دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش زمین شناسی زیست محیطی

عنوان:

ارزیابی اثرات زیست محیطی سیلابهای بزرگ

مطالعه موردی سیلابهای گرگانرود (شرق سد گلستان)

نگارش:

خدیجه محمودی کلیمی

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور

دکتر ابراهیم یخکشی

خرداد ۸۶

بسمه تعالی

تاریخ : ۸۶/۷/۲
شماره: ۱۱۴۳۱/۹/د
پیوست :
کد: FR/EA/14

فرم شمارهٔ ۱۱ ـ فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه
تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم **خدیجه محمودی کلیمی** رشته **زمین شناسی** گرایش **زیست محیطی** که در تاریخ **۸۶/۳/۲۹** با

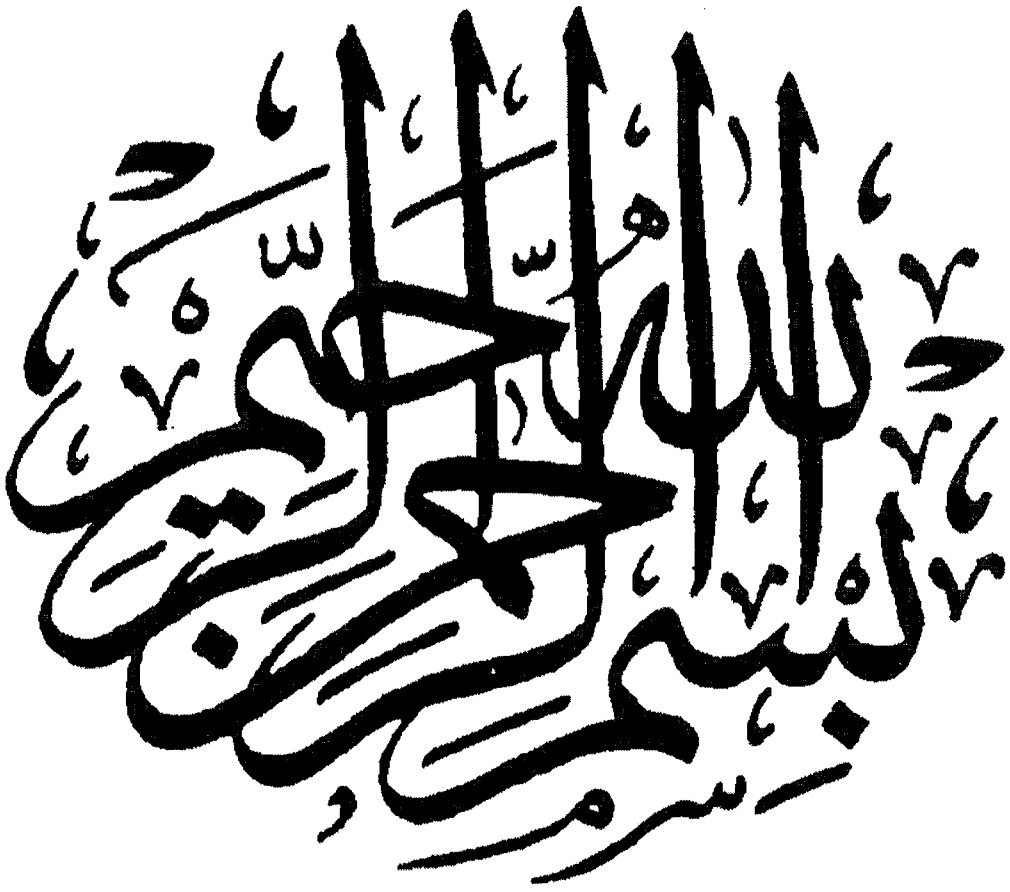
حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

☐ قبول (با درجه : عالی امتیاز ۱۹/۵) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۸)
۲ـ بسیار خوب (۱۷/۹۹ ـ ۱۶)
۳ـ خوب (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)
۴ـ قابل قبول (۱۳/۹۹ ـ ۱۲)

عضو هیات داوران	نام ونام خانوادگی	رتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر غلامحسین کرمی	استادیار	
۲ـ استاد مشاور	دکتر ابراهیم یخکشی		
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر فرج الله فردوست	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر غلامعباس کاظمی	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر اژدری		

تایید رئیس دانشکده :



غرض نقشی است کز ما باز ماند

که هستی را نمی‌بینم بقایی

تقدیم به پدر بزرگوار،

مادر مهربان و دلسوزم

و همه کسانی که در این راه بی‌پایان

مرا یاری نمودند

قدردانی

این مختصر که در پیش رو دارید، با تمام فراز و فرودهایش، تنها جلوه‌ای از یک تلاش است. آنهم تلاشی برای آغاز و نه پایان. امید است با گامهای استوارتری توسط دیگر پژوهشگران دنبال شود. بی‌شک در به ثمر رساندن آن از عنایت پروردگار متعال و یاری و مساعدت دوستان و عزیزانی بهره‌مند بوده‌ام که بر خود لازم می‌دانم از تمامی این بزرگواران قدردانی نمایم.

وظیفه خود می‌دانم که از تلاش و راهنمایی‌های ارزنده‌ی استاد ارجمندم جناب آقای دکتر کرمی، که مسئولیت هدایت این پایان‌نامه را بر عهده گرفته، سپاسگزاری نمایم. لطف و همکاری جناب آقای دکتر یخکشی، مشاور این پایان‌نامه و کلیه همکاران محترم ایشان در اداره آب منطقه‌ای استان گلستان، به ویژه جناب آقای مهندس کیا، دکتر صداقت نیز در خور تقدیر است. تشکرات صمیمانه خود را به جناب آقای دکتر طاهری، ریاست دانشکده علوم زمین و کلیه اساتید محترم آن دانشکده اعلام می‌دارم.

در خاتمه از زحمات دوستان عزیز و گرامیم خانم‌ها، مهندس آرمان‌پور، عابدپور، صفرایی، محمدپور، حسینی، بلاغی و کلانتریان و آقایان، دکتر خادمی، مهندس حاجی‌زاده، مشکین، درخشی و شیری قدردانی می‌نمایم و توفیق و سربلندی همگی این عزیزان را از خداوند منان خواستارم.

چکیده

منطقه مورد مطالعه حوضه آبگیر سد گلستان، یکی از حوضه‌های اصلی رودخانه گرگانرود می‌باشد. بر اساس آمارهای موجود، تعداد دفعات وقوع سیل در این منطقه رو به افزایش است و در بین سیلابهای مخرب به وقوع پیوسته در این منطقه، سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ از لحاظ بارندگی و میزان خسارت در یکصد سال اخیر بی‌سابقه بوده است. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات زیست محیطی سیلاب مذکور و مقایسه آن با وضعیت کیفی سیلابهای معمولی در حوضه مورد مطالعه است. تحقیقات صورت گرفته در سراسر جهان در خصوص مسایل بهداشتی و اثرات سیل بر روی سلامت موجودات زنده نشان می‌دهد که سیلابهای بزرگ به دلیل حمل آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی، عامل سرایت بسیاری از بیماری‌ها هستند و آلودگی میکروبی آبهای آشامیدنی، که در نتیجه تخریب تأسیسات تصفیه فاضلاب، ورود اجساد موجودات زنده و موادشیمیایی کشاورزی ایجاد می‌شوند، از دلایل مهم وقوع بیماری‌های عفونی نظیر اسهال، وبا و مالاریا در طی سیل عنوان شده و تأمین آب سالم و مناسب از مسایل مهم در بحث مدیریت بهداشتی سیل است. اندازه گیری های انجام شده در خصوص کیفیت سیلاب بزرگ مرداد ماه ۱۳۸۰ از لحاظ مقدار BOD_5 و COD و همچنین آمار بیماریهای عفونی در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ بیانگر این است که یکی از مشخصات مهم سیلاب مذکور آلودگی آن و افزایش بیماریهای عفونی و اسهالی بعد از وقوع سیلاب بوده است. وضعیت سیلابهای معمولی از نظر آلودگی با سیلابهای بزرگ متفاوت می‌باشد. اندازه گیریهای انجام شده قبل و پس از سیلابهای معمولی بیانگر این است که درجه آلودگی آب رودخانه ها در هنگام وقوع سیلابهای معمولی، به علت رقیق سازی آلاینده ها و عدم تخریب سیستم های دفع فاضلاب و همچنین عدم ورود اجساد به داخل آب، در مقایسه با جریان پایه رودخانه به مراتب کمتر است. همچنین مطالعه کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها، قبل و پس از وقوع سیل، بیانگر این است که میزان املاح محلول در آب در مواقع سیلابی در مقایسه با جریان پایه به طور قابل توجهی کمتر می‌باشد. بنابراین با توجه به مطالب فوق الذکر می‌توان نتیجه گرفت که اثرات زیست محیطی سیلابها به بزرگی آنها وابسته است. به این ترتیب که در سیلابهای معمولی، درجه آلودگی و املاح محلول موجود در آب در مقایسه با جریان پایه رودخانه کمتر است. در حالی که در سیلابهای بزرگ، درجه آلودگی بیولوژیکی و شیمیایی، به علت حمل آلاینده های مختلف، به مراتب بیشتر از جریان پایه رودخانه می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فهرست اشکال ..... و

فهرست جداول ..... ح

فصل اول: کلیات

۱-۱- بیان مسئله ۲

۱-۲- اهداف مطالعه ۳

۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳

۱-۴- وضعیت آب و هوایی منطقه ۴

۱-۵- پوشش گیاهی منطقه ۶

۱-۶- زمین شناسی عمومی منطقه ۷

۱-۶-۱- چینه شناسی عمومی ۸

۱-۶-۲- زمین شناسی ساختمانی ۸

۱-۷- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه ۹

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱- تعریف سیل ۱۰

۲-۲- آمار جهانی سیل ۱۱

۲-۳- اثر سیل بر روی کیفیت بیولوژیکی آب ۱۷

۲-۴- کیفیت شیمیایی آب پس از وقوع سیل ۱۸

۲-۵- آلودگی خاک و رسوب ۲۰

۲-۶- اثر سیل بر روی کشاورزی ۲۰

۲-۷- اثر سیل بر روی سلامت و شیوع بیماری‌ها ۲۲

فصل سوم: روش انجام مطالعات

۳-۱- جمع آوری آمار و اطلاعات ۲۹

۳-۲- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آبهای سطحی منطقه ۳۰

۳-۲-۱- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری ۳۰

الف- اندازه گیری هدایت الکتریکی آب ۳۰

ب- اندازه گیری اسیدیته آب ۳۱

۳-۳-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه ۳۱

۳-۳- بررسی ویژگیهای بیولوژیکی آبهای سطحی منطقه ۳۱

۳-۳-۱- نحوه نمونه گیری آبهای سطحی برای آنالیز بیولوژیکی ۳۲

۳-۳-۲- اندازه‌گیری خصوصیات بیولوژیکی آب در آزمایشگاه ۳۲

فصل چهارم: ارزیابی زیست محیطی سیلاب در حوضه گرگانرود

۴-۱- سیلابهای بزرگ و اثرات زیست محیطی آنها (مطالعه موردی، سیلاب بیستم مرداد ۱۳۸۰ رودخانه دوغ) ۳۶

۴-۱-۱- چگونگی وقوع سیل مرداد ۱۳۸۰ استان گلستان ۳۷

۴-۱-۲- اثرات سیل بر منابع آب شرق استان گلستان ۳۹

۴-۱-۳- اثرات سیل بر روی سلامت و بهداشت ۴۵

۴-۱-۴- اثرات سیل بر گونه‌های جانوری و گیاهی ۵۴

۴-۱-۵- فرسایش خاک و تولید رسوب در اثر سیل ۵۶

۴-۲- بررسی کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی سیلابهای معمولی ۶۱

۴-۲-۱- آلودگی بیولوژیکی در حوضه گرگانرود در جریان‌های پایه و سیلابی ۶۲

۴-۲-۲- عوامل مهم آلاینده آبهای سطحی منطقه ۶۶

۴-۲-۳- بررسی کیفیت شیمیایی رودخانه‌ها در جریان‌های پایه و سیلابی ۷۱

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۰

۵-۱-۱- ارزیابی زیست محیطی سیلابهای بزرگ ۸۰

۵-۱-۲- ارزیابی زیست محیطی سیلابهای معمولی ۸۱

۵-۱-۳- ارزیابی زیست محیطی جریان پایه رودخانه‌ها ۸۲
۵-۲- پیشنهادات ۸۲
فهرست منابع ۸۴

فهرست اشکال

شکل۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴

شکل ۱-۲- تبدیل اراضی جنگلی به زراعی در زمین‌های شیب‌دار (روستای صادق آباد استان گلستان) ۷

شکل ۲-۱- توزیع اسهال و مرگ و میر از ۱۲ جولای تا ۲۵ اگوست ۲۰۰۴ در بنگلادش (WHO 2004) ۲۴

شکل ۲-۲- تعداد موارد گزارش شده مالاریا پس از سیل ۱۹۸۳ در مقایسه با میانگین سالیانه (۸۲-۱۹۷۶) در پروی شمالی (Russac 1986) ۲۶

شکل۳-۱- دیاگرام مراحل انجام آزمایش MPN ۳۳

شکل ۴-۱- نمایی از پهنه سیل گلستان در مرداد ماه سال ۱۳۸۰ در منطقه تنگراه..... ۳۷

شکل ۴-۲- اثر سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ بر روی کیفیت آب رودخانه گرگانرود در استان گلستان ۴۳

شکل ۴-۳- روند تغییرات DO (الف) BOD_5 (ب) و COD (ج) قبل و پس از وقوع سیل ۲۰ مرداد ۱۳۸۰ در رودخانه گرگانرود (خروجی سد گلستان) ۴۴

شکل ۴-۴- نمودار افزایش بیماری اسهال در اثر وقوع سیل در روستاهای سیلزده استان گلستان ۴۶

شکل ۴-۵- نمودار مقایسه‌ای درصد نمونه‌های دارای آلودگی کلیفرمی مدفوعی (E. Coli) نسبت به کل نمونه‌های مورد آزمایش (قبل و پس از وقوع سیلاب ۲۰ مرداد ۱۳۸۰) ۵۲

شکل ۴-۶- رودخانه دوغ، قبل (الف) و پس از وقوع سیل ۱۳۸۰ (ب) ۵۴

شکل ۴-۷- مدفون شدن جانوران در بین رسوبات سیلابی در مرداد ماه سال ۱۳۸۰ ..... ۵۵

شکل ۴-۸- مرگ و میر آبزیان در اثر تغییر کیفیت آبها پس از سیل ۱۳۸۰ ..... ۵۶

شکل ۴-۹- تخریب و فرسایش خاک متعاقب سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ در حوضه گرگانرود ۵۸

