

## نقش حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی گیاهی در گسترش فرسایش تشدیدی و هدر رفتن خاک (مطالعه موردی: حوضه آبریز واشان)

مهدی ثقفی\*

استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ وصول: ۱۳۹۷/۳/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۲۱

### The Role of Natural Plant Ecosystems Conservation in the Intensive Erosion Development and Soil Loses (Case Study: Vashan Drainage Basin)

Mahdi Saghafi\*

Assist. Prof in geomorphology. Department of geography. Payame noor University. Tehran. Iran

Reception: 13 June 2018; Acception: 12 December 2018

#### Abstract

The susceptible ecosystem of arid Khorasan province is under pressure of inhabitants for increasing their agricultural products. In most cases, this problem has been caused to disequilibrium of natural ecosystem. Intensive erosion is one of the geomorphic features of this region. This type of erosion has been caused for high rate of soil losing. In this paper, the role of vegetation cover destruction and methods of using the land have been studied in development of intensive water erosion. For this purpose, 14 information layers have been used in geographical information system. The results show that due to the lack of grass production, overgrazing of livestock leads to degradation of sparse vegetation in the region. On the other hand, water erosion has been accelerated because of inaccurate agricultural activities. The loss of about 35.04 t/h/y results from this issue.

**Keywords:** Plant Ecosystems, Conservation, Vashan Drainage Basin, Geomorphology, Intensive Erosion.

#### چکیده

اکوسیستم حساس منطقه خشک و نیمه‌خشک استان خراسان جنوبی، تحت فشار ساکنان آن جهت افزایش تولیدات کشاورزی قرار دارد. این مسئله در غالب موارد، منجر به از بین رفتن تعادل طبیعی اکوسیستم شده است. اشکال مختلف فرسایش تشدید از جمله لندفرم‌های ژئومورفولوژی معمول در منطقه محسوب می‌شوند. این نوع فرسایش‌ها موجب هدر رفتن شدید خاک می‌گردند.

در این مقاله نقش تخریب پوشش گیاهی و نحوه استفاده از زمین در گسترش فرسایش آبی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور از ۱۴ لایه اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. نتایج، نشان می‌دهد با توجه به کافی نبودن علوفه تولیدی، چرای بیش از حد، موجب تخریب پوشش گیاهی ضعیف منطقه شده است. از سوی دیگر فعالیت‌های غیراصولی کشاورزی، فرسایش آبی را تسریع نموده است. از بین رفتن حدود ۳۵/۰۴ تن خاک در هکتار در هر سال ناشی از این مسئله است.

کلیدواژه‌ها: اکوسیستم‌های گیاهی، حفاظت، حوضه آبریز واشان، ژئومورفولوژی، فرسایش تشدید.

## مقدمه

علیزاده، ۱۳۷۸: ۳۴۵؛ بنابراین با در معرض فرسایش قرار گرفتن خاک‌های این مناطق که از مقاومت اندکی در برابر جریان سطحی برخوردار هستند، نتیجه‌اش حجم بالای میزان فرسایش خواهد شد. از این رو این نوع فرسایش می‌تواند به‌عنوان شاخص بیابان‌زایی مورد استفاده قرار گیرد (برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد، ۱۹۹۴). چنانچه دلایل تشکیل و تحول فرسایش تشدیددی شناسایی نشده باشد، هرگونه تلاشی در جهت اقدام متقابل با آن‌ها بی‌نتیجه خواهد بود. این گروه از اشکال فرسایش با کمک عوامل مختلف که گاهی اوقات فعالیت هم‌زمانی دارند، شروع به تشکیل و تحول می‌کنند و این مطلب که در تمامی مراحل تشکیل و تحول آن‌ها فعالیت رواناب و حمل مواد بر روی دامنه در این فرایند نقش تعیین کننده‌ای دارد، همواره صحیح است (بیلی و درامیس، ۱۹۹۹: ۹۳۲). بر اساس نظر (پوسن و همکاران، ۲۰۰۲: ۸۷)، جریان آب در درون شیارها و در جهت پایین دامنه در مسیرهایی متمرکز می‌شود و این موضوع باعث افزوده شدن اثر جریان و کاهش مقاومت در برابر حرکت آن می‌شود. با تشکیل کانال خندقی و گسترش آن، عوامل کنترل کننده مختلفی از قبیل رابطه بین جریان و مقاومت در برابر جریان در شکل کانال بسیار تأثیرگذار هستند. به این ترتیب تجزیه و تحلیل شکل هندسی هیدرولیکی این اشکال در درک فرایندهای تأثیر گذار بر تشکیل و تحول آن‌ها می‌تواند بسیار مفید واقع شود (بیلی و درامیس، ۱۹۹۹: ۹۴۵).

در این مقاله بررسی و شناخت مورفولوژی، عوامل مؤثر در ایجاد، نحوه تغییر و تحولات ژئومورفولوژیکی کانال‌های فرسایش خندقی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مظاهر فرسایش تشدیددی در منطقه مورد مطالعه با توجه به کاربری‌های اراضی و خصوصیات پوشش گیاهی آن مورد بحث قرار می‌گیرد.

## معرفی منطقه مورد مطالعه

در این بررسی حوضه آبریز و اشان از زیرحوضه‌های کال شور واقع در حد فاصل شهرهای بیرجند و قائن در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرقی بیرجند مورد توجه قرار گرفته است. حوضه آبریز مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ۵۹/۵۳ درجه تا ۵۹/۶۶ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۳۲/۳۵

