



## آیا بهره‌برداری از جنگل، کیفیت رواناب را تغییر می‌دهد؟

مریم اتحادی ابری<sup>۱</sup>، باریس مجنونیان<sup>۲\*</sup>، آرش ملکیان<sup>۲</sup> و مقداد جورغلامی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۲</sup> استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۳</sup> دانشیار گروه مهندسی احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۴</sup> دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۳)

### چکیده

بهره‌برداری از جنگل با تاثیر بر فرایند چرخه مواد مغذی، بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارد و سبب می‌شود که مواد مغذی محلول در گیاه شسته شود و از طریق خاک به جریان‌های رودخانه‌ای برسد. نوع و شیوه عملیات بهره‌برداری، عاملی مهم در مقدار مواد مغذی خارج شده از منطقه است. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تغییر پوشش گیاهی در پی بهره‌برداری از جنگل بر پارامترهای کیفیت رواناب، در بخش گرازبن جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود است. برای این تحقیق، در مقیاس پلات‌های دو متر مربعی و در قالب چهار تکرار مبتنی بر بارندگی‌های طبیعی از آذر ۱۳۹۳ تا آذر ۱۳۹۴ (در طی یک سال) نمونه‌های آب جمع‌آوری و پارامترهای هدایت الکتریکی، غلظت املاح محلول در آب، اسیدیته و مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌ها آزمایش شد. نتایج نشان داد که به‌جز اسیدیته، بین تمام پارامترهای کیفیت رواناب ذکر شده و چهار منطقه (شاهد، منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی، منطقه بدون پوشش تاجی و مسیر چوبکشی) بررسی شده در دو کلاس شیب (۰ تا ۲۰ درصد و ۲۰ تا ۴۰ درصد)، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. همچنین ضرایب همبستگی اسپیرمن بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها نشان داد که همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ درصد بین کلسیم و منیزیم و همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ درصد بین سدیم و پتاسیم، در بین چهار منطقه بررسی شده وجود دارد. با کاهش پوشش تاجی و گیاهی در اثر بهره‌برداری، مقدار پارامترهای هدایت الکتریکی، غلظت املاح محلول در آب و مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌ها افزایش می‌یابد؛ بنابراین بهره‌برداری از جنگل با افزایش کاتیون‌ها و آنیون‌های رواناب تولید شده، سبب کاهش کیفیت رواناب می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌برداری از جنگل، پارامترهای کیفیت رواناب، پوشش تاجی، جنگل خیرود.

### مقدمه

اجرا شود، سود پیش‌بینی شده را محقق خواهد ساخت. در مقابل، طراحی و اجرای ضعیف برنامه بهره‌برداری، پرهزینه خواهد بود و به صدمات زیست‌محیطی منجر خواهد شد (Jourgholami & majnounian, 2010). هنگام برداشت از جنگل، تغییرات مهمی در آبخیز اتفاق می‌افتد که می‌تواند غلظت مؤلفه‌های شیمیایی محلول را در جریان آبراه‌های تغییر دهد.

از دیرباز، همواره نقش و جایگاه جنگل‌ها در حفظ آب، جلوگیری از ایجاد سیلاب و نیز کاهش فرسایش خاک کانون توجه جوامع مختلف بوده است. بهره‌برداری یک فعالیت ضروری در مدیریت جنگل است و شامل تمام فعالیت‌ها از قطع درخت تا تحویل چوب به کارخانه است که اگر به‌درستی برنامه‌ریزی و

عاملی مهم در مقدار مواد مغذی خارج‌شده از منطقه است. به‌عنوان مثال، برداشت‌های جزئی و برش‌های تنک کردن گونه‌ دوگلاس در اورگان<sup>۳</sup> به‌طور چشمگیری، شیمی خاک و در نتیجه کیفیت آب را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد در مقابل قطع یکسره سبب افزایش خروج مواد مغذی می‌شود (Fredriksen, 1971).

بهره‌برداری به شیوه قطع یکسره در کانادا سبب افزایش آنیون و کاتیون‌های موجود در رواناب می‌شود (Feller & Kimmins, 1976). (Nordin et al., 2007). نشان دادند که مقدار آهن، منگنز، پتاسیم و فسفر شناسایی‌شده، در طی برداشت چوب درختان در جنوب ونکوور<sup>۴</sup> افزایش چشمگیری یافت و همچنین عملیات برداشت چوب در بریتیش کلمبیا، سبب افزایش پتاسیم، کلسیم و نیترات و همچنین افزایش هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول در آب شد (Hetherington, 1976).

(Kasran & Nik, 1994) به بررسی رسوبات معلق ناشی از روش بهره‌برداری تک‌گزینی در یک حوضه آبخیز کوچک در مالزی پرداختند. نتایج نشان داد که بهره‌برداری به‌طور مشخصی رسوبات معلق را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، عوامل دیگری مانند شرایط اقلیمی منطقه نیز در تولید رسوب تأثیر می‌گذارد. (Thompson et al., 2002) به بررسی کیفیت آب پس از بهره‌برداری جنگل در دو حوضه آبخیز در شمال شرقی تاسمانی<sup>۵</sup> پرداختند. شاخص‌های آلودگی، مجموع نیتروژن، مجموع فسفر، کل رسوبات محلول، کل رسوبات معلق در آب ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که مقادیر بارندگی، خاک و نوع سنگ مادر تأثیر اندکی در تولید رسوب در این دو منطقه داشتند. در هر دو منطقه مقدار کل رسوبات محلول بعد از بهره‌برداری

پوشش گیاهی در اثر فعالیت‌های جنگلداری و مدیریت جنگل، ممکن است سبب تغییر دمای رواناب تولیدشده شود. مقیاس این تغییرات، به موقعیت و فاصله محل عملیات برداشت از جریان‌های رودخانه‌ای و همچنین شدت و درجه برداشت تاج‌پوشش بستگی دارد. برداشت چوب سبب می‌شود که مقدار بیشتری از تابش خورشید به تنه درختان برسد و دما افزایش یابد.