شکل ۴-۱۰- مقایسه حجم رسوب سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ با متوسط طولانی مدت ۳۰ ساله ایستگاه آبسنجی گنبد در رودخانه گرگانرود (خروجی سد گلستان)..... ۶۰

شکل ۴-۱۱- ورود فاضلابهای خانگی به داخل رودخانه آق سو..... ۶۵

شکل ۴-۱۲- محل ورود فاضلابها و زباله های شهر گنبد به داخل رودخانه گرگانرود..... ۶۷

شکل ۴-۱۳- تخلیه مستقیم زباله‌های شهر مینودشت به داخل آب رودخانه..... ۶۷

شکل ۴-۱۴- نمودار مقایسه BOD_5 (الف) و COD (ب) با حد استاندارد WHO ۶۹

شکل ۴-۱۵- موقعیت نقاط برداشت نمونه برای آزمایشات BOD و COD در حوضه مورد مطالعه ۷۰

شکل ۴-۱۶- غلظت کاتیون‌ها (الف) و آنیون‌ها (ب) برای جریان پایه در رودخانه‌های مختلف ۷۳

شکل ۴-۱۷- نمودار مقایسه هدایت الکتریکی آب رودخانه‌های مورد مطالعه در جریان پایه و سیلابی ۷۴

شکل ۴-۱۸- مقایسه غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی برای جریان‌های پایه و سیلابی ۷۵

شکل ۴-۱۹- نمودار پاپپر رودخانه‌های مورد مطالعه در حالت جریان پایه و جریان سیلابی ۷۷

شکل ۴-۲۰- نمودارهای استیف رودخانه‌های اوغان (۱) و دوغ (۲) در حالت جریان پایه و جریان سیلابی ۷۸

شکل ۴-۲۱- نمودارهای استیف رودخانه‌های گرگانرود (۳) و حاجی قوشان (۴) در جریان پایه و سیلابی ۷۹

فهرست جداول

جدول ۱-۱ - میانگین بارش سالانه در حوضه آبگیر مورد مطالعه در ایستگاههای آبسنجی بالادست سد گلستان ۵

جدول ۱-۲- پتانسیل سیل خیزی استان گلستان ۶

جدول ۱-۳- مشخصات فیزیکی ایستگاه‌های آبسنجی واقع در حوضه آبگیر منطقه مورد مطالعه ۹

جدول ۲-۱- مقایسه مرگ و میر ناشی از سیل از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۴ ..... ۱۲

جدول ۲-۲- حوادث سیل در ایران (خسروشاهی ۱۳۸۰) ۱۴

جدول ۳-۱- حداکثر تعداد احتمالی باکتری در آزمایش نه لوله‌ای ۳۵

جدول۴ -۱- مقایسه بارندگی مرداد ماه ۱۳۸۰ و بارش حداکثر ۲۴ ساعته در شرق استان گلستان ۳۹

جدول ۴-۲- مقایسه نتایج آنالیز رودخانه گرگانرود در خروجی سد گلستان در زمانهای مختلف (قبل و پس از سیل).. ۴۰

جدول ۴-۳- استانداردهای آب سالم سازمان بهداشت جهانی (WHO)..... ۴۰

جدول ۴-۴- گزارش موارد بیماری مرتبط با سیل سال ۱۳۸۰ در مراکز بهداشتی درمانی تنگراه و آق قمیش..... ۴۵

جدول ۴-۵- تعداد بیماران اسهالی در روستاهای سیلزده شهرستان مینودشت در سال ۱۳۸۰ ..... ۴۶

جدول ۴-۶- مقایسه آمار تعداد مبتلایان به اسهال در هنگام بروز سیل(۱۳۸۰) وشرایط عادی (۱۳۷۹) ۴۷

جدول ۴-۷- فراوانی موارد مبتلا به اسهال به تفکیک سن و جنس متعاقب سیل سال ۱۳۸۰ ..... ۴۷

جدول ۴-۸- خسارات سیل شرق گلستان بر منابع آب شرب منطقه ۴۹

جدول ۴-۹- اثرات سیل بر منابع و مخازن آب روستاهای سیلزده در سال ۱۳۸۰ ..... ۵۰

جدول ۴-۱۰- اثرات سیل بر چاههای فاضلاب منازل روستاهای سیلزده در استان گلستان ۵۱

جدول ۴-۱۱- نتایج باکتریولوژیکی منابع آب آشامیدنی روستاهای سیلزده استان گلستان قبل و پس از وقوع سیل..... ۵۲

جدول ۴-۱۲- آمار رسوب سالانه رودخانه گرگانرود در ایستگاه آبسنجی گنبد بر حسب تن (۷۵-۱۳۴۵) ۵۹

جدول ۴-۱۳ – نتایج آزمایشات میکروبی نمونه های پس از سیل به روش ۹ لوله ای..... ۶۴

جدول ۴-۱۴- مقایسه نتایج آزمایشات میکروبی آب رودخانه‌ها در جریان پایه و سیلابی..... ۶۴

جدول ۴-۱۵- نتایج آنالیز شیمیایی رودخانه های مهم منطقه، در حالت جریان پایه..... ۶۸

جدول ۴-۱۶- نتایج تجزیه شیمیایی رودخانه‌های اصلی منطقه مورد مطالعه قبل از وقوع سیلاب (جریان پایه)..... ۷۱

جدول ۴-۱۷- مقایسه غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی رودخانه‌های مورد مطالعه در جریان‌های پایه و سیلابی..... ۷۳

فصل اول

کلیات

استان گلستان با مساحتی حدود ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع، از چهار زیر حوضه اترک، قره‌سو، گرگانرود و خلیج گرگان تشکیل شده است که ناحیه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی و شمالی حوضه آبگیر گرگانرود می‌باشد. این استان به لحاظ شرایط فیزیوگرافی و اقلیمی دارای پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری بالایی می‌باشد. تعداد دفعات وقوع سیل در سال‌های اخیر در کشور ما و به خصوص در استان گلستان رو به افزایش می‌باشد. سیلابهای متوالی و مهیبی که در تابستانهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در شرق استان گلستان به وقوع پیوسته است، از نظر شدت بارندگی و میزان خسارت در یکصد سال اخیر بی‌سابقه بوده است و به همین لحاظ مورد توجه مسئولین و محققین قرار گرفته است. تشدید سیر صعودی خسارات سیل در دهه های گذشته سبب شده است که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل جای خود را به واقع‌گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه و همواره نمی‌توان در مهار سیلابها موفق بود. بلکه باید کوشید تا پیامدها و تبعات زیان‌بار و مخرب سیل را کاهش داد. برای رسیدن به این اهداف لازم است تحقیقاتی در زمینه آثار زیست محیطی سیل از جمله تاثیر بر کیفیت منابع آب به عمل آید تا در مقابله با بحران سیل و مدیریت سیلاب مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۱- بیان مسئله

سیل به عنوان یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله در کشور ما به وفور رخ می‌دهد و آثار زیست محیطی جبران ناپذیری را به وجود می‌آورد. کشور ایران از جمله کشورهایی است که به دفعات با پدیده سیل مواجه شده و باران، این نعمت الهی و حیات، به جای اینکه موجب ذخیره آب، حفظ خاک، توسعه کشاورزی و عمران و آبادی گردد به علت ناآگاهی و با بهره‌برداری بی‌رویه و غیر اصولی از منابع آب به هرزآب و نهایتاً سیلابهای خانمان برانداز تبدیل می‌گردد. در کشورهای پیشرفته که از تکنولوژی و توان علمی بالایی برخوردارند، با به کارگیری نیروهای متخصص و سازماندهی خدمات و امکانات تا حد قابل توجه‌ای از خسارات ناشی از وقوع این حوادث کاسته و با برخورداری از سرعت عمل بالا پیامدهای ناگوار آن را به حداقل کاهش داده‌اند. متأسفانه کشورهای فقیر و توسعه نیافته و یا در حال توسعه به دلیل عدم توانایی و ضعف فن‌آوری به هنگام بروز بلایا دچار تلفات و صدمات مالی، جسمی و روانی زیادی می شوند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در جهان، مطالعات خیلی کمی در خصوص اثرات زیست محیطی کوتاه مدت و بلند مدت سیل صورت گرفته است و نیاز به شناخت دقیق این اثرات در هر سیل وجود دارد و این امر با ارزیابی زیست محیطی سیلابهای گذشته میسر است. سیلابهای بزرگ به لحاظ بهداشتی با سیلابهای کوچک متفاوت می باشند. به این ترتیب که در سیلابهای بزرگ به علت ورود آلاینده‌های مختلف از قبیل فاضلابها، اجساد موجودات زنده و انواع مواد شیمیایی، کیفیت آب نامناسب می‌گردد. در حالی‌که کیفیت سیلابهای کوچک به دلیل رقیق‌سازی آب و عدم ورود اجساد و آلاینده‌های میکروبی و شیمیایی، در مقایسه با جریان پایه رودخانه، بسیار مناسب‌تر می‌باشد. در این تحقیق سعی شده که وضعیت بهداشتی سیلابهای بزرگ و کوچک در حوضه گرگانرود با هم مقایسه شوند.

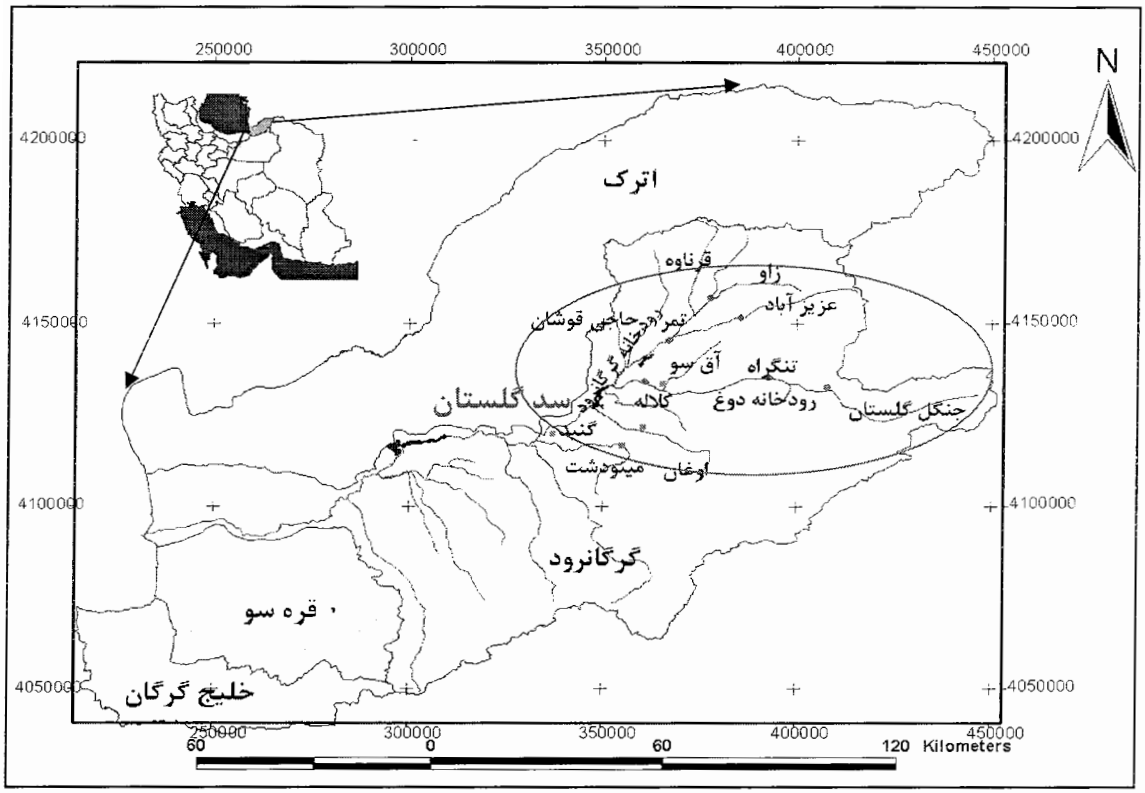
۱-۲- اهداف مطالعه

هدف اصلی از این تحقیق، بررسی زیست محیطی سیلابهای بزرگ حوضه گرگانرود، به ویژه مدیریت بهداشتی آنها می‌باشد. علاوه بر این، مقایسه کیفی سیلابهای بزرگ و سیلابهای معمولی یکی دیگر از اهداف این مطالعه بوده است.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، حوضه آبگیر سد گلستان از حوضه آبگیر اصلی رودخانه گرگانرود می‌باشد (شکل ۱-۱). در این نواحی رشته کوه البرز راستای شمال شرقی- جنوب غربی داشته و به تدریج در شرق محدوده در مجاورت رشته کوههای بینالود و کپه داغ قرار می‌گیرد. این محدوده با مساحتی در حدود ۴۸۰۰ کیلومتر مربع، از سه زیر حوضه اصلی مادرسو (دوغ)، حاجی‌قوشان و اوغان تشکیل می‌شود. به نحوی که رودخانه‌های اصلی این سه زیر حوضه قبل از ورود به سد گلستان به یکدیگر می‌پیوندند. سد گلستان بر روی شاخه اصلی گرگانرود در ۱۲ کیلومتری شمال شرق شهر گنبد احداث شده است و جریان رودخانه‌های دوغ، اوغان، تمر، حاجی‌قوشان و نیز شاخه کوچک آق سو به این سد می‌ریزد. طبق تقسیمات کشوری شهرستان‌های کلاله، گنبد، مینودشت و قسمتی از شهرستان بجنورد در این حوضه واقع شده است. رودخانه گرگانرود در ابتدا از به هم پیوستن رودخانه های زاو و قرناوه در شمال شهرستان کلاله تشکیل می‌شود. رودخانه حاجی‌قوشان قبل از سد گلستان و رودخانه‌های دوغ و اوغان در محل سد گلستان و رودخانه‌های چهل‌چای و نرماب پس از الحاق به رودخانه خرمالو، بعد از سد گلستان و شهرستان گنبد به رودخانه گرگانرود می‌پیوندد. این رودخانه در نهایت به دریای خزر می ریزد. از میان سرشاخه‌های مورد مطالعه، رودخانه دوغ (مادرسو) دارای طولانی‌ترین مسیر می‌باشد. شدیدترین سیلابهای به وقوع پیوسته در این منطقه مربوط به حوضه این رودخانه بوده که عمده خسارات نیز در همین حوضه وارد شده است. سرشاخه‌های این حوضه از ارتفاعات کوه کورخود در رباط قره بیل و دشت در استان خراسان شروع شده و قبل از جنگل گلستان، رباط قره بیل و دشت به هم ملحق شده و شاخه اصلی دوغ را تشکیل می‌دهد. این رودخانه پس از عبور از پارک ملی

گلستان در محدوده روستای تنگراه با الحاق شاخه های کوچک لوه، لال و گذر از مجاورت شهر کلاله، پس از الحاق آق‌سو به آن، به دریاچه سد گلستان می‌ریزد و جاده‌های آزادشهر- بجنورد و کلاله- مراوه تپه اصلی‌ترین راههای ارتباطی منطقه می‌باشد.



