع total	2.60	100.00	13.49	100.00	1.85	100.00	6.59	100.00

مشخصه‌های خشک‌دارها براساس درجهٔ پوسیدگی

در قطعهٔ دست‌نخورده بیشترین درصد تعداد و حجم به‌ترتیب به خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۴، ۳، ۲ و ۱ تعلق داشت. در قطعهٔ مدیریت‌شده خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۳ بیشترین تعداد (۳۲ درصد در هکتار) و خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۲ و ۳ به‌ترتیب با ۲۷/۲۷ و ۲۶/۳۶ مترمکعب در هکتار بیشترین درصد مقدار حجمی را داشتند. تعداد و حجم در هکتار خشک‌دار با درجات پوسیدگی ۲، ۳ و ۴ در جنگل دست‌نخورده بیشتر و با درجهٔ پوسیدگی ۱ کمتر از آنها در قطعهٔ مدیریت‌شده بود (جدول ۵).

جدول ۵- تعداد و حجم خشک‌دار براساس درجهٔ پوسیدگی در دو جنگل تحت بررسی

Table 5. The number and volume of deadwoods based on the degree of decay in the two studied forests

درجهٔ پوسیدگی Degree of decay	جنگل دست‌نخورده (intact forest)				جنگل مدیریت‌شده (managed forest)			
	تعداد Number (per ha)	فراوانی Abundance (%)	حجم Volume (m^3 per ha)	درصد حجمی Volume percentage	تعداد Number (per ha)	فراوانی Abundance (%)	حجم Volume (m^3 per ha)	درصد حجمی Volume percentage
درجهٔ ۱ (Grade 1)	0.26	10.00	1.00	7.43	0.35	18.92	1.41	21.36
درجهٔ ۲ (Grade 2)	0.52	20.00	2.46	18.28	0.43	23.24	1.80	27.27
درجهٔ ۳ (Grade 3)	0.80	30.77	4.31	32.02	0.60	32.43	1.74	26.36
درجهٔ ۴ (Grade 4)	1.02	39.23	5.69	42.27	0.47	25.41	1.65	25.00
مجموع total	2.60	100.00	13.49	100.00	1.85	100.00	6.59	100.00

بحث

همسو با یافته‌های Sefidi et al. (2009) در هر دو جنگل تحقیق حاضر، بیشترین حجم خشک‌دار به گونهٔ ممرز تعلق داشت و حجم خشک‌دارهای افتاده نسبت به خشک‌دارهای سرپا (و کُنده) بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که حجم خشک‌دار در قطعهٔ دست‌نخورده (۱۳/۴۹ متر مکعب در هکتار) در مقایسه با پژوهش‌های انجام‌گرفته در جنگل‌های راش آمیخته به‌نسبت کمتر بوده است. در این زمینه Marvi-Mohadjer (2013) بیان می‌کند که مقدار مطلوب خشک‌دار برای جنگل‌های معتدلهٔ هیرکانی بین ۵ تا ۲۵ درصد حجم تودهٔ زندهٔ سرپا است. بدین‌ترتیب انتظار می‌رود که حجم خشک‌دار در قطعهٔ دست‌نخوردهٔ تحقیق حاضر بین ۲۴ تا ۱۲۰ متر مکعب در هکتار باشد که مقدار مشاهده‌شده (۱۳/۴۹ متر مکعب در هکتار) رقم مطلوبی نیست.

حجم خشک‌دار در جنگل‌های شمال ایران در بیشتر پژوهش‌ها کمتر از متوسط آن در جنگل‌های راش اروپا است که می‌تواند متأثر از عواملی مانند نوع گونه، نوسان دما، شرایط اقلیمی، سرعت تجزیهٔ خشک‌دار و نیز برداشت پایه‌های قطور سالم و ناسالم زنده باشد (Khalili et al., 2019). خشک‌دارها در جنگل‌های اروپا (به‌ویژه در اروپای مرکزی) به‌علت تجزیهٔ کندِ پوسیدگی که متأثر از سرمای زیاد و رطوبت کم است ماندگاری طولانی‌تری از جنگل‌های هیرکانی دارند (Sefidi et al., 2016). البته در جنگل‌های شمال ایران با توجه به پویایی اکوسیستم‌های جنگلی و شرایط اقلیمی، انباشت خشک‌دار کم است (Khalili et al., 2019)، اما در برخی سری‌ها، بین ۲۶ تا ۵۱ متر مکعب در هکتار برآورد شده است (Sefidi & Mohadjer, 2010) که نویددهندهٔ پایداری اکوسیستم است.