(Stednick, 2000) به تأثیر برداشت چوب بر دمای جریان‌های آب پرداخت و بیان کرد که دمای آب بعد از بهره‌برداری و خروج چوب افزایش می‌یابد؛ اما میزان این تغییر به شدت عملیات بهره‌برداری بستگی دارد. براساس تحقیقات انجام‌گرفته در سراسر جهان، پس از برداشت شدید چوب در خاک‌هایی با زهکشی مناسب، اغلب تلفات مواد مغذی (کاتیون و آنیون) از مناطق برداشت چوب افزایش می‌یابد (Brooks et al., 2013). قطع یکسره جنگل‌های پهن‌برگ شمالی در نیوهمپشیر<sup>۱</sup> موجب افزایش نیتروژن، کلسیم و پتاسیم در چهار سال اول برداشت شد (Martin et al., 1986). قطع یکسره پهن‌برگان در کارولینای<sup>۲</sup> شمالی سبب خروج مواد مغذی ۶/۲ کیلوگرم در هکتار در سال اول پس از قطع شد که شامل عناصر سدیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم بود (Swank & Waide, 1972).

(Bäumler, 1999) با بررسی تأثیرات تنک کردن ۴۰ درصد بر خصوصیات شیمیایی آب نتیجه گرفت که مقدار اسیدیته تغییر چشمگیری نکرد و همچنین این عملیات سبب افزایش هدایت الکتریکی شد. برداشت جزئی ۳۳ درصد از منطقه که توسط Wang et al. (2006) انجام گرفت نیز نشان می‌دهد که اسیدیته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. (Reuss et al., 1997) به بررسی تأثیرات قطع یکسره بر میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی رواناب پرداختند و بیان کردند که هر دو پارامتر در منطقه قطع در مقایسه با منطقه شاهد، افزایش یافت. نوع و شیوه عملیات بهره‌برداری و شیوه درمان پس از برداشت،

<sup>1</sup>New Hampshire

<sup>2</sup>North Carolina

<sup>3</sup>Oregon

<sup>4</sup>Vancouver

<sup>5</sup>Tasmania

به‌درستی اندازه‌گیری شود.

در این تحقیق برای تعیین کیفیت رواناب تولیدشده در اثر بهره‌برداری از جنگل، از بارش‌های طبیعی منطقه استفاده شد و در هر دو پارسل باران‌سنج استوانه‌ای، برای اندازه‌گیری باران، قرار گرفت. پلات‌های آزمایشی به ابعاد ۱ در ۲ متر و در چهار تکرار در هر یک از تیمارها در دو کلاس شیب ۰ تا ۲۰ درصد و ۲۰ تا ۴۰ درصد نصب شد. در مجموع ۳۲ پلات نصب شد (شکل ۱). این پلات‌ها از جنس چوب ساخته شده و برای اطمینان از ورود و خروج آب به پلات‌ها، با نایلون پلاستیکی عایق‌بندی شدند و به‌اندازه ۱۵ سانتی‌متر بیرون خاک و ۲۰ سانتی‌متر در خاک فرو رفتند تا رواناب حاصل از این سطح دو متر مربعی به بیرون تراوش نکند و نمایانگر مقدار واقعی رواناب سطحی باشد. پوشش گیاهی داخل این پلات‌ها در تمام آماربرداری‌ها دست‌نخورده نگه داشته شد. انتهای این پلات‌ها لوله‌ای تعبیه شد تا رواناب جاری‌شده در سطح پلات را به مخزن جمع‌آوری هدایت کند. آماربرداری از آذر ۱۳۹۳ آغاز شد و تا آذر سال بعد، یعنی ۱۳۹۴ ادامه یافت. در طول این یک سال بارندگی‌هایی که به ایجاد رواناب منجر شده بودند ثبت و اندازه‌گیری شد. بارندگی به میلی‌متر و رواناب حاصل از آن به سی‌سی اندازه‌گیری شد و از هر نمونه رواناب پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، غلظت املاح محلول (TDS<sup>۱</sup>) و کاتیون‌ها (کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم) و آنیون‌ها (کلر، سولفات و بی‌کربنات) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کاتیون‌های سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتری و اندازه‌گیری بقیه کاتیون و آنیون‌ها به روش تتراسیون انجام گرفت.

### روش تحلیل

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی

بیشتر از قبل بود و مقدار هر دو مشخصه پس از توقف بهره‌برداری به مقدار قبل از آن بازگشت.

در مقایسه تحقیقات انجام‌گرفته در زمینه کمیت رواناب تولیدشده در اثر فعالیت‌های مدیریتی جنگل، پژوهش در زمینه کیفیت رواناب کمتر است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر پوشش گیاهی ناشی از بهره‌برداری و میزان شیب منطقه بر کیفیت رواناب تولیدشده، تعیین مقدار پارامترهای کیفیت رواناب و یافتن ارتباط این پارامترها با یکدیگر بود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه پژوهش

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود به مساحت ۸۰۰۰ هکتار در حدود ۷ کیلومتری شرق نوشهر قرار گرفته است. پایین‌ترین قسمت آن که مرز شمالی آن را نیز تشکیل می‌دهد، با ارتفاع حدود ۱۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد، از مجاورت روستای نجارده شروع می‌شود و تا ارتفاع حدود ۲۲۰۰ متر در بیلاق بالا می‌رود (Forestry plan of Gorazbon district, 2010). داین جنگل به هشت سری تقسیم شده که سری گرازبن به وسعت ۱۰۰۱/۵ هکتار، سومین سری آن است.