اشکال فرسایش تشدیددی آب در تغییر شکل سطح زمین سهم عمده‌ای دارند. گسترش این اشکال معمولاً باعث تلفات و نهشته شدن بخش زیادی از خاک می‌شوند، به طوری که این موضوع اغلب در بسیاری از مناطق منجر به تهی‌سازی منابع طبیعی پایه می‌شود (معمد، ۱۳۷۹: ۲۳۱). از این رو اثرات منفی آن‌ها در توسعه مناطق باید مورد توجه قرار گیرد. اشکال فرسایشی تشدیددی دلالت بر تناوب فعالیت جریان آب‌های سطحی، کوتاه بودن زمان تأخیر رواناب و افزایش حجم رواناب دارند (احمدی، ۱۳۷۸: ۳۴۹). پس از بروز این اشکال، توسعه آن‌ها ادامه می‌یابد و این فرایند به‌ندرت به‌طور طبیعی معکوس و یا متوقف می‌گردد. این موضوع خسارات اقتصادی بسیاری را نتیجه می‌دهد، به طوری که گاهی اوقات در کشورهای فقیر مانع توسعه محسوب می‌شود. با توجه به اینکه در جهت شناخت عوامل و فرایندهای اصلی ایجاد کننده آن‌ها تلاش‌های بسیاری صورت گرفته، هنوز شناخت این اشکال به‌خوبی حاصل نشده است (بیلی و درامیس<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹: ۸۹۲). بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که آن‌ها متأثر از گسترش یافتن اشکال فرسایش شیاری هستند؛ اما با توجه به نظر ویجدنس و گریتز<sup>۲</sup> (۱۹۹۴) این اشکال، مورفولوژی متفاوتی دارند. آن‌ها می‌توانند به‌صورت خندقی‌هایی و با وقوع فرسایش قهقراپی در قسمت سرچشمه رودخانه‌ها و با بریدن بستر در قسمت بالای دامنه ایجاد شوند (اولیوریا،<sup>۳</sup> ۱۹۸۹: ۴۱۷). در این فرایند، فرسایش تونلی خاک نیز عاملی معمول در بروز این نوع فرسایش است که باید مورد توجه محققین قرار گیرد. با از بین بردن پوشش گیاهی توسط انسان اثر مهمی در فرایند تشکیل و تحول فرسایش تشدیددی ایجاد می‌شود (مخدوم، ۱۳۸۰: ۲۸۶). افزایش مساحت اراضی زراعی در مناطق مرطوب یا چراندن بیش از حد دام در مناطق خشک توسط انسان، شرایط مساعدی جهت گسترش آن‌ها به وجود می‌آورد (پولی،<sup>۴</sup> ۱۹۸۹: ۲۱). سطح خاک در مناطق خشک اغلب در بخشی از سال یا در تمام طول آن فاقد پوشش محافظ است و همچنین قابلیت فرسایش‌پذیری رواناب با کاهش مواد آلی در خاک که باعث کاهش پایداری توده خاک می‌شود، افزایش پیدا می‌کند (ضیایی، ۱۳۸۰: ۸۷ و

5. United Nations Environment Program  
6. Parsons & et al

1. Billi and Dramis  
2. Wijdenes and Gerits  
3. Oliveiera  
4. Ploey

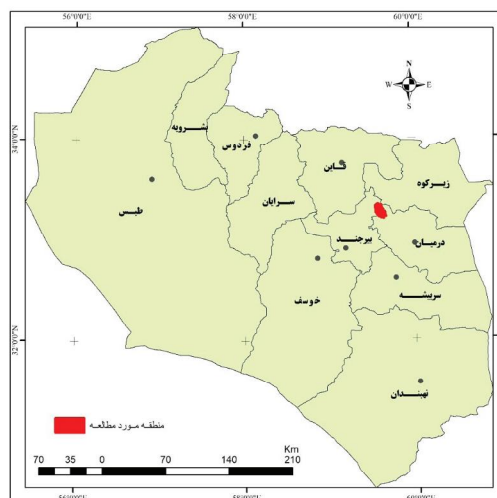
عنوان حوضه آبریز و اشان نام‌گذاری شده است.

## مواد و روش‌ها

واحدهای ناهمواری منطقه مورد بررسی با کمک نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و استخراج نقشه‌های شیب، ارتفاع نسبی و نوع پروفیل (رجایی، ۱۳۷۹: ۵۱) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و سپس انطباق آن‌ها با یکدیگر به سه واحد: مناطق کوهستانی، مناطق پای‌کوهی و مناطق هموار از نظر مورفولوژیکی طبقه‌بندی شد. وضعیت پوشش طبیعی سطح زمین<sup>۷</sup> منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور پس از انجام مراحل پیش پردازش شامل: تصحیحات رادیومتری، ثبت مختصات در سیستم تصویر UTM<sup>۸</sup> منطقه ۴۰ کشور و تصحیح هندسی، از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده<sup>۹</sup> که اطلاعات حاصل از آن در سه گروه: مناطق دارای پوشش گیاهی با تراکم‌های مختلف، مناطق برهنه (فاقد پوشش گیاهی و دارای واریزه و برونزد سنگی) و مناطق دارای منابع آب سطحی طبقه‌بندی می‌شوند، استفاده شد. در این خصوص جهت پردازش تصویر ماهواره‌ای نرم‌افزار Erdas 8.5 به کار گرفته شده است. اشکال فرسایشی و ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه با بررسی‌های میدانی، اطلاعات رقومی شده ارتفاعی<sup>۱۰</sup> نقشه زمین‌شناسی، موزاییک عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و اطلاعات نقشه برداری شده با کمک GPS<sup>۱۱</sup> و تهیه لایه‌های اطلاعاتی از آن‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، تهیه گردید. مناطق دارای فرسایش تشدید نیز با دقت بیشتر با کمک GPS تعیین و نقشه‌برداری شدند. نقشه مناطق تحت چرای دام با انطباق نقشه‌های پوشش طبیعی زمین حاصل از داده‌های ماهواره‌ای و نقشه واحدهای ناهمواری منطقه تعیین و طبقه‌بندی شد.

در این بررسی از اطلاعات آماری مربوط به وضعیت اقتصادی و جمعیتی منطقه و نقشه‌های پوشش گیاهی، واحدهای خاک و کاربری اراضی منطقه و نیز نقشه میزان فرسایش خاک در منطقه که به روش پسیاک اصلاح شده، در طرح‌های مطالعاتی

درجه تا ۳۳/۲ درجه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت منطقه مورد مطالعه برابر با ۱۱۷/۶۳ کیلومتر مربع بوده و حداکثر ارتفاع آن ۲۵۰۲ متر و حداقل ارتفاع آن ۲۰۴۹ متر از سطح دریا می‌باشد، به این ترتیب دامنه اختلاف ارتفاع در منطقه ۴۵۳ متر است. بررسی وضعیت شیب منطقه، متوسط شیب توپوگرافی ۱۵/۷ درصد را در آن نشان می‌دهد (تقفی، ۱۳۸۲: ۱۲).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

متوسط درجه حرارت سالانه منطقه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش ۲۵۶/۹ میلی‌متر می‌باشد؛ بنابراین منطقه مورد مطالعه در تقسیمات آب و هوایی آبرژه در طبقه آب و هوایی نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد. از جنبه هیدرولوژیکی نیز حوضه آبریز مذکور توسط دو آبراهه اصلی که طول آبراهه سمت شرقی حوضه تا محل خروجی ۲۴/۸۸ کیلومتر و طول آبراهه سمت غربی تا محل خروجی حوضه حدود ۱۷ کیلومتر است و در پایین دست حوضه به یکدیگر متصل شده‌اند، زهکشی می‌شود. این شبکه رودخانه‌ای پس از خروج از حوضه آبریز تحت مطالعه با دریافت چند رودخانه کوچک‌تر و پس از طی مسافتی در حدود ۱۰۰ کیلومتر در شمال شرقی شهرستان قائن وارد دق‌های آن منطقه می‌شود (تقفی، ۱۳۸۲: ۲۲).