شکل۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۱-۴- وضعیت آب و هوایی منطقه

منطقه مورد مطالعه با توجه به وسعت زیاد و شرایط توپوگرافی از تنوع اقلیمی زیادی برخوردار است. در غرب اقلیم‌های نیمه خشک تا نیمه مرطوب معتدل و در شرق اقلیم‌های خشک تا نیمه خشک سرد وجود دارد که متأثر از عوامل جغرافیایی همچون مجاورت با دریای خزر و محصور بودن با رشته کوههای البرز می‌باشد. به طوری که هر چه از دریا به سمت شرق پیش می‌رویم از رطوبت هوا کاسته شده و به خشکی هوا افزوده می‌گردد. جدول ۱-۱ میانگین بارش سالانه را در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به این جدول متوسط بارندگی سالانه در ناحیه مورد مطالعه ۴۷۵

میلی‌متر می‌باشد. در این حوضه بارندگی سالانه از غرب به شرق کاهش می‌یابد به طوری که مقدار بارش متوسط سالانه در بخش غربی حوضه حدود ۴۵۰ میلی‌متر و در مناطق شرقی در حدود ۱۸۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

جدول۱-۱- میانگین بارش سالانه در حوضه آبگیر مورد مطالعه در ایستگاههای آبسنجی بالادست سد گلستان (مهندسین مشاور لار ۱۳۸۳)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	نام رودخانه	مساحت حوضه آبگیر (Km^2)	میانگین بارش سالانه mm
۱	ورودی به سد(۱)	اوغان	۴۰۸	۵۹۸/۲
۲	گالیکش	اوغان	۳۹۵	۵۹۳/۶۷
۳	دشت	دوغ	۱۲۵۹	۳۱۶/۳۹
۴	تنگراه	دوغ	۱۵۶۴	۳۴۷/۷
۵	ورودی به سد(۲)	قره شور	۱۱۷	۶۶۲/۱۴
۶	کسک	زاو	۷۰۵	۵۰۹/۶
۷	تمر	گرگانرود	۱۵۲۴	۴۹۸/۹
۸	صوفی شیخ	گرگانرود	۱۶۰۳	۴۹۹/۲
۹	حاجی‌قوشان	گرگانرود	۲۱۸۱	۶۸۴/۴
۱۰	گنبد	گرگانرود	۵۱۸۳	۴۷۵/۱

کمترین میزان دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان در حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به این صورت که از مناطق ساحلی کم ارتفاع به سمت ارتفاعات دما کاهش یافته و به حدود ۹ درجه در ارتفاعات می‌رسد (مهندسین مشاور لار ۱۳۸۳).

از نظر خطر سیل‌گیری مساحتی حدود ۱۰۷۸۰۲ هکتار را مناطق خیلی پرخطر سیل و ۸۸۳۵۵ هکتار را مناطق سیل‌گیر متوسط و ۶۹۹۶۴ هکتار را مناطق سیل‌گیر کم خطر تشکیل می‌دهد و ناحیه مورد مطالعه از استعداد سیل‌خیزی بسیار بالایی برخوردار است (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲- پتانسیل سیل خیزی استان گلستان (آب منطقه ای استان گلستان)

نام حوضه آبگیر	استعداد سیل خیزی	خصوصیات
خلیج گرگان	بالا	کوهستانی و جنگلی-دشت کم- عرض و پهنا کم- تراکم جمعیتی بالا- تراکم زراعی
گرگانرود	خیلی بالا	کوهستانی و جنگلی-دشت بزرگ- عرض و پهنا بزرگ- تراکم جمعیتی بالا- تراکم زراعی- اهمیت ترابری
قره سو	بالا	کوهستانی و جنگلی- دشت متوسط- عرض و پهنا متوسط- تراکم جمعیتی بالا- تراکم زراعی- اهمیت ترابری
اترک	خیلی بالا	کوهستانی و دشتی- فاقد پوشش گیاهی مناسب- خاک نامناسب- طول زیاد- اهمیت دامی و زراعی

۱-۵- پوشش گیاهی منطقه

حدود ۳۰ درصد از مساحت ناحیه مورد مطالعه، به ویژه در سرشاخه‌ها و مناطق کوهستانی و بالادستی را جنگل و بیشه‌زار پوشانده است و پارک ملی گلستان با مساحت جنگلی در حدود ۴۰ هزار هکتار در این ناحیه واقع شده است. حوضه مورد مطالعه در سرشاخه‌های رباط چشمه‌خان و دشت دارای پوشش مرتعی، جنگلی و در ارتفاعات بعضاً فاقد پوشش و پس از تلاقی سرشاخه رباط و دشت حوضه دارای پوشش جنگلی متراکم و حفاظت شده است که هیچ‌گونه بهره برداری صورت نمی‌گیرد. درستکار (۱۳۵۹)، جنگل‌های این حوضه را به دو دسته جنگل‌های پهن برگ نیمه رطوبت پسند و جنگل‌های رزین دار خشکی پسند تقسیم کرده است. دو گونه ممرز و بلوط فراوان‌ترین گونه‌های درختی در این ناحیه به شمار می‌روند اما در دامنه‌های رو به جنوب این نسبت به نفع بلوط تغییر می‌یابد. شمار زیادی از این گونه‌ها نقش مهمی در جلوگیری از تبخیر، حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش به عهده دارند. با توجه به این که میزان رطوبت از غرب به شرق کاهش می‌یابد، این امر در شکل، نوع گونه و تیپ‌های تشکیل دهنده تاثیر خاص خود را دارد (مهندسین مشاور لار ۱۳۸۳). مراتع منطقه نیز از نظر موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی شامل مراتع ییلاقی و قشلاقی می‌باشد که جهت تعلیف احشام دامداران مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حاشیه روستاها و مناطق جمعیتی، پوشش جنگلی از بین رفته و صرف نیازهای سوختنی شده و گاه تبدیل به اراضی زراعی گشته است.

۱-۶-۱- چینه شناسی عمومی

از نظر چینه شناسی سنگها و نهشته‌های دوران‌های مختلف زمین شناسی از پالئوزوئیک تا عهد حاضر در گستره مطالعاتی وجود دارد. در منطقه مورد مطالعه، رخنمونی از سنگهای دگرگونی وجود ندارد و لیکن برونزدهای محدودی از سنگهای آذرین در این منطقه دیده می شود. واحدهای سنگی منطقه به طور عمده سنگهای رسوبی شامل آهک، ماسه سنگ، شیل، دولومیت، مارن، کنگلومرا و نهشته‌های لسی و آبرفتی می‌باشد. با توجه به این که قدیمی‌ترین نهشته‌های زون کپه داغ مربوط به دوران دوم زمین شناسی می‌باشد، لذا بخش قابل ملاحظه‌ای از حوضه توسط سنگهای دوره ژوراسیک پوشیده شده است. سنگهای آهکی سازندهای چمن‌بید، مزدوران، لار و ماسه سنگها و شیل‌های شمشک از جمله فراگیرترین واحدهای سنگی هستند (خسروتهرانی ۱۳۷۵). در پالئوسن رسوبگذاری کنگلومرای نیمه متراکم با سیمان ضعیف و در دوره یخچالی نهشته‌های گسترده بادرفتی (لس) متشکل از سیلت و رس به صورت تپه‌های مرتفع در شمال حوضه بر جا گذاشته شده‌اند. نهشته‌های کواترنر به صورت پادگانه‌های قدیمی و جدید واریزه‌های بادبزنی، دشت‌های آبرفتی و نهشته‌های بستر رودها به شکل گسترده‌ای در نواحی مختلف حوضه وجود دارد.

۱-۶-۲-زمین شناسی ساختمانی

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین ساخت، محل تلاقی زون‌های ساختمانی کپه داغ و البرز شرقی می‌باشد. از این جهت ویژگی‌ها و شرایط ساختاری نظیر چین‌خوردگی‌ها و راندگی‌ها را می‌توان به فراوانی در منطقه مشاهده نمود. وجود نهشته‌های چین‌خورده در ناحیه نشان از وجود فعالیت‌های تکتونیکی مربوط به زمان‌های مختلف زمین شناسی می‌باشد، که همراه با دیگر تنش‌ها در اواخر سنوزوئیک بیشترین تاثیر خود را بر ریخت شناسی کنونی منطقه داشته است. سیستم اصلی گسل‌های منطقه مورد مطالعه راندگی است که بیشترشان با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی حرکت از شمال غرب به جنوب شرق را نشان می‌دهد و موجب رانده شدن طبقات متعدد بر روی یکدیگر شده است. شدت عملکرد این گونه گسلها در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه به گونه‌ای است که

موجب ایجاد مناطق خرد شده گشته است (درویش زاده ۱۳۸۲). از گسل‌های مهم گستره مطالعاتی می‌توان به گسل البرز، رباط قره بیل، تنگراه و گسل گلستان اشاره کرد.

۱-۷- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه

بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبگیر، اطلاعات با ارزشی برای شناخت نوع نزولات جوی، چگونگی آبدهی و رسوبگذاری حوضه فراهم می‌سازد. در واقع فیزیوگرافی حوضه آبگیر، مطالعه خواص هندسی و وضعیت توپوگرافی حوضه آبگیر است و این عوامل اثر تعیین کننده‌ای روی ویژگی‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه دارد. این خصوصیات روی وضعیت رسوب دهی، فرسایش حوضه و همچنین کیفیت آب نیز تاثیر می‌گذارد (مهدوی ۱۳۷۱، علیزاده ۱۳۸۲).

جدول ۱-۳- مشخصات فیزیکی ایستگاه‌های آب‌سنجی واقع در حوضه آبگیر منطقه مورد مطالعه (مهندسین مشاور لار ۱۳۸۳)

نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی			شیب متوسط حوضه (درصد)	طول بلندترین آبراهه (km)	زمان تمرکز (ساعت)
	طول	عرض	ارتفاع (m)			
ورودی به سد(۱)	۵۵-۲۳-۳۷	۳۷-۱۶-۰۱	۱۵۷	۲۵/۵	۶۳	۲/۸
گالیکش	۵۵-۲۷-۱۴	۳۷-۱۵-۱۵	۲۵۰	۲۵//۹	۵۵/۸	۲/۵
دشت	۵۶-۰۱-۱۱	۳۷-۱۹-۴۹	۹۷۹	۱۴/۹	۶۲/۷	۳/۴
تنگراه	۵۵-۴۷-۵۰	۳۷-۲۳-۴۹	۴۸۷	۱۸/۸	۸۹/۶	۴/۱
ورودی به سد(۲)	۵۵-۲۱-۵۳	۳۷-۲۰-۰۹	۷۸	۱۱/۹	۲۷/۴	۱/۹
کسک	۵۵-۳۰-۵۲	۳۷-۲۹-۳۴	۱۶۰	۱۹/۶	۱۱۰/۲	۴/۷
تمر	۵۵-۳۰-۲۱	۳۷-۲۹-۰۵	۱۱۷	۱۸/۹	۱۱۱/۹	۴/۸
صوفی شیخ	۵۵-۲۱-۵۲	۳۷-۲۴-۱۶	۴۵	۱۸/۳	۱۴۲/۸	۵/۹
حاجی قوشان	۵۵-۲۲-۲۷	۳۷-۲۵-۱۵	۶۹	۱۷/۴	۱۴۶/۳	۶/۱
گنبد	۵۵-۰۹-۱۲	۳۷-۱۵-۲۵	۳۶	۱۷/۸	۲۲۰/۲	۸/۳

فصل دوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

سیل از شایع‌ترین خطرات آب و هوایی است و در انواع و اندازه‌های مختلف در بخش‌های زیادی از دنیا رخ می‌دهد و باعث بروز تلفات و خسارات زیادی می‌گردد. در ۱۰۰ سال آینده، احتمال خطر سیل، خصوصاً در مکان‌های ساحلی یا در نواحی که در حال حاضر بارندگی فراوان رخ می‌دهد، به لحاظ تغییر اقلیم که از افزایش میانگین دمای سطح زمین ناشی می‌شود، رایج‌تر و شدیدتر می‌شود (Carthy *et al.* 2001). سیل به عنوان یک رخداد طبیعی سبب ایجاد تغییرات زیست محیطی شدیدی می‌شود. این تغییرات، اثرات مستقیم و غیرمستقیمی را شامل می‌شود که در ارتباط با فعالیت‌های بشری است. بیشتر به اثرات مستقیم سیل، که بلافاصله پس از سیل رخ می‌دهد و در نتیجه تماس فیزیکی موجودات زنده و اجسام تخریب‌پذیر می‌باشد، توجه می‌گردد، در حالی که اثرات غیر مستقیم که در مدت زمان طولانی عمل می‌کنند و ممکن است به همان اندازه یا حتی مهمتر باشند، کمتر توجه می‌شود (Smith *et al.* 1998).

۲-۱- تعریف سیل

هنوز تعریف دقیق و استانداردی از سیل که مورد قبول همگان باشد، در دست نیست. جریان آبی که در یک منطقه جغرافیایی با اقلیم خشک، سیل تلقی می‌گردد، در منطقه دیگر ممکن است جریانی

طبیعی باشد. سیل می‌تواند بر اثر بارندگی سنگین، شکستن سدها در اثر تجمع رسوبات سنگین و غیر طبیعی پشت سدها یا نارسایی آنها، ذوب سریع برفها، مسدود شدن رودخانه بعلت ریزش کوه یا انفجار مخازن آب بوجود آید. افزایش جریان یا بالا آمدن سریع آب در یک رودخانه یا آبراهه که نسبت به شرایط عادی به طور چشمگیری بالاتر باشد و منجر به زیر آب رفتن زمین‌های پست می‌گردد، سیل نامیده می‌شود. به طور دقیق‌تر، سیل هر جریان آب خطر زاست که به طور غیر عادی در یک منطقه رخ می‌دهد (Smith and Word 1999).