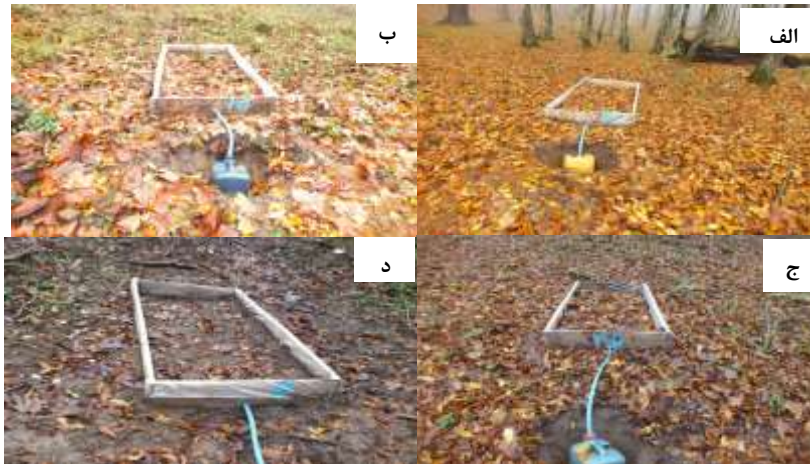
### شیوه اجرای پژوهش

برای اجرای این پژوهش پارسل‌های ۳۱۷ و ۳۱۸ از سری گرازبن انتخاب شدند. قطعات نمونه مربوط به منطقه بهره‌برداری نشده (در حال حاضر) در پارسل ۳۱۸ بخش گرازبن جنگل خیرود و قطعات نمونه مربوط به قسمت‌های بهره‌برداری به شیوه تک‌گزینی، تک‌گزینی (مسیرهای چوبکشی) و منطقه بدون پوشش تاجی در پارسل ۳۱۷ قرار گرفته‌اند. بافت خاک در این دو پارسل لومی رسی و جامعه گیاهی، راش - ممرزستان است. همچنین بهره‌برداری در این مناطق برای بار اول صورت می‌گرفت و آماربرداری‌های این تحقیق در همان سال اول بهره‌برداری انجام پذیرفت تا تأثیرات بهره‌برداری

<sup>1</sup> Total Dissolved Solids

تجزیه واریانس شبیه است. همچنین رابطه بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن بررسی شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام گرفت.

شد. به منظور بررسی ارتباط بین چهار منطقه (شاهد، منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی، منطقه بدون پوشش تاجی و مسیر چوبکشی) مورد نظر در دو کلاس شیب (۰ تا ۲۰ درصد و ۲۰ تا ۴۰ درصد) و پارامترهای کیفیت رواناب، از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده شد که به آزمون پارامتری



شکل ۱- نمایی از پلات‌های مستقر در چهار منطقه شاهد (الف)، منطقه بهره‌برداری شده تک‌گزینی (ب)، منطقه بدون تاج پوشش (ج) و مسیر چوبکشی (د)

## نتایج

در طی یک سال آماربرداری، در مجموع ۲۱ رخداد بارندگی، که به ایجاد رواناب منجر شده بود، اندازه‌گیری شد که از این تعداد، ۹ رخداد مربوط به پاییز، ۵ رخداد مربوط به زمستان، ۴ رخداد مربوط به بهار و ۳ رخداد مربوط به تابستان می‌شود. بیشترین و کم‌ترین مقدار بارش به ترتیب در تاریخ‌های ۱۳۹۳/۹/۳ و ۱۳۹۳/۹/۱۱ به مقدار ۶۲ و ۳/۶ میلی‌متر روی داد. میانگین بارندگی ۳۱ میلی‌متر بود که نسبت به سال‌های قبل آن، جزو سال پرباران محسوب می‌شود.

برای هر نمونه از رواناب تولیدشده، پارامترهای هدایت الکتریکی، غلظت املاح محلول، اسیدیته، آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ارتباط با کیفیت رواناب سنجیده شد. نتایج این بررسی در زیر آمده است:

### - هدایت الکتریکی

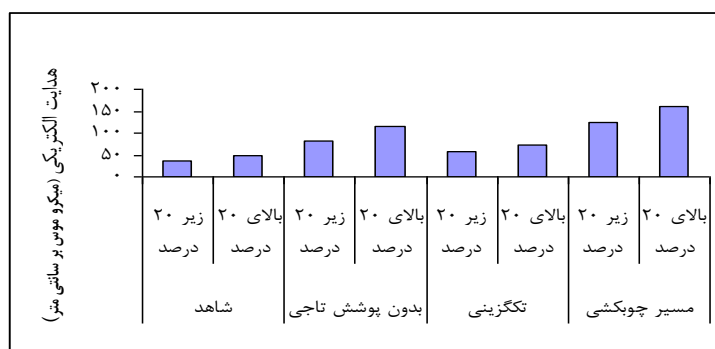
در جدول ۱ ارتباط بین تیمارهای بررسی شده در این تحقیق و میزان هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس نشان داده شده است که با توجه به مقدار  $P_{value}$  که کوچک‌تر از ۰/۰۱ است، می‌توان فرض صفر را رد کرد؛ یعنی بین میزان هدایت الکتریکی در چهار منطقه با پوشش‌های گیاهی مختلف و دو کلاس شیب، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

شکل ۲ نشان‌دهنده میانگین هدایت الکتریکی در بین چهار منطقه با پوشش گیاهی مختلف در دو کلاس شیب است. میانگین هدایت الکتریکی در منطقه شاهد ۳۶/۵، در منطقه تک‌گزینی ۵۶/۸، در منطقه بدون پوشش ۸۸/۶ و در مسیر چوبکشی ۱۲۴

میکروموس بر سانتی‌متر است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با کاهش پوشش تاجی در اثر بهره‌برداری، و نیز با افزایش شیب منطقه، هدایت الکتریکی افزایش یافته است.