مطابق با نتایج تحقیق حاضر، تعداد و حجم خشک‌دارها در قطعهٔ مدیریت‌شده نسبت به قطعهٔ دست‌نخورده کمتر است. به‌طور مشابه، در تحقیقی در جنگل‌های خیرود نوشهر، حجم خشک‌دارها در قطعهٔ با سابقهٔ مدیریتی و دست‌خوردگیِ بیشتر (۱ مترمکعب در هکتار)، کمتر از قطعهٔ با سابقهٔ مدیریتی کمتر یا کمتر دست‌خورده (۱/۹ مترمکعب در هکتار) بوده است (Sefidi & Mohadjer, 2009) که همسو با نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا است (Goodburn & Lorimer, 1998). کاهش خشک‌دارها پس از اعمال مدیریت، بیشتر به‌دلیل برداشت پایه‌های قطور زنده، همراه با برداشت خشک‌دارهای سرپا و افتاده است. بنابراین حجم خشک‌دارها در جنگل‌های دخالت‌شده که بیشتر به‌صورت سرشاخه، کنده و پایه‌ها و شاخه‌های کم‌قطر است، کمتر از جنگل‌های دست‌نخورده است. همراستا با پژوهش حاضر، یافته‌های Meyer (1999) و Tabaku (2000) حکایت دارد که با توجه به نوع اقدامات مدیریتی، متوسط حجم خشک‌دار در جنگل‌های مدیریت‌شدهٔ راش اروپا بیشتر از ۱۰ متر مکعب در هکتار نبوده است. بنابراین همچنان که ملاحظه می‌شود حجم خشک‌دارها در جنگل‌های مدیریت‌شده، چه در جنگل‌های اروپا و چه در جنگل‌های شمال ایران (کمتر از ۱۰ متر مکعب) اندک است.

بررسی مشخصات خشک‌دارها به تفکیک شکل ظاهری (افتاده، سرپا و کنده)، شاخصی برای مدیریت پایدار اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر، در هر دو قطعه، تعداد و حجم خشک‌دارهای افتاده بیشتر از خشک‌دارهای سرپا و کنده بود که چنین شرایطی در جنگل‌های راش اروپا نیز مشاهده می‌شود (Khalili et al., 2019). در پژوهش پیش رو، در قطعهٔ مدیریت‌شده و قطعهٔ دست‌نخورده به‌ترتیب ۸۵/۹۲ و ۷۹/۹۴ درصد مربوط به خشک‌دارهای افتاده، ۱۳/۴۹ و ۱۸/۵۴ درصد مربوط به خشک‌دارهای سرپا و ۰/۵۹ و ۱/۵۲ درصد مربوط به کنده‌های خشک‌شده بود. در پژوهشی در جنگلی بدون سابقهٔ مدیریتی، حجم خشک‌دار سرپا و افتاده به‌ترتیب ۲۷ و ۷۳ درصد اندازه‌گیری شد (Zolfeghari et al., 2007). همچنین براساس یافته‌های Zolfeghari (2005)، Habashi (2008) و Kooch et al. (2010) در جنگل‌های دست‌نخورده، خشک‌دارهای سرپا و افتاده به‌ترتیب ۲۶ و ۷۴ درصد، ۲۳ و ۷۷ درصد و ۳۲ و ۶۸ درصد برآورد شد.