۲-۲- آمار جهانی سیل

به طور متوسط طی سالهای ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۶ در حدود، ۱۰٪ مرگ و میر (۱۲۶۹۶ نفر)، ۳۶٪ آسیبهای جسمی (۲۱۸۷۴ نفر)، ۷۱٪ افراد بی‌خانمان شده (۳۳۵۶۴۷۴ نفر)، ۴۳٪ خسارات مالی سالیانه ناشی از وقوع بلایا در جهان، در اثر وقوع سیل بوده است. تقریباً دو میلیارد نفر (یک سوم جمعیت کره زمین) در دهه آخر قرن بیستم به وسیله بلایای طبیعی آسیب دیده‌اند. سیل‌ها و خشکسالی‌ها حدود ۸۶٪ این موارد را در بر می‌گیرند. آسیب‌پذیرترین قربانیان، افراد ضعیف و حاشیه نشین هستند که بسیاری از آنها در محل‌های با کیفیت پایین و نواحی مستعد سیل یا خشکسالی زندگی می‌کنند و اگر منبع آب آشامیدنی و سیستم‌های بهداشت عمومی قبلاً نامناسب باشند، وقوع سیل خطر عمده‌ای ایجاد می‌کند.

مطالعات آماری نشان می‌هد که وقوع سیل در حال افزایش است. طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ میلادی ۴۳٪ سیل ها در قاره آسیا رخ داده است. به طور متوسط سالانه ۳۶ مورد سیل در قاره آسیا به وقوع پیوسته و ۵۵٪ خسارات مالی ناشی از وقوع سیل در این قاره بوده است. آمار نشان داده است که از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۴، سیل به تنهایی منجر به مرگ بیش از ۶/۸ میلیون نفر گردیده است، که در حدود ۲۰ درصد از مرگ و میر ناشی از بلایای طبیعی را به خود اختصاص داده است و بیش از ۹۸ درصد این مرگ و میر در کشورهای آسیایی رخ داده است (جدول ۲-۱). در بین کشورهای آسیایی، چین، هند، بنگلادش، نپال و ویتنام سیلابهای بسیار بزرگی را در طول تاریخ تجربه کرده اند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به رخداد فاجعه آمیز سیل در سال ۱۹۳۱ و ۱۹۵۹ در چین و هم‌چنین

سیلابهای شدیدی که در سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۴ در بنگلادش به وقوع پیوست و بیش از نیمی از کشور را تحت تاثیر قرار داد، اشاره کرد. در اثر این سیل بخش زیادی از نواحی کشاورزی و مسکونی تخریب و محصولات کشاورزی و صنعتی زیادی دچار آب‌گرفتگی شدند و بیماری‌هایی نظیر اسهال و عفونت‌های تنفسی و مشکلات پوستی در این منطقه به شدت رواج یافت. تحقیقات صورت گرفته در کشورهای در حال توسعه نشان داده است که اثرات بهداشتی که از سیل به جا مانده است به مراتب عمیق‌تر و شدیدتر از دیگر اثرات آن است و علیرغم وقوع سیلابهای فراوان در این کشورها، مطالعات و تحقیقات سیستماتیک بسیار کمی در خصوص پیامدهای بهداشتی سیل وجود دارد (Few 2003).

جدول۲-۱- مقایسه مرگ و میر ناشی از سیل از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۴ (Few 2003)

نام قاره	تعداد مرگ و میر (میلیون نفر)
آفریقا	۰/۰۱۹
آمریکا	۰/۰۹۶
آسیا	۶/۷۵۷
اروپا	۰/۰۱۰
اقیانوسیه	۰/۰۰۱
کل	۶/۸۸۳

گزارشاتی که توسط سازمان ملل مورد بررسی قرار گرفته، حاکی از آن است که سیل را باید یکی از جدی‌ترین مخاطرات طبیعی به شمار آورد و تنها تعداد معدودی از کشورهای جهان از مسائل و مشکلات سیل و سیل‌زدگی فارغ هستند. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که خسارات سالیانه سیلابها در سطح جهان چه در کشورهای صنعتی، چه در کشورهای در حال رشد، مرتباً رو به افزایش است. برای مثال در ایالت متحده، میانگین خسارات سالیانه سیل طی قرن حاضر حدود ۴ درصد افزایش داشته و طی دهه ۱۹۷۰ میلادی شتاب بیشتری یافته و به ۶ تا ۷ درصد رسیده است. کشورهای در حال رشد به ویژه منطقه آسیا و اقیانوسیه نیز با مشکلات سیل‌زدگی مواجه‌اند و در برخی موارد، شدت خسارات

به حدی است که سراسر ناحیه و حتی اقتصاد ملی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نمونه آن سیلابهایی است که در سال ۱۹۹۸ در بنگلادش، چین و افغانستان رخ داد و موجب هلاکت هزاران نفر و آوارگی صدها هزار تن گردید (طاهری و بزرگ زاده ۱۳۷۵).

در بین سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۴ بیش از ۱۰۰ سیل مخرب در اروپا (خصوصاً آلمان، جمهوری چک و استرالیا) به وقوع پیوست و باعث مرگ تقریبا ۷۰۰ نفر و بی‌خانمان شدن حدود نیم میلیون نفر گردید و خسارتهای سنگینی به تأسیسات صنعتی، تجاری و کشاورزی وارد آورد (Brussel 2006). به طور مثال سیل شدیدی که در اگوست سال ۲۰۰۲ در جمهوری چک رخ داد، سبب بی‌خانمان شدن بیش از ۲۲۰ هزار نفر گردید و تخریب تأسیسات تصفیه فاضلاب و آب‌گرفتگی کارخانه مواد شیمیایی و پراکندگی بیش از ۱۰۰ تن مواد شیمیایی، مشکلات زیست محیطی شدیدی را در این منطقه به بار آورد (Few 2003).

در ایران، گرچه در بسیاری از نقاط، بارندگی کم است اما در بیشتر مناطق ممکن است ۶۰ درصد بارندگی سالیانه در یک شبانه روز رخ دهد. همین عامل به همراه شیب‌های تند کوهستانی البرز و زاگرس، که شهرهای ما را در دامنه خود جای داده‌اند، باعث شده است که بروز سیل، یکی از نگرانی‌های عمده تقریباً در تمام فصول سال باشد. ایران یکی از کشورهای حادثه‌خیز مهم دنیا محسوب می‌شود و سه سانحه سیل، زلزله و خشکسالی بیش از سایر انواع حوادث در کشور ایران خسارت زاست. بررسی سوابق تاریخی ایران نشانگر این حقیقت است که خسارات جانی و مالی ناشی از بلایا همواره مردم این کشور را تحت تأثیر قرار داده است. از بررسی سیل‌های خسارت آفرین سالهای ۱۳۰۵ تا ۱۳۷۵ که از آرشیو روزنامه‌ها جمع آوری گردیده است، تعداد ۲۶۸۱ مورد سیل حادثه‌خیز به ثبت رسیده است. در این دوره ۱۰۸۴ شهر، ۱۴۵۶۴۵ روستا و تعداد ۴۸۳۳۶۷ واحد مسکونی خسارت دیده اند (رضوانی ۱۳۷۷). خسرو شاهی در سال ۱۳۸۰ تعداد دفعات وقوع سیل در طول سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۰ را ۳۷۰۰ مورد اعلام کرده است. بر اساس این آمار، تعداد وقوع سیل در دهه ۷۰ نسبت به دهه ۳۰ تقریباً ۴/۷ برابر شده است (جدول ۲-۲). روند رو به رشد بروز بلایا و آثار ناشی از آنها در سال‌های اخیر در ایران هشدار جدی است و مسئولان را بر آن داشته که در فکر یافتن راه حل علمی و منطقی در جهت کاهش بروز بلایا و یا در جهت کاهش خسارات حاصل باشند.

جدول ۲-۲- حوادث سیل در ایران (خسروشاهی ۱۳۸۰)

دوره آماری	تعداد کل وقوع سیل در ایران	درصد نسبت به کل	نسبت به دهه ۱۳۳۰ (برابر)
۱۳۳۱-۱۳۳۹	۱۹۵	۵/۳	۱
۱۳۴۰-۱۳۴۹	۲۳۳	۳/۶	۱/۲
۱۳۵۰-۱۳۵۹	۴۳۱	۱۱/۶	۲/۲
۱۳۶۰-۱۳۶۹	۹۰۴	۲۴/۴	۴/۶
۱۳۷۰-۱۳۷۴	۱۰۲۰	۲۷/۶	۵/۲
۱۳۷۵-۱۳۸۰	۹۱۷	۲۴/۶	۴/۷
کل	۳۷۰۰	۱۰۰	-

سیلاب در ایران به دلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی و تخریب‌های زیست محیطی بسیار آلوده بوده و گل و لای زیادی به همراه دارد. به همین دلیل نیز اغلب سیلاب‌ها در ایران، خسارات زیادی وارد می‌کنند. طبق گزارش سازمان حفاظت محیط زیست از سال ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۹ در ایران ۳۲۶۲ سیل به وقوع پیوست که خسارات ناشی از آن در دهه آخر نسبت به دهه اول رشد ۲۵ درصدی داشته است. براساس تحقیقات این سازمان، پدیده سیل، یک امر فراگیر در کشور بوده و تقریبا تمام نواحی کشور به نوعی از این طریق متحمل خسارات هنگفتی شده‌اند. به عنوان مثال در سال ۱۳۶۵ در اثر جاری شدن سیل در ۸ استان کشور (بوشهر، فارس، خوزستان، کرمان، هرمزگان، چهارمحال و بختیاری و کهکیلویه و بویراحمد) حدود ۱۲/۵ درصد از خاک کشورمان به زیر آب رفت و ۴۳۲ نفر کشته و ضایعات وارده به روستاییان و تولیدات کشاورزی و دامی و همچنین تأسیسات، بسیار قابل توجه بوده است. علاوه بر این، سیل ۵ فروردین زابل در سال ۱۳۷۰ که معمولاً هر ساله بین ۱۵ اسفند ماه و نیمه اول فروردین تکرار می‌شود، قابل ذکر می‌باشد. سیل دربند تهران، صفارود و نکارود مازندران، سیاه‌رود و پیر بازار رشت، رودخانه‌های مناطق سمنان و خراسان و سیل بیستم مرداد ماه ۱۳۸۰ شرق استان گلستان نیز بر این آمارها افزود. در وضعیت موجود، سطح مناطق سیل‌خیز در کشور، در حدود ۹۱ میلیون هکتار برآورد گردیده است (معاونت آبخیزداری ۱۳۷۷).

با وجود این که سیل پدیده‌ای است که می‌تواند پیش بینی شود و قابل کنترل است، فعالیت‌های بشری در افزایش اثرات مضر و احتمالی آن موثر است (Brussel 2006). فعالیت بشر به چند صورت احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد. از آن جمله می‌توان به ساختمان سازی در دشت سیلابی رودخانه که مستلزم اشغال بخش‌هایی از آن است و باعث کاهش ظرفیت طبیعی آن می‌شود، اشاره کرد. به این ترتیب، محدوده‌ای از دشت سیلابی که در زمان طغیان زیر آب می‌رود، گسترده‌تر می‌گردد. شهر سازی‌ها و حذف گیاهان باعث کاهش مقدار آب نفوذی و افزایش آب سطحی می‌شود. حجم زیاد آب از یک طرف بر بزرگی طغیان می‌افزاید و از طرفی با افزایش فرسایش، رسوباتی به وجود می‌آورد که با برجای گذاشتن آنها ظرفیت بستر اصلی رود کاهش می‌یابد. موارد پیش معمولاً تاثیر تدریجی دارند، ولی سیل‌های ناگهانی و فاجعه‌آمیز، اغلب بر اثر تخریب سدها و بندها، ایجاد می‌شوند.

بررسی مجموعه عوامل زیست محیطی زمینه‌ساز بروز سیل، نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز (Loukas *et al.* 2000)، کاربری غیر اصولی اراضی (Lorup *et al.* 1998)، توسعه سطوح غیر قابل نفوذ (Tommy *et al.* 1998) و امثال آن، احتمال سیل خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است.

متغیرهایی نظیر عمق آب، سرعت جریان، مدت دوام سیل و خصوصیات کاربری اراضی در شدت اثرات سیل سهیمند (Tobin and Montz 1994). به طوری که سیلابهای بزرگ و با عمق بیشتر اثرات شدید و ناگهانی ایجاد می‌کنند و در سیلابهای بلندمدت به خاطر وجود آلاینده‌هایی که ممکن است در مدت طولانی در محیط باقی بمانند، مشکلات زیست محیطی حادتر است. عواملی که بر شدت خطر سیل تأثیر می‌گذارند شامل عامل طول مدت جاری شدن، سرعت بالا آمدن و شتاب آب، تناوب و فصل وقوع سیل می‌باشند. با بررسی دشت سیلابی قدیمی و آبرفت‌های آن، شاید بتوان با درجه‌ای از تقریب احتمال وقوع و بزرگی سیلابهای آتی منطقه را مشخص کرد و اصولاً بزرگی و تکرار آنها در طول زمان، تابع شدت بارندگی، نفوذپذیری زمین و وضع توپوگرافی منطقه است. البته دینامیک خطر سیل، محرک‌های زیست محیطی و اجتماعی گوناگونی دارد که این امر پیش بینی دقیق مکان‌هایی که در آینده در معرض خطر سیل دارند را مشکل می‌سازد (Few 2003).

بعضی از عوامل مهمی که موجب افزایش خسارات ناشی از سیلاب می‌شوند، عبارتند از (هنرور ۱۳۸۳):

- قرار گرفتن زیستگاهها در مناطق سیل‌گیر
- ساختمان و سازه‌های غیر مقاوم
- فقدان سامانه‌های هشدار و آگاهی از خطر سیل
- ظرفیت ناچیز زمین در جذب باران، به دلیل فرسایش خاک یا پوشش بتونی

تأسیسات زیر بنایی و خدمات همگانی مانند سامانه‌های فاضلاب، منابع انرژی و آب، ماشین‌آلات و وسائل الکترونیکی، صنعتی و ارتباطی، دامها و احشام، قایق‌های ماهیگیری مربوط به صنایع شیلات و سایر صنایع دریایی و محیط زیست انسانی نیز در معرض آسیب‌ها و آلودگی‌های ناشی از سیل، مانند گل و لای و نفت می‌باشند. تخریب پل‌ها، جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی، چاه‌ها، قنات‌ها، بندها و سدها، منازل مسکونی، از بین رفتن محصولات و حیوانات اهلی، آسیب به مکان‌های بهداشتی و ارتباطی را می‌توان از مهم‌ترین زیان‌های اولیه ناشی از سیل عنوان کرد. علاوه بر این، اثرات زیست محیطی فراوانی پس از وقوع سیل به جا گذاشته می‌شود.

