"مقاله پژوهشی"

بررسی تاثیر تنه‌های درخت افتاده در مسیر جریان رودخانه بر مشخصات ناحیه هایپریک در فصول تابستان و زمستان با استفاده از نرم افزار کامسول (مطالعه موردی رودخانه گرمابدشت گرگان)

محسن برزعلی[۱]، محسن مسعودیان[۲]، رامین فضل‌اولی[۳]، امیر احمد دهقانی[۴]

۱- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و کارشناس شبکه‌های آبیاری و زهکشی شرکت آب منطقه‌ای گلستان
۲- دانشیارگروه مهندسی آب،دانشکده مهندسی زراعی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،ایران (نویسنده مسوول:masoudian@sanru.ac.ir)
۳- دانشیارگروه مهندسی آب،دانشکده مهندسی زراعی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،ایران
۴- استاد گروه مهندسی آب،دانشکده مهندسی زراعی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲
صفحه: تا

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: رودخانه‌ها سیستم‌های پیچیده‌ای هستند که انواع فرآیندهای شیمیائی، بیولوژیکی و فیزیکی در آن‌ها اتفاق افتاده و تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند. تغییراتی که در شرایط رودخانه‌ها رخ می‌دهد، تأثیرات فراوانی در اکوسیستم رودخانه بوجود می‌آورد. انجام هرگونه فعالیت در رودخانه‌ها مستلزم شناخت قواعد حاکم بر رودخانه و پیش بینی عکس‌العمل رودخانه نسبت به آن است تا از پیامدهای زیان‌بار مربوطه جلوگیری شود. شناخت فرآیندهای رودخانه‌ها با اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی در مقیاس واقعی معمولاً دشوار می‌باشد. از سوی دیگر مدل‌سازی انتقال رسوب نیز امری کاملاً پیچیده و مشکل می‌باشد، بدلیل اینکه اطلاعاتی که جهت پیش‌بینی تغییرات بستر به کار می‌رود، اساساً دارای عدم قطعیت بوده و تئوری‌های به کار رفته نیز تجربی بوده و حساسیت شدیدی نسبت به دامنه وسیعی از متغیرهای فیزیکی از خود نشان می‌دهند. بالا بودن هزینه‌های مربوط به تجهیزات آزمایشگاهی و محدودیت استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری، از جمله دلایلی دیگراست که استفاده از روش‌های فیزیکی را محدود ساخته و باعث سوق یافتن متخصصان به سمت مدل‌سازی ریاضی و عددی برای شبیه‌سازی جریان داخل مجاری آبی شده است. تغییر مستمر جزو اصول حاکم بر هر رودخانه است، تغییر در شرایط جریان ، تغییر و جابه‌جایی در سایر مشخصات هندسی رودخانه را نیز سبب می‌شود. با توجه به اینکه غالباً رودخانه‌ها در بسترهای آبرفتی خود درحال حرکت هستند، در اثر وجود تنش برشی درکف بستر، انواع مختلفی از شکل‌های بستر درکف رودخانه‌ها شکل گرفته است. اشکال شکل گرفته باعث می‌شود، قسمتی از جریان آب سطحی در رودخانه به محیط متخلخل زیرآن وارد شده و پس از اکسیژن‌رسانی و تغذیه جانداران کفزی دوباره به جریان آب سطحی باز می‌گردد. به این نوع از جریان‌ها که از اختلاط جریان‌سطحی و جریان زیرسطحی در محیط متخلخل زیر و اطراف رودخانه بوجود می‌آیند، جریان هایپریک گفته می‌شود. سیستم آبهای‌سطحی، زیرسطحی، زیرزمینی و تبادلات بین آنها در سه سطح نقطه‌ای، بازه و حوزه آبریز می‌باشد. تنه‌های درخت افتاده در مسیر رودخانه‌ها از ساختارهای متداول در رودخانه‌ها هستند. یکی از عوامل ایجاد تبادل هایپریک، وجود گرادیان فشار در مرز جریان سطحی و محیط متخلخل است. گرادیان فشار در اثر عوامل مختلفی مانند موانع موجود در سر راه جریان و یا فرم‌های بستر بوجود می‌آید. بسته به بزرگی این عوامل، بر روی مقدار تبادل و عمق گستردگی هایپریک تأثیر خواهد گذاشت.اولین گام در شناخت پدیده هایپریک و کاربرد آن، بررسی تغییرات خصوصیات این منطقه شامل مقدار تبادل جریان، عمق و زمان ماندگاری است. بنابراین اهداف تحقیق حاضر عبارتند از: بررسی اثر وجود موانع طبیعی ایجاد شده توسط تنه درختان بر مشخصه‌های هایپریک و تاثیر چیدمان موانع طبیعی ایجاد شده توسط تنه‌های درختان بر مشخصات هایپریک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: تحقیق میدانی حاضر در فصل‌های تابستان و زمستان سال ۱۴۰۰ در رودخانه گرمابدشت گرگان جهت بررسی اثر تنه‌های درختان افتاده در مسیر رودخانه به‌عنوان مانع طبیعی جریان درحالت‌های مختلف ضخامت تنه درخت (ضخامت ۳۰-۶۰-۹۰ سانتی‌متر) مورد بررسی قرار گرفت. رودخانه گرمابدشت بعنوان یکی از مهمترین منابع تامین کننده اب شرب شهر گرگان از دامنه‌های کوه بلند یزدکی در نقطه‌ای به فاصله ۲۷ کیلومتری جنوب شرقی گرگان سرچشمه گرفته و در ادامه درجهت شمال جاری می‌شود. سپس از میان ارتفاعات بلند و به هم پیچیده می‌گذرد و وارد دشت های شرقی گرگان می‌شود. جهت انجام تحقیق حاضر، پیزومترهایی در بالادست و پایین‌دست تنه درختان تعبیه شده سپس با استفاده از مدل عددی در محیط نرم‌افزار کامسول، نسبت به شبیه سازی جریان هایپریک جهت برآورد میزان دبی تبادلی مورد ارزیابی قرار گرفت .

یافته‌ها: این مطالعه یافته‌های قانع‌کننده‌ای در مورد همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای پیزومتر و نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی را به دست آورد. بررسی‌ها نشان داد، بین داده‌های مشاهداتی پیزومتر و نتایج شبیه‌سازی ۹۱ درصد همبستگی وجود دارد. بر این اساس، دبی‌های تبادلی محاسباتی از مدل عددی مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد، میزان جریان مبادله شده در شرایط انسداد، بیشتر از شرایط بدون انسداد است. این مسئله نشان می‌دهدکه تنه درختان می‌تواند تأثیر قابل توجهی بردینامیک جریان هایپریک داشته باشند، پیامد مهم آن، تاثیر مستقیم بر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به ویژه در رابطه با حفظ پوشش گیاهی ساحلی و زیستگاه‌های آبی است. همچنین بررسی زمان ماندگاری خطوط جریان در سه حالت مانع‌دار نشان می‌دهد، افزایش مانع در مسیر جریان، افزایش زمان ماندگاری را به همراه داشته است، زیرا با افزایش ارتفاع مانع، خطوط جریان عمیق‌تر شده و طول آن افزایش پیدا کرده است، از این رو زمان ماندگاری نیز افزایش پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی ازآن بود بیشترین مقدار دبی تعادلی در حالتی که ضخامت تنه درخت۳۰ سانتی‌متر در زمستان می‌باشد، اتفاق می‌افتد. همچنین مقدار دبی تبادلی با ایجاد مانع، بیشتر از مقدار دبی تبادلی درحالت بدون مانع می‌باشد. مقدار دبی تعادلی در زمستان بیشتر از مقدار دبی تبادلی درتابستان می‌باشد. همچنین بررسی نفوذ خطوط جریان نشان می‌دهد، با افزایش ضخامت مانع، میزان نفوذ خطوط جریان افزایش یافته است. با توجه به گستردگی زمینه تحقیق، شایسته است تحقیقات بیشتری برای کشف فهم بیشتر از مکانیسم آن انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: تبادلات سطحی و زیر سطحی، جریان هایپریک، کامسول

مقدمه

رودخانه یکی از مهم‌ترین منابع آب انسان‌ها هستند. بشر به موازات گسترش جمعیت خود به طور روزافزونی از این منبع استفاده نموده است. عموماً درگذشته برداشت آب بدون مدنظر قرار دادن توسعه پایدار و محدودیت های حوضه آبریز بوده است، که این به نوبه خود تبعات منفی برای انسان و محیط