جدول ۱- آماره‌های آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس برای هدایت الکتریکی

تیمارها	تعداد	میانگین رتبه	آماره‌های آزمون
منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	۸۰	۲۸۹/۶۵	کای اسکوار ۳۵/۵
	۸۰	۵۵۶۳/۳۳۸	
منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	۸۰	۲۱۲۵/۲۶۳	درجه آزادی ۷
	۸۰	۰۱۲۵/۲۷۵	
بدون پوشش گیاهی شیب کمتر از ۲۰ درصد)	۸۰	۰۶۲۵/۳۲۲	
بدون پوشش گیاهی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	۸۰	۷۳۱۳/۳۱۸	
مسیر چوبکشی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	۸۰	۴۵۶۳/۳۵۵	معنی‌داری ۰/۰۰۰
	۸۰	۴۱۸۸/۴۰۱	
جمع	۶۴۰		



شکل ۲- تغییرات هدایت الکتریکی در بین چهار منطقه با پوشش گیاهی مختلف در دو کلاسه شیب

اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲).

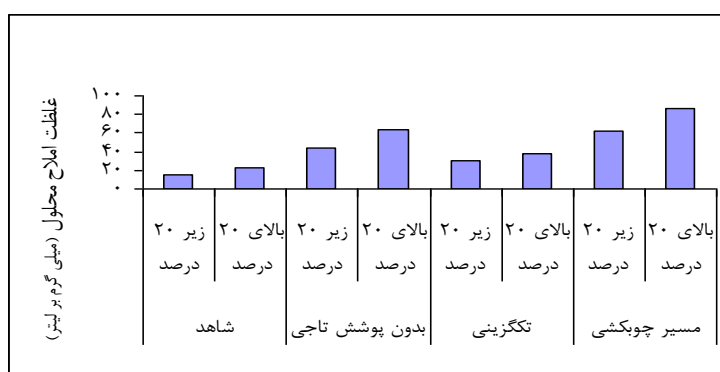
با توجه به شکل ۳، غلظت املاح محلول نیز با کاهش پوشش گیاهی در اثر بهره‌برداری افزایش یافته است. میانگین غلظت املاح محلول در منطقه شاهد ۲۰/۷۵، در منطقه تک‌گزینی ۳۴/۸۵، در منطقه بدون پوشش ۶۳/۲۵ و در مسیر چوبکشی ۸۷/۶۰ میلی‌گرم در لیتر است همچنین غلظت املاح محلول در دو کلاسه شیب با هم متفاوت بوده و با افزایش شیب منطقه، افزایش یافته است.

- غلظت املاح محلول

ارتباط بین چهار منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری)، بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی، منطقه بدون پوشش تاجی و مسیر چوبکشی در دو کلاسه شیب و غلظت املاح محلول با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس نشان داده شده است که با توجه به مقدار  $P_{value}$  که کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، می‌توان فرض صفر را رد کرد؛ یعنی بین پوشش‌های گیاهی مختلف در اثر بهره‌برداری و غلظت املاح محلول،

جدول ۲- آماره‌های آزمون ناپارامتری کروسکال- والیس برای غلظت املاح محلول

آماره‌های آزمون	میانگین رتبه	تعداد	تیمارها	غلظت املاح محلول (میلی‌گرم در لیتر)
۶۱/۸۲	۲۰۱/۹۹	۸۰	منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
			منطقه شاهد (شیب ۲۰-۴۰ درصد)	
۷	۲۶۱/۱۳	۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
			منطقه تک‌گزینی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
۰/۰۰	۳۰۶/۵	۸۰	بدون پوشش گیاهی شیب کمتر از ۲۰ درصد	
			بدون پوشش گیاهی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
۰/۰۰	۲۳۷/۷۸	۸۰	مسیر چوبکشی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
			مسیر چوبکشی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۶۴۰	جمع	



شکل ۳- میانگین غلظت املاح محلول در چهار منطقه در دو کلاسه شیب

۰/۰۵ است، نمی‌توان فرض صفر را رد کرد؛ یعنی بین پوشش‌های گیاهی مختلف در اثر بهره‌برداری و تغییرات اسیدیته، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳).

ارتباط بین پوشش‌های مختلف و میزان اسیدیته با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال- والیس نشان داد که با توجه به مقدار  $P_{value}$  که بزرگ‌تر از

- اسیدیته

جدول ۳- آماره‌های آزمون ناپارامتری کروسکال- والیس برای اسیدیته

آماره‌های آزمون	میانگین رتبه	تعداد	تیمارها	اسیدیته
۸/۴	۲۹۸/۵۳	۸۰	منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
			منطقه شاهد (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
۷	۳۲۴/۱۴	۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
			منطقه تک‌گزینی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
۰/۲	۳۰۹/۵۱	۸۰	بدون پوشش گیاهی شیب کمتر از ۲۰ درصد	
			بدون پوشش گیاهی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
۰/۲	۲۷۷/۲۵	۸۰	مسیر چوبکشی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
			مسیر چوبکشی (شیب ۲۰-۴۰ درصد)	
		۶۴۰	جمع	