نتایج مطالعات نشان داده است که اغلب در بحث مدیریت سیل، که شامل طیف وسیعی از فعالیت‌ها برای کاهش اثرات سیل بر روی بشر، محیط زیست و اقتصاد یک منطقه می‌باشد، خسارات اقتصادی سیل مدنظر است و به اثرات اجتماعی و زیست محیطی کمتر توجه می‌گردد. از مهم‌ترین پیامدهای زیست محیطی سیلابها می‌توان به آلودگی آب، خاک، رسوب و یا آلودگی شیمیایی و اثرات آن بر روی سلامت موجودات زنده اشاره کرد (Gautam and Hoek 2003). حجم زیادی از آثار و بقایای جمع آوری شده از سیل، تأسیسات آبی و سیستم‌های فاضلاب تخریب شده، آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی وارد شده به سیستم‌های آبی ممکن است سبب بروز مشکلاتی گردند و این موضوع، باید در برنامه‌های بازسازی و بهبود طولانی مدت، برای حذف اثرات زیست محیطی سیلابهای بعدی، درج شود. بنابراین ارزیابی زیست محیطی خطر سیل، گامی اساسی برای برآورد استراتژیکی نواحی سیل‌گیر می‌باشد و می‌توان با شناسایی، اندازه‌گیری و تفسیر بزرگی و اهمیت اثرات زیست محیطی در

ارتباط با سیل، خسارت‌ها و زیان‌های منفی وارد شده به محیط زیست را کاهش داد (Tobin and Montz 1997).

۲-۳- اثر سیل بر روی کیفیت بیولوژیکی آب

یکی از اثرات مهم سیلابهای بزرگ، تخریب کیفیت بیولوژیکی آبهای سطحی و زیرزمینی می‌باشد (Rumi 2002). این سیلابها می‌توانند تحت تاثیر آلاینده‌های مختلف آلوده شوند که از آن جمله می‌توان به فاضلابها، زباله‌ها، اجساد موجودات زنده، آفت کشها و مواد شیمیایی خطرناک اشاره نمود (Donald 1995, Gautam and Hoek 2003).

با توجه به پتاسیل بیماری‌زایی بالای این آبها، تأمین آب مناسب و سالم در بحث مدیریت بهداشتی سیل، از ضروریات است و شرایط فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب مصرفی باید با استانداردهای وضع شده مطابقت داشته باشد (Lillibridge 1997, Wisner and Adams 2002, Philippi *et al.* 2003).

برای ارزیابی کیفیت آب در اثر سیل ۱۹۹۷ در جمهوری چک، تحقیقاتی صورت گرفت و افزایش آلودگی میکروبی در آبهای زیرزمینی، که در نتیجه تخریب تأسیسات تصفیه فاضلاب در نواحی نفوذ این آبها بود، مشاهده شد (Hladny and Matejicek 1997). این سیل هم‌چنین باعث خروج مقدار زیادی از مواد شیمیایی کارخانه‌ها گردید. چور (Chour 2003)، نیز با بررسی پارامترهای کیفیت آب در این منطقه چنین اظهار نظر نمود که زهکشی اسیدی عناصر خطرناک کارخانه‌های مواد شیمیایی باعث آلودگی شدید این منطقه گشته است.

در سپتامبر سال ۱۹۹۹ در کارولینای شمالی- آمریکا سیلی به وقوع پیوست که باعث تخریب شمار زیادی از گودالهای دفع زباله و مواد مدفوعی حیوانات در برخی مناطق دامی گردید و علاوه بر صدمات اقتصادی، سبب بروز مشکلات زیست محیطی فراوانی شد. بدین صورت که نیتروژن، فسفر و آمونیوم موجود در این زباله‌ها، با ورود به محیط آبی سبب افزایش رشد قارچ و کاهش اکسیژن حل‌شده در سیستم‌های آبی شده و سبب نامساعد شدن شرایط برای موجودات زنده گردید (Wing *et al.* 2002).

یکی دیگر از عوامل مهم آلودگی در پی سیلابهای بزرگ، آب‌گرفتگی محل انباشتگی باطله‌ها و مواد معدنی است که منجر به آزادسازی مواد و عناصر خطرناک و سمی به محیط شده و مشکلات و مسائل

مهمی را به بار می‌آورد. به طور مثال می‌توان سیل شدیدی که در سال ۲۰۰۰ در کشور رومانی به وقوع پیوست، اشاره کرد که شکست سد باطله طلا و نقره منجر به آزادسازی ۱۰۰ هزار مترمکعب از سیال آلوده به سیانید به داخل رودخانه لاپوس (Lapus) و انشعابات آن گردید و سبب مرگ ماهیان و موجودات آبزی موجود در این آبها شد. علاوه بر این، سیلاب فوق‌الذکر، آب آشامیدنی بیش از ۲۰ میلیون نفر را تحت تاثیر قرار داد (Gautam and Hoek 2003).

با توجه به تحقیقاتی که ذکر شد، ملاحظه می‌شود که یکی از اثرات مهم سیلابهای بزرگ، آلایندگی آبهای سطحی و زیرزمینی است. منشأ آلایندگی منابع آب سطحی و زیرزمینی را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم نمود. گروه اول آلاینده‌های شیمیایی که منشأ آنها آفت‌کشها و مواد شیمیایی است که در فعالیت‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند و محل ذخیره آنها از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا این مواد برای محیط زیست خطرناک هستند و اگر در مکانهای مناسبی ذخیره‌سازی نشوند در هنگام وقوع سیلابهای بزرگ، مکانهای مذکور تخریب شده و این مواد وارد آب می‌شوند. گروه دوم آلاینده‌های بیولوژیکی است. زیانهای ناشی از سیل، مربوط به پوشیده شدن زمین از آب و نیز مربوط به نیروی تخریبی خود آب است. سیل ممکن است لوله‌های آب یا فاضلاب را جا به جا کند. آسیبهای وارد شده به ساختمان‌های محافظ چاهها و چشمه‌ها ممکن است منجر به آلودگی آبهای آشامیدنی شود. تأسیسات تصفیه فاضلاب و لوله‌های خروج فاضلاب، بیشتر در معرض صدمات سیل قرار می‌گیرند. پس زدن آب در لوله‌های فاضلاب سبب سرریز شدن مخازن فضولات و چاههای فاضلاب می شود و به علت بالا آمدن سطح آب، انواع زباله در نقاط مختلف پخش می‌شود که جمع‌آوری و دفع آنها مشکلات زیادی را به بار می‌آورد و همچنین موجب تغییر کیفیت آب در سطح وسیع می‌شود.

۲-۴- کیفیت شیمیایی آب پس از وقوع سیل

کرمی (۱۳۷۵) با اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی سیلاب در آبراهه‌های خیرآباد و کلاته‌ری در منطقه خارتوران شاهرود ذکر نموده است که در زمان وقوع سیل میزان املاح محلول در سیلابهای آبراهه‌های فوق‌الذکر اندک است به همین دلیل سیلابهای مذکور از کیفیت مناسبی جهت تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی منطقه برخوردار هستند.

مطالعه کیفیت سیلابها به منظور استفاده از روش‌های پخش سیلاب، جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی در جنوب آفریقا به نام‌های کالوینا و آتلانتیس (Calvina and Atlantis) موید کیفیت بالای سیلاب‌ها از نظر میزان یون‌های مختلف و هدایت الکتریکی پایین بوده است. به طوری که میانگین هدایت الکتریکی سیلاب در حدود ۸۹ میکروموس بر سانتی‌متر بوده که این مقدار به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در محل می‌باشد (Cave and Tredoux 2002).

سیلاب نقش مهمی را در چرخه بیوشیمیایی نیتروژن و فسفر بازی می‌کند به گونه‌ای که نوسانات بالا در طی دوره‌های سیلابی، سبب افزایش نیتروژن و فسفر می‌شود (Reddy and Patrik 1998). مطالعات انجام شده بر روی شیمی آبهای زیرزمینی دشت سیلابی رین (Rhine) در شرق فرانسه نشان داد که غلظت نیترات در طی دوره‌های سیلابی کاهش می‌یابد (Sanchez and Tremolieres 2002). در این مطالعه، با اندازه‌گیری پتانسیل اکسیداسیون- احیا (Eh)، که به عنوان شاخص دنیتریفیکاسیون استفاده می‌شود، مشخص شد که این پارامتر به طور قابل توجهی در طی دوره‌های سیلابی کاهش می‌یابد. شرایط فوق می‌تواند علت غلظت کم نیترات در طی دوره‌های سیلابی باشد. به طوری که نیترات تولید شده به وسیله فرایند نیتریفیکاسیون در سطح خاک در طی دوره‌های خشکی، در مواقع سیلابی احیا شده و تبدیل به نیتروژن می‌گردد.

معمولاً در جریان‌های سیل‌آسا در اولین هجوم، غلظت مواد معلق افزایش ناگهانی می‌یابد و مقدار زیادی مواد آلاینده به رودخانه وارد می‌شود ولی با گذشت زمان و ورود حجم آب بیشتر، غلظت مواد معلق در واحد حجم کاهش یافته و آلودگی کم می‌شود. به عبارت دیگر، در روزهای اولیه آلودگی رودخانه زیاد می‌شود ولی در روزهای بعدی، این آلودگی با افزایش دبی کمتر می‌شود (Collavini *et al.* 2005).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که به طور کلی، سیلابها، با افزایش حجم آب و رقیق‌سازی املاح موجود در آن، سبب کاهش غلظت املاح آب گردیده و در نتیجه سبب بهبود کیفیت آب از نظر مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌ها و هدایت الکتریکی می‌شوند. این موضوع می‌تواند به عنوان یکی از مزایای استفاده از سیلابها در تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی باشد.

۲-۵- آلودگی خاک و رسوب

آلودگی خاک یا رسوب و پخش آلاینده‌ها در نتیجه سیل، از موضوعات مهم در بررسی اثرات سیل می باشد. سیلابهای بزرگ مقادیر قابل ملاحظه‌ای از سیلت، رسوب، خرده سنگها و گراول را حمل کرده و در نواحی پست که سرعت سیلاب نسبتا کم است، بخش قابل توجهی از این مواد ته نشین می‌شوند. این رسوبات که از فرسایش بستر رودخانه‌ها و یا تخریب سازندهای موجود در منطقه ایجاد می‌شوند، تحت اثر آلاینده‌های مختلف موجود در سیلابها، از قبیل فاضلابها آلوده می‌گردند و توانایی حمل این آلاینده‌ها را به دیگر نقاط دارند (Gautam and Hoek 2003).

مطالعات انجام شده بر روی رسوبات رودخانه ادرا (Odra) در سال ۱۹۹۷ در کشور لهستان، آلودگی شدیدی از فلزات سنگین (به ویژه کادمیم، روی، سرب و مس) در این رسوبات را نشان داد که اثرات خطرناک و سمی این آلاینده‌ها در نتیجه آزادسازی فلزات سنگین از رسوبات سیلابی در اثر فرایند اکسیداسیون و زهکشی اسیدی بیان گردید (Helios *et al.* 1998). آنها با بررسی‌هایی که بر روی رسوبات حاصل از سیلاب در این منطقه انجام دادند، بین آلودگی رسوبات و سیل ارتباط مشخصی را مشاهده نکردند (Tobine *et al.* 2000) ولیکن اظهار نموده‌اند که سیل ممکن است با پخش آلاینده‌ها در سراسر دشت سیلابی، مشکلات را وخیم‌تر سازد و یا ممکن است آنها را رقیق سازد.

کولاوینی و همکاران (Collavini *et al.* 2005) با تحقیقاتی که بر روی سیل ۱۹۹۹ در رودخانه دز (Dese) در کشور ایتالیا انجام دادند، اهمیت نقش سیل را در انتقال آلاینده‌ها به تالاب، خصوصاً فلزات همراه با مواد معلق نشان دادند. ورود این آلاینده‌ها به داخل تالاب، باعث آلودگی آن شده و این پدیده موجب شده که تنوع زیستی کاهش پیدا نماید (Brussels 2006). بررسی‌های فوق نشان می‌دهد که سیلابها عامل انتقال رسوبات و مواد معلقی هستند که قادر به حمل آلاینده‌های مختلف می‌باشند. این رسوبات آلاینده اثرات زیادی بر محیط زیست داشته و باعث تخریب آن می‌گردند.