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

زیست به همراه داشته است. تغییراتی که در شرایط رودخانه‌ها رخ می‌دهد، تأثیرات فراوانی در اکوسیستم رودخانه بوجود می‌آورد. سیستم آبهای سطحی، زیرسطحی، زیرزمینی و تبادلات بین آنها در سه سطح، نقطه‌ای، بازه و حوزه آبریز می‌باشد. جریانات سطحی از جریانات زیرزمینی شارژ و دوباره به جریان زیرسطحی که در مجاورت آبهای زیرزمینی می‌باشند تخلیه می‌شوند. تغییر و تحول مستمر جزو اصول حاکم بر هر رودخانه‌های است که به دلیل تغییرات در شرایط جریان آن، تغییر و جابه‌جایی در سایر مشخصات هندسی رودخانه را نیز سبب می‌شود. با توجه به اینکه غالباً رودخانه‌ها در بسترهای آبرفتی خود در حال حرکت هستند، در اثر وجود تنش برشی در کف بستر، انواع مختلفی از شکل‌های بستر در کف رودخانه‌ها شکل گرفته است، اشکال شکل گرفته باعث می‌شود تا قسمتی از جریان آب سطحی در رودخانه به محیط متخلخل زیر آن وارد شده و پس از اکسیژن‌رسانی و تغذیه جانداران کفزی دوباره به جریان آب‌سطحی باز گردد. به این نوع جریان‌ها که از اختلاط جریان‌سطحی و جریان زیرسطحی در محیط متخلخل زیر و اطراف رودخانه بوجود می‌آیند، جریان هایپریک (Hyporheic) گفته می‌شود. کاربرد اصلی این اصطلاح را می‌توان در تحقیق اورگیدان یافت (Orghidan, 1959). ایشان منطقه هایپریک را به عنوان یک محیط جدید آب زیرزمینی توصیف کردند که دارای یک زیست‌بوم ویژه است. خصوصیات جریان هایپریک شامل دبی تبادلی، زمان ماندگاری و عمق یا عرض نفوذ این جریان است. دبی تبادلی در واقع مقدار جریانی است که به صورت جریان روبه پایین و رو به بالا، بین بستر و جریان سطحی رد و بدل می‌شود. زمان تبادل جریان هایپریک یا زمان ماندگاری، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا بخشی از جریان سطحی که به دلیل گرادیان فشار به داخل بستر رسوبی وارد شده است دوباره به سطح برگردد. تحولات بیوشیمیایی و اکولوژیکی در منطقه هایپریک به زمان تبادل جریان هایپریک بستگی دارد (Cardenas, 2015). عمق جریان هایپریک، ارتفاع نفوذ آب‌سطحی به داخل بستر را نشان می‌دهد. این عمق از نظر موقعیت تداخل آب‌سطحی و جریان‌های زیرزمینی و نیز عمق زیست‌بوم رودخانه حائز اهمیت است.

در جریان‌های رودخانه معمولا تنه درختان بصورت طبیعی مانع ایجاد می‌کنند. یکی از عوامل مؤثر بر تبادلات هایپریک، گرادیان‌های فشار در بالادست و پایین دست تنه درخت در مسیر رودخانه می‌باشد، گرادیان فشار در اطراف تنه درخت منجر به تبادلات هایپریک شده و باعث ایجاد مناطق پرفشار در بالادست تنه درخت و کم فشار در پایین‌دست آن می‌شود که باعث شکل‌گیری جریان‌های رو به پایین و رو به بالا در محیط هایپریک می‌شوند.

(Marshall *et al.*, 2023) با استفاده از مدل آزمایشگاهی و عددی اثر مشخصات آوارهای چوبی را به‌عنوان محرک جریان بالادست آبگیرها بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که آوارهای چوبی و توالی آنها تاثیر قابل توجهی بر میزان جریان هایپریک دارد.

(Liu *et al.*, 2020) با استفاده از مدل عددی اثر طراحی سازه‌های بهینه را بر حذف نیتروژن توسط ناحیه هایپریک بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که استفاده همزمان از شبیه‌ساز HEC-RAS و شبیه‌ساز COMSOL کمک زیادی در شبیه‌سازی جریان سطحی، زیرسطحی و جریان هایپریک دارد. همچنین تجزیه و تحلیل حساسیت صورت گرفته، نشان از حساسیت زیاد ارتفاع بهینه سازه با دبی جریان را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، مدل‌سازی و نتایج ارائه‌شده از تحقیق محقق و همکاران ، مطالعات آینده را برای طراحی سازه‌های بهینه به‌منظور حذف نیتروژن توسط ناحیه هایپریک را که هدف مهم پروژه‌های احیای رودخانه است، تسهیل می‌کند.

(Doughty *et al.*, 2020) با استفاده از روش مقاومت الکتریکی جریانER Line اثرانسداد جریان ایجاد شده توسط آوارهای چوبی را بر تبادلات هایپریک بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که مقاومت الکتریکی جریانER Line نسبت به روش چاهک کنترلی دقت بیشتری در ثبت داده‌ها در مقیاس زمانی و مکانی دارد.

(Sawyer *et al.*, 2011) طی چندین سال اثر انسداد ایجاد شده توسط کنده‌های چوبی بر تبادلات هایپریک را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آنها نشان داد، جریان آب رودخانه در اطراف آوارهای بزرگ چوبی گرادیان فشار را در امتداد بستر رودخانه ایجاد می‌کند که منطقه بزرگی از اختلاط آبهای زیرزمینی رودخانه و تبادلات هایپریک را سبب می‌شود. همچنین مدل آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی آن‌ها نشان می‌دهد میزان تبادلات هایپریک در نزدیکی کنده چوبی بزرگتر است و به صورت تصاعدی با فاصله از بالادست به سمت پایین‌دست کمتر می‌شود.

(Wondzell *et al.*, 2009) با استفاده از یکسری مدل‌های آب زیرزمینی، اثر حذف آوارهای چوبی بر تبادلات هایپریک جریان را به صورت میدانی در جنوب آلاسکا در رودخانه‌ایی با شیب ملایم و بستر شنی در طول بازه زمانی ۲ و۴ و۱۶ ساله مورد بررسی قرار دادند. ایشان در آزمایش خود از مدل‌های آب زیرزمینی، چون MODFLOW و MODPATH استفاده کردند. با استفاده از نرم‌افزارهای مذکور میزان تبادلات هایپریک جریان، زمان ماند جریان و الگوی طولی و پلان بالادست و پایین دست منطقه هایپریک را شناسایی کردند. نتایج آنها حاکی از این بود که در سال‌های اولیه، آبشستگی بستر جریان به همراه ته‌نشینی رسوب باعث ملایم شدن پروفیل سطح آب، صاف شدن بستر جریان و کاهش تبادلات هایپریک جریان را به همراه داشته است. همچنین زمانی‌که جریان با حذف آوارهای چوبی به تعادل رسید، این روند برعکس خواهد شد. با ادامه روند فوق، توسعه ساختار ریپل–پول را خواهیم داشت. نتایج دیگر تحقیق نشان داد که منطقه هایپریک به تغییرات بارچوب حساس می‌باشد و تغییرات ابتدائی متاثر از حذف توده چوب در تقابل با تاثیرات بلندمدت بارگذاری چوب می‌باشد.

در این تحقیق سعی بر این است با توجه به افزایش روزافزون آلودگی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای، راهکاری ساده، ارزان قیمت و سازگار با طبیعت جهت کاهش بار آلودگی آب، با احیای منطقه هایپریک جریان که نقش کلیدی در کاهش بار آلودگی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

آب دارد، پیشنهاد شود. در این راستا جهت پیش‌بینی میزان تبادلات هایپریک جریان، نیازمند مدل نمودن منطقه مورد بررسی می‌باشد. لذا به‌این منظور کل منطقه مورد بررسی در قالب یک سیستم تعریف می‌شود. بنابراین، با توجه به اهمیت منطقه هایپریک در تبادلات آب سطحی و زیرسطحی و به منظور اندازه‌گیری میزان تبادلات به روش میدانی، نسبت به اندازه‌گیری میزان تبادلات در لایه زیر بستر با استفاده از نفوذپذیری رسوبات بستر و نرم افزار کامسول اقدام شد.