مقایسهٔ ابعاد خشک‌دارها می‌تواند نشان‌دهندهٔ چگونگی تحول و تکامل آشوب‌های متداول شکل‌گرفته در تودهٔ جنگل باشد (Kakavand et al., 2017). همانند پژوهش Sefidi (2010) در یک جنگل دست‌نخورده، تحقیق پیش رو نشان داد که بیشترین فراوانی خشک‌دارها (۶۶/۹۲ درصد) در قطعهٔ دست‌نخورده در طبقات قطری بزرگ‌تر از ۵۰ سانتی‌متر قرار دارد. در قطعهٔ مدیریت‌شدهٔ این تحقیق، بیشترین درصد فراوانی (۳۰/۱۱ و ۲۸/۴۹) به‌ترتیب، مربوط به طبقات قطری ۵۰-۳۵ و ۷۵-۵۰ سانتی‌متر بود و خشک‌دارهای با قطر بیشتر از ۷۵ سانتی‌متر درصد کمی (۱۶/۶۷) داشتند. خشک‌دارهای کم‌قطر که به‌دلیل کاهش نور و نیز در نتیجهٔ رقابت درون‌گونه‌ای در شرایط حذف از روند تکامل توده بوده‌اند، به مقدار کمتری در قطعهٔ دست‌نخورده مشاهده شدند. برعکس، خشک‌دارهای قطورتر- که در مرحلهٔ دیرزیستی همراه با بادافتادگی و ریشه‌کنی ایجاد شده بودند، در قطعهٔ دست‌نخورده بیشتر بودند؛ این در حالی است که در قطعهٔ مدیریت‌شده، به‌دلیل بهره‌برداری از درختان، قبل از رسیدن به سن دیرزیستی و نیز بهره‌برداری درختان خشک‌شده با قطر زیاد، تعداد خشک‌دارهای با قطر بزرگ‌تر از ۷۵ سانتی‌متر به‌شدت کاهش یافت.

در اکوسیستم‌های جنگلی، توجه به توزیع خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی برای رسیدن به مدیریت پایدار جنگل دارای اهمیت زیادی است (Waskiewicz et al., 2007). در پژوهش

پیش‌رو، در قطعهٔ دست‌نخورده بیشتر از ۷۰ درصد و در قطعهٔ مدیریت‌شده در حدود نیمی از خشک‌دارها در درجات پوسیدگی پیشرفته (درجهٔ ۳ و ۴) قرار داشتند که همسو با یافته‌های Kooch et al. (2010) است. فراوانی خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۱ در هر دو قطعه از کمترین مقدار برخوردار بود. از سوی دیگر، در قطعهٔ دست‌نخورده، بیشترین فراوانی مربوط به خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۴ و در قطعهٔ مدیریت‌شده مربوط به درجهٔ پوسیدگی ۲ بود. به نظر می‌رسد که در قطعهٔ مدیریت‌شده، عملیات بهره‌برداری به‌همراه حذف تعدادی از درختان قطور، موجب شد خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۲ فراوان‌تر از خشک‌دارهای با درجهٔ پوسیدگی ۴ باشند. همچنین فراوانی خشک‌دارهای قطعهٔ دست‌نخورده نشان می‌دهد که درصد بزرگی از خشک‌دارهای این عرصه به پوسیدگی کامل (درجهٔ ۴) رسیده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تعداد و حجم خشک‌دارها به‌ویژه در قطعهٔ مدیریت‌شده از مقدار مطلوبی برخوردار نیست و به‌دلیل بهره‌برداری از پایه‌های قطور درختان زنده، توزیع خشک‌دارها به‌لحاظ طبقهٔ قطری و درجهٔ پوسیدگی در مقایسه با قطعهٔ دست‌نخورده فاصله گرفته است و کیفیت مناسبی ندارد. در کل می‌توان نتیجه گرفت که توجه به مشخصه‌های کمی (تعداد و حجم) و کیفی (شکل ظاهری، طبقهٔ قطری و درجهٔ پوسیدگی) خشک‌دارها قبل از هر گونه اقدام مدیریتی اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو نظر به اهمیت خردزیستگاه‌هایی که توسط خشک‌دارهای مختلف ایجاد و سبب ترقی پایداری اکوسیستم می‌شود، در صورت اجرای طرح‌های بهره‌برداری و مدیریت با اهداف پرورش جنگل، توجه به حفظ تعداد و حجم خشک‌دارها و توزیع مناسب آنها در شکل‌های مختلف (سرپا، افتاده و کنده) و نیز حضورشان در طبقات قطری و درجات پوسیدگی متفاوت، از الزاماتی است که طراحان و کارشناسان جنگل باید مدنظر قرار دهند.

