نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال دوازدهم- شماره ۴۱- تابستان ۱۳۹۷ Vol. 12, No. 41, Summer 2018

نگاهی به دانه‌بندی رسوبات معلق رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران و تاثیر آن در سامانه‌های استحصال سیلاب

محمود عرب‌خدری[۱]، سادات فیض نیا[۲] و کورش کمالی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۱۱/۱۰

چکیده

بار معلق بخش عمده‌ای از رسوبات رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد. ذرات معلق از نظر دانه‌بندی به ندرت درشت‌تر از شن ریز هستند. این رسوبات پس از ورود به سامانه‌های استحصال سیلاب نهشته شده و می‌توانند از دیدگاه‌های مختلف نظیر نفوذپذیری و تغذیه آبخوان‌ها، حاصلخیزی و رشد گیاهان و ظرفیت نگهداری آب خاک تاثیرگذار باشند. اگرچه منافع متعدد و در برخی از موارد ضررهایی برای رسوبات ورودی ذکر شده است، لیکن اظهار نظر علمی به دلیل فقدان اندازه‌گیری دانه‌بندی بارمعلق خشکه‌رودهایی که برای آبگیری عرصه‌های استحصال سیلاب استفاده می‌شوند؛ تاکنون امکان‌پذیر نبوده است. برای رفع این مشکل، بافت و دانه‌بندی ذرات رسوبی معلق نهشته شده (نهشته‌های دریاچه‌ای) بالغ بر ۱۰۰ نمونه در ۱۸ سامانه رسوبگذاری شده از سراسر کشور آنالیز و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از غالبیت مقدار سیلت (به طور متوسط ۴۶ درصد) و شن خیلی ریز (به طور متوسط ۲۰ درصد) در میان مواد معلق است. به طوری که مجموع سیلت و شن در رسوبات حداقل ۶۶ و حداکثر ۹۳ درصد با میانگین ۸۳ درصد است که مؤید نقش بیشتر ذرات درشت‌تر (>2μ) در مواد معلق نهشته شده می‌باشد. همچنین در اکثر موارد، رسوبات نهشته شده دارای بافت لوم و لوم سیلتی بوده که نشان از متوسط یا سبک بودن بافت دارد. به این ترتیب، نفوذپذیری سامانه‌ها تا حد قابل قبول کاهش می‌یابد و به عامل محدود کننده تبدیل نمی‌شود. به نظر می‌رسد عواملی دیگر نظیر ضخامت زیاد رسوبگذاری در یک رویداد، ساختمان لایه‌ای رسوبات با تناوب لایه‌هایی از ذرات ریزتر در حد رس و عدم انجام شخم و کشت و کار در کاهش نفوذپذیری سامانه‌های استحصال سیلاب تاثیرگذارتر است.

کلید واژه‌ها: *استحصال سیلاب، دانه‌بندی رسوبات معلق، ظرفیت نگهداری رطوبت، نفوذپذیری*

مقدمه

استفاده و بهره‌برداری از سیلاب‌ها در بسیاری از نقاط جهان به صورت سنتی و در مناطقی که مقدار ریزش‌های جوی به تنهایی برای زراعت کافی نبوده، متداول و مرسوم بوده است [۲۱]. شواهد تاریخی [۱۱] و [۱۲] نشان می‌دهند که هدف اصلی در روش‌های سنتی بهره‌برداری از سیلاب‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک افزایش رطوبت خاک به‌منظور تأمین آب مورد نیاز گیاهان زراعی بوده و مهار سیلاب‌ها برای جلوگیری از تخریب و پیامدهای ناشی از جاری شدن تندآب‌ها مدنظر نبوده است. در ایران نیز استحصال سیلاب برای کشاورزی بطور سنتی در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک ایران رواج داشته که درک عمیق برزگران این مناطق از اهمیت آب را نشان می‌دهد. استفاده از سیلاب‌های بهاری و زمستانی برای آبیاری و یا ذخیره رطوبت و آبشویی اراضی به همراه سایر منابع آب در اکثر نقاط ایران متداول است. لیکن در بندسارهای خراسان، خوشاب‌های بلوچستان و دگارهای چابهار و دشتیاری، تولید محصولات کشاورزی فقط به آبیاری سیلابی متکی است [۱]. علاوه بر ایران، روش‌های مختلف استحصال سیلاب به صورت سنتی در مناطق دیگر جهان نیز متداول بوده که به عنوان مثال می‌توان به سیلابه و کاسکابه در پاکستان، آهار و خادین در هندوستان، کشت خاکی در ترکمنستان، حفیره در ممالک عرب اشاره کرد [۳]. در دهه‌های اخیر روش‌های جدید پخش سیلاب توسط کوثر [۲۱] معرفی شد که به صورت گسترده‌ای در سطح ایران توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری [۱۷] و سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور[۴] اجرا شده است.

در نگاهی ساده، خشکی منطقه و جبران کمبود آب، اولین دلیل استحصال سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ذکر می‌شود. ولی

۱- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۲- استاد دانشگاه تهران.
۳-نویسنده مسئول و مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشگاه تهران، (kamali_kourosh@yahoo.com)

۴-گزارش منتشر نشده از فهرست عملیات آبخیزداری انجام شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری در سطح کشور

Archive of SID
www.SID.ir

چون، سیلاب‌ها معمولاً حامل مقدار زیادی مواد رسوبی معلق هستند، پس از هر بار آبگیری، مقداری رسوب در عرصه‌های استحصال سیلاب نهشته می‌شوند. هدایت سیلاب‌های حاوی رسوب، تغییرات زیادی از نظر خصوصیات خاک، رطوبت قابل استفاده، نفوذپذیری، تغذیه آب‌های زیرزمینی، تبخیر از سطح خاک و حتی آب بوجود می‌آورد.

پیامدهای رسوبگذاری در سامانه‌های استحصال سیلاب

تعدادی از محققین، رسوبگیری را بویژه در مورد کشتزارهای سیلابی با اهمیت‌تر از استحصال آب دانسته‌اند. مثلاً پارس کنسولت [۲۹] استعداد احداث کشتزارهای سنتی در بلوچستان موسوم به خوشاب[1] را علاوه بر وقوع سیلاب، وابسته به میزان آوردهای جامد از حوزه آبخیز می‌داند. کوثر [۲۲] نیز آبخیز بیشه‌زرد را به عنوان منبع تولید آب و رسوب برای ایستگاه پخش سیلاب دشت گربایگان به حساب می‌آورد. با احداث سامانه‌های استحصال سیلاب و رسوبگذاری، شیب زمین تقلیل یافته و پستی و بلندی‌های کوچک به تدریج حذف می‌شوند [۳] و مقدار تولید کشاورزی و مرتعی نیز افزایش می‌یابد [۲۱]. ذکر این نکته ضروری است که رسوبات نهشته شده در داخل شبکه‌های استحصال و پخش سیلاب خاک محسوب می‌شوند. چرا که طبق تعریف، خاک مجموعه‌ای از ذرات و اجسام طبیعی است که پوسته خارجی زمین را پوشانده و گیاهانی یا در آن وجود دارند و یا قادر به روئیدن در آن هستند [۱۰]. بنا به تعریف فوق، آن قسمت از مشخصات خاک که در رشد نباتات موثرند، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. لذا رسوبات آبرفتی نهشته شده در شبکه‌های استحصال و پخش سیلاب اگرچه فاقد افق‌های معین خاک هستند، ولی از آنجا که قادر به پرورش گیاهان بوده خاک شناخته می‌شوند.

تغییرات خصوصیات خاک در سامانه‌های استحصال سیلاب سنتی و نوین، منافع مختلفی را به وجود می‌آورد که از جمله می‌توان به اصلاح بافت خاک [۱۸] اشاره کرد. نوع مطلوب اراضی برای استحصال سیلاب معمولاً مخروط‌های افکنه هستند [۳]. زیرا سیلاب سرچشمه گرفته از کوهستان بطور طبیعی و بدون استفاده از وسایل مصنوعی روی مخروط افکنه‌ها پخش می‌شود. این اراضی بیشتر از قطعات سنگ ریز و درشت تشکیل شده‌اند و ذرات ریز در آن‌ها بسیار کم هستند. مثلاً عرب‌خدری و همکاران [۳] بافت خاک خارج بندسار[2] را در منطقه ثقیه و علی‌آباد سبزوار از لوم شنی تا شنی لومی خیلی سنگریزه‌دار ذکر کرده‌اند که میزان سنگریزه آن در برخی موارد به بیش از ۴۰ درصد نیز می‌رسد. با سیلگیری و نهشته شدن خاک ریزدانه، علاوه بر اصلاح بافت خاک، به تدریج ضخامت خاک و عمق گسترش ریشه‌ها افزایش می‌یابد. کوثر [۲۳] افزایش ضخامت ریشه‌گاه را رمز موفقیت کشتزارهای سیلابی می‌داند.