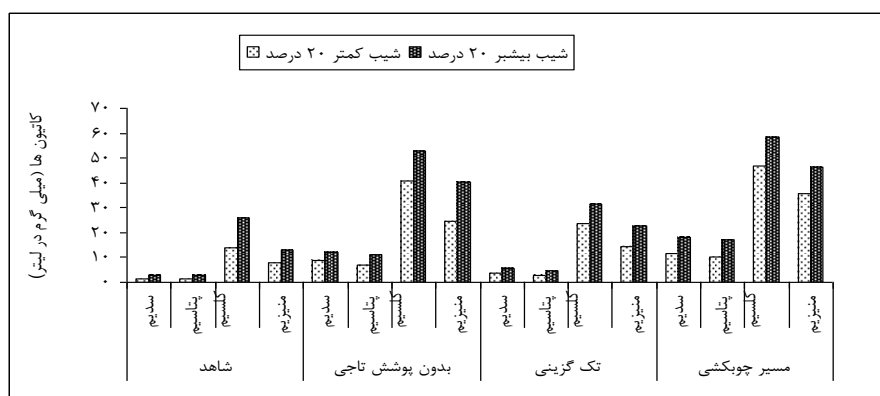
- کاتیون‌ها

در این تحقیق کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ارتباط با کیفیت رواناب اندازه‌گیری شدند. در جدول ۴ نتایج آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس در ارتباط با کاتیون‌ها آورده شده است. با توجه به مقدار P-value‌های به دست آمده برای هر کاتیون، بین

مقدار کاتیون‌ها و تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات شیب ارتباط معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. در شکل ۴ میانگین کاتیون‌ها در ارتباط با منطقه‌های مختلف از نظر پوشش گیاهی نشان داده شده است. بیشترین مقدار کاتیون در هر چهار منطقه به ترتیب مربوط به کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم است.

جدول ۴- آماره‌های آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس برای کاتیون‌ها

معنی‌داری	کاتیون‌ها	تعداد	تیمارها
۰/۰۰۰	سدیم	۸۰	منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)
		۸۰	منطقه شاهد (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)
۰/۰۰۰	پتاسیم	۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)
۰/۰۰۸	کلسیم	۸۰	بدون پوشش گیاهی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)
		۸۰	بدون پوشش گیاهی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)
۰/۰۰۲	منیزیم	۸۰	مسیر چوبکشی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)
		۸۰	مسیر چوبکشی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)
		۶۴۰	جمع



شکل ۴- میانگین کاتیون‌ها در چهار منطقه با پوشش گیاهی مختلف در اثر بهره‌برداری در دو کلاس شیب

- آنیون‌ها

علاوه بر کاتیون‌ها، آنیون‌هایی نظیر کلر، سولفات و بی‌کربنات نیز اندازه‌گیری شدند. همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد میزان تغییرات آنیون‌ها در ارتباط با تغییر پوشش گیاهی و تغییر شیب منطقه، در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده و با کاهش پوشش

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن نشان داد که بین کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم در تمام مناطق مطالعه شده ارتباط معنی‌داری وجود دارد. جدول ۵ رابطه و معادله رگرسیونی بین کاتیون‌ها را نشان می‌دهد.

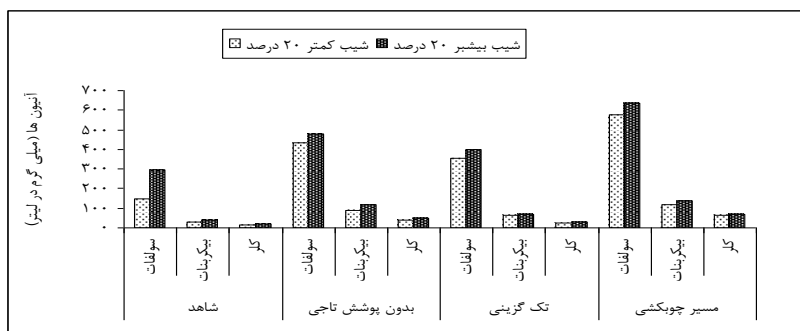
گیاهی در اثر بهره‌برداری، مقدار آنیون‌ها افزایش یافته است. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار آنیون در هر چهار منطقه به‌ترتیب به سولفات، بی‌کربنات و کلر تعلق دارد.

جدول ۵- معادله‌های رگرسیونی برای کاتیون‌های موجود در رواناب

منبع	معادله	R <sup>2</sup> Adj	کلسیم و منیزیم	معادله	R <sup>2</sup> Adj	منیزیم و پتاسیم	معادله
منطقه شاهد	Mg = ۰/۲۷۴ Ca + ۶/۱۶۰۶	۰/۶۰۳		K = ۰/۰۹۶ Mg + ۱/۷۶	۰/۰۵۴۷		
منطقه بهره‌برداری تک‌گزینی	Mg = ۰/۴۱۳ Ca + ۸/۵۸۹	۰/۶۴۴		K = ۰/۱۰۹ Mg + ۳/۲۴	۰/۰۸۶۵		
منطقه بدون پوشش گیاهی	Mg = ۰/۲۷۰۲ Ca + ۲۵/۷۹۳	۰/۱۹۰		K = ۰/۰۱۲ Mg + ۷/۳۰	۰/۱۷۱۷		
مسیر چوبکشی	Mg = ۰/۵۱۵۷ Ca + ۱۶/۹۳	۰/۸۴		K = ۰/۰۹۱ Mg + ۱۴/۵۶	۰/۰۳۴		