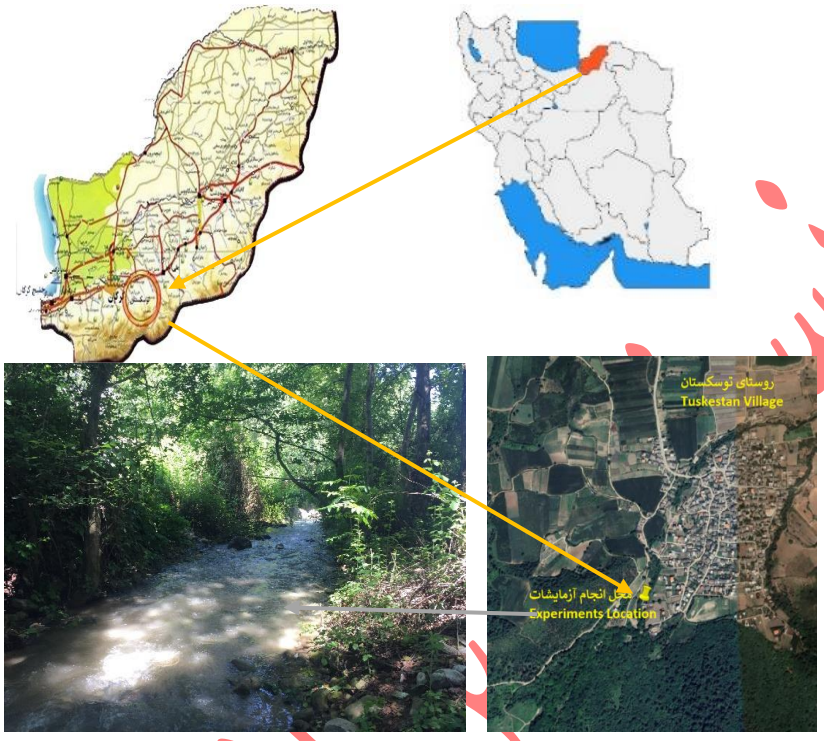
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در رودخانه گرمابدشت گرگان انجام گرفت. رودخانه گرمابدشت از دامنه‌های کوه بلند یزدکی در نقطه‌ای به فاصله ۲۷ کیلومتری جنوب شرقی گرگان سرچشمه می‌گیرد و در جهت شمال جاری می‌شود. از میان ارتفاعات بلند و به هم پیچیده می‌گذرد و وارد دشت‌های شرقی گرگان می‌شود. رودخانه گرمابدشت در شمال شرقی شهرگرگان، با زه آب‌های دیگری برخورد کرده و رودخانه قره‌سو را تشکیل می‌دهد(شکل۱).

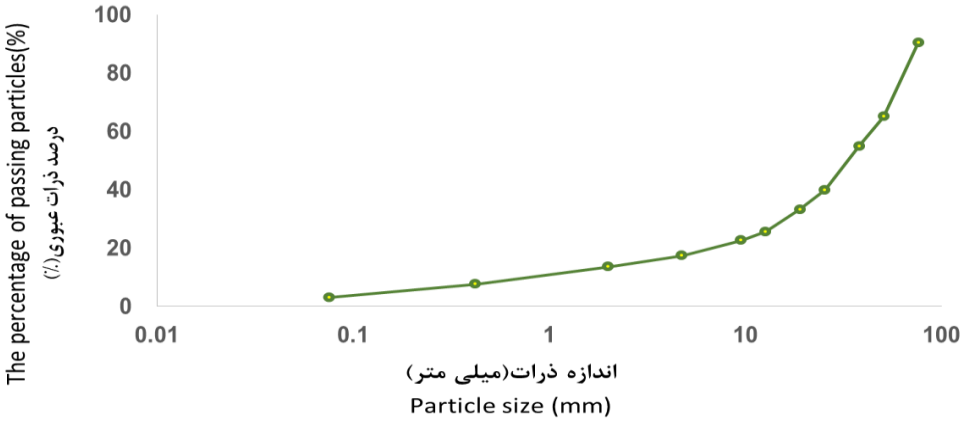
روش انجام مطالعه میدانی: در ابتدا، با توجه به ماهیت مطالعه، نسبت به جمع‌آوری اطلاعات اولیه تحقیق اقدام شد. در گام دوم به‌منظور انجام آزمایش‌های میدانی، نسبت به شناسایی موقعیت انجام آزمایش صورت گرفت. در این مرحله با توجه به پارامترهای یکنواختی شیب، تداوم جریان، امنیت منطقه مورد مطالعه، دسترسی به جاده دسترسی، نسبت به پایش میدانی اقدام و مناسب‌ترین گزینه انتخاب گردید. گام سوم ساخت وسایل مورد نیاز تحقیق می‌باشد. با توجه به ماهیت تحقیق و لزوم اندازه‌گیری داده‌های جریان سطحی و زیر سطحی، نسبت به ساخت مینی پیزومتر و مانومتراقدام شد، همچنین برای شبیه‌سازی اثر تنه‌های درخت در مسیر جریان، نسبت به تهیه لوله پلی اتیلن (بدلیل عدم همکاری اداره منابع طبیعی استان گلستان با درخواست محقق در خصوص در اختیار گذاشتن تنه درخت افتاده در مسیر جریان آب، نسبت به استفاده از لوله پلی اتیلن به‌عنوان تنه درخت اقدام شد) با قطر ۳۰ سانتی‌متر به طول ۶ متر اقدام گردید. بعد از ساخت ابزار و وسایل اندازه‌گیری، نوبت به شبیه‌سازی جریان سطحی در محیط HEC-RAS می‌باشد، برای این منظور نسبت به نقشه‌برداری و تهیه پروفیل طولی، عرضی و شناسایی عوارض موجود در مسیر رودخانه اقدام شد. بعد از ساخت وسایل آزمایش، نیاز هست تا در این مرحله قبل از شروع آزمایش، نسبت به اندازه‌گیری دبی رودخانه اقدام شود. برای این منظور با استفاده از میکرومولینه میزان سرعت، عمق جریان و دبی جریان در محل، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، براساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته شده توسط میکرومولینه، مقدار دبی جریان در تابستان ۱۳۰ لیتر بر ثانیه و در زمستان ۱۴۸ لیتر بر ثانیه در بازه زمانی پژوهش اندازه‌گیری شده است.

بخش اعظم دانش هیدرولوژی در زمینه‌های ریخت شناسی و رفتار رودخانه‌ها بر نتایج حاصله از اندازه گیری مستقیم آب استوار است. یکی از مهمترین بخش‌های علم هیدرولوژی، هیدرومتری یا آب‌سنجی می‌باشد. هیدرومتری یا آب سنجی به علم اندازه گیری و پایش اجزای تشکیل دهنده چرخه آب مانند بارندگی، آب‌های سطحی،آب‌های زیرزمینی و حتی کیفیت آب گفته می‌شود. مسائل مربوط به سنجش‌های مختلف تراز آب، مقدار جریان، سرعت آب و موارد مشابه نیز در حیطه این علم قرار می‌گیرند. در تحقیق حاضر برای اندازه گیری جریان‌سطحی از دستگاه میکرومولینه و جهت اندازه‌گیری جریان زیرسطحی از مینی‌پیزومتر استفاده شد. با اندازه‌گیری سرعت جریان و دبی رودخانه، قبل از اینکه نسبت به شناسایی لایه زیر بستر اقدام شود، نیاز به انحراف مسیر جریان آب می‌باشد. برای این منظور، با استفاده از لوله‌های تهیه شده با قطر ۳۰۰ میلی‌متر، نسبت به انحراف آب اقدام شد. با انحراف جریان آب و خشک شدن بخشی از بستر رودخانه، نسبت به نمونه‌برداری از بستر تا عمق ۷۰ سانتی‌متر اقدام گردید(شکل۲). جهت نصب مینی‌پیزومتر، ابتدا با استفاده از لوله، چکش و یک میله فولادی نسبت به ضربه زدن میله فولادی اقدام گردید. بدین ترتیب تعداد ۲۱ عدد مینی پیزومتر در عمق ۵۰ سانتیمتر از بستر رودخانه نصب شد. با توجه به اینکه نصب مینی پیزومتر سبب گرفتگی شبکه مشبک پیرامون لوله مینی‌پیزومتر می‌شود لذا در این مرحله نسبت به توسعه مینی پیزومتر اقدام شد، برای این منظور عملیات پمپاژ آب به داخل مینی پیزومتر و سپس تخلیه مجدد آب از مینی پیزومتر به بیرون انجام شد. به عبارتی هدف از این فرآیند، ایجاد ارتباط هیدرولیکی بین مینی پیزومتر با رسوبات اطراف آن می‌باشد. بعد از نصب مینی‌پیزومتر، نوبت به قراردادن اولین شاخه لوله در مسیر مقطع رودخانه می‌باشد. برای این منظور از لوله‌های ۶ متری با قطر ۳۰ سانتیمتری که نقش تنه درخت را در این پژوهش ایفا می‌کند مورد استفاده قرار گرفت. با نصب اولیه شاخه از لوله و بالا آمدن سطح آب در پشت آن، بعد از ۴۸ ساعت نسبت به اندازه‌گیری اختلاف هد هیدرولیکی بین آب جاری و سطح آب در مینی‌پیزومتر با استفاده از مانومتر ساخته شده اندازه‌گیری گردید. در این مرحله با اندازه‌گیری سری اول آزمایش، دو تا شاخه لوله در کف و یک شاخه روی آن قرار داده شد، این روند را برای حالت سوم، حالت سه تا لوله در کف، دو تا روی قبلی و یک شاخه روی دو تا شاخه قبلی ادامه داده شد و در هر مرحله اختلاف هد هیدرولیکی در مانومتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مجموعه تصاویر مربوط به آزمایش میدانی در شکل ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]