با اصلاح بافت و افزایش ضخامت خاک بر ظرفیت نگهداری آب خاک افزوده می‌شود به طوری‌که عرب‌خدری و همکاران [۳] گنجایش رطوبتی قابل استفاده گیاه یک هکتار خاک لوم سیلتی به ضخامت ۱/۵ متر در بندسار که تقریباً فاقد سنگزیره است را ۳۰۰۰ مترمکعب آب ذکر کرده‌اند. این مقدار آب برای تولید محصول مناسبی از گندم کفایت می‌کند. این در حالی است که یک هکتار خاک اولیه به ضخامت ۱/۵ متر قادر به حفظ فقط ۱۲۵۰ مترمکعب آب به صورت قابل استفاده است که کمتر از نصف خاک داخل بندسار است. منافع دیگر استحصال و پخش سیلاب نظیر افزایش حاصلخیزی اراضی توسط کمالی و همکاران [۱۹] و آشوری نژاد [۷] و تاثیر بر کاهش شوری و فرسایش بادی توسط کوثر [۲۲] تشریح شده است.

برخی رسوبگذاری را از نظر کاهش نفوذپذیری بسیار مخرب دانسته‌اند. مثلاً غفاری‌پور [۱۶] نتایج اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی دو مسیل نوبند و بنوبند با هدف تقویت آبخوان‌های دشت ایسین واقع در شمال بندرعباس را منفی ارزیابی کرده است. وی انباشته شدن حوضچه‌ها از رسوبات ریز و مسدود شدن منافذ خاک را دلیل تقلیل بیش از حد سرعت نفوذ ذکر می‌کند و اعتقاد دارد که حتی تغذیه طبیعی این دو مسیل در اثر رسوبگذاری مواد معلق ریزدانه متوقف و حوضچه‌های نفوذ به دریاچه‌های تبخیری تبدیل شده است. همچنین در اجرای طرح تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در منطقه سمنان با غلظت آب بیشتر از ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، حوضچه‌ها در اثر ورود مواد کاملاً مسدود شده و میزان نفوذپذیری کمتر از ۰/۱ متر در روز گزارش شده است [۳۰]. علیرغم خطرات ذکر شده در مورد کاهش نفوذپذیری تا حد صفر در طرح‌های تغذیه مصنوعی مذکور، عرب‌خدری و همکاران [۳] نتایج متفاوتی را در رسوبات داخل کشتزارهای سیلابی سنتی خراسان موسوم به بندسار بدست آوردند. در ۹ بندسار مورد بررسی در شهرستان‌های سبزوار، گناباد، قائن و بیرجند ظرفیت نفوذ بین سه‌صدم سانتی‌متر در ساعت تا حدود ۱۰ سانتی‌متر در ساعت تعیین شد. اگرچه متوسط ظرفیت نفوذ رسوبات داخل بندسار در ۹ محل، حدود شش برابر کمتر از متوسط ظرفیت نفوذ زمین‌های اولیه بود؛ نفوذپذیری در اکثر موارد عامل محدودکننده‌ای ارزیابی نشد. مهدیان و همکاران [۲۵] اثرات پخش سیلاب را بر نفوذپذیری در ۱۱ ایستگاه پخش سیلاب بر آبخوان در سطح کشور را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که نفوذپذیری کاهش چشمگیری نداشته است. دلیل این امر را به وجود عملیات بیولوژیک در طرح‌های پخش سیلاب و عمق کم رسوبگذاری در هر دفعه سیلگیری نسبت داده‌اند.

اصولاً بسیاری از ویژگی‌های خاک از قبیل نفوذپذیری، رطوبت قابل استفاده و حاصلخیزی ارتباط مستقیمی به توزیع اندازه ذرات و بافت خاک دارند. اندازه ذرات خاک اهمیت زیادی در فرایندهای

۱- خوشاب‌ها کشتزارهای سیلابی هستند که در استان سیستان و بلوچستان رواج و رونق دیرینه‌ای دارند. این اراضی با استفاده از ترکیب مصالح خاکی و سنگی در دشت‌های حاشیه رودخانه‌ها یا پای کوه‌ها و یا بخشی از بستر عریض رودخانه‌ها با هدف تبدیل اراضی شنی و سنگلاخی به اراضی مناسب برای کشت و کار از طریق سیلگیری و رسوبگذاری تدریجی احداث می‌گردند.

۲- سامانه سنتی استحصال سیلاب در خراسان‌های رضوی و جنوبی

Archive of SID
www.SID.ir

زیست محیطی دارد. رابطه بین اندازه ذرات با سطح ویژه، ظرفیت تبادل کاتیونی، عناصر فلزی موجود در رسوبات و تاثیرگذاری بر آلاینده‌ها توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است [۳۴]. با توجه به این توضیحات، دانه‌بندی نهشته‌های داخل سامانه‌های استحصال سیلاب تابع دانه‌بندی بار معلق رودخانه‌ها است که در بند بعدی تشریح می‌شود.

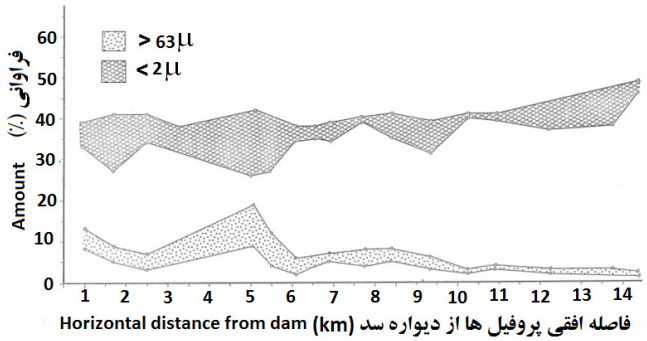
دانه‌بندی بار معلق رودخانه‌ها

تغییرپذیری ویژگی‌های اندازه دانه رسوب معلق نشان‌دهنده الگوهای متنوع رفتاری حوزه آبخیز است. زمین‌شناسی، آب و هوا و میزان هوادیدگی و برخی از خصوصیات فیزیوگرافی حوزه آبخیز نظیر شیب از جمله عوامل موثر در تفاوت توزیع اندازه ذرات بار معلق رودخانه‌ها می‌باشند. لذا هرگونه تلاش برای درک دقیق این روابط حائز اهمیت است. در برخی از رودخانه‌ها رسوبات درشت‌دانه و در برخی دیگر رسوبات ریزدانه جریان داشته، در حالی که برخی رودخانه‌ها نیز ممکن است یک ترکیب اندازه دانه نسبتاً ثابت نشان دهند. مطالعه انجام شده توسط والینگ و همکاران [۳۳] در حوضه رودخانه Exe انگلیس نشان دهنده تغییرات مکانی قابل توجه در یک منطقه نسبتاً کوچک است. بطوری که حتی با تغییرات نسبتاً کم غلظت رسوب معلق این رودخانه، اختلاف بین میانه اندازه ذرات مشهود است.

نتایج بدست آمده از بررسی دانه‌بندی رسوبات مخزن سد وشمگیر که در سطح آبخیز آن رسوبات لسی فراوان هستند، نشان داد که بخش عمده این رسوبات را ذرات سیلت تشکیل می‌دهند و مقدار شن آنها بین ۲ تا ۹ درصد و مقدار رس آنها بین ۲۶ تا ۴۹ متغیر است. علاوه بر رسوبات دانه‌ریز که در سطح حوضچه‌های مخزن سد ته‌نشین شده و قسمت اعظم رسوبات را تشکیل می‌دهند، در بستر رودخانه در داخل مخزن رسوبات دانه درشت‌تری نیز بجای می‌مانند که جزء شن‌های ریز محسوب شده و دارای مقداری مواد رسی و سیلتی هستند. همچنین نتایج دانه‌بندی نشان داد که قطر ذرات رسوبی با کم شدن فاصله آنها از دیواره سد مطابق شکل (۱) کاهش می‌یابد [۸].