منطقه مورد مطالعه دارای ۵۶ پارچه آبادی است که تعداد ۵ پارچه آبادی آن مسکونی (۸/۹ درصد) و ۵۱ پارچه آبادی آن (۹۱/۱ درصد) خالی از سکنه می‌باشد (بیجاری، ۱۳۸۲: ۵۴). روستای و اشان بزرگ‌ترین مرکز سکونتگاهی در این منطقه است و از این رو حوضه مورد مطالعه تحت

7. Land cover
8. Universal Transverse Mercator
9. Normalized Deference Vegetation Index
10. Digital Elevation Model
11. Global Position System

عمرانی منطقه تهیه شده، نیز استفاده شده است.

جهت بررسی نقش و تأثیر کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه و نیز پوشش طبیعی سطح آن در تحولات ژئومورفولوژیکی فرسایش تشدید در منطقه مورد مطالعه، کلیه لایه‌های اطلاعاتی متعدد تهیه شده در مراحل قبل (شامل ۱۴ لایه اطلاعاتی از قبیل لایه‌های: مدل ارتفاعی رقومی، شیب، ارتفاع نسبی، نوع پروفیل، موزاییک عکس‌های هوایی، پوشش طبیعی زمین که از داده‌های ماهواره‌ای استخراج شده، طبقات ناهمواری، مناطق تحت چرای دام، کاربری ارضی، واحدهای خاک، ژئومورفولوژی و اشکال فرسایشی، اطلاعات جمعیتی، میزان فرسایش و اطلاعات نقشه‌برداری شده توسط GPS) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به روش انطباق لایه‌های اطلاعاتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

## نتایج

### پوشش گیاهی و کاربری اراضی

بررسی نقشه پوشش طبیعی زمین حاصل از داده‌های ماهواره‌ای غلبه حضور پوشش گیاهی با تراکم بسیار ضعیف (کمتر از ۷ درصد) را در منطقه نشان می‌دهد که بخش اعظم مساحت منطقه مورد مطالعه را تحت اشغال خود دارد. پس از آن مناطق فاقد پوشش محافظ مانند برون‌زدهای سنگی، خاک برهنه و واریزه‌ها قرار دارند که آن‌ها نیز از وسعت قابل توجهی برخوردار هستند. اطلاعات حاصل از داده‌های ماهواره‌ای حداکثر تراکم پوشش گیاهی موجود در منطقه را ۱۴ درصد نشان می‌دهند.

پوشش گیاهی منطقه به‌طور کلی از چهار تیپ گیاهی تشکیل شده (جدول ۱) که مشخصات هر یک از این تیپ‌ها به شرح ذیل است (ساغری، ۱۳۸۲: ۱۸):

تیپ گیاهی I: این تیپ گیاهی به وسعت ۲۴۶۳/۴ هکتار در قسمت‌های جنوبی و جنوب شرقی و نیز ناحیه شمالی حوضه مورد مطالعه و در دامنه ارتفاعی ۲۲۰۰ تا ۲۴۵۰ متر از سطح دریا دیده می‌شود. گیاه غالب این تیپ درمنه کوهی است.

تیپ مرتعی II: این تیپ با وسعت ۵۵۳/۱ هکتار قسمتی از اراضی غربی حوضه را در دامنه ارتفاعی ۲۲۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا در بر گرفته است. گیاه غالب در این تیپ جاروی وحشی است.

تیپ مرتعی III: این تیپ به مساحت ۳۴۴۵/۱ هکتار بزرگ‌ترین تیپ پوششی گیاهی حوضه مورد مطالعه است که قسمتی از اراضی جنوبی، شرقی و غربی منطقه را شامل شده و در حدود ارتفاعی ۲۲۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. گیاه غالب در این تیپ نیز درمنه کوهی به همراه نوعی گون است.

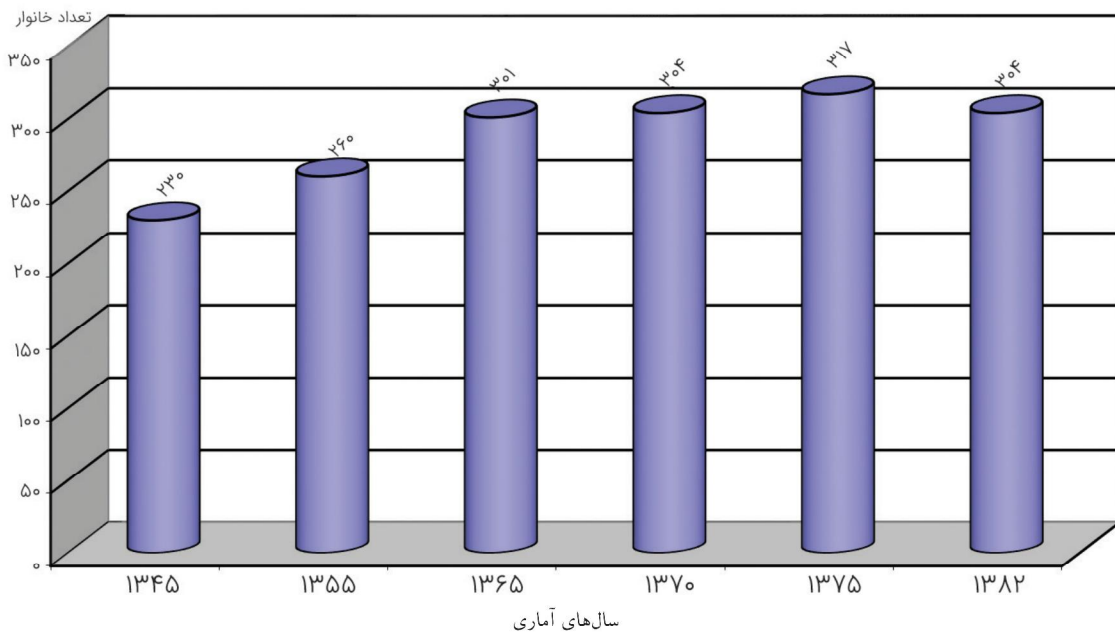
تیپ گیاهی IV: این تیپ به وسعت ۱۹۳۱/۲ هکتار در اراضی قسمت مرکزی حوضه مورد مطالعه در دامنه ارتفاعی ۲۱۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. گیاه غالب این تیپ نیز درمنه کوهی به همراه گون سفید است. جمعیت حوضه در فاصله سال‌های قبل از ۱۳۷۰ روند افزایشی داشته ولی در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ از نظر تعداد خانوار افزایش و از نظر تعداد نفرات کاهش یافته و در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۲ هم از نظر خانوار و هم از نظر تعداد نفر کاهش یافته است. نرخ رشد جمعیت محاسبه شده در طی سال‌های ۴۵ تا ۸۲ معادل ۰/۰۰۷۹۲ می‌باشد (شکل ۳).