شکل ۱- موقعیت انجام پژوهش
Figure 1. Research location



شکل۲- نمودار دانه‌بندی ذرات بستر و زیر بستر از عمق ۰ تا ۷۰ سانتیمتر
Figure 2. Granulation diagram of bed and sub-bed particles from 0 to 70 cm depth

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

شکل ۳- مجموعه تصاویر مربوط به آزمایش‌های میدانی
Figure 3. Collection of images related to field tests

در گام بعدی، بعد از گرفتن خروجی مدلHEC-RAS (از قبیل: هد کل جریان سطحی، ارتفاع سطح آب)نسبت به ورود داده‌ها در شبیه‌ساز جریان آب زیرزمینی که در این تحقیق، نرم افزار COMSOL می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار مدل عددی کامسول، بر مبنای رابطه Brainking-Darcy می‌باشد که در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$\rho\left(\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{1}{\varepsilon^2}(u.\nabla u)\right)+\nabla p-\mu_e\nabla^2 u+\frac{\mu}{k}u=0 \qquad (۱)$$

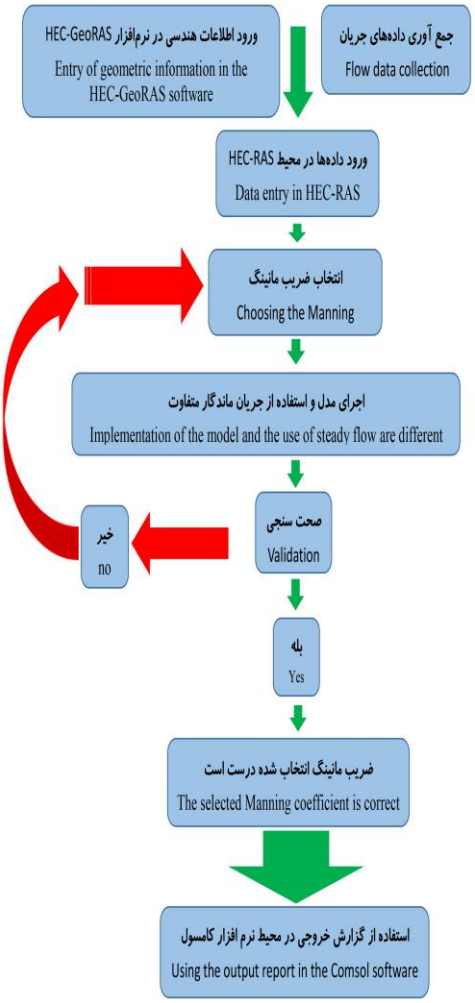
که در آن ρ = دانسیته سیال ،u = سرعت جریان،t= زمان،p = فشار،μ = ویسکوزیته دینامیکی،μ_e= ویسکوزیته موثر یا ویسکوزیته سینماتیکی،k = نفوذپذیری موثر،ε = ضریب تخلخل براینکین،μ/k u = ترم دارسی می باشد.

نرم افزار COMSOL-Multiphysics یک مجموعه مدل‌سازی برای شبیه‌سازی فرآیندهای فیزیکی است که می‌تواند معادلات دیفرانسیل جزئیPDE را توصیف کند. در نرم‌افزار کامسول، ماژول‌های مختلفی در اختیار کاربر قرار داده شده است که ماژول مورد استفاده در این تحقیق، ماژول آب زیرسطحی می‌باشد. ماژول جریان زیرسطحی برای مهندسین و دانشمندانی که می‌خواهند جریان سیال را در زیر زمین یا سایر محیط‌های متخلخل شبیه‌سازی کنند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرضیات بکارگرفته شده در این تحقیق و بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط محققان دیگر بر مبنای: ۱- هد هیدرولیکی به‌عنوان شرایط مرزی بالای سیستم برای شبیه‌سازی جریان‌سطحی و زیرسطحی در نظرگرفته شده است.۲- برای بالادست تنه‌های درخت(در این تحقیق لوله با قطر ۳۰ سانتی‌متر) جائیکه عمق جریان به عمق بحرانی افزایش یافت به‌عنوان شرایط مرزی بالادست و جائیکه عمق جریان در پایین دست به عمق نرمال جریان افزایش یافت بعنوان شرایط مرزی پایین‌دست در نظر گرفته شده است. ۳- جریان بصورت ماندگار در مدل HEC-RAS در نظر گرفته شده است. ۴- روندیابی از روی تنه درخت که مثل یک سریز می‌باشد و ارتباط مشخصی بین دبی و ارتفاع جریان وجود دارد تا عمق بحرانی در بالادست صورت می‌گیرد. ۵- شرایط مرزی پایین‌دست، درست در پایین‌دست تنه درخت، جائی‌که عمق جریان به عمق نرمال تبدیل می‌شود ادامه دارد.۶- در ترکیب مدل شبیه‌سازی آب‌سطحی و زیرزمینی، هد هیدرولیکی بعنوان شرایط مرزی بالائی سیستم در نظر گرفته خواهد شد.۷- برای شبیه‌سازی جریان زیرزمینی، هد هیدرولیکی در طول بستر جریان به عنوان شرایط مرزی بالای سیستم در نظر گرفته شده است. در این قسمت فرض بر این است که جریانی از بستر زیری به داخل بستر جریان وارد نمی‌شود و نفوذ آب از لایه زیر بستر به داخل جریان نادیده گرفته شده است. همچنین در سیستم، فرض بر این است که جریانی از طرفین ساحل چپ و راست وارد سیستم تعریف شده نمی‌شود و ۹- جریانی از بین تنه‌های درخت صورت نمی‌گیرد. با توجه فرضیات بکار گرفته شده در محیط شبیه‌سازهای HEC-RAS وCOMSOL- Multiphysics، مراحل انجام شبیه‌سازی در نمودارهای ۴و ۵ نشان داده شده است.

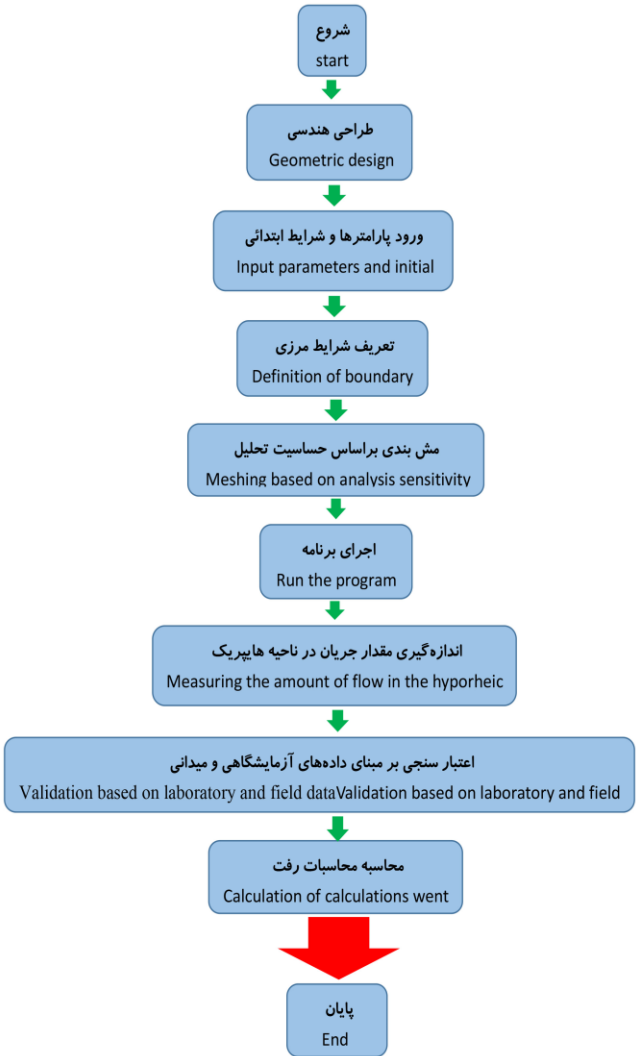
نسخه پذیرفته شده در انتشار

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]