مطالعات متعددی در مورد دانه‌بندی رودخانه‌های کوهستانی بسیار مرتفع انجام شده است. تجزیه و تحلیل توزیع اندازه ذرات معلق حوضه Mandakini واقع در منطقه مرکزی هیمالیا، توسط کومار و همکاران [۲۳] نشان داد که مقادیر سیلت متوسط و شن بسیار ریز (اندازه ۰/۰۱۵۶– ۰/۲۵ میلی‌متر)، ۷۰ تا ۸۰ درصد بار رسوبی را تشکیل می‌دهد. در این تحقیق نمونه‌ها در چهار ماه گرم سال که یخچال‌ها در معرض ذوب قرار دارند و در دوره‌های سیلابی (وقایع استثنایی، که بیشترین نقش را در انتقال رسوب به عهده دارند) برداشت شده است. نتایج پژوهش پندی و همکاران [۲۸] بر روی غلظت رسوبات معلق ناشی از ذوب برف یخچال حوضه Pindari هندوستان نشان داد که توزیع اندازه ذرات غالباً شامل لای متوسط و درشت با اندازه ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ میلی‌متر بوده و ذرات رس، کمتر از ۷ درصد از کل اندازه ذرات را شامل می‌شود. اکثر نمونه‌ها جورشدگی ضعیفی داشته و با توزیعی متقارن و یا با کمی چولگی در طبیعت دیده شدند. دانه‌ها دارای بافت با منشاء مکانیکی و شیمیایی بوده لیکن در بسیاری از ذرات، بافت مکانیکی غالب است. همچنین مشاهده شد که شکل ذرات عمدتاً نیمه زاویه‌دار تا نیمه‌گرد با محدوده اندازه متغیر می‌باشند. غالب بودن ذرات در اندازه سیلت از جریان خروجی یخچال منطقه Tsidjiore Nouve سوئیس نیز تایید کننده وجود اندازه متوسط ذرات در رسوبات معلق حوضه‌های یخچالی می‌باشد [۱۴].

اگرچه داده‌های کمی از توزیع اندازه ذرات در رودخانه‌های جهان در دسترس است، لیکن اطلاعات موجود تنوع بسیار قابل توجهی را در مقیاس جهانی نشان می‌دهد. به طوری‌که در برخی از رودخانه‌ها، ذرات در اندازه رس و در برخی دیگر ذرات درشت‌تر از اندازه سیلت بیشترین سهم را در انتقال رسوب معلق دارند[۳۳].



شکل ۱- نمودار تغییرات بیشترین و کمترین درصد ذرات رسوب µ۶۳> و µ۲> با فاصله از دیواره سد وشمگیر[۸].

Figure 1. Variation of the highest and lowest percentage of sediment particles >63 µ and <2 µ by distance from the Voshmgir dam [8].

بررسی میانه اندازه ذرات ۱۰ رودخانه در اقالیم مختلف با تنوع سنگ‌شناسی حوضه، دامنه‌ای کمتر از یک میکرون تا بیشتر از ۱۰۰ میکرون را نشان می‌دهد [۳۳]. طبیعت درشت رسوبات معلق رودخانه هوانگ‌فو در چین و رودخانه لیمپوپو در زیمبابوه می‌تواند به ترتیب به دلیل انباشت مواد مادری لس درشت و شن کالاهاری باشد [۳۴]. در مقابل، رسوب بسیار ریز و معلق حمل شده در رودخانه باروون نیوساوت ولز استرالیا ممکن است به شدت هوازدگی شیمیایی و خاک غنی از رس حوضه آبریز مرتبط باشد [۲۷].

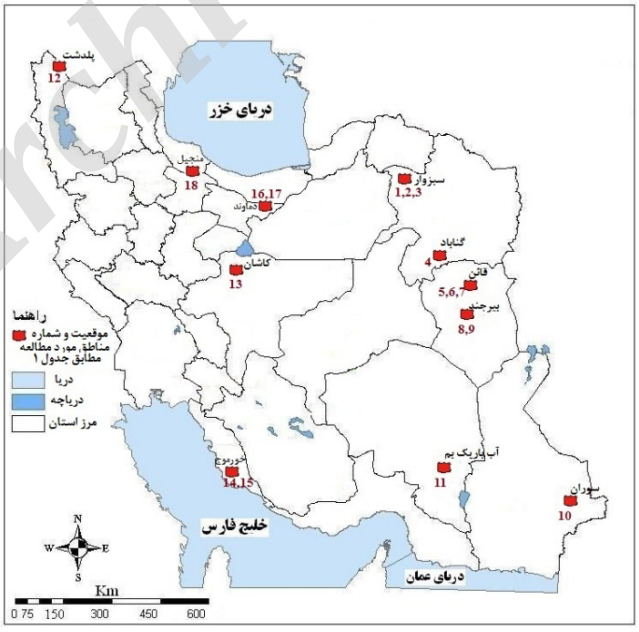
جمع‌بندی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که به‌رغم اهمیت دانه‌بندی رسوبات معلق رودخانه‌ها در طرح‌های مختلف منابع آب از قبیل الگوی رسوبگذاری در بستر آبراهه‌ها، مخازن سدها، کانال‌های آبیاری و عرصه‌های استحصال سیلاب، داده‌های موجود در کشور کم و پراکنده هستند. زیرا تعیین دانه‌بندی مواد معلق جریان رودخانه‌ها به طور اعم در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی کشور ما

Archive of SID
www.SID.ir

متداول نیست. بدیهی است اندازه‌گیری دانه‌بندی در خشکه‌رودهایی که برای آبگیری سامانه‌های پخش و استحصال سیلاب کشور به‌کار می‌روند اصولاً به دلیل فقدان ایستگاه وجود ندارد. همانطور که گفته شد، بافت خاک نهشته شده در عرصه‌های استحصال سیلاب به طور غیرمستقیم به دانه‌بندی رسوبات معلق سیلاب ورودی بستگی دارد. لذا در این پژوهش، اطلاعات موجود از بافت و دانه‌بندی رسوبات معلق نهشته شده برای بدست دادن چارچوبی از محدوده اندازه ذرات مواد معلق سیلاب‌ها و شناسایی اثرات سوء یا مفید آن مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ابتدا اطلاعات بافت و دانه‌بندی رسوب در ۱۸ سامانه رسوبگیر مشتمل بر بندسار، شبکه پخش سیلاب، حوضچه رسوبگیر، مخازن بندها و سدها و رسوبات دریاچه‌ای جمع‌آوری شد (جدول ۱). ذکر این نکته ضروری است که ذرات درشت‌دانه که به صورت بارکف در رودخانه‌ها منتقل می‌شوند، معمولاً به شکل دلتا در ورودی مخازن نهشته می‌گردند. در مقابل؛ ذرات ریز معلق که به سمت دیواره سد یا انتهای مخازن حرکت می‌کنند، نهشته‌های دریاچه‌ای را تشکیل می‌دهند [۳۲]. این قاعده برای سامانه‌های استحصال سیلاب سنتی و نوین نیز قابل تعمیم است. اطلاعات مربوط به محل‌های برداشت نمونه رسوب در ستون‌های ۳ تا ۵ جدول (۱) آورده شده است. شکل (۲) نیز محدوده تقریبی مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود؛ مناطق مورد مطالعه در استان‌های مختلف از آذربایجان غربی تا سیستان و بلوچستان و از گیلان تا بوشهر گسترده می‌باشند. اقالیم حاکم بر حوزه‌های آبخیز این سامانه‌ها، عمدتاً خشک و نیمه‌خشک هستند. نمونه‌برداری رسوب در تمام محل‌ها به استثناء ردیف ۱۸ جدول (۱) در قالب طرح‌های پژوهشی و مطالعاتی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری توسط نویسندگان اول و سوم این مقاله انجام گرفته است. در کلیه موارد، نمونه‌گیری از مواد رسوبی ریزدانه چسبنده (حمل شده به صورت معلق) نهشته شده مدنظر بودند. ولی از آنجا که هر یک از طرح‌ها با هدفی خاص انجام گرفته بود؛ نمونه‌برداری‌ها یکسان نبود و تفاوت‌هایی بین آن‌ها مشاهده می‌شد که در ستون ملاحظات جدول (۱) آورده شده است. در نه سامانه، نمونه‌ها از طریق حفر مته، در هشت سامانه با حفر نیمرخ و لایه‌بندی رسوبات و در یک مورد با نمونه‌بردار مخصوص از زیرآب برداشته شده بودند. در مورد چمرود کاشان (ردیف ۱۳ جدول ۱)، به‌واسطه اختلاف عمق رسوب و سایر مشخصات در نقاط مختلف، منطقه رسوبگذاری به چند قسمت همگن تقسیم شد و در هر قسمت پس از حفر نیمرخ، متناسب با لایه‌بندی رسوبات یک یا چند نمونه برداشت شد. در بندسارها (ردیف‌های ۱ تا ۹ جدول ۱) به‌دلیل معمول بودن شخم سالانه، نمونه مخلوط سطحی تا ۲۰ سانتی‌متر با مته تهیه شد. به غیر از ردیف‌های ۱۰ تا ۱۲ جدول (۱) که تعیین بافت به روش هیدرومتر بایکاس انجام گرفت؛ دانه‌بندی سایر رسوبات به روش پیپت تعیین و منحنی مربوطه ترسیم گردید. اطلاعات بافت خاک در تمامی عرصه‌ها بر روی مثلث بافت خاک منتقل شد و مورد تفسیر قرار گرفت. هم‌چنین در چمرود که اطلاعات دانه‌بندی مربوط به اعماق زیرسطحی نیز تهیه شده بود؛ اختلافات موجود میان لایه‌ها تحلیل گردید.