کاربری ارضی منطقه مورد مطالعه شامل: اراضی و باغات آبی، باغات دیم، مرتع و اراضی دیم است. از این جهت، قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه تحت تسلط کاربری نوع مرتع به مقدار ۷۱/۳ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۱. وضعیت تیپ‌های پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه

تیپ	وضعیت و گرایش مرتعی	درصد لاش‌برگ	درصد تاج پوشش	درصد خاک لخت	درصد سنگ و سنگریزه
I	ضعیف و منفی	۱	۳۵	۳۴	۳۰
II	بسیار ضعیف و منفی	۰	۲۵	۴۰	۳۵
III	ضعیف و منفی	۱	۴۰	۲۵	۳۴
IV	ضعیف و منفی	۰	۳۰	۴۰	۳۰

نمودار ۱. جمعیت حوضه



جدول ۲. درصد مساحت تحت اشغال انواع کاربری‌های موجود در منطقه

نوع کاربری	اراضی و باغات آبی	باغات دیم	مرتع	اراضی دیم
درصد مساحت	۱/۴	۱/۵	۷۱/۳	۲۵/۷

#### ۱-۱-۴- کاربری فعالیت‌های کشاورزی

فعالیت‌های کشاورزی منطقه در سه گروه فعالیت‌های کشاورزی در اراضی و باغات آبی، فعالیت‌های کشاورزی در اراضی دیم و فعالیت‌های کشاورزی در باغات دیم محدود می‌شود. زراعت آبی در بستر گسترده شده آبراهه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ها وجود دارد که به میزان آبدی قنوات و مساحت اراضی زراعی و باغی در دسترس بستگی دارد. از طرفی در هر جا که منبع آبی وجود نداشته و اراضی برای کشاورزی مناسب بوده‌اند، کشت دیم رواج یافته است، زراعت دیم در مناطق هموار و باغات دیم نیز عمدتاً در مسیر آبراهه‌ها و بر روی دامنه ارتفاعات ایجاد شده است. کل اراضی زراعی و باغی حوضه ۲۸/۶ درصد مساحت منطقه را در برمی‌گیرند. ۵ درصد از رقم مذکور اراضی آبی و ۹۵ درصد دیگر آن مساحت اراضی دیم است. اراضی زراعی دیم عمدتاً در قسمت‌های جنوبی، جنوب شرقی و شمالی حوضه قرار دارند. دشت وسیع و هموار جنوب منطقه مورد مطالعه، شامل ۴۷ درصد مساحت اراضی زراعی دیم حوضه است (بیجاری، ۱۳۸۲: ۶۷).

تراکم بیولوژیک اراضی آبی برای جمعیت حوضه ۷/۱ نفر در هکتار و تراکم بیولوژیک اراضی دیم برای جمعیت حوضه ۰/۳۷ نفر در هکتار می‌باشد که نشانگر نقش ویژه اراضی آبی در اقتصاد حوضه است. اهالی منطقه به دلیل دوری از مرکز شهرستان، بخشی از اراضی کشاورزی را اختصاص به تولید محصولات خودمصرفی داده‌اند و بخشی از اراضی کشاورزی اختصاص به تولید محصولات پردرآمد دارد. مهم‌ترین محصولات کشاورزی که جهت فروش تولید می‌گردند، عبارت‌اند از: زرشک، بادام، آلو، گندم و جو که محصولات گندم و جو و بادام هم به صورت آبی و هم به صورت دیم کشت می‌شوند (جدول ۳). سایر محصولات که جنبه خودمصرفی دارند عبارت‌اند از: نباتات علوفه‌ای، سیب‌زمینی، پیاز، حبوبات، گوجه‌فرنگی، سیر، خربزه، هندوانه، آفتابگردان، هویج، گردو، توت، سیب درختی، گلابی، عناب، سنجد، به، زردآلو و سیب‌داری که بعضی از این محصولات در حد ناچیزی کشت می‌شوند، به گونه‌ای که حتی جوابگوی نیاز اهالی نیز نمی‌باشد (جدول ۳).

جدول ۳. انواع محصولات عمده کشاورزی و سطح زیر کشت آن‌ها در حوضه (به هکتار) (بیجاری، ۱۳۸۲)

اراضی زراعی											
جمع		متفرقه	حبوبات	پیاز	سیب زمینی	نباتات علوفه‌ای		جو		گندم	
آبی	دیم					چغندر	یونجه	دیم	آبی	دیم	آبی
۳۰۲۲/۵۶	۴۷/۹	۵/۴	۰/۸	۱/۹	۲/۷	۸	۸/۸	۳۶۳/۷	۱۱/۱	۲۶۵۸/۸۶	۹/۲

جمع کل					اراضی باغی				
جمع	دیم	آبی	جمع		سپیدار	آلو	بادام		زرشک
			دیم	آبی			دیم	آبی	
۳۳۶۹/۶۶	۳۲۰۱/۲۶	۱۶۸/۴	۱۷۸/۷	۱۲۰/۵	۴/۳	۱۴/۳	۱۷۸/۷	۱۴/۷	۸۷/۲

به‌طور کلی ۱۳/۸ درصد از کل خانوارهای ساکن در منطقه کاملاً فاقد دام می‌باشند و ۴۶/۸ درصد از دام‌های حوضه در اختیار ۹۰ درصد از جمعیت منطقه، بدون احتساب آن‌هایی که اصلاً دام ندارند، می‌باشد (جدول ۴).