سپاسگزاری

از حمایت‌های علمی و مالی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس و همکاری کارشناسان ادارهٔ کل منابع طبیعی نوشهر تقدیر و تشکر می‌شود.

Reference

Amanzadeh, B., Sagheb-Talebi, Kh., Sotoudeh Foumani, B., Fadaie F., Camareore, J.J., & Linares, J.C. (2013). Spatial distribution and volume of dead wood in unmanaged Caspian beech (*Fagus orientalis*) forests from northern Iran. *Forests*, *4*(4), 751–65. https://doi.org/10.3390/f4040751

Andringa, J.I., Zuo, J., Berg, M.P., Klein, R., Veer, J.V., de Geus, R., de Beaumont, M., Goudzwaard, L., van Hal, J., & Broekman, R. (2019). Combining tree species and decay stages to increase invertebrate diversity in dead wood. *Forest Ecology and Management*, *441*, 80–88. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.029

Anonymous. (2011). Kelardasht Forestry Plan (District 1, Gerdehsar). 2001. Publications of the of Forests, Rangeland and Watershed Management Organization, Iran. (In Persian)

Bayraktar, S., Paletto, A., & Floris, A. (2020). Deadwood volume and quality in recreational forests: the case study of the Belgrade Forest (Turkey). *Forest systems*, *29*(2), 51-64. =7682646

Bölöni, J., Ódor, P., Ádám, R., Keeton, W.S., & Aszalós, R. (2017). Quantity and dynamics of dead wood in managed and unmanaged dry-mesic oak forests in the Hungarian Carpathians. *Forest Ecology and Management*, *399*, 120–31. /S0378112717303985

Brin, A., Brustel, H., & Jactel, H. (2009). Species variables or environmental variables as indicators of forest biodiversity: A case study using saproxylic beetles in maritime pine plantations. *Annals of Forest Science*, *66*(3), 1–11. https://doi.org/10.1051/forest/2009009

Bujoczek, L., Bujoczek, M., & Zięba, S. (2021). How Much, Why and Where? Deadwood in Forest Ecosystems: The Case of Poland. *Ecological Indicators, 121*(2021), 107027. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107027.

DeMaynadier, Phillip, G., Malcolm, L., & Hunter, Jr. (1995). The Relationship between forest management and Amphibian Ecology: A review of the North American literature. *Environmental Reviews, 3*(3–4), 230–61. https://dx.doi.org/10.1139/a95-012.

Goodburn, J.M., & Lorimer, C.G. (1998). Cavity trees and coarse woody debris in old-growth and managed northern hardwood forests in Wisconsin and Michigan. *Canadian Journal of Forest Research, 28*(3), 427-438. https://doi.org/10.1139/x98-014

Habashi, H. (2008). Investigation of dead-tree role in the forests of Iran. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 127p. (In Persian). 10.22092/IJFPR.2016.109439

Jancewicz, E., & Kielan, E. (2017). Importance of coarse woody debris in the functioning of small mammals' populations. *Sylwan, 161*(6), 519–28. https://www.researchgate.net/publication/324719734

Kakavand, M., Marvi-Mohadjer, M.R., Sagheb-Talebi, K., Sefidi, K., Moridi, M., & Abbasian, P. (2017). Quantity and quality of deadwood in the mid-successional stage in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands (case study: Kheyrood forest, Nowshahr). *Forest and Poplar Research, 24*(4), 612-622. (In Persian). https://ijfpr.areeo.ac.ir/article_109439.