جدول ۶- آماره‌های آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس برای آنیون‌های کلر، سولفات و بی‌کربنات

معنی‌داری	کاتیون‌ها	تعداد	تیمارها	آنیون‌ها
۰/۰۰۰	کلر	۸۰	منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	آنیون‌ها
		۸۰	منطقه شاهد (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۸۰	بدون پوشش گیاهی شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۸۰	بدون پوشش گیاهی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
۰/۰۰۰	سولفات	۸۰	مسیر چوبکشی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	آنیون‌ها
		۸۰	منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۸۰	منطقه شاهد (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۸۰	بدون پوشش گیاهی شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
۰/۰۰۰	بی‌کربنات	۸۰	مسیر چوبکشی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	آنیون‌ها
		۸۰	منطقه شاهد (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۸۰	منطقه شاهد (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۸۰	منطقه تک‌گزینی (شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد)	
		۸۰	بدون پوشش گیاهی شیب کمتر از ۲۰ درصد)	
		۶۴۰	جمع	



شکل ۵- تغییرات آنیون‌ها در چهار منطقه با پوشش گیاهی مختلف در اثر بهره‌برداری در دو کلاس شیب

پوشش همبستگی در سطح ۰/۰۵ وجود دارد و بین بقیه آنیون‌ها در هر چهار منطقه، رابطه معنی‌داری

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن نشان داد که فقط بین کلر و سولفات در دو منطقه شاهد و منطقه بدون



وجود ندارد تا بتوان از روی یک آنیون، آنیون‌های دیگر را محاسبه کرد (جدول ۷).

جدول ۷- آماره‌های ضریب همبستگی اسپیرمن برای آنیون‌های کلر، سولفات و بی‌کربنات

کلر و بی‌کربنات		کلر و سولفات		بی‌کربنات و سولفات		منبع
Pvalue	R	Pvalue	R	Pvalue	R	
۰/۱۰	۰/۳۷۵	۰/۰۱۷	۰/۵۲۷*	۰/۸۹	۰/۳۹۰	منطقه شاهد
۰/۷۷	۰/۴۰۵	۰/۸۳	۰/۳۹۵	۰/۱	۰/۳۹۷	منطقه بهره‌برداری تک‌گزینی
۰/۷۷	۰/۴۰۵	۰/۰۳	۰/۶۲۸*	۰/۱	۰/۳۹۷	منطقه بدون پوشش گیاهی
۰/۶۱۹	۰/۱۱۸	۰/۳۲۳	۰/۱۶۶	۰/۸۲۲	۰/۰۵۴	مسیر چوبکشی

## بحث

نتایج pH نشان داد که تغییر پوشش گیاهی در اثر بهره‌برداری، تأثیر مشخص و معنی‌داری بر این پارامتر ندارد که این نتیجه همسو با تحقیق Bäumler & Zech (1999) است که بیان کرد بهره‌برداری با شدت‌های کم تأثیر چشمگیری بر میزان اسیدیته ندارد. Campbell & Doeg (1989) در تحقیق خود در زمینه تأثیرات بهره‌برداری بر کیفیت رواناب، به افزایش چشمگیر مواد مغذی و رسوبات محلول در آب پس از بهره‌برداری اشاره کردند که این نتایج همراستا با یافته‌های تحقیق است که در اثر بهره‌برداری و کاهش پوشش گیاهی، مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌ها افزایش می‌یابد. نویسنده‌گان عمده‌ترین منابع افزایش رسوبات را جاده‌سازی (شامل مسیرهای چوبکشی و تقاطع آبراهه‌ها با جاده) عنوان کردند که همان‌طور که در این تحقیق مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار کاتیون و آنیون‌ها مربوط به مسیر چوبکشی است.

نتایج مربوط به ضرایب همبستگی و روابط رگرسیونی بین کاتیون‌ها نشان داد بین کلسیم و منیزیم و منیزیم و پتاسیم ارتباط معناداری وجود دارد. با در دست داشتن این روابط و با توجه به اینکه آنالیز پارامترهای کیفیت آب، هزینه‌بر و وقتگیر است و همچنین در ایران به دلیل کمبود بودجه‌های تحقیقاتی، علاقه وافری به برآورد از این طریق وجود

هنگام برداشت چوب از جنگل تغییرات مهمی در آبخیزها اتفاق می‌افتد که می‌تواند غلظت مؤلفه‌های شیمیایی محلول در جریان‌های آبراهه‌ای را تغییر دهد. درختان در یک محل قادر به جذب مواد غذایی از خاک نیستند و قسمت‌های غیرتجاری درختان که به صورت بقایای چوبی باقی می‌مانند، مقادیر تجزیه‌لاشبرگ جنگل را افزایش می‌دهند. همچنین برداشت تاج پوشش جنگل، محل را گرم‌تر می‌کند و سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود که این امر خود سبب می‌شود که کاتیون‌های بیشتری از سیستم خارج شود (Brooks et al., 2013). نتایج نشان داد که مقادیر پارامترهای EC و TDS در هر چهار منطقه بدون بهره‌برداری (شاهد)، بهره‌برداری به روش تک‌گزینی، منطقه بدون پوشش گیاهی و مسیرهای چوبکشی، دارای اختلاف معنی‌دار است و مقدار این پارامترها با کاهش پوشش گیاهی در اثر بهره‌برداری، افزایش می‌یابد که این نتایج مشابه نتایج تحقیقات (Loughlin 1994), Sun et al. (2004) و Thompson & Wallbrink (2002) است که بیان کردند در اثر بهره‌برداری جنگل، پارامترهای شیمیایی آب از جمله EC و TDS تغییر می‌کنند و این پارامترها بعد از توقف بهره‌برداری، به حالت پیشین برمی‌گردد.