۲-۶- اثرات سیل بر کشاورزی

به طور کلی، سیلابها به ویژه سیلابهای بزرگ، به عنوان تهدید جدی برای زمین‌های کشاورزی در بیشتر کشورها قلمداد می‌شوند. زیرا بهسازی نواحی سیلابی، خصوصاً هنگامی که سیل، پوشش رسوبی

ضخیمی تشکیل دهد، که معمولاً متشکل از گل و خرده سنگ است، به کوشش بسیار و زمان طولانی نیاز دارد. به علاوه در هنگام وقوع سیلابهای بزرگ، نهشت سیلت، رسوب و خرده سنگها در زمین‌های کشاورزی، کاهش حاصلخیزی آن را به دنبال خواهد داشت (Gautam and Hoek 2003). به عنوان مثال، سیل عظیمی که در سال ۱۹۷۹ در قسمتی از منطقه خشک هندوستان (راجستان) جاری شد، با انباشته کردن آبرفت‌های درشت دانه به ضخامت ۲ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در سطح وسیع، کیفیت خاک را که حاصلخیز بوده به کلی تغییر داد (Kolarkar *et al.* 1981). گرچه گاهی اوقات در هنگام وقوع سیلابهای کوچک، به علت نهشت متناوب سیلت باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. در این راستا، شستشوی لایه‌های نمک توسط سیلاب از آثار قابل توجه بالا بردن کیفیت خاک در صفحات سیلابی است (غضبان ۱۳۸۱). از مهمترین خسارت‌های ناشی از سیلاب، از بین رفتن خاک کشاورزی می‌باشد که هم سطح زیر کشت را کاهش می‌دهد و هم با از بین بردن خاک سطحی، کاهش حاصلخیزی آن را به دنبال خواهد داشت. از بین رفتن محصولات کشاورزی فرایند تخریبی مهمی است که در پی وقوع سیل رخ می‌دهد. به طوری که در کشورهایی نظیر بنگلادش، چین، هند، نپال و تایلند، خسارتهای شدیدی را بر بخش کشاورزی وارد کرده است (Few 2003). سیل شدیدی که در سال ۱۹۹۸ در بنگلادش به وقوع پیوست و بیش ۷۵ درصد کشور را تحت تأثیر قرار داد باعث از بین رفتن مساحت بسیار زیادی از نواحی کشاورزی و محصولات آن گردید. در سال ۱۹۹۸ در رودخانه دجله در کشور عراق سیل گسترده‌ای رخ داد که باعث بروز اثرات منفی فراوانی بر نواحی کشاورزی مجاور این رودخانه گشت. تحقیقات صورت گرفته نشان داد که افزایش شوری خاک در این ناحیه، در نتیجه افزایش سطح آب زیرزمینی در اثر سیل می‌باشد (Al- Jarrah 2005, Hoyt 1966)

بر اساس مطالب فوق‌الذکر، ملاحظه می‌شود که سیل به دلایل متعددی باعث بروز خسارت به زمینهای کشاورزی می‌شود که مهمترین آنها به طور خلاصه ارائه می‌شود:

- از دست دادن خاک سطحی در نتیجه فرسایش آبی
- کاهش حاصلخیزی در نتیجه تجمع سیلت، رسوب و خرده سنگ
- پوشیده شدن پوشش گیاهی با لایه‌ای از رسوبات ریز، در زمانی که آب به آهستگی حرکت می‌کند.
- تبخیر سیلاب که باعث بر جا گذاشتن نمک و دیگر مواد معدنی سنگین در آنجا می‌شود.

- افزایش سطح آب زیرزمینی که می‌تواند نمک و دیگر املاح را با خود به بالا بیاورد.
- اختلال در فعالیت‌های کشاورزی در حداقل یک فصل زراعی به دلیل خسارت وارده به دامها و احشام و ابزار و وسائل کشاورزی، از بین رفتن بذرها و سنگلاخی شدن زمین

۲-۷- اثر سیل بر روی سلامت و شیوع بیماری‌ها

با توجه به اینکه سیلابها عامل حمل آلاینده‌هایی نظیر مواد مدفوعی موجودات زنده، فاضلابها، زباله‌ها، اجساد فاسد شده موجودات زنده و محصولات فرعی کشاورزی و صنعتی هستند، عامل بالقوه‌ای برای سرایت بیماری‌ها می‌باشند. آلودگی شیمیایی در اثر وقوع سیل، هنگامی رخ می‌دهد که واحدهای صنعتی و یا محل ذخیره مواد شیمیایی کشاورزی تخریب شده و باعث آزادسازی مواد شیمیایی شامل روغن‌ها، مواد سمی، آفت‌کشها و غیره به داخل محیط گردند و این امر از طریق تنفس و بلع آب و غذای آلوده باعث بروز اثرات منفی بر روی سلامت انسان می‌گردد. اثر سیل بر روی سلامت موجودات زنده، به طبیعت و شدت سیل بستگی دارد و می‌تواند به صورت مستقیم و غیر مستقیم سلامت آنها را تحت تاثیر قرار دهد (Few 2003).

در آوریل ۱۹۹۷ سیل مخربی در داکوتا (Dakota)- آمریکا رخ داد و مشکلات فراوانی را در پی وقوع این سیل به وجود آورد. در اثر این سیل، تأسیسات تصفیه آب شهری از بین رفتند و مصرف آبهای آشامیدنی و مواد غذایی آلوده، سبب گسترش بیماری‌های عفونتی در این منطقه گردید (Collin 1997). در طی سالهای ۱۹۹۹-۱۹۹۸ در فنلاند، آبهای آلوده ناشی از سیلاب، سبب بروز بیماری‌های مختلفی در مردم ساکن در این منطقه گردید که دلیل اصلی آن آبهای زیرزمینی ضدعفونی نشده‌ای بود که در اثر سیلابها و روانابهای سطحی وابسته به آن، آلوده شده بود (Miettinen *et al.* 2001).

عوامل مختلفی که در آلودگی سیل نقش دارند، باعث می‌شود که سیلابها از ارگانیسم‌های عفونتی نظیر باکتری‌های اشرشیاکلی (Echerrichia Coli)، حصبه (Salmonella)، وبا (Vibrio Cholerae)، ویروس های هپاتیت، عوامل اسهالی (Shigella & Diarrhoea)، تیفوئیدی (Typhoid) و کزاز غنی باشند (Smith 1998, Nishat *et al.* 2000, Few *et al.* 2005). شایع‌ترین علت وقوع بیماری‌ها در

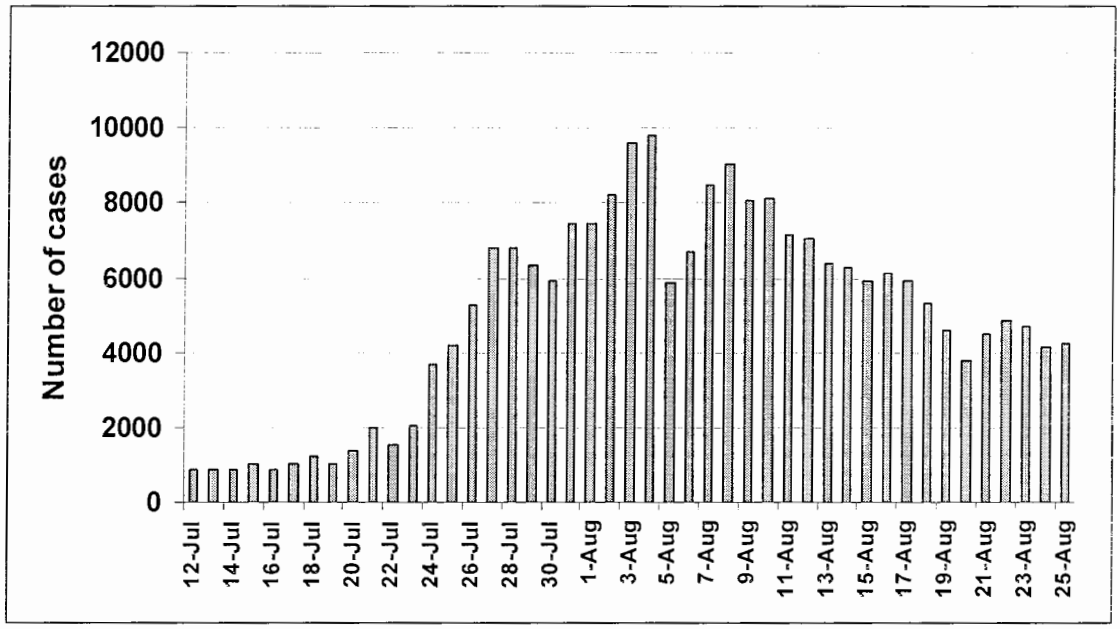
نتیجه سیل، در اثر استفاده از غذا و آب آلوده می‌باشد. نظیر موردی که در سیل ۱۹۹۷ در آفریقای جنوبی به وقوع پیوست و آبهای آلوده شده شرایط مساعدی را برای انتقال بیماری‌های اسهالی، وبا، مالاریا و عفونت‌های تنفسی به وجود آورد (Weber 1997).

آلودگی میکروبی آبهای آشامیدنی در سیلابهای بزرگ، از مهم‌ترین خطراتی است که در بحث بهداشت سیل مطرح می شود و اغلب در نتیجه تخریب تأسیسات تصفیه فاضلاب و پخش انواع زباله‌ها در محیط ایجاد می‌گردد و عامل مهمی در ظهور و شیوع بیماری‌های مختلف، به خصوص بیماری‌های عفونی می باشد (Smith 1998, Nishat *et al.* 2000, Kondo *et al.* 2002).

در خصوص بروز بیماری‌های اسهالی ناشی از وقوع سیلابهای بزرگ، تحقیقات زیادی در کشورهای در حال توسعه صورت گرفته است. برای مثال می‌توان به تحقیقات انجام شده در کشورهای سودان (Woodruff *et al.* 1990)، بنگلادش (Siddique *et al.* 1991, Kunii *et al.* 1998)، هند (Biswas *et al.*1999, Mondal *et al.* 2001) و موزامبیک (Kondo *et al.* 2002) اشاره کرد. تحقیقات فوق‌الذکر، به طور گسترده‌ای انجام شده است و بر اساس نتایج حاصله از این تحقیقات، بیماری‌های اسهالی از شایع‌ترین بیماری‌هایی هستند که علت اصلی مرگ و میر در خصوص سیلابهای بزرگ به شمار می‌روند. برای بیان اثرات بهداشتی سیل به وقوع پیوسته در سال ۱۹۸۸ در بنگلادش، سدیق و همکاران (Siddique *et al.* 1991) با استفاده از اطلاعات و آمار بیمارستانی به این نتیجه رسیدند که شایع‌ترین مشکل در بین بیماران، خصوصاً کودکان، اسهال بوده (۳۵٪) و ۲۷ درصد علت مرگ ومیر، از ابتلا به این بیماری صورت گرفته است. در این تحقیق، آنها هیچ جزئیاتی درباره شیوع اسهال در گروههای سنی مختلف قبل از وقوع سیل بیان نکردند. پس از سیل سال ۱۹۹۳ غرب بنگال در کشور هند، بیزواس و همکاران (Biswas *et al.* 1999) بیان کردند که فراوانی وقوع سیل، از ۴/۵ درصد قبل از سیل، به ۱۷/۵ درصد پس از آن افزایش یافت.

بنگلادش، از جمله کشورهایی است که سیلابهای سنگینی را در طول تاریخ تجربه کرده است. بارندگی فصلی و شدیدی که از تاریخ ۱۲ جولای تا ۲۵ اگوست ۲۰۰۴ در این کشور رخ داد باعث وقوع سیل در ۳۸ حوضه از ۶۴ حوضه این کشور گردید و در حدود ۳۰ میلیون نفر را تحت تاثیر قرار داد و ۲۱۹۹۹۸ مورد اسهال در مناطق سیل گرفته گزارش گردید (WHO 2004). علاوه بر وقوع

اسهال، بیماری‌های دیگری نظیر عفونت‌های تنفسی و مشکلات پوستی نیز در این نواحی مشاهده شد. شکل ۲-۱، توزیع فراوانی اسهال را در کشور بنگلادش نشان می‌دهد. در این نمودار، محور عمودی تعداد افراد مبتلا به بیماری‌های اسهالی را نشان می‌دهد و محور افقی بر حسب روزهای مختلف بارندگی از ۱۲ جولای تا ۲۵ اگوست سال ۲۰۰۴ می‌باشد. بر اساس این نمودار بیشترین نرخ ابتلا به اسهال مطابق با وقوع سیل در این کشور است.



شکل ۲-۱- توزیع فراوانی افراد مبتلا به اسهال از ۱۲ جولای تا ۲۵ اگوست ۲۰۰۴ در بنگلادش (WHO 2004)

بیماری وبا نیز از جمله بیماری‌های عفونتی است که در پی وقوع سیل از طریق آب و غذای آلوده سرایت می‌یابد. از سال ۱۹۹۰ به بعد موارد متعددی در خصوص وقوع این بیماری، برای مثال در کشورهای آفریقا (Anoymous 1998)، اندونزی (Korthuis *et al.* 1998)، هند (Sur *et al.* 2000)، موزامبیک (Naidoo and Patric 2002) گزارش شده است و در آنها کم و بیش نقش مهم سیل در شیوع بیماری وبا بیان گردیده است.

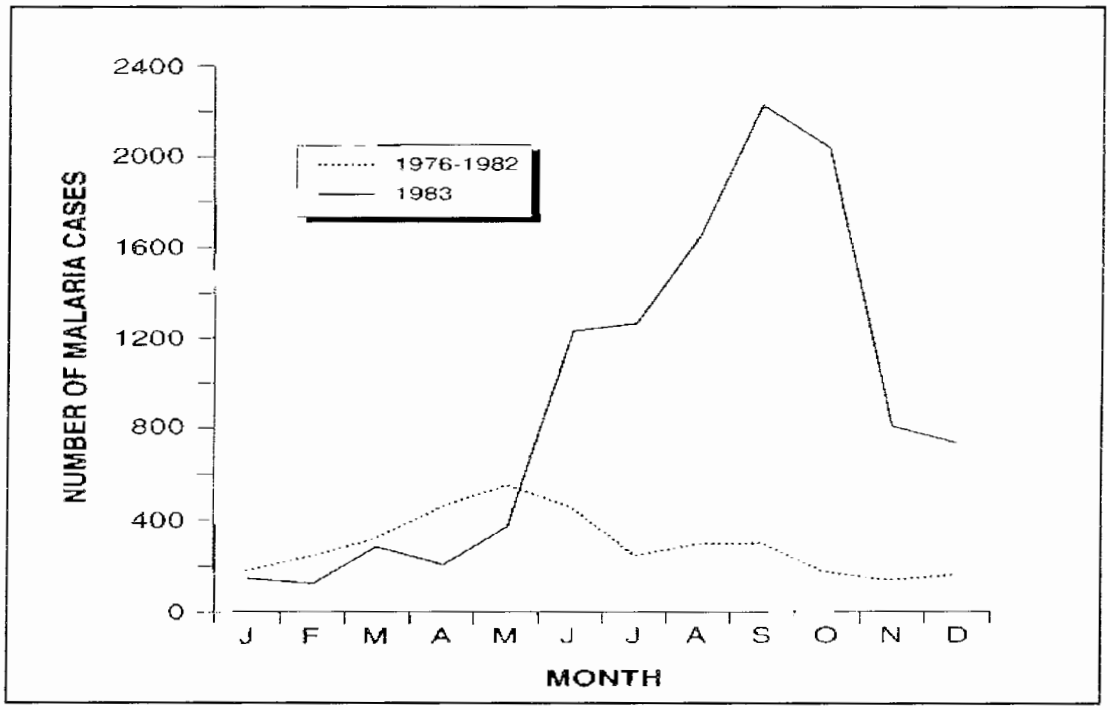
در آمریکا (Mackowiak *et al.* 1976)، سودان (Carthy *et al.* 1994)، بیماری هپاتیت A و E از بیماریهای مهم دیگر در نتیجه سیل عنوان شد. هو و همکارانش (Hau *et al.* 1999) ذکر کرده‌اند، آلودگی منابع آبی با مواد زاید حیوانی و انسانی در هنگام وقوع سیل، عامل مهم شیوع

هپاتیت می‌باشد. همچنین مکوویک و همکاران (Mackowiak *et al.* 1976) اظهار داشته‌اند که سیل دره می‌سی‌سی‌پی در کشور آمریکا و آلوده شدن مواد غذایی با مواد مدفوعی از فاکتورهای مهم در خصوص علت شیوع بیماری هپاتیت در این کشور بوده است.