Stavros, K., Papadopoulou, D., & Tsitsoni, T. (2022). Determining structure and volume of the European beech (*Fagus Sylvatica* L.) deadwood in managed stands in the Rodopi Mountain Range National Park, Greece. *Folia Oecologica, 49*(2). https://www.academia.edu/88048549

Khalili, A., Mataji, A., Sagheb-Talebi, Kh., & Hodjati, S.M. (2019). Spatial distribution pattern of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) coarse woody debris in managed and unmanaged stands of Caspian forests, Iran. *Iranian Journal of Forest, 13*(5), 43-55. (In Persian). DOI: 10.22034/ijf.2022.317191.1822

Kiadaliri, M., Motlagh, M.G., Sohrabi, H., Latterini, F., Lo Monaco, A., Venanzi, R., & Picchio, R. (2023). The effects of forest accessibility on the quantitative and qualitative characteristics of deadwood: A Comparison between recreational and natural forests. *Sustainability*, *15*(13), 10592. https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v15y2023i13p10592-d1187436

Kooch, Y., Hosseini, S.M., Akbarinia, M., Tabari, M., & Jalali, S.Gh. (2010). The role of dead tree in regeneration density of mixed beech stands (case study: Sardabrood forests, Chalous, Mazandaran). *Iranian Journal of Forest*, *2*(2), 93-103 (In Persian).

Korhonen, A., Siitonen, J., Kotze, D.J., Immonen, A., & Hamberg, L. (2020). Stand characteristics and dead wood in urban forests: Potential biodiversity hotspots in managed boreal landscapes. *Landscape and Urban Planning*, *201*, 103855. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103855

Kunttu, P., Junninen K., & Kouki, J. (2015). Deadwood as an Indicator of Forest Naturalness: A Comparison of Methods. *Forest Ecology and Management, 353*, 30–40. https://www.researchgate.net/publication/277653030

Łubek, L., Kukwa, M., Czortek, P., & Jaroszewicz, B. (2020). Impact of *Fraxinus excelsior* dieback on biota of ash-associated *Lichen* Epiphytes at the landscape and community level. *Biodiversity and Conservation, 29*(2), 431–50. https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-019-01890

Marvi-Mohadjer, M.R. (2013). Silviculture. 3rd Edition, University of Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian). http://www.agrijournals.ir/article_113871.

Meyer, P. (1999). Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, *118*(1), 167-180. https://www.semanticscholar.org/paper/

Monaco, A.L., Sipala, B., Francesco, L., & Picchio, R. (2022). Qualitative and quantitative characterization of deadwood related to the accessibility of managed beech forests of the Abruzzo, Lazio and Molise national park. *Environmental Silences Proceedings, 22*(46), 1-5. https://sciforum.net/paper/view/13085

Mönkkönen, M., Ylisirnio, A., & Hämäläinen, T. (2009). Ecological efficiency of voluntary conservation of boreal-forest biodiversity. *Conservation Biology, 23*(2), 339–47. https://www.arcticcentre.org/?DeptID=12924

Moridi, M., Etemad, V., Kakavand, M., Sagheb-Talebi, K., & Babaei, E. (2014). Quantitative and qualitative characteristics of dry trees in different evolutionary stages of mixed beech stands (case study: Kheyrood Nowshahr forest). *Forest and Poplar Research, 23*(4), 647-659. (In Persian) https://doi.org/10.22092/ijfpr.2017.113871

Motta, R., Berretti, R., Lingua, E., & Piussi, P. (2006). Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps. *Forest Ecology and Management, 235*(1–3), 155–63. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112706005238

Müller, J., & Bütler, R. (2010). A Review of habitat thresholds for deadwood: A baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research, 129*(6), 981–92. https://www.researchgate.net/publication/226995213

Paletto, A., Isabella, D.M., Paolo, C., & Fabrizio, F. (2014). Effects of forest management on the amount of deadwood in Mediterranean oak ecosystems. *Annals of Forest Science, 71*(7), 791–800. https://hal.science/hal-01102882