منابع غذایی دام‌ها در سطح منطقه شامل گیاهان زراعی (علوفه زراعی، غلات، کاه غلات، جو و باقی مانده محصولات درو شده مزارع) و مراتع می‌باشد. مطالعه طرح مناطق چرای دام در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد که مناطق تحت چرای دام‌های حوضه مورد مطالعه و دام‌های که از مناطق اطراف به داخل حوضه آورده می‌شوند، شامل: مناطق کم شیب مسیر آبراهه‌های اصلی و مناطق هموار دشت جنوب حوضه و پای کوه‌های منطقه می‌باشد که پوشش مرتعی بسیار ضعیفی دارند. سایر مناطق حوضه شامل کوهستان‌های خشک و صعب‌العبور و مناطق فاقد پوشش گیاهی هستند که تحت چرای دام قرار نمی‌گیرند (جدول ۵). بر اساس ارقام محاسبه شده کل علوفه تولیدی منطقه از ناحیه مراتع و گیاهان زراعی ۸۰۳۸۱۴/۱ واحد علوفه‌ای است که قادر به تغذیه ۲۶۷۹ واحد دامی در طی سال می‌باشد. در حالی که تعداد واحد دامی روستاییان ساکن در حوضه ۵۵۵۴ واحد می‌باشد؛ لذا ۲۸۷۵ واحد دامی متعلق به روستاییان ساکن منطقه بیش از ظرفیت تولیدی علوفه در منطقه وجود دارد. همچنین تعدادی از دام‌های منطقه بخشی از سال را جهت چرا به مناطق خارج حوضه منتقل می‌شوند و در مقابل تعدادی گله دام متعلق به روستاهای خارج منطقه، بخشی از سال را به داخل حوضه می‌آیند؛

در برخی روستاهای منطقه اراضی دیم یک سال کشت و یک سال آیش می‌شوند. در برخی دیگر نیز اراضی دیم را دو سال کاشته و یک سال آیش می‌گذارند. از نظر زراعت آبی در روستاهای منطقه به دلیل توسعه درختکاری، فعالیت زراعی کم شده و هر ساله اراضی را تحت کشت قرار می‌دهند، به عبارتی اراضی آیش ندارند. مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب فعالیت‌های کشاورزی، قنوات و پس از آن چشمه‌ها می‌باشند که آبدهی آن‌ها تابعی از میزان ریزش‌های جوی سالانه می‌باشد.

### کاربری فعالیت‌های دامداری

دام‌های موجود در منطقه مورد مطالعه شامل: میش، بره، بز و بزغاله می‌باشند که بخشی از نیازهای اقتصادی ساکنین را تأمین می‌نمایند.

جدول ۴. آمار مربوط به تعداد دام و نیاز غذایی آن‌ها در منطقه مورد مطالعه (بیجاری، ۱۳۸۲)

محل اصلی دام‌ها	تعداد واحد دامی	متوسط مدت حضور در حوضه	علوفه مورد نیاز به کیلوگرم
داخل منطقه	۵۵۵۴	۸ ماه	۲۵۱۴۴۰۰
خارج منطقه	۲۶۵۸	۸/۵ ماه	۹۹۰۹۰۰

جدول ۵. خصوصیات مناطق مناسب جهت چرای دام که مورد استفاده دام‌ها قرار می‌گیرند

وضعیت مرتعی	مساحت تحت اشغال به درصد
مناطق پای‌کوهی فاقد پوشش گیاهی	۳/۹
مناطق پای‌کوهی دارای پوشش گیاهی بسیار ضعیف با تراکم کمتر از ۷ درصد	۱۲/۸
مناطق کوهستانی فاقد پوشش گیاهی	۴۸/۷
مناطق کوهستانی دارای پوشش گیاهی بسیار ضعیف با تراکم کمتر از ۷ درصد	۲۴/۶
مناطق کوهستانی دارای پوشش ضعیف با تراکم کمتر از ۱۵ درصد	۰/۰۱۷
مناطق کوهستانی دارای چالاب	۰/۰۳
مناطق دشت فاقد پوشش گیاهی	۰/۱۲
مناطق دشت دارای پوشش گیاهی بسیار ضعیف با تراکم کمتر از ۷ درصد	۹/۸

خاک آمریکا<sup>۱۵</sup>، ۱۹۹۶) در صورتی که گونه‌های دائمی را نمی‌توان با این گونه ماشین‌آلات تسطیح نمود؛ بنابراین برای حد فوقانی آن‌ها تعریف صریحی وجود ندارد و به عبارتی مرز بین اشکال فرسایش آبی تشدید و مجرای رودخانه موقتی کاملاً مبهم است (پوسن و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۳۴).

با توجه به معیارهای طبقه‌بندی که به آن‌ها اشاره شد، در منطقه مورد مطالعه این فرسایش از نوع دائمی بوده که در کف دره و در مسیر زهکشی اصلی جریان اتفاقی و بر روی نهشته‌های آبرفتی ایجاد شده است. قابل ذکر است که از نظر هیدرولیکی طبقه‌بندی پیوسته‌ای که شکل فرسایشی ایجاد شده در اثر تبدیل تدریجی از فرسایش شیاری به فرسایش آبی تشدید موقتی و فرسایش آبی تشدید کامل (شیارهای کوچک، شیار، شیارهای بزرگ، خندق موقتی، خندق کامل) مربوط نموده و همه بر آن اتفاق نظر داشته باشند، وجود ندارد (گریسینگر،<sup>۱۶</sup> ۱۹۹۶: ۱۶۲). موقعیت مورد اشاره در منطقه مورد مطالعه در محدوده شیب کمتر از ۵ درصد واقع شده است. سایر مناطق دارای این نوع فرسایش در منطقه مورد مطالعه از انواع موقتی هستند که در واحد کوهپایه و بر روی دامنه‌هایی متشکل از فلیش‌های پالئوسن ایجاد شده‌اند. این موقعیت‌ها در منطقه‌ای با شیب توپوگرافی بین ۵ تا ۱۲ درصد قرار گرفته‌اند. در مجموع ۱/۲ درصد از مساحت منطقه تحت اشغال انواع اشکال فرسایش آبی تشدید می‌باشد.