شکل ۲- موقعیت مناطق مورد مطالعه.

Figure 2. Location of study areas.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table1. Geographic and climatic situations of the study area

ردیف	نوع سامانه	نام روستا یا محل	شهرستان	میانگین سالانه بارش (mm) *	میانگین سالانه دما (^{0}C) *	مساحت حوضه (ha)	ملاحظات	مرجع
Row	Type of system	Village or location	City	Average annual precipitation (mm)*	Average annual temperature* (^{0}C)	Basin Area (ha)	Notations	Reference
1	بندسار (روش سنتی استحصال سیلاب) Bandsar (an indigenous flood harvesting method)	ثقیه (بالا) Upper Soghayeh	سبزوار Sabzevar	159.0	16.9	21000	یک نمونه خاک با مته از عمق ۲۰ سانتی‌متر در وسط بندسار One soil sample by auger from 0-20 cm layer in the middle of Bandsar	
2	«	ششتمد Sheshtamad	«	198.3	13.9	7600	«	
3	«	بجدن Bojdan	«	190.8	14.4	3750	«	
4	«	کاخک Khakhk	گناباد Gonabad	224.9	12.1	1550	«	عرب‌خدری و همکاران [۳] Arabkhedri et. al. [3]
5	«	فیض آباد Feizabad	قائن Ghaen	234.7	13.3	2830	«	
6	«	خسروی Khosravi	«	246.9	12.9	2120	«	
7	«	آفریز Afriz	«	201.8	14.5	15910	«	
8	«	نوفرست Noferest	بیرجند Birjand	257.3	12.5	2560	«	
9	«	مود Moud	«	259.1	12.4	6380	«	
10	شبکه پخش سیلاب Flood harvesting system	سوران Souran	سراوان Saravan	128.0	18.9	147136	لایه اول رسوبات در سه نقطه (چند سانتی‌متر) First layer of sediment at 3 points (few centimeters)	
11	«	آب باریک Ab-barik	بم Bam	250.0	22.7	36464	لایه اول رسوبات در ۴۸نقطه (چند سانتی‌متر) First layer of sediment at 48 points (few centimeters)	کمالی و همکاران [۱۸] Kamali et. al. [18]
12	«	پلدشت Poldasht	ماکو Maku	223.0	13.1	30000	لایه اول رسوبات در ۲۷ نقطه (چند سانتی‌متر) First layer of sediment at 27 points (few centimeters)	
13	رسوبات ریزدانه در گودال عمیق ۸ هکتاری Fine sediment trapped in an eight ha deep hole	چمرود Chamroud	کاشان Kashan	179.5	19.1	99800	میانگین وزنی ۹ نمونه از محل‌ها و اعماق مختلف تا حدود حداکثر دو متر در ۶ نقطه با حفر نیمرخ Weighted average of 9 samples from different locations and depths of profiles	عرب‌خدری [۶] Arabkhedri [6]

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table1. Geographic and climatic situations of the study area

14	رسوب ریز تله افتاده در بستر رودخانه فرعی Fine sediment trapped in tributary river bed	حوزه‌های فرعی مند Mond river tributaries	خورموج Khormoj	224.4	27.2	<100	یک نمونه مخلوط از لایه رسوب جدید سطحی A mixed sample from top layer of sediment	عرب‌خدری [۲] Arabkhedri [2]
15	حوضچه آرامش پروژه تغذیه مصنوعی Stilling basin of an artificial recharging project	«	«	224.4	27.2	<100	یک نمونه مخلوط از لایه رسوب جدید سطحی A mixed sample from top layer of sediment	
16	رسوبات ریزدانه پشت بندخاکی ۱ Fine sediment behind earth dam 1	دلیچای Dalichai	دماوند Damavand	327.2	13.2	<100	یک نمونه مخلوط از لایه رسوب جدید سطحی A mixed sample from top layer of sediment	عرب‌خدری [۵] Arabkhedri [5]
17	رسوبات ریزدانه پشت بندخاکی ۲ Fine sediment behind earth dam 2	«	«	327.2	13.2	<100	یک نمونه مخلوط از لایه رسوب جدید سطحی A mixed sample from top layer of sediment	
18	رسوبات دریاچه‌ای در مخزن سد Lacustrine sediment in reservoir	مخزن سد سفید رود Sefidroud dam reservoir	منجیل Manjil	374.0	9.5	4877000	یک نمونه مخلوط تا عمق ۱۰ سانتی‌متری A mixed sample from top 10 cm layer of sediment	فولادفر و همکاران [۱۵] Fuladfar et. al. [15]

میانگین سالانه بارش و درجه حرارت ردیف‌های ۱ الی ۹ از گزارش جامع (حوزه آبریز دشت کویر، نمکزار خواف و کال شور)، ردیف ۱۱ گزارش جامع (حوزه لوت) و ردیف‌های ۱۲ الی ۱۸ از میانگین آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی اقتباس شده است.

Average annual precipitation and temperature were adopted from different sources. 1st to 9th rows from Jamab Report (Dasht-e-Kavir, Namakzar-e-Khaf and Kal-e-Shour Basins), 11th row from Jamab Report (Lut Basin) and 12th to 18th rows from nearest meteorological stations.

نتایج و بحث

نتایج دانه‌بندی رسوبات در جدول (۲) آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود حداقل و حداکثر درصد رس به ترتیب ۷ و ۳۴ درصد، سیلت ۹ و ۸۸ درصد، و شن ۵ و ۸۰ درصد هستند. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که سهم سیلت و شن در سامانه‌های رسوبگذاری شده بیشتر از رس می‌باشد. از میان سامانه‌ها، به استثناء دو محل که دارای ۳۲ و ۳۴ درصد رس هستند؛ بقیه مناطق کمتر از ۲۲ درصد رس دارند. در هیچ یک از آن‌ها رس بیشترین سهم را در میان سه جزء رس و سیلت و شن به خود اختصاص نداده است.

به دلیل آن‌که توزیع فراوانی درصد مقادیر سه جزء رس، سیلت و شن در مناطق ۱۸گانه نزدیک به نرمال است؛ لذا میانگین درصد هر یک از اجزاء به ترتیب معادل ۱۷، ۴۶ و ۳۶ درصد محاسبه شد. ملاحظه می‌شود که سیلت بیشترین سهم متوسط را به خود اختصاص داده است و در مرحله بعد نیز شن قرار دارد. بررسی مقادیر سه جزء ذرات در ۱۸ سامانه نشان می‌دهد که در ۱۱ منطقه سیلت و در ۹ ناحیه‌ی باقیمانده شن فراوان‌ترین اندازه ذرات است. از بررسی مقادیر جدول (۲) می‌توان نتیجه گرفت که مجموع سیلت و شن در رسوبات حداقل ۶۶ و حداکثر ۹۳ درصد با میانگین ۸۳ درصد است که مؤید توضیحات فوق مبنی بر نقش بیشتر ذرات درشت‌تر در مواد نهشته شده می‌باشد.