Peter, L., Kropil, R. and Kajtoch, L. 2019. Effects of forest management on bird assemblages in oak-dominated stands of the western Carpathians–Refuges for rare species. *Forest Ecology and Management, 453*, 117620. https://www.library.sk/arl-sldk/sk/detail-sldk_un_epca-0021830

Piaszczyk, W., Błońska, E., & Lasota, J. (2019). Soil Biochemical properties and stabilization of soil organic matter in relation to deadwood of different species. *FEMS Microbiology Ecology, 95*(3). https://www.researchgate.net/publication/330651813

Rahanjam, S., Marvi-Mohadjer, M.R., Zobeyri, M., & Sefidi, K. (2016). Quantitative and qualitative survey of deadwood trees in natural stands of Hyrcanian forests (case study: Gorazbon series, Kheyrood forest, Nowshahr). *Forest and Poplar Research, 25*(4), 656-666. (In Persian)

Romashkin, I., Ekaterina, S., Ekaterina, K., Natalia, G., & Ksenia, N. (2018). Carbon and nitrogen dynamics along the log bark decomposition continuum in a mesic old-growth boreal forest. *European Journal of Forest Research, 137*(5), 643–57. https://www.researchgate.net/publication/326384452

Runnel, K., Indrek, S., & Asko, L. (2020). Recovery of the critically endangered bracket fungus *Amylocystis lapponica* in the Estonian network of strictly protected forests. *Oryx, 54*(4), 478–82. https://www.etis.ee/Portal/Persons/Display/204fe80b-a3df-400c-886c-17b545f4c6cd

Sefidi, K. (2015). The Influence of forest management histories on dead wood and habitat trees in the old growth forest in northern Iran. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 9*(9), 1019–23.

Sefidi, K., & Esmaeilpour, M. (2022). Meta-analysis of snag volume variable in Hyrcanian forests. *Journal of Wood and Forest Science and Technology, 29*(2), 121-136. (In Persian) https://jwfst.gau.ac.ir/article_6157_

Sefidi, K., & Marvi-Mohadjer, M.R. (2009). Amount and quality of dead trees (snag and logs) in a mixed beech forest with different management histories. *Journal of Forest and Wood Products, 62*(2), 191-202 (In Persian). https://www.sid.ir/paper/163088/en

Sefidi, K., & Marvi-Mohadjer, M.R. (2010). Characteristics of coarse woody debris in successional stages of natural beech (*Fagus orientalis*) forests of Northern Iran. *Journal of Forest Science, 56*(1), 7-17. https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-201001-0002

Sefidi, K., Esfandiari, D.F., & Sharari, M. (2016). The decay time and rate determination in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) dead trees in Asalem forests. *Journal of Environmental Studies*, *42*(3), 551-563 (In Persian). https://www.researchgate.net/publication/312126216_

Stroheker, S., Weiss, M., Sieber, T.N., & Bugmann, H. (2018). Ecological factors influencing Norway spruce regeneration on nurse logs in a subalpine virgin forest. *Forests, 9*(3), 120. https://www.mdpi.com/1999-4907/9/3/120

Tabaku, V. (2000). *Struktur von Buchen-Urwäldern in Albanien im Vergleich mit deutschen Buchen-Naturwaldreservaten und-Wirtschaftswäldern*. Cuvillier Verlag. https://www.researchgate.net/publication/33794231

Táborská, M., Privetity, T., Vrska, T., & Odór, P. (2015). Bryophytes associated with two tree species and different stages of decay in a natural fir-beech mixed forest in the Czech Republic. *Preslia, 87*(4), 387–401. http://real.mtak.hu/31836/

Tavankar, F., Rezaee Kivi, A., Taheri-Abkenari, K., Monaco, A.L., Venanzi, R., & Picchio, R. (2022). Evaluation of deadwood characteristics and carbon storage under different silvicultural treatments in a mixed broadleaves mountain forest. *Forests, 13*(2), 1–26. https://doi.org/10.3390/f13020259.