بخش زیادی از سیلاب پس از وقوع این رویداد راکد باقی مانده و منجر به افزایش جمعیت پشه و مگس می‌گردد. حشرات که عامل بالقوه‌ای برای ایجاد بیماری هستند، می‌توانند در هنگام وقوع سیل آن را به سرعت انتقال دهند (Smith 1998, Few 2005). آلودگی آبهای سطحی، زیرزمینی، تخریب سیستم‌های فاضلاب، اصول بهداشتی ضعیف، مواد به جا مانده فسادپذیر و لاشه و فضولات حیوانات، سبب افزایش تولید پشه، مگس و جانوران موذی می‌شود (Smith 1998).

مالاریا از جمله بیماری‌های انگلی است که در اثر ورود عوامل عفونتی از طریق نیش پشه به داخل خون، انتقال داده می‌شود. تحقیقات زیادی در خصوص شیوع بیماری مالاریا در کشورهای آمریکا (Moreira 1986, Russac 1986, Hederra 1987)، خارطوم (EL-Sayed *et al.* 2000)، سودان (Woodruff *et al.* 1990) و هند (Nandi and Sharma 2000) انجام شد و افزایش حاد این بیماری به دنبال وقوع سیل مشاهده گردید. در آوریل ۱۹۶۶، بارندگی سنگین در بسیاری از بخش‌های تگزاس آمریکا باعث وقوع سیل گردید. سرریز کردن سیستم‌های تصفیه فاضلاب و پس زدن آب در زهکش‌های فاضلاب، سبب تولید و پرورش حشرات در این آبهای حاوی مواد زائد آلی گردید و به دنبال آن در حدود ۱۴۵ مورد عفونت ویروسی گزارش گردید که از طریق حشرات به انسان انتقال می‌یابد (Hopkins *et al.* 1975) .

شکل ۲-۲، افزایش وقوع بیماری مالاریا را در پروی شمالی به دنبال سیل ۱۹۸۳ نشان می‌دهد. همان طور که در شکل نیز دیده می‌شود، وقوع مالاریا حدود ۷ برابر نسبت به میانگین سالهای قبل، سالهای ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۲، افزایش یافته است (Russac 1986).



شکل ۲-۲- تعداد موارد گزارش شده مالاریا پس از سیل ۱۹۸۳ در مقایسه با میانگین سالیانه (۸۲-۱۹۷۶) در پروی شمالی (Russac 1986)

سیل با از بین بردن پناهگاه حیوانات وحشی و موذی باعث هجوم آنها به محل زندگی مردم شده و بیماری‌ها (هاری، کزاز و غیره) و خطرات زیادی را برای افراد جامعه ایجاد می‌کند. در دی ماه سال ۱۳۸۲ بارندگی سنگین در بسیاری از شهرهای جنوبی کشور ما، ایران، سبب بروز سیلابهای شدیدی گردید و در حالی که خسارات مادی به خانه‌ها و تأسیسات نفتی و زمین‌های زراعی وارد کرد، خطر جانی به وسیله مارهای سمی را نیز به همراه داشت. براساس گزارش ایرنا، بر اثر طغیان رودخانه‌های فصلی و سرازیر شدن آب کوه‌های اطراف، تعداد زیادی مار سمی به مناطق حاشیه دره گپ گناوه هجوم آوردند (روزنامه شرق ۱۳۸۲).

در ۲۱ فوریه ۲۰۰۱، دولت موزامبیک درخواست کمک اورژانسی برای پاسخ به بحران سیل در موزامبیک مرکزی نمود و اعلام کرد خطر بیماری‌های مسری مثل وبا و مالاریا افزایش یافته است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای ارزیابی وضعیت درخصوص نکات بحرانی زیر وارد عمل شد:

- ارزیابی تسهیلات بهداشتی شامل وضعیت ساختار بهداشتی، داروهای اساسی و کارکنان بهداشتی
- سوء تغذیه در بین کودکان کمتر از ۵ سال

- اثر بیماری‌های مستعد اپیدمی مثل مالاریا، سرخک، مننژیت، اسهال و وبا
- در دسترس بودن آب آشامیدنی سالم و مراعات اصول بهداشتی

مجموعه مطالعات صورت گرفته در این بخش، در واقع مطالعات اپیدمیولوژیکی بوده که به بررسی اثر سیل بر روی جوامع بشری پرداخته و می‌توان آن را مطالعه توزیع و علل بیماری‌ها و آسیب‌ها در گروه‌های بشری تعریف کرد. این داده‌ها مقامات مسئول را قادر می‌سازد که از پیامدهای بهداشتی مختلف سیل آگاهی یابند و تا حد امکان اثرات بهداشتی حوادثی که ممکن است در آینده رخ دهد را کم کنند (شریعت پناهی ۱۳۷۳).

تحقیقات زیادی در خصوص مسایل بهداشتی و اثرات سیل بر روی سلامت موجودات زنده صورت گرفته و نشان می‌دهد که سیلابها به دلیل حمل آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی، عامل سرایت بسیاری از بیماری‌ها هستند. آلودگی شیمیایی در اثر وقوع سیل، هنگامی رخ می‌دهد که واحدهای صنعتی و یا محل ذخیره مواد شیمیایی کشاورزی تخریب شده و باعث آزادسازی مواد شیمیایی شامل روغن‌ها، مواد سمی، آفت‌کشها و دیگر مواد شیمیایی خطرناک به داخل محیط گردد و این امر از طریق تنفس و مصرف آب و غذای آلوده باعث بروز اثرات منفی بر روی سلامت انسان می‌گردد. در هنگام وقوع سیل، تخریب تأسیسات تصفیه فاضلاب و آلودگی میکروبی آبهای آشامیدنی از مهم‌ترین دلایل وقوع بیماری می‌باشد. رایج‌ترین شیوه انتقال بیماری‌ها از طریق خوردن و آشامیدن آب و غذای آلوده به عوامل عفونتی می‌باشد. بنابراین تامین آب سالم و مناسب از مسایل مهم در بحث مدیریت بهداشتی سیل می‌باشد. با توجه به این امر، نیاز به دفع صحیح و مناسب مواد زاید ناشی از سیل جهت جلوگیری از آلودگی آبهای آشامیدنی یا مواد غذایی، تولید و پرورش حشرات و جانوران موذی می‌باشد. در کشورهای گرمسیری پس رفتن آبهای سیل زمینه مستعدی برای تخم ریزی پشه‌ها و لذا افزایش خطر بیماری‌هایی مثل مالاریا می‌شود. آب سیل همراه با اثرات فاضلاب‌های باز و کمبود فرصت برای داشتن بهداشت فردی مناسب، منجر به وبا، اسهال و شیوع ویروس‌های معدی- روده‌ای می‌گردد و همچنین باعث جا به جایی جوندگان شده که در نهایت منجر به شیوع همه‌گیری‌هایی مثل لپتوسپیروز و عفونت‌های هانتاویروس می‌شوند (هنرور ۱۳۸۳).

از بیماری‌های مهمی که در هنگام وقوع سیل شیوع می‌یابد می‌توان به بیماری‌های اسهال، وبا، هپاتیت، مالاریا و غیره اشاره کرد. این بیماری‌ها که از نگرانی‌های عمده پس از وقوع سیل می‌باشد، در کشورهای مختلف از لحاظ اندازه و نرخ مرگ و میر متفاوت است و اغلب در کشورهای در حال توسعه، به دلیل رفتارهای بهداشتی نامناسب و سطح آگاهی پایین نسبت به مسائل بهداشتی، رخ می‌دهد. اگر چه تمامی آثار سیل مهم می‌باشند، ولی مهمترین این اثرات خسارات جانی به ویژه مرگ و میر می‌باشد که تعدادی در زمان وقوع بحران و تعدادی بعد از بحران اتفاق می‌افتد. مرگ پس از بحران نتیجه اثرات ثانوی و زیست محیطی بعد از سیل است که در اثر خسارات به تأسیسات بهداشتی منطقه و آلودگی محیط زیست و وقوع و شیوع بیماری‌های واگیردار بوجود می‌آید که در صورت عدم اتخاذ مدیریت صحیح بحران و ارائه خدمات بهداشتی در منطقه می‌تواند فاجعه‌ای دیگر به بار آورد. تخریب منابع آبی، تخریب شبکه‌های آب رسانی، آلودگی رودخانه‌ها، چشمه‌ها و قنوات به فاضلاب و آلاینده‌های محیط، تخریب مراکز تهیه و توزیع و فروش مواد غذایی، آسیب دیدن راههای ارتباطی و ممانعت از حمل و نقل مواد غذایی، تخریب شبکه‌های فاضلابی و تأسیسات تصفیه خانه‌ها، دفع ناصحیح مدفوع و فضولات انسانی و حیوانی، وجود لاشه‌های متعفن و مواد زاید دفعی، هم‌چنین هجوم موجودات موذی، جانوران، حشرات، جوندگان و تکثیر آنها در محیط، همگی زمینه را برای به خطر انداختن سلامت آسیب‌دیدگان فراهم کرده و چنان‌چه اقدامات موثر و به موقع صورت نگیرد شدت مصیبت بیشتر شده و مرگ و میر افزایش می‌یابد. بیشترین عامل موثر در شیوع اپیدمی پس از بحران تخریب منابع آبی منطقه است. بنابراین می‌توان دریافت که مهم‌ترین اثر زیست محیطی سیل، اثرات مخرب بر منابع آب است و این امر خود بزرگ‌ترین مشکل اساسی بهداشتی می‌باشد.

فصل سوم

روش انجام مطالعات

در این فصل کلیه کارهایی که برای مطالعه ارزیابی اثرات زیست محیطی سیلاب در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است، به طور مختصر بیان می‌شود. به طور کلی در این تحقیق موارد ذیل انجام شده است:

الف- جمع‌آوری آمار و اطلاعات در خصوص موضوع مورد مطالعه

ب- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آبهای سطحی

ج- مطالعه ویژگی‌های بیولوژیکی آبهای سطحی منطقه

۳-۱- جمع آوری آمار و اطلاعات

به منظور بررسی اثرات سیلاب به وقوع پیوسته در منطقه، در ابتدا کلیه اسناد، مدارک و گزارش‌های مرتبط از مراکز دانشگاهی، پژوهشی و سازمان‌های زیربط گردآوری گردید. از مهم‌ترین سازمان‌های مراجعه شده، می‌توان به سازمان آب منطقه‌ای، سازمان محیط زیست و مراکز بهداشتی و درمانی استان گلستان و شهرستان‌های گنبد و مینودشت اشاره کرد.

۳-۲- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آبهای سطحی منطقه

همان‌طور که در فصل ۱ بیان شد، ناحیه مورد مطالعه بخشی از حوضه آبگیر گرگانرود، یکی از رودخانه‌های مهم این حوضه به شمار می‌رود. به همین منظور، جهت بررسی اثرات سیلاب بر روی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آبهای سطحی منطقه مورد نظر، از این رودخانه و سرشاخه‌های مهم آن ۱۰ نمونه شیمیایی، قبل از وقوع سیل (اردیبهشت ماه ۱۳۸۵)، و ۷ نمونه دیگر پس از وقوع آن (آبان ماه ۱۳۸۵)، تهیه گردید. جهت تهیه نمونه از بطری‌های پلی‌اتیلن ۲۵۰ میلی‌لیتری استفاده شد. پس از شستشوی ظروف با آب مورد نظر، نمونه‌برداری باید به گونه‌ای صورت گیرد که هیچ‌گونه حباب هوایی وارد ظرف نمونه‌برداری نشود.

پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری از قبیل هدایت الکتریکی و اسیدیته و پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، نظیر غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌باشد. به منظور بررسی آب رودخانه‌های منطقه در حالت جریان پایه، در آذر ماه ۱۳۸۵، ۹ نمونه جهت تعیین پارامترهای شاخص آلودگی آب (BOD_5, COD)، برداشته شد و به آزمایشگاه اداره آب و فاضلاب استان گلستان ارسال شد. موقعیت جغرافیایی محل برداشت نمونه‌ها نیز با استفاده از GPS تعیین گردید و سپس با استفاده از نرم افزار Arc View بر روی نقشه آبراهه‌های حوضه مورد نظر پیاده شد.

۳-۲-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری

از پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری می‌توان به هدایت الکتریکی و اسیدیته آب اشاره کرد. که نحوه اندازه‌گیری این پارامترها به شرح زیر می‌باشد.

الف- اندازه گیری هدایت الکتریکی آب

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (EC) در محل نمونه‌برداری، از دستگاه EC متر ساخت شرکت HACH استفاده گردید. اندازه‌گیری‌ها در طی دو دوره قبل و پس از سیلاب انجام گرفت. دقت این

دستگاه برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی درمحدوده کمتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، برابر با یک میکروموس بر سانتی‌متر و در محدوده بزرگتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر برابر با ۱۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد.

ب- اندازه گیری اسیدیته آب

اسیدیته آب (pH)، از دیگر پارامترهایی بود که در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید که برای اندازه گیری آن از دستگاه pH متر مدل SUNTEX SP-701 استفاده شد. دقت اندازه‌گیری این دستگاه برابر با ۰/۰۱ واحد می‌باشد و قبل از اندازه‌گیری باید با استفاده از محلول‌های بافر ۴ و ۷ واسنجی شود.

۳-۳-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه

پس از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی به آزمایشگاه پارک علم و فناوری استان سمنان انتقال داده شد. این عناصر، شامل کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی محلول در آب می‌باشند. معمولاً نتایج آنالیز مواد شیمیایی برحسب میلی‌گرم در لیتر بیان می‌شود. به منظور کنترل صحت تجزیه نمونه‌ها، غلظت یون‌ها به میلی اکی‌والان در لیتر تبدیل شده و درصد خطای آزمایش محاسبه شده است. کاتیون‌ها شامل سدیم (Na^{+})، پتاسیم (K^{+})، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+}) و آنیون‌ها در برگیرنده کربنات (CO_3^{2-})، بی‌کربنات (HCO_3^{-})، کلرید (Cl^{-})، سولفات (SO_4^{2-}) و نیترات (NO_3^{-}) می‌باشند. غلظت یون سدیم و پتاسیم از طریق دستگاه نورسنج شعله‌ای (Flame Photometer) و با استفاده از محلول‌های استاندارد سولفات سدیم و سولفات پتاسیم اندازه‌گیری شده است. تعیین میزان یون کلسیم و منیزیم نیز به روش حجم سنجی (تیتراسیون)، انجام گرفته است. غلظت یون بی‌کربنات از طریق حجم سنجی با اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال و شناساگر متیل اورانژ و مقدار یون کلر نیز به روش تیتراسیون با نیترات نقره ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شده است. میزان یون سولفات نیز به روش وزنی با استفاده از اسید کلریدریک غلیظ و معرف متیل ردوکلروباریم به دست آمده است.