نتیجه تاثیر درصدهای بالاتر سیلت و شن در رسوبات نهشته شده در ستون بافت جدول (۲) انعکاس یافته است. از میان ۱۸ رسوب تجزیه شده، بافتِ ۷ مورد لوم سیلتی، ۶ مورد لومی و ۳ مورد لوم‌شنی هستند که نشان از متوسط یا سبک بودن بافت دارد. شکل (۲) موقعیت بافت‌ها را روی مثلث اجزاء خاک نشان می‌دهد که بیانگر نزدیکی و شباهت رسوبات بیشتر سامانه‌ها از این نظر است.

بررسی سهم شن خیلی ریز (ستون ۶ جدول ۲) اندازه‌گیری شده در ۱۵ محل رسوبگذاری موید این نکته است که سهم شن‌ریز به طور متوسط یک و نیم برابر سایر اجزا شن است. سه منحنی تیپیک دانه‌بندی رسوب مربوط به سه سامانه رسوبگذاری در شکل (۳) ترسیم شده است. از این منحنی‌ها و اطلاعات جدول (۲) می‌توان نتیجه گرفت که در مجموع ذرات سیلت و شن خیلی ریز (۰/۰۰۲ تا ۰/۱ میلی‌متر) بیشترین سهم را در میان مواد معلق وارد شده به سامانه‌های رسوبگذاری دارند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- خصوصیات بافتی رسوبات معلق نهشته شده*

Table 2. Textural properties of deposited suspended sediment*

ردیف Row	نوع سامانه Type of system	رس Clay (%) <0.002 mm	سیلت Silt (%) 0.002-0.05 mm	شن Sand (%) 0.05-2 mm	شن خیلی ریز Very fine sand (%) 0.05-0.1 mm	بافت Texture
1	بندسار Bandsar	18	57	25	10	لوم سیلتی Silt loam
2	«	34	43	23	16	لوم رسی Clay loam
3	«	18	38	44	35	لومی Loam
4	«	20	31	49	23	«
5	«	14	44	42	36	«
6	«	22	43	35	24	«
7	«	7	15	78	45	شنی لومی Loamy sand
8	«	20	52	28	23	لوم سیلتی Silt loam
9	«	20	34	46	17	لومی Loam
10	شبکه پخش سیلاب Flood harvesting system	14	31	55	-	لوم شنی Sandy loam
11	«	11	9	80	-	«
12	«	15	67	18	-	لوم سیلتی Silt loam
13	رسوبات دریاچه‌ای در گودال عمیق ۸ هکتاری Lacustrine sediment in an eight ha deep hole	32	54	14	10	لوم رسی سیلتی Silty clay loam
14	رسوب ریز تله افتاده در بستر رودخانه فرعی Fine sediment trapped in tributary river bed	18	52	30	13	لوم سیلتی Silt loam
15	حوضچه آرامش پروژه تغذیه مصنوعی Stilling basin of artificial recharging project	13	82	5	5	«
16	رسوبات ریزدانه پشت بندخاکی Fine sediment behind earth dam	19	39	42	17	لومی Loam
17	«	12	58	30	24	لوم سیلتی Silt loam
18	رسوبات دریاچه‌ای در مخزن سد Lacustrine sediment in reservoir	7	88	5	4	سیلتی Silt

* برای آگاهی از موقعیت سامانه مورد بررسی در هر ردیف، به ردیف متناظر در جدول ۱ مراجعه شود.

* To find the location of studied system mentioned at each row please refer to the corresponding row in Table 1.

مطالعه منحنی مربوط به رسوبات دریاچه‌ای در برخی از موارد نشان می‌دهد که تقریباً تمام شن آن‌ها از نوع شن خیلی ریز می‌باشد. منحنی مربوط به رسوب ردیف ۱۳ جدول (۲) در شکل (۴)، از میانگین وزنی ۹ نمونه از رسوبات دریاچه‌ای نهشته شده در یک گودال بزرگ به مساحت حدود هشت هکتار و عمق تقریبی ۱۰ متر در مسیر رودخانه چمرود بدست آمده است. عمق مواد نهشته شده در این گودال که رسوبات دو رویداد بزرگ رخ داده در طی سه سال را در خود جای داده؛ در بعضی قسمت‌ها بیش از یک و نیم متر بود.

نکته مهم و قابل توجه، تفاوت بین بافت لایه‌های مختلف این رسوبات است که در شکل (۴) مشاهده می‌شود. لایه لوم‌سیلتی زیرین و رسی‌سیلتی پس از آن مربوط به یک رویداد سیل و بقیه لایه‌ها مربوط به سیل دوم می‌باشند.

هر یک از این دو رویداد با لایه‌ای به نسبت درشت‌دانه شروع شده و سپس با لایه‌هایی از مواد ریزدانه‌تر پوشانیده می‌شود. در واقع پس از ورود حجم زیادی از آب گل‌آلود، ذرات درشت‌تر سریع‌تر نهشته شده و لایه زیرین را تشکیل می‌دهند. در مقابل، ذرات خیلی ریز که برای مدت طولانی‌تری معلق باقی می‌مانند؛ متعاقباً به تدریج نهشته شده و لایه فوقانی را به‌وجود می‌آورند. با توجه به توضیحات ارائه شده منحنی دانه‌بندی مربوط به نهشته‌های این گودال را می‌توان به عنوان نمونه کاملی از دانه‌بندی رسوبات معلق یک خشکه‌رود در نظر گرفت.

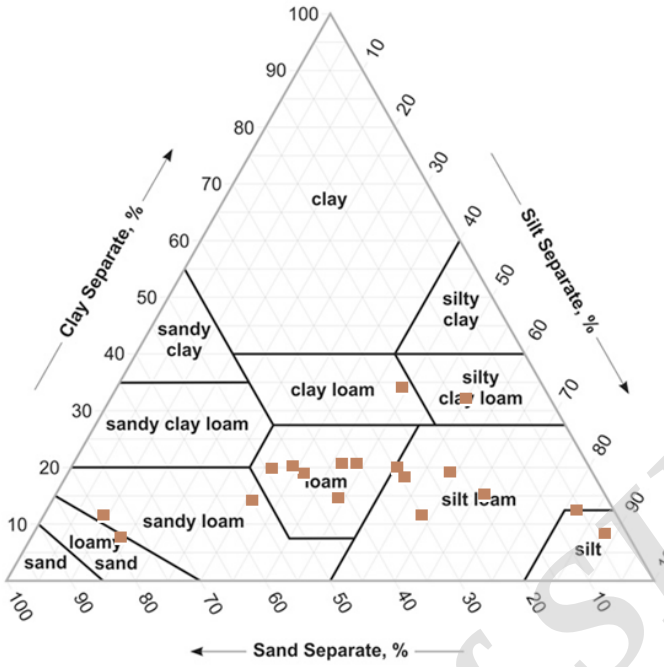
نکته قابل ذکر در شکل ۵، وجود لکه‌های رنگین[1] در نیمرخ خاک بود که نشانه عدم تهویه کافی (شرایط احیا) [۹] و نفوذپذیری ضعیف خاک است[2]. سوال اینجاست که چگونه در خاکی با بافت متوسط، نفوذپذیری محدود کننده می‌شود؟ به نظر می‌رسد ساختمان لایه‌ای

1. soil mottling

۲- لکه‌های رنگین در نیمرخ‌های حفر شده در رسوبات ریزدانه عمیق پشت بندهای خاکی نیز به چشم می‌خورد.