Unar, P., Janík, D., Adam, D., & Vymazalová, M. (2017). The colonization of decaying logs by vascular plants and the consequences of fallen logs for herb layer diversity in a lowland alluvial forest. *European Journal of Forest Research, 136*(4), 665–76. https://www.researchgate.net/publication/318354582_

Veronika, Ö., Petritan A.M., Schellenberg, J., Bergmeier, E., & Walentowski, H. (2021). Patterns and drivers of deadwood quantity and variation in mid-latitude deciduous forests. *Forest Ecology and Management, 487*, 118977. https://www.researchgate.net/publication/349312464

Waskiewicz, J.D., Fulé, P.Z., & Beier, P. (2007). Comparing classification systems for ponderosa pine snags in northern Arizona. *Western Journal of Applied Forestry*, *22*(4), 233-240. https://www.semanticscholar.org/

Zolfeghari, E. (2005). Ecological study of dead trees in beech forests of Iran. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 80p. (In Persian). https://ifej.sanru.ac.ir/en

Zolfeghari, E., Marvi-Mohadjer, M.R., & Namiranian, M. (2007). Impact of dead trees on natural regeneration in forest stands (Chelir district, Kheiroudkenar, Nowshahr). *Forest and Poplar Research, 15*(29), 234-240 (In Persian). https://ijfpr.areeo.ac.ir/article_108143.html?lang=en

Iranian Journal of Forest
Vol. 16, No. 4, Winter 2025
pp. 503-512
Research Article

DOI: 10.22034/ijf.2024.440686.1972
CC BY 4.0

Deadwood characteristics in intact and managed beech-hornbeam forests (Kelardasht region)

M. Soleymanpoor[1], M. Tabari[2*], and S.M. Hosseini[2]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran
[2]Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran

(Receipt: 3 February 2024; Accepted: 24 May 2024)

Abstract

Introduction: Considering the impact of different forest management methods on the quantitative and qualitative characteristics of deadwood is of great importance in the protection and functioning of forest ecosystems. The purpose of this study is to compare the quantitative (number and volume) and qualitative (species, types, degree of decay, and diameter classes) characteristics of deadwoods in two managed forest and intact beech-hornbeam forest in Kelardasht region, north of Iran.

Material and Methods: In this research, in both forests, using full inventories after complete identification of deadwoods (with a diameter >7.5 cm), the diameter and length of snags, logs and stumps were recorded by species and the volume of each was calculated according to the respective equations. In addition, the number and volume of deadwoods were recorded based on the diameter classes and the degree of decay in two forests.

Results: The number of deadwoods in the intact and managed forests was 2.60 and 1.85, respectively, and their volume was 13.49 and 6.59 m^3/ha, respectively. In both forests, more than 80% of the number and volume of deadwoods were allocated to beech and hornbeam. Also, the highest frequency (76.92% to 81.08%) and volume (79.94% to 85.92%) were recorded for logs, but snags and stumps were in the next ranks. The highest number of deadwoods in the intact forest (36.54%) belonged to deadwoods with a diameter of 50 to 75 cm and in the managed forest (30.11%) to deadwoods with a diameter of 35 to 50 cm. This is despite the fact that in both forests, deadwoods >75 cm had the highest volume. The highest number and volume in the intact forest was assigned to the deadwoods with decay grade 4 and in the managed forest with decay grade 3 and 2, respectively.

Conclusion: In general, forest management reduced the number and volume of deadwoods and affected the distribution of them in classes and degrees of decay. In fact, considering the importance of deadwoods in ecosystem sustainability, in the case of implementation of exploitation and management plans with the objectives of forest training, it is necessary for the designers and forest experts to distribute the deadwoods properly (with emphasis on the shapes, diameter classes and degrees of decay) in a forest.

Keywords: Decay degree, Exploited forest, Natural forest, Oriental beech, Snag.

*Corresponding author Tel: +989112246250 Email: mtabari@modares.ac.ir