این نوع فرسایش در زمین‌های سست و کم ضخامت به صورت U و در زمین‌های سخت و با ضخامت زیاد

بنابراین کل علوفه مورد نیاز دام‌هایی که در منطقه چرانده می‌شوند، متناسب با مدت اقامت آن‌ها محاسبه شده که معادل ۱۷۵۲۶۵۰ واحد دامی علوفه‌ای است که در صورت مقایسه با مقدار علوفه تولیدی، حداقل ۹۴۸۸۳۶ واحد علوفه‌ای کسری وجود دارد (بیجاری، ۱۳۸۲: ۹۴).

به‌طور کل علوفه تولیدی منطقه جوابگوی ۴۵/۹ درصد دام‌هایی است که طی سال در آن چرانده می‌شوند. بدین ترتیب بیش از ۲ برابر ظرفیت حوضه دام در آن به چرای مشغول است.

### مورفولوژی اشکال آبی تشدید در منطقه

اشکال فرسایش آبی تشدید را با توجه به معیارهای مورفولوژیکی طبقه‌بندی می‌کنند، از این جهت برای طبقه‌بندی آن‌ها شاخص‌های متنوعی وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: حداقل عرض ۰/۳ متر و حداقل عمق حدود ۰/۶ متر، یا حداقل عمق ۰/۵ متر (ایمسون و کواد،<sup>۱۲</sup> ۱۹۸۰: ۴۳۵). پوسن،<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۲) نیز با کمک شاخص مساحت مقطع عرضی معادل ۹۲۹ سانتی‌متر مربع، فرسایش آبی تشدید را از شیارهای معمولی متمایز می‌کند، این شاخص برای اولین بار توسط هوگ<sup>۱۴</sup> (۱۹۹۷) مورد استفاده قرار گرفت. در طبقه‌بندی دیگر این اشکال فرسایش آبی به دو نوع دائمی و موقتی طبقه‌بندی می‌شوند (معمد، ۱۳۷۹: ۱۴۵). به این ترتیب که گونه‌های موقتی را می‌توان با ماشین‌آلات تسطیح اراضی مسطح نمود (انجمن علوم

12. Imeson & Kwaad

13. Poesen

14. Haug

15. Soil Science society of America

16. Grissinger

## اشکال فرسایشی تشدید و تحولات ژئومورفولوژی

خصوصیات طبیعی حاکم بر منطقه و تقابل آن‌ها با یکدیگر تشکیل اشکال فرسایشی را سبب شده که هر یک در موقعیت و محدوده خاصی از منطقه مورد مطالعه نمودی بارز یافته‌اند. با توجه به شرایط طبیعی، غلبه سیستم‌های مورفوزن تخریب مکانیکی سنگ‌ها، فعالیت سیستم‌های زهکشی اتفاقی و فرایندهای دامنه‌ای در منطقه مطالعه مورد انتظار می‌باشند. اشکال حاصل از تخریب مکانیکی سنگ‌ها مانند انواع واریزه‌ها و اشکال فرسایش شیبی و آبراه‌های ناشی از نحوه عملکرد سیستم زهکشی اتفاقی منطقه بر روی لیتولوژی با مقاومت کم سنگ‌های پالئوسن منطقه از جمله اشکال فرسایشی هستند که در منطقه تحت بررسی مساحت بیشتری را زیر حاکمیت خود قرار داده‌اند (جدول ۶).

فرسایش خندقی، فرایندی از فرسایشی تشدید به وسیله رواناب متمرکز شده می‌باشد که اغلب به طور مکرر و در مجاری کم عرض و در طی مدت زمان کوتاه انجام می‌شود، به نحوی که خاک از این منطقه کم عرض تا اعماق قابل توجهی منتقل می‌شود (پوسن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۵۶)، در منطقه مورد مطالعه نیز شرایط فرسایش شدید آبی خصوصاً در بخش‌های پایین دست، نمود بارز فرسایش خندقی عظیم در این قسمت را سبب شده که تشکیل و تحولات آن برای ساکنین منطقه معضلاتی را به همراه داشته و از این جهت دارای اهمیت ویژه‌ای است.

به صورت ۷ بروز کرده‌اند. این اشکال بیشتر در صخره‌های سست، خاک‌های رسی و رسی آهکی و لسی دیده می‌شوند. آن‌ها ممکن است مستقیم بوده و یا دارای شاخه‌های متعدد باشند، همچنین ممکن است طویل یا کوتاه، باریک یا پهن باشد. مهم‌ترین عامل تمایز آن با سایر لندفرم‌های مشابه عمق کانال آن‌ها است.

مقطع عرضی کانال خندق دائمی ایجاد شده در منطقه مورد مطالعه به صورت U می‌باشد که این موضوع نشانه کم ضخامت بودن سازند آن است. حداکثر عرض آن بیش از ۵۰ متر و حداکثر ارتفاع دیواره‌های آن ۴ متر می‌باشد. نیم‌رخ طولی کف کانال خندق نوسانات ارتفاعی را نشان می‌دهد، به طوری که حداقل ارتفاع کف آن از سطح دریا برابر با ۱۹۱۴/۳۵۱ متر و حداکثر آن برابر با ۲۰۹۹/۸۳۲ متر می‌باشد و متوسط ارتفاع محاسبه شده برای آن برابر با ۲۰۵۱/۷۱ متر است، طول اندازه‌گیری شده کانال خندق با کمک GPS برابر با ۲۰۰۴ متر است. این کانال از نوع عریض، مستقیم و با انحنای جزئی و دارای شاخه‌های متعدد کوتاهی است که در حال گسترش می‌باشند.

ابعاد کانال سایر خندق‌های مشاهده شده در منطقه کمتر از موقعیت تشریح شده اول می‌باشد؛ اما با توجه به شدت تحولات ناشی از جریان‌های آبی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند. کانال آن‌ها دارای عمق زیاد و قابل ملاحظه و عرض کم است و طول آن‌ها نیز بعضاً از ۲۰۰ متر بالغ می‌شود، مقطع عرضی آن‌ها به شکل V است.