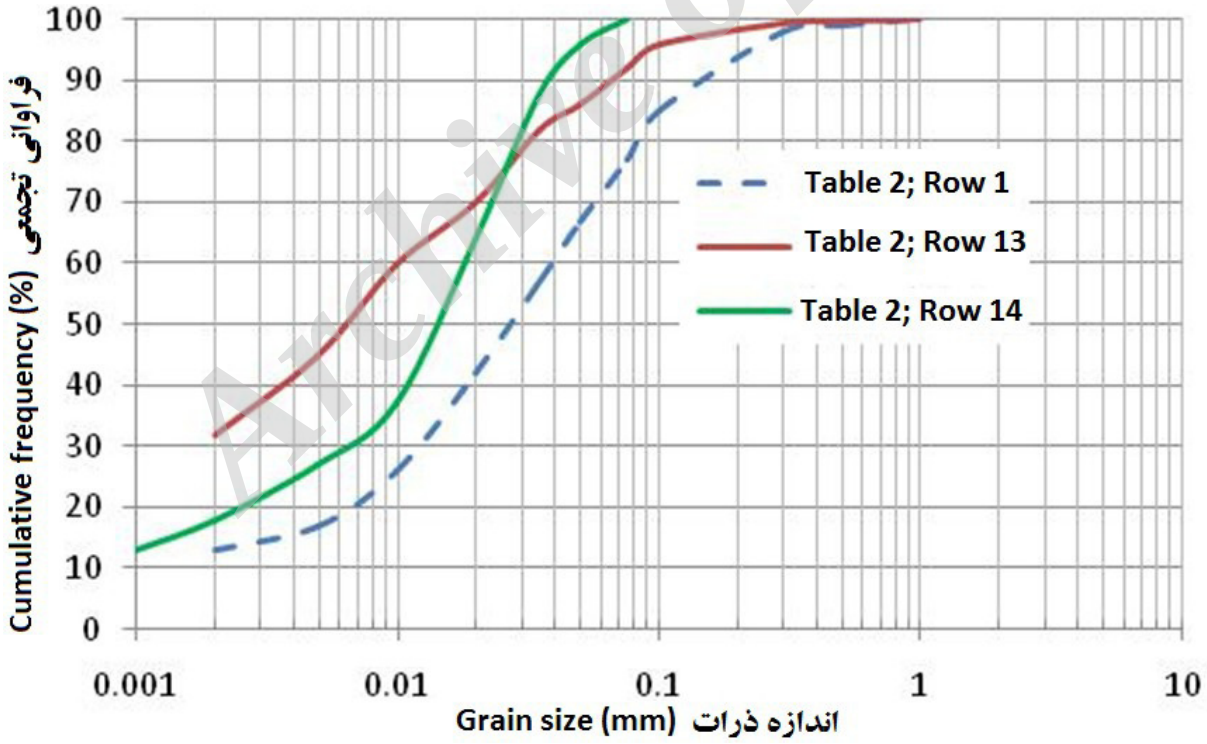
Archive of SID
www.SID.ir

رسوبات به همراه تفکیک ذرات درشت و ریز در حین رسوبگذاری آب در خاک باشد.
که در مطالب پیشین تشریح شد؛ عامل اصلی کاهش شدید نرخ نفوذ



شکل ۳- موقعیت بافتی رسوبات معلق نهشته شده در ۱۸ محل روی مثلث بافت خاک

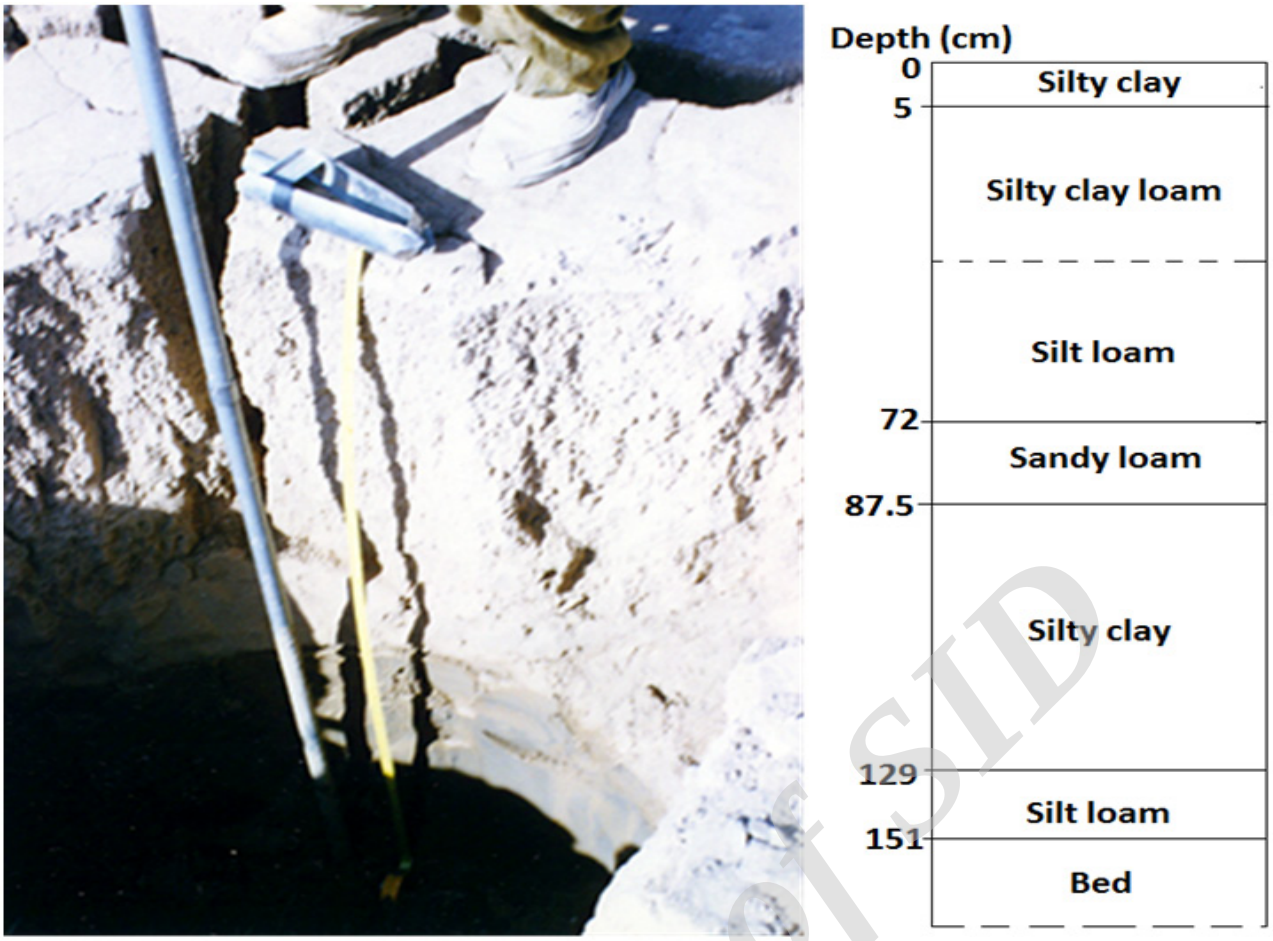
Figure 3. Textural position of deposited suspended sediments on soil texture triangle



شکل ۴- منحنی دانه‌بندی رسوبات نهشته شده در سه سامانه رسوبگیر؛ ترسیم مجدد از مراجع مختلف.
(برای اطلاع از نوع خاک به جدول ۲ مراجعه شود.)

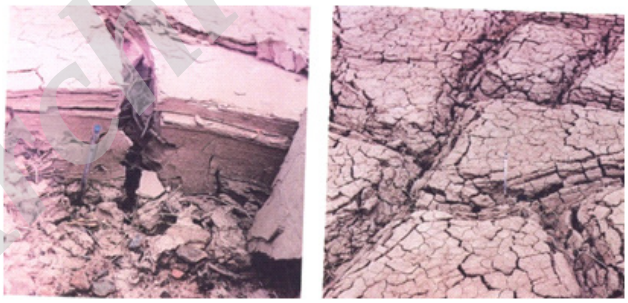
Figure 4. Particle size distribution curves for deposited suspended sediment in 3 places, redrawing from other references. (For more information on their properties, refer to Tables 1 & 2)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵- یک نیمرخ نمونه در رسوبات دریاچه‌ای مربوط به خشکه‌رود چمرود (تصویر چپ) و تفاوت بافت در لایه‌های مختلف (تصویر راست) [۶]

Figure 5. A representative lacustrine sediment profile of Chamroud ephemeral river (left) and variation of the texture in layers (right)



شکل ۶- حدود ۲۵ سانتیمتر رسوبگذاری پس از دو بار سیلگیری در یک بندسار جدیدالاحداث در روستای صدخرو سبزوار

Figure 6. About 25 cm thickness of deposited fine sediment after two flood harvesting events in a new Bandsar, Sad-Kharve Sabzevar

تداوم نفوذپذیری قابل قبول بندسارها پس از دهه‌ها و حتی سده‌ها رسوبگذاری مربوط به شخم سالانه رسوبات، شکستن ساختمان لایه‌ای (شکل ۶) و مخلوط شدن لایه‌های ریز و درشت است.