بروز تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در آبراهه‌ها، رودخانه‌ها و سایر منابع آبی می‌شود. این تغییرات اغلب منفی است. کیفیت آبی که از بالادست حوضه‌های آبخیز جریان می‌یابد، تا حد زیادی از طریق شیمی بارش، عوامل اقلیمی، خاک‌ها، لایه‌های زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و فعالیت‌های کاربری اراضی در حوضه‌های آبخیز تعیین می‌شود؛ بنابراین آبخیزداران باید پیوندهای بین این عوامل، عملیات کاربری اراضی و کیفیت ناشی از آنها را تشخیص دهند. فعالیت‌های بهره‌برداری نیز به‌عنوان یکی از عوامل مسبب تولید رسوب به آبراهه‌ها گزارش شده است. بیشترین اثرهای منفی بهره‌برداری در ارتباط با حرکت وسایل نقلیه و ماشین‌آلات، چوبکشی و بارگیری است (Ampoorter et al., 2010; Ballard, 2000). از آنجا که فعالیت‌های جنگلداری می‌تواند کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد، ضروری است که کیفیت آب به‌خصوص در حوضه‌های آبخیز بزرگ ارزیابی شود. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های جنگلداری که می‌تواند کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد، بهره‌برداری است و مهم‌ترین اثرات تخریبی بهره‌برداری در زمینه تغییر پوشش گیاهی است که از مقدار بارش رسیده بر سطح زمین می‌کاهد و از منابع آب و خاک حفاظت می‌کند. میزان این تأثیر به‌خصوص در نقاط تقاطع جاده و آبراهه که مکانی برای ورود رسوبات به داخل آب است، شدت می‌یابد. با دانستن دقیق تأثیر عملیات بهره‌برداری جنگل بر کیفیت آب می‌توان اقدامات لازم را برای کاهش اثرهای زیست‌محیطی و بهبود کیفیت رواناب انجام داد. اقداماتی از قبیل اعمال بهره‌برداری با دقت بیشتر و توسعه نواحی بافر می‌تواند به‌طور مؤثری در حفاظت از خاک و کیفیت رواناب مؤثر واقع شود؛ بنابراین به‌منظور کاهش آلودگی رواناب و آب آبراهه‌ها، بهره‌برداری با شدت کمتر، در زمان مناسب و طراحی دقیق مسیرهای چوبکشی در شیب‌های پایین پیشنهاد می‌شود.

دارد، می‌توان با در دست داشتن یکی از پارامترها، پارامترهای دیگر را به‌طور مناسبی برآورد کرد (Maqbool et al., 2012; Nohegar et al., 2011). Fredriksen (1971) بیان کرد که نوع و شیوه عملیات بهره‌برداری، عاملی مهم در مقدار مواد مغذی (کاتیون و آنیون‌ها)، خارج‌شده از منطقه است. به‌عنوان مثال، برداشت‌های جزئی و برش‌های تنک کردن به‌طور چشمگیری، شیمی خاک و در نتیجه کیفیت آب را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد؛ در مقابل قطع یکسره سبب افزایش خروج مواد مغذی می‌شود. همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد، بهره‌برداری تک‌گزینی سبب افزایش مقدار کاتیون و آنیون‌ها می‌شود، اما این مقدار کمتر از مقدار به‌دست‌آمده در مناطق بدون پوشش تاجی و مسیرهای چوبکشی است. Wang et al. (2006) نیز در زمینه تغییرات شیمیایی آب آبراهه در پی بهره‌برداری، به اثر معنی‌دار بهره‌برداری بر مقدار کاتیون‌ها اشاره کردند. نویسندگان نشان دادند که این تغییرات در برش‌های تک‌گزینی کمتر از قطع یکسره است و میزان تغییرات نیز بسته به ناحیه جغرافیایی و شیوه برش متفاوت خواهد بود. با توجه به افزایش مقدار کاتیون و آنیون‌ها در این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت شیمیایی آب کاهش پیدا کرده است که این خود در اثر کاهش پوشش تاجی و گیاهی منطقه و همچنین کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش رواناب سطحی است، زیرا با برداشت درختان در طی بهره‌برداری، مقدار باران‌رایی از تاج پوشش کاهش می‌یابد و آب بیشتری در اختیار خاک قرار می‌گیرد که سبب افزایش رواناب سطحی می‌شود. همچنین حذف ریشه درختان، که تأثیر مهمی در حداقل کردن ورود رسوبات به داخل آبراهه‌ها دارد، سبب افزایش مقدار رسوب می‌شود. یکی از بحران‌های زیست‌محیطی جوامع انسانی، بحث آلودگی منابع آب است. دخالت‌های انسانی در بیشتر کاربری‌های اراضی سبب