جدول ۶. انواع اشکال فرسایشی در حوضه و مساحت تحت حاکمیت آن‌ها

مساحت به کیلومتر مربع	شکل فرسایشی غالب
۰/۴۱۱	فرسایش خندقی
۱/۷۳۲	واریزه‌های حاصل فرسایش مکانیکی
۴/۱۶۵	فرسایش شیبی و آبراه‌های کم تا زیاد
۶۸/۴۷	فرسایش شیبی و آبراه‌های کم به همراه واریزه‌های حاصل از تخریب مکانیکی
۲/۶۵۵	فرسایش شیبی و آبراه‌های کم به همراه فرسایش خندقی
۳/۲۷۵	فرسایش شیبی متوسط و آبراه‌های کم به همراه واریزه‌های حاصل از تخریب مکانیکی
۰/۵۸۸	فرسایش سطحی
۱/۷۱۴	فرسایش سطحی به همراه فرسایش شیبی و آبراه‌های کم
۳۲/۱۱	فرسایش سطحی به همراه فرسایش شیبی و آبراه‌های متوسط
۰/۲۵۰۲	تخریب دیواره کناره بستر رودخانه



## بحث و نتیجه‌گیری

پوشش گیاهی بر روی سطح زمین با جذب آب، مانند اسفنجی عمل می‌کند که به تدریج آن را به اتمسفر پس می‌دهد (مخدوم، ۱۳۸۰: ۴۵). حال اگر پوشش گیاهی در اثر فعالیت‌های کشاورزی یا دامداری انسان از بین رود، چنین گردش طبیعی‌ای زایل می‌شود، در این صورت جریان آب‌ها بر روی زمین افزوده شده و سفره‌های آبی نقصان می‌یابند و فرسایش ممکن است ازدیاد حاصل کند که هدر رفتن خاک با ارزش را به دنبال دارد.

ابعاد کانال دائمی فرسایش خندقی منطقه مورد مطالعه وضعیت تخریب و فرسایش را بیان می‌کند و نشان‌دهنده میزان فرسایش کناری در آن است. به‌مجرد شکل‌گیری این کانال، چندین فرایند فرسایشی به‌طور جداگانه و یا به‌صورت ترکیبی باعث تحول آن می‌شوند که عبارت‌اند از: فرسایش تونلی<sup>۱۷</sup>، مهاجرت هدکت<sup>۱۸</sup>، بریده شدن از زیر به‌وسیله فرسایش چاله‌های آب<sup>۱۹</sup>، شکاف‌های انبساطی<sup>۲۰</sup>، تخریب توده‌ای<sup>۲۱</sup>، شیارکنی و انشعابات مجرا<sup>۲۲</sup> (پوسن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۲۷).

تمامی فرایندهای متحول‌کننده که در بالا به آن‌ها اشاره شد، در اشکال فرسایش آبی تشدید ایجاد شده در محل خروجی حوضه مورد مطالعه، مشاهده می‌شوند. فرایند فرسایشی تونلی و یا ایجاد راهروهای زیرزمینی، به‌صورت حفره‌های افقی در دیواره آن قابل مشاهده است. حفره‌های مذکور مراحل اولیه تحول خود را طی می‌کنند و ابعاد چندانی نیافته‌اند، به‌طوری‌که با توجه به اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، حداکثر قطر آن‌ها ۴ متر و حداکثر امتداد طولی آن‌ها ۲ متر می‌باشد. گسترش این راهروهای زیرزمینی و سپس ریزش سقف آن‌ها در مراحل پیشرفته‌تر تغییرات، باعث گسترش خندق مزبور می‌شود. طبق نظر هاروی<sup>۲۳</sup> (۱۹۸۲)، این راهروها عمدتاً به‌وسیله طبیعت مواد خاکی اعماق، به‌ویژه تغییرات نفوذپذیری، قابلیت انحلال، میزان پایداری و نیز به‌وسیله پدیده‌های سطحی که باعث نفوذ رواناب سطحی تمرکز یافته به درون شکاف‌های انبساطی یا ترک‌های موجود در کناره‌های دیواره می‌شوند و نیز

با توجه به اینکه انحلال مواد در جریان این نوع فرسایش از اهمیت خاصی برخوردار است (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۳)، حضور درصد مناسبی از مواد ریز دانه و قابل انحلال در موقعیت‌های دارای فرسایش خندقی شرایط تحول این اشکال را در مناطق شکل‌گیری آن‌ها تسهیل کرده است. چنان‌که بررسی‌ها نشان می‌دهد، مناطق دارای فرسایش خندقی در حوضه مورد مطالعه متشکل از نهشته‌های آبرفتی و فلیش‌های پالئوسن هستند. در گستره حوضه، برون‌زدی قدیمی‌تر از تشکیلات پالئوسن وجود ندارد. تشکیلات پالئوسن در حجم قابل توجهی سازند زمینه حوضه محسوب می‌شوند که توف‌ها، فلیش‌های توفدار و فرسایش یافته را در برمی‌گیرند.

از مشخصه‌های اصلی فلیش‌های منطقه، اجزای آذراواری آن‌ها است که تشکیل لایه‌های متناوب ماسه سنگ میکادار، شیل و به‌ندرت مارن و آهک را می‌دهند. این رسوبات ویژگی رسوبات دریایی کم عمق تا عمق متوسط را دارند. فلیش‌های پالئوسن و جمیع برون‌زدهای آن از جمله سنگ‌های با مقاومت پایین به شمار می‌روند، خصوصاً با توجه به فعالیت مستمر و تحولات ساختاری منطقه این تشکیلات لایه‌بندی ظریفی داشته و نیز تحت تأثیر رخدادهای تکتونیکی دارای سیستم‌های شکستگی و درز فراوان می‌باشند، این عوامل باعث کاهش مقاومت در برابر فرسایش آن‌ها می‌گردد. حضور اجزای رسی و ماهیت ریزدانه توف باعث کاهش نفوذپذیری و تخلخل کل در آن گردیده است. این تشکیلات ۹۳/۳۸ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را در بر گرفته‌اند.

کاهش توان حمل مواد توسط سیستم زهکشی به سمت خروجی حوضه که ناشی از کاهش شیب به طرف خروجی می‌باشد، نهشته شدن حجم زیادی از مواد ریزدانه حاصل از فرسایش لیتولوژی درون حوضه که غالباً تحت تسلط تشکیلات فلیش‌های پالئوسن است را در دره اصلی محل خروج جریان از حوضه باعث شده است. این نهشته‌ها جوان‌ترین سازند زمین‌شناسی منطقه می‌باشند. به این ترتیب در محدوده نهشته‌های آبرفتی پایین دست حوضه درصد مواد ریزدانه قابل انحلال بیشتر است، به‌طوری‌که بررسی بافت خاک در این بخش از حوضه، نشانگر حضور بافت لومی رسی در آن است.