شکل ۴- مراحل شبیه سازی جریان سطحی با استفاده از شبیه‌ساز HEC-RAS

Figure 4. Surface flow simulation steps using the HEC-RAS simulator



شکل ۵- مراحل شبیه سازی جریان زیرزمینی در ناحیه هایپریک با استفاده از شبیه ساز کامسول

Figure 5. The steps of simulating the underground flow in the hyperic area using the comsol simulator

نتایج و بحث

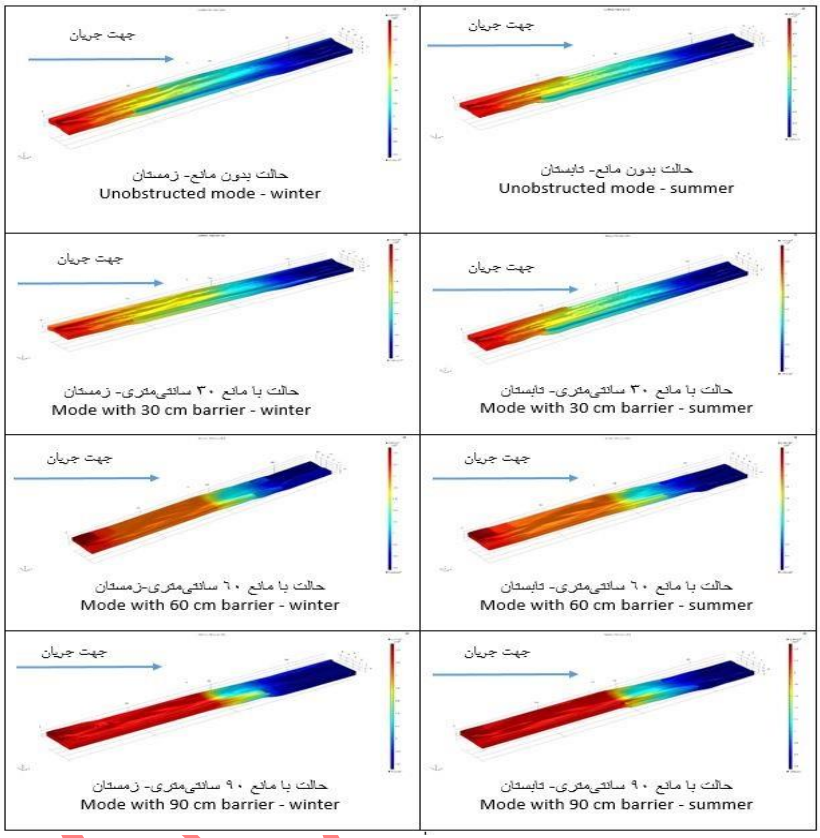
از عوامل ایجاد تبادل هایپریک وجود گرادیان فشار در مرز جریان‌سطحی و محیط متخلخل است. گرادیان فشار در اثر عوامل مختلفی مانند موانع موجود در سر راه جریان و یا فرم‌های بستر شکل می‌گیرد. که بسته به بزرگی این عوامل بر روی مقدار تبادل و عمق گستردگی تبادل‌های هایپریک تأثیر خواهد گذاشت (Elliott and Brooks ,1997).

وجود موانع مختلف از قبیل تخته سنگ‌ها در مسیر جریان، فرم بسترها، از عوامل رایج تغییر فشار در رودخانه‌ها می‌باشند که شکل‌گیری مناطق پرفشار در بالادست مانع و کم فشار در پایین‌دست آن باعث جریان‌های رو به پایین و رو به بالا در محیط هایپریک می‌شود، این سازوکار تحت عنوان تبادل‌های پمپینگ(Elliott & Brooks ,1997) یا انتقال ناشی از فرم بستر تعریف می‌شود . همچنین مناطق کم فشار و پرفشار می‌تواند ناشی از تغییرات هر یک از اجزا معادله انرژی از قبیل تغییرات تراز بستر، تغییرات ناشی از فشار استاتیکی و یا ناشی از تغییرات دینامیکی فشار باشد. با توجه به اینکه تنه‌های درخت در مسیر جریان(در این تحقیق لوله با قطر ۳۰ سانتی‌متر) باعث ایجاد انسداد جریان می‌شوند، انسداد شکل گرفته، گرادیان‌های فشار در بالادست و پایین‌دست تنه درخت در مسیر رودخانه ایجاد می‌نماید. گرادیان فشار در اطراف تنه درخت منجر به تبادلات هایپریک شده و باعث ایجاد مناطق پرفشار در بالادست تنه درخت و کم فشار در پایین‌دست می‌شود که باعث شکل‌گیری جریان‌های رو به پایین و رو به بالا در محیط هایپریک شکل خواهد گرفت.

عامل بعدی در ایجاد تبادل هایپریک مربوط به تغییرات سطح مقطع در محیط متخلخل است. کاهش سطح مقطع محیط متخلخل، ظرفیت نگهداشت محیط را کاهش داده و باعث ایجاد جریان‌های رو به بالا خواهد شد، به عکس افزایش

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

سطح مقطع باعث افزایش ظرفیت نگهداشت شده و جریان رو به پایین را در پی خواهد داشت. آخرین عامل، هدایت هیدرولیکی بستر رسوبی است. در واقع تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی باعث ایجاد جریان هایپریک خواهد شد. کاهش هدایت هیدرولیک مانع از ورود آسان جریان می‌شود و در بستر رسوبی باعث انحراف جریان و ایجاد جریان‌های روبه بالا خواهد شد، و به عکس افزایش هدایت هیدرولیکی منجر به کشش جریان بیشتر درون بستر رسوبی خواهد شد. در شکل۶ اثر افزایش ارتفاع تنه‌های درخت بر جریان هایپریک با استفاده از شبیه ساز کامسول نشان داده شده است.

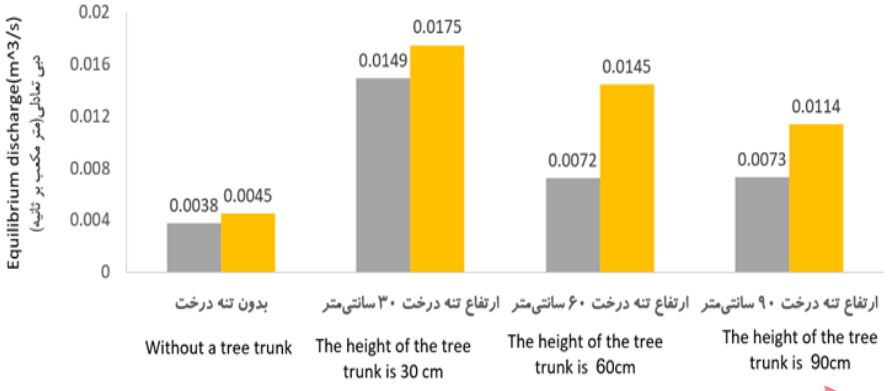


شکل ۶- نمونه شبیه سازی توزیع فشار در شبیه‌ساز کامسول

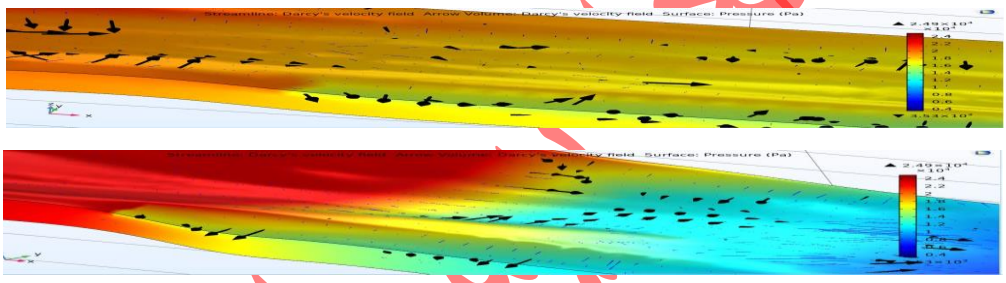
Figure 6. An example of pressure distribution simulation in the Comsol simulator