نکته قابل ذکر دیگر، موثر نبودن شخم در شرایطی است که عمق رسوبگذاری بیش از عمق شخم باشد. زیرا امکان شکستن لایه‌های تحتانی و مخلوط کردن ذرات ریز و درشت لایه‌های متناوب فراهم نخواهد شد. بنابراین، باید با نظر مدینا [۲۵] موافق بود که پخش سیلاب (و به طور اولی تغذیه مصنوعی) در شرایطی قابل توصیه است که ضخامت رسوبات در هر سیل‌گیری کم باشد. افزایش تدریجی ضخامت رسوبات در خوشاب‌های بلوچستان مطابق شکل

Archive of SID
www.SID.ir

(۷) که به دو متر نیز می‌رسد، سبب عمیق‌تر شدن ضخامت ریشه‌گاه و افزایش ظرفیت رطوبت خاک می‌شود؛ به طوری‌که در چنین زمین‌هایی، با یک سیلگیری امکان تولید محصول فراهم می‌شود [۳۱].

شکل ۷- ضخامت رسوبات نهشته شده در یک خوشاب (روش سنتی استحصال سیلاب) متروک در بلوچستان

Figure 7. The thickness of sediment deposited in an destroyed Khushab (an indigenous flood harvesting method) in Baluchistan

والینگ [۳۳] منحنی دانه‌بندی رسوبات معلق ۱۰ رودخانه را از منابع مختلف در یک شکل جمع‌آوری کرده است. مقایسه این منحنی‌ها نشان می‌دهد که مقدار رس این رسوبات از کمتر از ۱۰ درصد تا بالغ بر ۸۰ درصد متفاوت است.

در رودهایی نظیر هوانگ‌فو چین (یکی از سرشاخه‌های رود زرد)، کلرادو آمریکا (از نظر اقلیمی عمدتاً خشک و نیمه‌خشک)، چولیتنا آلاسکا (از نظر اقلیمی سرد) سهم رس در بار معلق کم است. در حالی‌که در رودهایی نظیر سیتاروم اندونزی، آمازون برزیل و ساناگا کامرون (هر سه پوشیده از جنگل‌های استوایی با بستری از خاک‌های تکامل یافته)، سهم رس در بار معلق بیشتر از سیلت و شن می‌باشد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود در مناطقی که هوازدگی سنگ‌های سازنده زمین و خاکسازی به دلیل خشک و سرد بودن و نظایر آن کم است؛ ذرات معلق اندازه رس کمتر هستند. البته در برخی از موارد نظیر رود هوانگ فو چین، جنس لسی سازند تولید کننده رسوب نیز اهمیت ویژه‌ای در دانه‌بندی رسوب معلق دارد. نتایج حاصل از این پژوهش نیز نشان می‌دهد که در عمده موارد، سهم ذرات رسی در بار معلق کم است که با نمونه‌های ارائه شده توسط والینگ [۳۳] مربوط به مناطق خشک و سرد هماهنگی دارد.

پهنه‌بندی جغرافیایی و بررسی تاثیر اقلیم بر توزیع اندازه ذرات رسوب معلق رودخانه‌های دشتی و کوهستانی شوروی سابق نیز نشان می‌دهد که در رودخانه‌های مناطق دشتی، طیف وسیعی از میانه اندازه ذرات از ۱۵۰ میکرون در منطقه توندرا به کمتر از ۴۰ میکرون در استپ جنگلی و مناطق جنگل پهن برگ دیده می‌شود. در رودخانه‌های مناطق کوهستانی نیز میانه اندازه ذرات از ۶۴ میکرون در استپ و جنگل تا ۳۷ میکرون در استپ و مناطق نیمه‌بیابانی و نیمه گرمسیری می‌باشد [۱۳].

به رغم محدودیت‌های مربوط به عوامل خاکسازی در اقالیم خشک و نیمه‌خشک و تکامل پروفیلی ضعیف خاک، تفاوت‌های موجود بین دانه‌بندی و بافت رسوبات معلق رودخانه‌های مختلف نیاز به توجیه دارد. اصولاً در شرایطی که اثرات اقلیم و پوشش بر خاک‌سازی کم است؛ ویژگی‌های خاک از جمله بافت و دانه‌بندی تا حد زیادی تحت تاثیر جنس سازندهای زمین‌شناسی قرار دارد. مثلاً کمالی و همکاران [۲۰] نشان دادند که وجود سازندهای تولید کننده رس نظیر شیل در آبخیزهای بالادست، مقدار نفوذ بندسارها را شدیداً کم می‌کند. در حالی‌که سازندهای تخریبی دانه درشت کمترین مقدار تأثیر را دارند و سازندهای آذرین در حد وسط قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا نتایج بافت و دانه‌بندی رسوبات معلق نهشته شده در سامانه‌های رسوبگذاری مختلف در اقصی نقاط کشور مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سیلت و شن خیلی ریز بیشترین سهم را در رسوبات معلق به خود اختصاص می‌دهند و بافت آن‌ها عمدتاً در محدوده لوم سیلتی و لومی قرار دارد.

بنابراین نتیجه‌گیری شد که بافت ریزدانه رسوبات به رغم کاهش مقدار نفوذ، نمی‌تواند عامل محدودکننده در جهت تغییر کلاس نفوذپذیری خاک در سامانه‌های سطوح آبگیر باران از قبیل شبکه‌های پخش‌سیلاب باشد. از طرف دیگر بررسی نیمرخ رسوبات عمیق حاکی از ساختمان لایه‌ای با تناوبی از لایه‌های ریزدانه‌تر روی طبقات درشت‌دانه‌تر بود. وجود شواهدی از قبیل لکه‌های رنگین یا ماتل در سامانه‌هایی با رسوبگذاری عمیق و فقدان آن در بندسارها و خوشاب‌ها نشان داد که ضخامت کم رسوبگذاری در هر نوبت، شخم و شیار مداوم خاک‌ها و کشت گیاهان عامل حفظ پایداری نفوذ خاک‌ها در حد مطلوب است. با این همه، این نتایج هنگامی قابل اعتمادتر است که لیتولوژی آبخیز بالادست از انواعی باشد که تولید رس زیاد نکند.

با توجه به یافته‌های این تحقیق توصیه می‌شود سامانه‌های سطوح آبگیر نظیر شبکه‌های تغذیه مصنوعی و بندهایی که با هدف تغذیه قنوات احداث می‌شوند و از سیلاب‌ها (با غلظت رسوب معلق زیاد) آبگیری می‌کنند طوری طراحی شوند که عمق آبگیری در هر نوبت به حدی باشد که ضخامت رسوبگذاری مربوط به آن از عمق شخم تجاوز نکند. بدیهی است که آبگیری مجدد تا خشک شدن زمین و شخم آن مجاز نخواهد بود.

Archive of SID
www.SID.ir

سپاسگزاری

عمده داده‌های این مقاله برگرفته از دو طرح پژوهشی پایان یافته با عناوین بررسی اثر پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تاثیر رسوبگذاری بر بازده نفوذپذیری بندسارها است که با اعتبار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده است.