## Reference

- Ampoorter, E., Nevel, L., Vos, Van B. De., Hermy, M., & Verheyen, K. (2010). Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. *Forest Ecology and Management*, 260, 1664-1676.
- Ballard, T.M. (2000). Impacts of forest management on northern forest soils. *Forest Ecology and Management*, 133, 37-42.
- Bäumler R., & Zech, W. (1999). Effects of forest thinning on the streamwater chemistry of two forest watersheds in the Bavarian Alps. *Forest Ecology Management*, 116, 119-128.
- Brooks, Kenneth. N., Ffolliott, P.F., Magner, J.A. (2013). Hydrology and the Management of Watersheds, Fourth editions. (M. M. Saravi, H.Nazarnejad, M. Vafakhah, Trans ). Published by John Wiley & Son, Inc.
- Feller, M.C., & Kimmins, J.P. (1984). Effects of clearcutting and slash burning on stream water chemistry and watershed nutrient budgets in southwestern British Columbia. *Water Resource Research*, 20(1), 29-40.
- Campbell, I.C., & Doeg, T.J. (1989). Impacts of timber harvesting and production on streams: a review. *Freshwater Research*, 40, 519-539.
- Forestry plan of Gorazbon district in Kheyroud forest (2010). Department of forest management, College of Natural Resources, University of Tehran.
- Fredriksen, R.L. (1973). Impact of forest management on stream water quality in Western Oregon. *USDA Forest Service*, 27, 37-50.
- Joarder, M.A, Rahihan, M. F., & Hasanuzzaman, J.B. (2008). Regression analysis of ground water quality data of Sunamganj district, Bangladesh. *International Journal of Environmental Research*, 2(3), 291-296.
- Jourgholami, M., & Majnounian, B. (2010). The study of bucking operation efficiency in short and long logs method (Case study: Namkhaneh District in Kheyroud Forest). *Iranian Journal of Forest*, 2(1), 1-12.
- Hetherington, E.D. (1976). Dennis Creek: a look at water quality following logging in the Okanagan Basin. Canadian Forest Service Publications., canada, 147 pp.
- Kasran, B., & Nik, A.R. (1994). Suspended sediment yield resulting from selective logging practices in a small watershed in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 7, 286-295.
- Landsberg J.D., & Tiedemann, A.R. (2000). Drinking water from forests and grasslands. *Fire management*, 39(3), 124-138.
- Loughlin, C. (1994). The forest and water quality relationship. *New Zealand Forestry*, 39(3), 26-30.
- Stednick, J.D. (2000). Timber management. In: Proceedings of Drinking water from forests and grasslands. *USDA Forest Service*, 39, 103-119.
- Maqbool, F., Malik, A.H., Bhatti, Z.A., Pervez, A., & Suleman, M. (2012). Application of regression model on stream water quality parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 49(1), 95-100.
- Martin, C. W., Pierce, R.S. Likens, G.E, & Bormann, F.H. (1986). Clearcutting affects stream chemistry in the White Mountains of New Hampshire. *USDA Forest Service Research*, 579, 1-12.
- Nohegar, A., Hosseinzadeh, M.M., & Habibolahian, M. (2011). Temporal and spatial analysis of ground waters quality of Minab plain. *Geography and Environmental Planning*, 40(4), 45-64.
- Nordin, R.N. (2007). Water quality criteria for nutrients and algae in British Columbia, Ministry of the Environment press., Victoria, 104 pp.

Reuss J.O., Stottlemyer, R., & Troendle, C.A. (1997). Effect of clear cutting on nutrient fluxes. *Water resource research*, 25(4), 713-719 .

Sun, G., Riedelm, M., Jackson, R., Kolka, R., Amatya, D., & Shepard, J. (2004). Influences of management on southern forests: water quantity and quality, *USDA Forest Service*, 29(3), 195- 224.

Swank, W.T., & Waid, J.B. (1979). Evaluation potential effects of alternative management strategies on site productivity. *Oecologia*, 32(5), 137-158.

Thompson, C.J., Wallbrink, P.J. & Crapper, P. (2002). Analysis of water quality and water yield in response to forest harvesting in two catchments on highly erodible granitic soils in north east Tasmania, CSIRO Land and Water press., Australia, 63pp.

Wang, X., Burns, D.A., Yanai, R.D., Briggs, R.D., & Germain, R.H. (2006). Changes in stream chemistry and nutrient export following a partial harvest in the Catskill Mountains, New York. *USDA Forest Ecology Management*, 22(3), 103–112.



## Does forest harvesting change the runoff quality?

M. Etehad Abari<sup>1</sup>, B. Majnounian<sup>\*2</sup>, A. Malekian<sup>3</sup>, and M. Jourgholami<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>2</sup> Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>3</sup> Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 29 May 2016; Accepted: 3 June 2017)

### Abstract

Forest harvesting by cutting off the nutrient cycling processes affects the water quality causes the soluble nutrients in the plant to be washed out and flowing through the soil to the river. The type and method of harvesting are important factors in the amount of nutrients get out from the area. The present study aims at investigating the effect of forest harvesting on runoff quality components in plot scale (2m\*1m) with four replicates in tow slope scale (0-20%, 20-40%) in the northern forests of Iran during December 2014, December 2015. The rain depth was measured by using a rain gauge installed in the study area. Statistical analysis was conducted to evaluate the effect of forest harvesting on water quality. Samples were analyzed for EC, TDS, pH, anions (Chlorine, sulfate, bicarbonate) and cations (Calcium, magnesium, sodium, and potassium). Kruskal- Wallis Test at 0.01 significance levels was used. The results of the study showed that there was significant effects of forest cover and slope ( $P < 0.01$ ) on EC, TDS, anions and cations among four sites (without logging, under logging selective cutting, without canopy cover and skid trail). Spearman correlation coefficients between anions and cations were determined. There was significant correlation between Calcium, magnesium at 0.01 levels and sodium, potassium at 0.05 levels of four sites. An attempt has been made to develop the linear equations among cations parameters. The usefulness of these linear regression equations in predicting the water quality is an approach, which can be applied in any other locations. The main disturbance features of forest harvesting are the changes in vegetation characteristics that reduce the rainfall and protect soil and water. Management approaches such as application of precise harvesting can effectively protect the soil and stream water quality.

**Key Words:** canopy covers, forest harvesting, Kheyroud Forest, water quality.