مهمترین ویژگی جریان هایپریک، شامل: دبی تبادلی، زمان ماندگاری و عمق یا عرض نفوذ است. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، دبی تبادلی در حالت بدون درخت کمترین مقدار ممکن اما در حالت تنه درخت با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر، بیشترین میزان دبی تبادلی را داشته و دوباره در تنه‌های درخت به ارتفاع ۶۰ سانتی متر و ۹۰ سانتی‌متر به روند افزایشی دبی تبادلی نسبت به حالت بدون مانع بر می‌گردد. همچنین دبی تبادلی با افزایش ارتفاع تنه درخت نسبت به حالت بدون تنه درخت افزایش یافته است. نتایج شبیه سازی و محاسبات دبی تبادلی نشان می‌دهد، برای ارتفاع ۳۰ سانتیمتری تنه درخت، بیشترین مقدار دبی تبادلی مشاهده شده است. دلیل این مساله می‌تواند به دلیل وجود تعدد هسته های هایپریک بیشتر نسبت به دو ارتفاع بیشتر و طول کمتر خطوط جریان است. زیرا با افزایش ارتفاع تنه درخت، نفوذ خطوط جریان عمیق‌تر شده است و در نتیجه طول خطوط جریان افزایش داشته و بنابراین افت هیدرولیکی آن بیشتر شده و لذا سرعت خروج جریان از بستر کم خواهد بود و در نهایت دبی خروجی از بستر کاهش می‌یابد. بنابراین در ارتفاع ۳۰ سانتی متری تنه درخت، بیشترین مقدار تبادلات هایپریک اتفاق می‌افتد. دلیل دیگر این است که در حالت بدون مانع، جریان تمایل دارد در مسیر رودخانه بیشتر به‌صورت سطحی طی شود. اما با ایجاد مانع کوتاه‌تر (۳۰ سانتی‌متری) در مسیر جریان، ناگهان حالت انسداد رخ داده و جریان بیشتری به منطقه هایپریک نفوذ می‌کند. در صورتیکه در حالت موانع بلندتر (۶۰ و ۹۰ سانتی متری) جریان به اطراف منحرف شده و در نتیجه میزان دبی تبادلی کمتری نسبت به حالت مانع کوتاه(۳۰ سانتی‌متری) دارد. چنین پدیده‌ای نیاز به تحقیقات بیشتری جهت پیداکردن آستانه رفتار دوگانه وجود دارد و بهتر است در تحقیقات آتی بصورت دوبعدی جریان در حالت مسیر جریان و بصورت عمود بر جریان مورد بررسی قرار گیرد. باتوجه به شکل ۸ ،همانطور که ملاحظه می شود در حالت ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری (شکل بالائی) نسبت به حالت ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر(شکل پایین) ، خطوط جریان در مسیر رودخانه به مراتب بیشتر از حالت ۹۰ سانتی متری می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

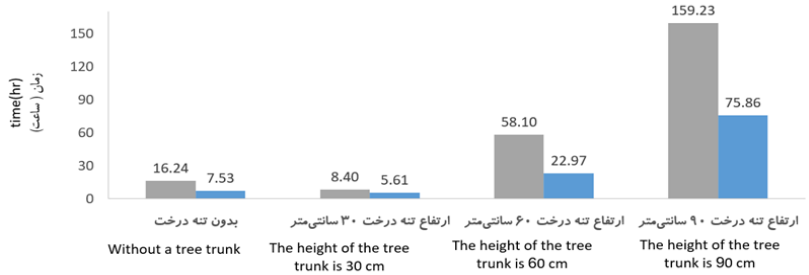


شکل ۷- اثر افزایش تنه‌های درخت افتاده در مسیر جریان بر میزان دبی تبادلی
Figure 7. The effect of increasing fallen tree trunks in the flow path on the amount of exchange discharge
***-رنگ خاکستری، دبی تبادلی در تابستان، دبی ازمایش ۱۳۰ لیتر بر ثانیه
***-رنگ نارنجی، دبی تبادلی در زمستان، دبی آزمایش ۱۴۸ لیتر بر ثانیه
***-Gray color, exchange flow in summer, test flow 130 l/s
*** -Orange color, exchange flow in winter, test flow 148 l/s



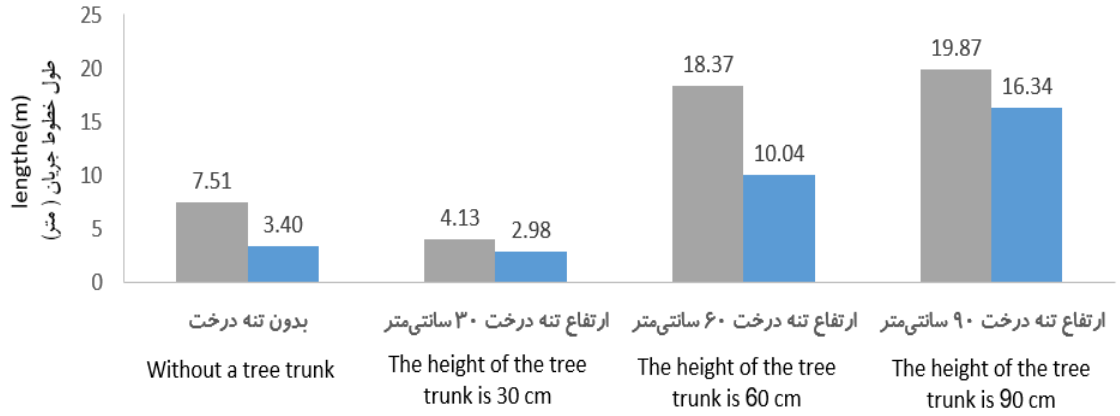
شکل ۸- خطوط جریان در جریان هایپریک در دو حالت تنه درخت ۳۰ (شکل بالا) و ۹۰ (شکل پایین) سانتی متری در تابستان
Figure 8. Flow lines in hyporheic flow in two states of tree trunk 30 (upper figure) and 90 (lower figure) cm in summer

یکی دیگر از ویژگیهای مهم جریان هایپریک، زمان ماندگاری می‌باشد. زمان ماندگاری، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا بخشی از جریان سطحی که به دلیل گرادیان فشار به داخل بستر رسوبی وارد شده است دوباره به سطح برگردد. این زمان در واکنش‌های شیمیایی محلول‌ها بسیار حائز اهمیت است. با استفاده از خروجی خطوط جریان شبیه ساز کامسول، اطلاعات خطوط جریان از مسیر حرکت و زمان طی شده ذرات در هر نقطه از مسیر در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. با توجه به خروجی مدل شبیه‌سازی در شکل‌های۹،۱۰و۱۱ ، با ایجاد مانع ۳۰ سانتی‌متری، بدلیل اینکه تعدد خطوط جریان‌های کوتاه‌تر بیشترشده است ، شاهد کاهش زمان ماندگاری، طول خطوط جریان و عموق نفوذ می‌باشیم. اما با افزایش روند ارتفاع مانع، خطوط جریان عمیق‌تر شده، طول مسیر جریان افزایش داشته است، بنابراین زمان ماندگاری، طول مسیر جریان و عمق نفوذ افزایش پیدا کرده است. از طرفی دیگر با افزایش طول خطوط جریان، افت هیدرولیکی افزایش یافته و جریان در هنگام خروج از بستر متخلل به دلیل افت زیاد با فشار و سرعت کمتر مواجع شده و لذا دبی کمتری از سطح مقطع خارج می‌شود.