17. Piping
18. Headcut migration
19. Undercutting by plunge pool erosion
20. Tension cracking
21. Mass failure
22. Fluting and Channel bifurcation
23. Harvey

## منابع

- احمدی، حسن (۱۳۷۸). ژئومورفولوژی کاربردی فرسایش آبی. جلد اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- بیجاری، محمدعلی (۱۳۸۲). مطالعات کاربری اراضی حوضه آبریز شاخات بیرجند. بیرجند: مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی.
- تقوی، مهدی (۱۳۸۲). مطالعات ژئومورفولوژی حوضه آبریز شاخات بیرجند. بیرجند: مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی.
- رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۹). اسناد و روش تفسیر برای تفسیر نقشه (جغرافیا- زمین شناسی). جلد اول. انتشارات دانشگاه تبریز.
- رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۵). فرسایش آبی و کنترل آن. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ساغری، محمد (۱۳۸۲). مطالعات پوشش گیاهی حوضه آبریز شاخات بیرجند. بیرجند: مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی.
- ضیایی، حجت‌الله (۱۳۸۰). اصول مهندسی آبخیزداری. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا.
- علیزاده، امین (۱۳۷۸). اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا.
- مخدوم، مجید و همکاران (۱۳۸۰). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- معتمد، احمد (۱۳۷۹). ژئومورفولوژی (فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی). جلد سوم. تهران: انتشارات سمت.
- Billi, P. Dramis, F. 1999. *Geomorphic Analysis of Small Gullies Evolution and Climate Change in Ethiopia, 2nd International Convention on Environment and Development, Havana 14-18 June 1999*. Abstract, pp. 891-996.
- Oliveira, M.A.T. 1989. *Erosion disconformities and gully morphology: a three dimensional approach*. Catena 16, pp. 413-423.
- Ploey, J. 1989. *A model for Headcut retreat in rills and gullies*. Catena Supplement 14, pp.18-32.
- Grissinger, E. 1996. *Rill and gullies erosion*. Soil Erosion, Conservation, New York, pp.153-167.
- Imeson, A.C. and Kwaad. F.J.P.M. 1980. *Gully types and gully predication*. Geographic Tijdschrift, XIV 5, pp.430-441.
- به‌وسیله سطوحی که در سطح زمین استحکام کمتری دارند، کنترل می‌شود (شوم و هاروی ۱۹۸۴: ۲۵).
- خندق موجود در انتهای پایین دست حوضه در مراحل تکاملی خود به سر می‌برد و ضخامت سازند ریزدانه‌ای که در آن خندق مذکور تشکیل شده نیز کم می‌باشد و کف آن به سازند مقاوم‌تری در برابر فرسایش مواجه شده که مانع فرسایش عمقی بیشتر در آن شده است، با توجه به این دلایل، فرسایش جانبی بیشتر از فرسایش عمقی فعالیت می‌نماید. مشاهده شیارهای انحلالی به وجود آمده در دیواره خندق و نیز فرو ریختن دیواره‌ها در برخی از مناطق آن گویای شدت فرسایش جانبی آن است.
- بررسی‌های انجام‌گرفته جهت تخمین میزان فرسایش خاک در مناطق مختلف حوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد که متوسط میزان فرسایش در منطقه تشکیل خندق دائمی حدود ۳۵/۰۴ تن در هکتار در هر سال است و در مناطق دارای انواع موقتی آن مقدار تخمین زده شده معادل ۱۸/۵۷ تن در هکتار در هر سال می‌باشد. با توجه به طبقه‌بندی میزان فرسایش خاک که در مدل پسیاک مورد استفاده قرار می‌گیرد، منطقه دارای خندق دائمی در طبقه فرسایش زیاد و منطقه دارای فرسایش خندقی موقتی در طبقه فرسایشی متوسط قرار می‌گیرد. از سویی نیز خصوصیات طبیعی سخت و خشن منطقه که تراکم پوشش گیاهی حداکثر ۱۴ درصد را در آن ایجاد کرده است و نیز کاربری‌های اراضی منطقه که همواره بر اکوسیستم آن فشار وارد می‌آورد، باعث از بین رفتن پوشش محافظ شده‌اند که حذف و یا تقلیل این پوشش، سطح منطقه را بیش از پیش مستعد فرایندهای فرسایشی کرده است.
- با توجه به اینکه علوفه تولیدی در منطقه جهت چرای احشام تکافوی جمعیت دام‌ها را نمی‌کند و ساکنین نیز توانایی تأمین علوفه مورد نیاز را ندارند، به‌ناچار بر مراتع فشار می‌آورد تا بخشی از کمبود این‌گونه جبران گردد. فعالیت‌های کشاورزی نیز که بسیار شکننده و کاملاً تابع شرایط طبیعی منطقه می‌باشد، خود عاملی جهت افزایش میزان فرسایش و هدر رفتن خاک می‌باشند که در این میان وقوع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه که در حدود ۱۰ سال به طول انجامیده، خود مزید بر علت شده است.

Poesen, L. Vandekrckhove, J. Nachtergaele, D. Oostwoud  
Wijdenes, G. Verstraeten and Van Wesemael, B. 2002. *Gully erosion in dry land environment, Dry land rivers: Hydrology and geomorphology of semi-arid channels*. Edited by L. J. Bull and M. J. Kirkby. John Wiley & sons, Ltd. 378pp.

Schumm, S.A., Harvey, M.D and Watson, C.C. 1984. *Incised channels. Morphology, dynamics and control*. Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA, 200pp.

Soil Science Society of America, 1996. *Glossary of soil Terms*. Soil Science Society of America, Madison,

USA. 134pp.

UNEP, 1994. United Nations Environmental Programme. *United Nations conventions to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa*, Geneva, Switzerland, 578pp.

Wijdenes, D.J., Gerits, J. 1994. *Runoff and sediment transport on intensively gullied, low-angle slopes in Baringo District*. In: Bryan, R.B. (Ed.), *Soil Erosion, Land Degradation, Social Transition. Advances in Geoecology*, vol. 27. Catena Verlag, Reiskirchen. pp. 121– 141.