منابع

1. Arabkhedri, M., Kamali, K. 2008. Traditional techniques of soil and water conservation in Iran. Sobhan Publishing with cooperation of Iranian Watershed Management Association, 110 P. (In Persian)

2. Arabkhedri, M. 2004. Feasibility studies on aquifer recharging in Mond River tributaries in Bushehr Provience; Vol. 8: Erosion and Sedimentation. Jahad Tahghighat Ab-o-Abkhizdari Co. (In Persian)

3. Arabkhedri, M., Partovi, A,. Ghaffari, A., Kamali K. and Sarreshtehdari, A. 2002. A research about effect of siltation in infiltration efficiency on traditional flood harvesting system (Band-sar). Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 102p. (In Persian)

4. Arabkhedri, M. 2001. Determining the ratio of bedload to suspended load through reservoir survey and sediment particle size analysis. Journal of Agricultural Engineering Research, 2(6): 81-91. (In Persian)

5. Arabkhedri, M. 1999. Final report of detailed-executive studies of Dalichai Watershed; Vol. 6: Erosion and Sedimentation. Jahad Tahghighat Ab-o- Abkhizdari Co. (In Persian)

6. Arabkhedri, M. 1999. Report on erosion and sedimentation in Chamroud Watershed. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. 1999/ Scientific report/82. (In Persian)

7. Ashori, A. M. S. 2000. Effect of flood collection in Bandsars on chemical properties and productivity of soil. MSc Thesis, University of Tehran. 82 P. (In Persian)

8. Atomic Energy Organization of Iran. 1975. Annual report on research activities on Voshmgir Reservoir deposits. Radioactive Materials Application and Research Center, 67 P. (In Persian)

9. Bohn Hinrich L., Brian L. McNeal, George A. O'Connor, Soil Chemistry, Trans. by: Mojalali, H., 2nd Edition, 320 p. (In Persian)

10. Bybordi, M. 1989. Soil genesis and classification. University of Tehran Publishing, 680 P. (In Persian)

11. Dabirsiaghi, M. 2010. NOZHATALGHLOOB (Written by Hamdollah Mostofi at 14th century). Asatir Publishing, 245 P. (In Persian)

12. Darvish, M. 1999. Sistan and Baluchestan: Physical landscape, capabilities and natural resources research priorities. Research Institute of Forests and Rangelands, 123 P. (In Persian)

13. Dedkov, A. P. and Mozzherin, V. T. 1992. Erosion and sediment yield in mountain regions of the world. Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions (Proceedings of the Chengdu Symposium). IAHS Publications 209: 29-36.

14. Fenn, C.R., Gomez, B. 1989. Particle size analysis of the sediment suspended in a proglacial stream: Glacier de Tsidjiore Nouve, Switzerland. Hydrological Processes. 3 (2): 123–135.

15. Fuladfar H, Shafaei Bajestan M, Fathi Moghaddam M. 2013. Laboratory evaluation of well-known models in determination of cohesive bed erosion flux. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 7 (22): 63-74. (In Persian)

16. Ghafaripour, H., 1991. Study of a critical plain- Isin Plain, Water Resources Condition Bulletin, Water Resources Research Organization, 5: 19-23. (In Persian)

17. Kamali, K., Eslami, A.R., Jalali, N., Mostafaei, A., Jalaledini, M.S., Ghiasi, N. And Seyedi, E. 2013. Fundamental of floodwater spreading on aquifers (studying, locating, planning and monitoring), Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 236 P. (In Persian)

18. Kamali, K., Mahdian, M.H., Ghoddosi, J., Arabkhedri, M., Ghiasi, N., Sarreshtehdari, A. and Kiaheyrati, J. 2012. The investigation of floodwater spreading effects on the changes of physical and chemical properties of soil in floodwater spreading areas, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 233 P. Scientific report/40985. (In Persian)

19. Kamali, K., Mahdian, M.H., Arabkhedri, M., . Charkhabi, A.H., Ghiasi, N. and Jafari Ardakani, A. 2011. The investigation of floodwater spreading effects on the changes of soil fertility in floodwater spreading areas, Soil Conservation and Watershed Management Research

Archive of SID

www.SID.ir

Institute, 118 P. Scientific report90/573. (In Persian

20. Kamali, K., Arabkhedri, M., Esfandiari, M. and Zarinkafsh, M. 2005. Investigation on the effect of source area lithology on infiltration rates of alluvial deposits, Iranian Journal of Natural Resources, 58 (2): 289-299. (In Persian)

21. Kowsar, A. 1995. An introduction to flood mitigation and optimization of floodwater utilization: flood irrigation, artificial recharge of groundwater, small earth dam, Research Institute of Forests and Rangelands, 523 P. (In Persian)

22. Kowsar, A. 1993. Floodwater spreading for desertification control: an integrated approach. Desertification Control Bulletin, 19: 3-18.

23. Kowsar, A. 1993. Plant roots: attitude deeply into the soil, Pajouhesh-va-Sazandegi, 18: 80-91. (In Persian)

24. Kumar, A., Anand Gokhale, A., Shukla, T. and Prasad Dobhal, D. 2016, Hydroclimatic influence on particle size distribution of suspended sediments evacuated from debris-covered Chorabari Glacier, upper Mandakini catchment, central Himalaya, Geomorphology, 265: 45–67.

25. Mahdian, M. H., Sokouti, R. and Kamali, K. 2011. Appraisal of the trend of soil infiltration rate changes in flood spreading stations of Iran, International Journal of Natural Resources and Marine Sciences, 1(1): 33-43.

26. Medina, J. 1976. Harvesting surface runoff and ephemeral streamflow in arid zones, FAO Soils Bulletin, 3: 61-72

27. Olive, L. J. and Rieger, W. A. 1986. Low Australian sediment yields - a question of inefficient sediment delivery? In: Drainage basin sediment delivery, IAHS Publication, 159: 335-364.

28. Pandey, S.K., Singh, A.K. and Hasnain, S.I. 2002. Grain-size distribution, morphoscopy and elemental chemistry of suspended sediments of Pindari Glacier, Kumaon Himalaya, India. Hydrology Science 47 (2): 213–226.

29. Pars Consulting Engineers. 1978. Final report of reconnaissance studies of Saravan Region. Unpublished report. Plan and Budget Organization. (In Persian)

30. Sarzaiem, M.S. and Mirabzadeh Ardakani, M. 1995. The role of groundwater artificial recharge projects in the sustainable development of water resources, Proceedings of the Regional Conference on Water Resources Management, Esfahan. 133-145. (In Persian)

31. Shoaie, Z., Mahdian, M.H. and Kamali, k. 2003. History of rainwater systems, The final report of rainwater systems plan for sustainable development of environmental resources (Chapter III), Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

32. Vanoni, V. A. (Ed.). 2006. Sedimentation engineering. A.S.C.E. 418p.

33. Walling, D. E. 1994. Measuring sediment yield from river basins, In: Lal, R. (Ed), Soil erosion research methods, Soil and water conservation society, 39-74.

34. Walling, D. E. and Moorehead, P. W. 1989. The particle size characteristics of fluvial suspended sediment: an overview, Hydrobiologia. 176/177: 125-149.

Archive of SID

www.SID.ir

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 12, No. 41, Summer 2018
سال دوازدهم- شماره ۴۱- تابستان ۱۳۹۷

Abstract

Attitude on River Suspended Sediment Grain-Size in Arid and Semi-arid Regions of Iran and Its Impact on Floodwater Harvesting Systems

M. Arabkhedri[1], S. Feiznia[2] and K. Kamali[3]

Received:2016/10/08 Accepted : 2018/01/30

Suspended sediments (SS) constitute the major part of river loads. Their grain sizes predominantly are smaller than fine sand. The deposition of SS in the floodwater harvesting systems (FWHS) affects several characteristics such as infiltration rate, aquifers recharging, soil fertility, plant growth and soil water capacity. Although numerous advantages and a few disadvantages were listed for the sediment deposition in FWHS, due to lack of measurements on particle size distribution of SS, inclusive assessment on sedimentations has been impossible up to now. To overcome this limitation, the texture and particle size distribution of more than 100 fine deposit samples taken from 18 sedimentation areas across the country were analyzed. The results showed the dominance of silt (average 46%) followed by very fine sand (average 20%) that totally composes 66-93% (average 83%) of deposited fine sediments. This indicates that coarser (> 2μ) particles comprise the major partition of the SS. On the other hand, the texture of most samples is loam and silt loam, which represents a medium to coarse texture. Therefore, the infiltration rate of the FWHS reduces to an optimum level without becoming a limiting factor. It seems that some other factors including high deposition thickness at an event, a layered structure with alternating clay layers and failure in plowing and cultivation are responsible for reducing the permeability of FWHS.

Keywords: Floodwater harvesting, Suspended sediment size distribution, Soil water capacity, Infiltration rate.

Archive of SID

1.Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization.
2 Professor, Natural Resources Faculty, University of Tehran.
3.Scientific board member of Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, and PhD Candidate, University of Tehran, Corresponding Author, Email: kamali_kourosh@yahoo.com

www.SID.ir