شکل۹-زمان ماندگاری خطوط جریان هایپریک برای ارتفاع های مختلف تنه درخت
Figure 9. Persistence time of hyporheic flow lines for different tree trunk heights
***-رنگ خاکستری، زمان ماندگاری جریان هایپریک در تابستان، دبی ازمایش ۱۳۰ لیتر بر ثانیه
***- رنگ آبی، زمان ماندگاری جریان هایپریک در زمستان، دبی ازمایش ۱۴۸ لیتر بر ثانیه
***-Grey color, hyporheic flow retention time in summer, test flow rate 130 l/s
***-Blue color, hyporheic flow retention time in winter, test flow rate 148 liters/second

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]



شکل۱۰- میانه طول خطوط جریان جریان هایپریک برای ارتفاع های مختلف تنه درخت

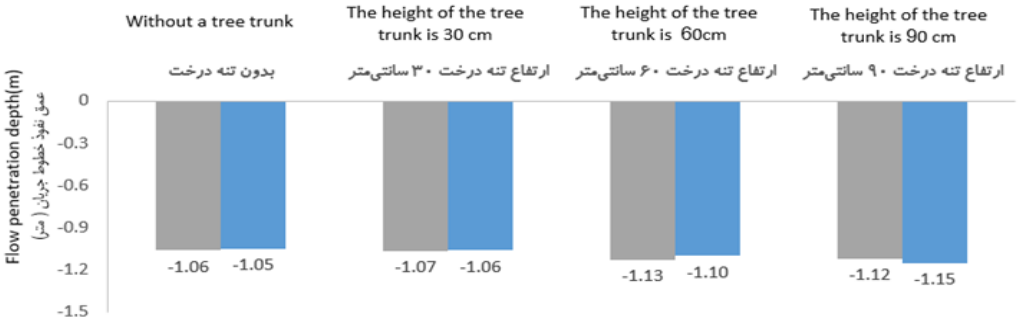
Figure 10. Average length of hyporheic flow lines for different tree trunk heights

***-رنگ خاکستری، طول خطوط جریان هایپریک در تابستان، دبی ازمایش ۱۳۰ لیتر بر ثانیه

***- رنگ آبی، طول خطوط جریان جریان هایپریک در زمستان، دبی ازمایش ۱۴۸ لیتر بر ثانیه

***-Grey color, hyporheic flow retention time in summer, test flow rate 130 l/s

***-Blue color, hyporheic flow retention time in winter, test flow rate 148 liters/second



شکل۱۱- بیشترین عمق نفوذ خطوط جریان هایپریک برای ارتفاع های مختلف تنه درخت

Figure 11. The maximum penetration of hyporheic flow lines for different tree trunk heights

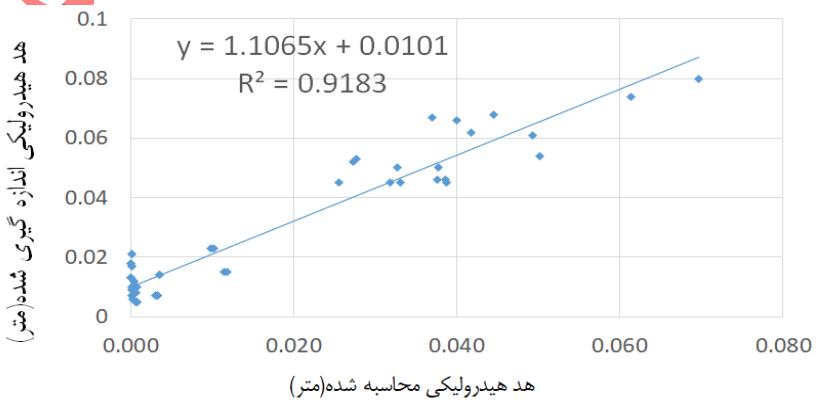
رنگ خاکستری، بیشترین عمق نفوذ خطوط جریان هایپریک در تابستان، دبی ازمایش ۱۳۰ لیتر بر ثانیه

***- رنگ آبی، بیشترین عمق نفوذ جریان جریان هایپریک در زمستان، دبی ازمایش ۱۴۸ لیتر بر ثانیه

***-Grey color, hyporheic flow retention time in summer, test flow rate 130 l/s

***-Blue color, hyporheic flow retention time in winter, test flow rate 148 liters/second

با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در محل و مقایسه آن با خروجی شبیه‌ساز کامسول، شاهد شبیه‌سازی مناسبی توسط این شبیه‌ساز می‌باشیم. در شکل ۱۲ ارتباط بین برداشت‌های میدانی با شبیه‌سازی صورت گرفته توسط شبیه‌ساز کامسول نشان داده شده است.



شکل ۱۲- مقایسه مقدار هد هیدرولیکی اندازه‌گیری شده با مقدار هد هیدرولیکی محاسبه شده

Figure 12. Comparison of the measured hydraulic head value with the calculated hydraulic head value

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

در نمودار شکل۱۲ ،از رابطه رگرسیون خطی درجه یک استفاده شده است که ضریب عرض از مبدا آن ۰/۰۱ و شیب آن ۱/۱ می‌باشد. با توجه به تحلیل رگرسیونی صورت گرفته، مقدار سطح معنی دار بودن آن کمتر از ۰/۰۵ و مقدار خطای استاندارد ۴/۵ درصد محاسبه شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد، بیشترین مقدار دبی تعادلی در زمستان برای ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بیشتر از مقدار دبی تبادلی، نسبت به حالت بدون مانع و افزایش ارتفاع‌های دیگر (ارتفاع ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر) می‌باشد. همچنین افزایش دبی جریان و ایجاد هد، تاثیر مستقیمی بر میزان دبی هایپریک دارد. نتایج دیگر تحقیق نشان داد، با افزایش تعداد تنه‌های درخت(لوله به جای تنه درخت) زمان ماندگاری، طول مسیر جریان هایپریک و عمق نفوذ جریان در زیر بستر روند افزایشی دارد.

مهمترین نتیجه این تحقیق، بیان این واقعیت است که، رودخانه بهترین پالاینده طبیعی می‌باشند. با اعمال کمترین تغییر در ساختار طبیعی رودخانه، می‌توان شاهد بیشترین خودپالایی در محیط زیست باشیم. با توجه به اینکه معمولا تنه‌های درختان در اثر باد و رعد و برق در مسیر رودخانه‌ها می‌افتند، با قراردادن آنها در مسیر جریان، می‌توانند نقش مهمی در افزایش تبادلات هایپریک و ایجاد خودپالایی در رودخانه‌ها ایفا نمایند.

رودخانه‌ها از مهمترین منابع آب‌های سطحی هستند. کیفیت آب این منابع به عوامل مختلفی از جمله عوامل هیدرولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی وابسته است. این منابع از لحاظ توسعه اجتماعی، اقتصادی و سیاسی بسیار حائز اهمیت هستند. با عنایت به اینکه رودخانه گرمابدشت بعنوان یکی از منابع مهم در تامین آب شرب شهر گرگان می‌باشد، در این تحقیق میدانی سعی بر این است با توجه به مطالعات صورت گرفته در خصوص احیای رودخانه، با استفاده از مصالح محلی و سازگار با طبیعت مانند تنه درخت افتاده در مسیر جریان، اثرات آن بر منطقه هایپریک جریان که تاثیر مستقیمی بر چرخه اکولوژی طبیعت دارد، مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاریهای ارزنده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و شرکت آب منطقه‌ای گلستان صمیمانه تشکرمی‌گردد.

منابع

Boano, F., Harvey, J.W., Marion, A., Packman, A.I., Revelli, R., Ridolfi, L., & Wörman, A. 2014. Hyporheic flow and transport processes: Mechanisms, models, and biogeochemical implications. Reviews of Geophysics. 52(4): 603-679. https://doi.org/10.1002/2012RG000417

Buss, S., Cai, Z., Cardenas, B., Fleckenstein, J., Hannah, D., Heppell, K., & Wood, P. 2009. The Hyporheic Handbook: a handbook on the groundwater-surface water interface and hyporheic zone for environment managers. http://publications.environment-agency.gov.uk/

Cardenas, M. B. 2015. Hyporheic zone hydrologic science: A historical account of its emergence and a prospectus. *Water Resources Research*. 51(5): 3601-3616. https://doi.org/10.1002/2015WR017028

Doughty, M., Sawyer, A. H., Wohl, E., & Singha, K. 2020. Mapping increases in hyporheic exchange from channel-spanning logjams. *Journal of Hydrology*. 587(1): 124931. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124931

Elder, K. and Kattelman, R. 1990. Refinements in dilution gauging for mountain stream, Hydrology in Mountainous Regions. 193(1). : 247- 254. http://www.forrex.org/streamline

Elliott, A. H., and Brooks, N. H. 1997. Transfer of nonsorbing solutes to a streambed with bed forms: Theory. *Water Resources Research*. 33(1): 123-136. https://doi.org/10.1029/96WR02784

Gees, A. 1990, Flow measurement under difficult measuring conditions: field experience with the salt dilution method, Hydrology in Mountainous Regions. 193: 255-262. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:126419937

Hester, E. T., & Doyle, M. W. 2008. Instream geomorphic structures as drivers of hyporheic exchange. *Water Resources Research*: 44-47 . https://doi.org/10.1029/2006WR005810

Johnston, D.E. 1988, Some Recent Developments of Constant- Injection Salt Dilution Gauging in River, *Journal of Hydrology* (N. Z.). 27(2): 128- 153. https://www.jstor.org/stable/43944616

Liu, S., & Chui, T. F. M. (2020). Optimal In-Stream Structure Design through Considering Nitrogen Removal in Hyporheic Zone. Water, 12(5). http://dx.doi.org/10.3390/w12051399

Marshall, A., Zhang, X., Sawyer, A. H., Wohl, E., & Singha, K. (2023). Logjam Characteristics as Drivers of Transient Storage in Headwater Streams. *Water Resources Research*, 59(3), e2022WR033139. https://doi.org/10.1029/2022WR033139

Moor, R.D. 2005, Introduction to Salt Dilution Gauging for Stream flow Measurement Part III: Slug Injection Using Salt in Solution, Streamline Watershed Management Bulletin. 8(2): 1-6. http://www.forrex.org/streamline

Moore, R. D. 2005. Slug injection using salt in solution. Streamline Watershed Management Bulletin. 8(2), 1-6. http://www.forrex.org/streamline

Orghidan, T. 1959. A new Lebensraum of unterirdischen Waters: der hyporheische Biotop. Arch. Hydrobiol, 55(3): 392-414. http://dx.doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0176-0291

Packman, A. I., Salehin, M., and Zaramella, M. 2004. Hyporheic exchange with gravel beds: basic hydrodynamic interactions and bedform-induced advective flows. *Journal of Hydraulic Engineering*. 130(7): 647-656. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2004)130:7(647)

Stewardson, M., Datry, T., Lamouroux, N., Pella, H., Thommeret, N., Valette, L., & Grant, S. 2016. Variation in reach-scale hydraulic conductivity of streambeds. *Geomorphology*. 2591: 70-80 .

Stewardson, M., Datry, T., Lamouroux, N., Pella, H., Thommeret, N., Valette, L., & Grant, S.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

2016. Variation in reach-scale hydraulic conductivity of streambeds. *Geomorphology*. 2591: 70-80.
Sawyer, A. H., Bayani Cardenas, M., & Buttles, J. 2011. Hyporheic exchange due to channel-spanning logs. *Water Resources Research*. 471: 47-53. https://doi.org/10.1029/2011WR010484
Shahsavari, A.A., Khodaei, K., Delkhahi, B., Hatefi, R., Asadian, F., & Najibi, S.M.A.. 2015. Design and construction of minipiezometers to determine surface water-groundwater interactions. *Iranian Journal of Geology*, 9(35), 61-73 , (In persian).
Tonina, D., & Buffington, J. M. 2009. Hyporheic exchange in Mountain Rivers I: Mechanics and environmental effects. Geography Compass. 3(3): 1063-1086. https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2009.00226.x
Tonina, D. 2005. Interaction between river morphology and intra-gravel flow paths within the hyporheic zone. (Ph.D Dissertation), University of Idaho, Boise. United States. https://www.lib.uidaho.edu/digital/etd/items/etd_139.html
Vaux, W. G. 1968, Intragravel flow and interchange of water in a streambed, Fish. Bull. 66(3): 479-489. https://doi.org/10.1007/BF00006106
Wondzell, S. M., LaNier, J., Haggerty, R., Woodsmith, R. D., & Edwards, R. T. 2009. Changes in hyporheic exchange flow following experimental wood removal in a small, low-gradient stream. *Water Resources Research*. 451:45-50. https://doi:10.1029/2008WR007214, 2009
Woessner, W. W. 2017. Hyporheic zones. In Methods in Stream Ecology. 81: 129-157. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416558-8.00008-1

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]

“Research Paper”

Investigating the Impact of Fallen tree Trunks on the River Flow Path on the Characteristics of the Hyporheic Area Using Comsol Software (Case Study of Garmabdasht River, Gorgan)

Mohsen Barzali[1], Mohsen Masoudian[2], Ramin Fazloula[3], Amir Ahmad Dehghani[4]

1. Ph.D. student of hydraulic structures, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University and expert in irrigation and drainage networks of Golestan Regional Water Company.
2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural resources University, Sari, Iran. (Corresponding author: masoudian@sanru.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
4. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Gorgan Agricultural Sciences and Natural resources University, Gorgan, Iran.
Received: 24 September, 2023 Accepted: 23 December, 2023

Extended Abstract

Introduction and purpose: Rivers are complex systems in which all kinds of chemical, biological and physical processes have taken place and are changing under the influence of various factors and variables in terms of dimensions, shape, direction and pattern. The changes that occur in the conditions of the rivers have many effects on the river ecosystem. Carrying out any activity in rivers requires knowing the rules governing the river and predicting the river's reaction to it in order to avoid the related harmful consequences. It is usually difficult to understand the processes of rivers by measuring hydraulic parameters on a real scale. On the other hand, sediment transport modeling is also a very complex and difficult matter, because the information that is used to predict bed changes is basically uncertain and the theories used are also experimental and highly sensitive to a wide range of physical variables. They show themselves. The high costs of laboratory equipment and the limitation of the use of measuring devices are among other reasons that limit the use of physical methods and lead experts to mathematical and numerical modeling to simulate the flow inside water channels. Continuous change is one of the governing principles of every river, the change in flow conditions also causes change and displacement in other geometric characteristics of the river. Due to the fact that rivers are often moving in their alluvial beds, due to the shear stress in the bed, different types of bed forms have been formed in the river bed. The formed shapes cause a part of the surface water flow in the river to enter the porous environment below it and return to the surface water flow after oxygenating and feeding the benthic organisms. This type of currents that arise from the mixing of surface current and subsurface current in the porous environment under and around the river is called hyperic current. The surface, subsurface, and underground water system and exchanges between them are in three levels: point, interval and watershed. Fallen tree trunks are common structures in rivers. One of the factors of creating hyperic exchange is the presence of pressure gradient at the border of surface flow and porous medium. The pressure gradient is caused by various factors such as obstacles in the flow path or bed forms. Depending on the magnitude of these factors, it will affect the amount of exchange and the depth of the hyperic expansion. The first step in understanding the phenomenon of hyperic and its application is to examine the changes in the characteristics of this area, including the amount of current exchange, depth and retention time. Therefore, the objectives of this research are: to investigate the effect of natural obstacles created by tree trunks on hyperic characteristics and the effect of the arrangement of natural obstacles created by tree trunks on hyperic characteristics.

Material and Methods: The current field research was carried out in the summer and winter seasons of 1400 in Garambadesht river of Gorgan to investigate the effect of fallen tree trunks on the river path as a natural flow barrier in different conditions of tree trunk thickness (thickness 30-60-90 cm). Garmabadesht River, as one of the most important sources of drinking water for the city of Gorgan, originates from the slopes of Yazdaki Mountain at a point 27 km southeast of Gorgan and continues to flow north. Then it passes through the high and complex heights and enters the eastern plains of Gorgan. In order to carry out the present research, piezometers were installed in the upstream and downstream of the tree trunks, and then evaluated using a numerical model in the Comsol software environment, compared to the simulation of the hyperic flow to estimate the amount of exchange flow.

Findings: This study obtained convincing findings regarding the correlation between piezometer observational data and numerical simulation results. Investigations showed that there is a 91% correlation between piezometer observation data and simulation results. Based on this, the computational exchange flows from the numerical model were investigated. The findings showed that the amount of exchanged flow in blocked conditions is higher than in non-blocked conditions. This issue shows that tree trunks can have a significant impact on the dynamics of hyperic flow, its important consequence is the direct impact on river ecosystems, especially in relation to the preservation of coastal vegetation and aquatic habitats. Also, the investigation of the retention time of the flow lines in three obstacle states shows that the increase of the obstacle in the flow path has resulted in the increase of the retention time, because with the increase in the height of the obstacle, the flow lines have become deeper and their length has increased, hence the time Durability has also increased.

Conclusion: The results indicated that the maximum amount of equilibrium discharge occurs in the case where the thickness of the tree trunk is 30 cm in winter. Also, the amount of exchange flow with obstruction is higher than the amount of exchange flow without obstruction. The equilibrium flow rate in winter is higher than the exchange flow rate in summer. Also, the investigation of the penetration of flow lines shows that with the increase in the thickness of the barrier, the penetration rate of flow lines has increased. Considering the vastness of the research field, it is appropriate to conduct more research to discover more understanding of its mechanism.

Keywords: Comsol, Hyporheic Flow, Surface and Subsurface Exchanges

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-05-10]