۳-۳- بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی آبهای سطحی منطقه

علاوه بر تهیه نمونه‌های شیمیایی جهت بررسی کیفیت بیولوژیکی آبهای سطحی منطقه در زمان وقوع سیل، ۷ نمونه میکروبی، به منظور تعیین احتمال آلودگی کلیفرمی مدفوعی و غیر مدفوعی، در زمان‌های قبل و پس از سیلاب تهیه گردید.

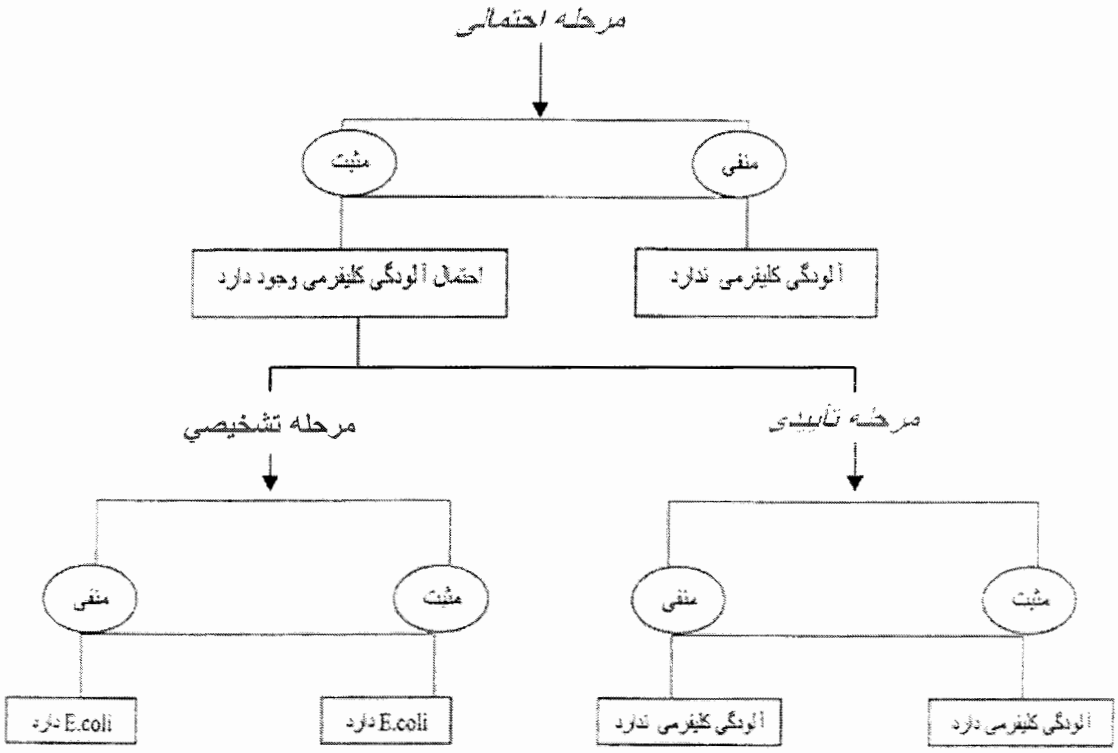
۳-۳-۱- نحوه نمونه‌گیری آبهای سطحی برای آنالیز بیولوژیکی

برای نمونه‌برداری بیولوژیکی از بطری‌های دهان‌گشاد و از جنس شیشه مقاوم که قبلاً در دستگاه اتوکلاو به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد استریل شده استفاده شد. نمونه‌گیری از آب رودخانه باید به گونه‌ای باشد که از تماس ظرف نمونه‌برداری با کناره یا بستر رود جلوگیری شود. برای نمونه‌برداری از آب رودخانه، بطری استریل، در حالی‌که درب آن بسته است، به طور کامل تا ۳۰ سانتی‌متر به زیر آب برده می‌شود، سپس در آن باز و خلاف جریان آب حرکت داده می‌شود تا آب وارد بطری شود. در طول پر کردن بطری نمونه‌گیری، در آن از زیر آب خارج نمی‌شود تا از تماس دیواره داخلی درب ظرف با هوای محیط جلوگیری شود. پس از پر شدن بطری از آب، درپوش ظرف در زیر آب بسته شده و آن‌گاه ظرف از آب بیرون آورده می‌شود.

۳-۳-۳- اندازه‌گیری خصوصیات بیولوژیکی آب در آزمایشگاه

برای تشخیص آلودگی بیولوژیکی آب، نمونه‌ها بلافاصله پس از نمونه‌برداری در شرایط استریل، درون کلمن یخ به آزمایشگاه اداره آب منطقه‌ای استان گلستان منتقل شده تا از طریق آزمون بیشترین تعداد احتمالی باکتری (MPN) مورد آزمایش قرار گیرند. با توجه به میزان آلودگی، آزمایش MPN (Maximum Probability Number) به روش‌های مختلف انجام می‌گردد. هنگامی‌که نمونه آب مربوط به رودخانه و آلودگی آن بالاست، آزمایش به طریق ۹ لوله‌ای انجام می‌شود. در صورتی‌که نمونه از آب چاه باشد که آلودگی آن کمتر است به روش ۵ لوله‌ای آزمایش می‌شود. قبل از انتقال نمونه‌های آب به لوله‌های آزمایش، محیط کشت مورد نظر آماده می‌شود.

روش‌های استاندارد مختلفی برای مطالعه کلیفرمها وجود دارد که یکی از این روش‌ها، تخمیر چند لوله‌ای (۵ لوله‌ای و ۹ لوله‌ای) می‌باشد و می‌توان نتایج را به صورت MPN (بیشترین تعداد احتمالی باکتری) گزارش نمود. شکل ۳-۱ مراحل انجام آزمایش MPN را نشان می‌دهد.



شکل۳-۱- دیاگرام مراحل انجام آزمایش MPN

همان طور که در شکل نیز دیده می‌شود، این روش شامل سه مرحله آزمون می‌شود: الف- مرحله احتمالی ب- مرحله تأییدی ج- مرحله تشخیصی

مرحله احتمالی

تعداد لوله‌ها در روش ۹ لوله‌ای سه سری سه‌تایی می‌باشد. به این ترتیب که نمونه در حجم‌های ۱۰، ۱ و ۰/۱ میلی‌لیتر با استفاده از پیپت استریل در محیط‌های کشت لاکتوز براث ریخته می‌شود. به طوری که در روش ۹ لوله‌ای به ترتیب در سه لوله اول ۱۰ میلی‌لیتر و در سه لوله دوم ۱ میلی‌لیتر و در سه لوله سوم ۰/۱ میلی لیتر از نمونه آب بر روی محیط کشت اضافه می‌شود. نمونه‌ها در محیط کشت

لاکتوز براث، در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و در انکوباتور گرماگذاری می‌شود. داخل محیط کشت لوله آزمایش دورهام محتوی مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌هاست. اگر در آب کلیفرم وجود داشته باشد، مواد غذایی دورهام را مصرف کرده و گاز منوکسیدکربن تولید می‌کند که به صورت حباب‌های کوچکی نمایان می‌شود. بنابراین در صورت ایجاد گاز منوکسیدکربن در لوله‌ها و مثبت بودن آزمون، احتمال آلودگی کلیفرمی وجود دارد و باید برای لوله‌های مثبت مرحله تأییدی انجام شود.

مرحله تأییدی

این مرحله در محیط کشت بریلیانت گرین و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور انجام شده و برای شناسایی کلیفرمهای مجموع و از محیط کشت EC براث برای شناسایی کلیفرمهای مدفوعی استفاده می‌شود. در صورت مثبت بودن آزمون، حتماً آلودگی کلیفرمی غیر مدفوعی وجود دارد و برای بررسی آن می‌توان از لوله‌های مثبت مرحله احتمالی استفاده نمود.

مرحله تشخیصی

نمونه‌ها در محیط کشت بریلیانت‌گرین در دمای ۴۴/۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در بن‌ماری گرماگذاری شده و چنان‌چه نتیجه آزمون مثبت باشد، نمونه آب حاوی اشرشیاکلی (E.Coli) به عنوان شاخص آلودگی کلیفرم مدفوعی می‌باشد. قابل شرب یا غیر قابل شرب بودن آب، در این مرحله مشخص می‌شود.

در هر یک از مراحل آزمون احتمالی و تأییدی تعداد لوله‌های مثبت را یادداشت کرده و با مراجعه به جدول MPN (جدول ۳-۱)، بر اساس تعداد لوله‌های مورد استفاده در مرحله احتمالی، تعداد باکتریها محاسبه می‌شوند. با توجه به این که استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO) برای آب آشامیدنی در خصوص عوامل بیولوژیکی صفر است، عوامل بیماری‌زا نباید در آب شرب وجود داشته باشد و وجود آن در نمونه‌ها نشان دهنده آلودگی میکروبی آب می‌باشد.

جدول ۳-۱- حداکثر تعداد احتمالی باکتری در آزمایش نه لوله‌ای

تعداد لوله های مثبت			MPN/100ml	تعداد لوله های مثبت			MPN/100ml
10ml	1ml	0.1ml		10ml	1ml	0.1ml	
0	0	0	0	2	0	0	9.1
0	1	0	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6.1	2	1	1	20
0	1	2	9.2	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6.2	2	2	0	21
0	2	1	9.3	2	2	1	28
0	2	2	12	2	2	2	35
0	2	3	16	2	2	3	42
0	3	0	9.4	2	3	0	20
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53
1	0	0	3.6	3	0	0	23
1	0	1	7.2	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7.3	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29	3	3	3	>1100

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های فوق، اطلاعات جمع آوری شده و نتایج حاصل از آزمایشات شیمیایی و باکتریولوژیک، با استفاده از نرم افزارهای Rock Work و Exel آنالیز گردید و نمودارهای ستونی و مقایسه‌ای آن رسم شد.

فصل چهارم
ارزیابی زیست محیطی سیلاب در حوضه گرگانرود

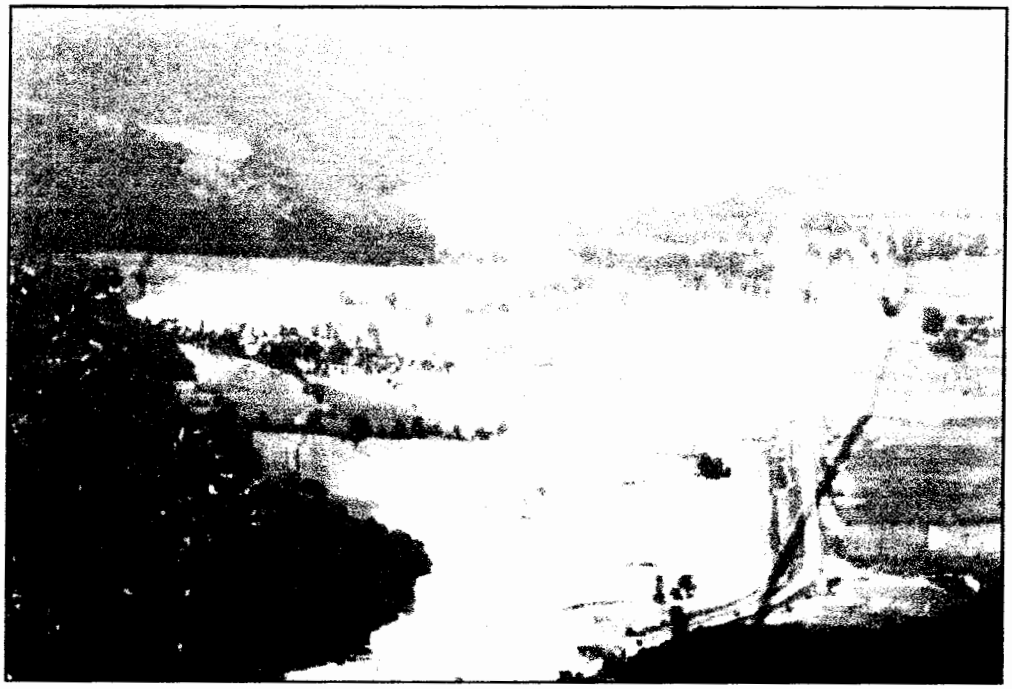
در بسیاری از مناطق جهان، سیل پدیده رایج و طبیعی شناخته شده است و در جوامع مختلف، خسارات اقتصادی و اجتماعی فراوانی را به وجود می‌آورد. کشور ما نیز از جمله کشورهایی است که در نقاط مختلف آن به لحاظ فیزیوگرافی و اقلیمی، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی است و هر ساله شاهد بروز سیلابهای فراوانی در آن می‌باشیم.

وقوع سیل در اواخر دهه ۷۰ و در سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ در استان گلستان که اغلب در اواخر تیر و مرداد ماه به وقوع پیوسته است و متأسفانه با تلفات جانی و مالی نیز همراه بوده است، لزوم مطالعه جامع در خصوص بررسی اثرات این سیلابها را طلب می‌کند، زیرا با توجه به تنوع مناطق سیل‌زده در حوضه‌های مختلف و نزدیک به هم، وقوع سیل در این استان بسیار محتمل است.

۴-۱- سیلابهای بزرگ و اثرات زیست محیطی آنها (مطالعه موردی، سیلاب بیستم مرداد ۱۳۸۰ رودخانه دوغ)

سیلابهای بزرگ به دلیل حمل آلاینده‌های مختلف شامل اجساد جانوران، مواد شیمیایی نظیر آفت کشها و تخریب فاضلابها، می‌توانند باعث آلودگی منابع آب (به ویژه) و خاک شوند. این سیلابها اثرات مخرب فراوانی را بر محصولات کشاورزی، منابع آب و خاک و سلامت انسان و دام وارد می‌سازند. از این رو شناخت خسارات زیست محیطی آن از مسائل مهم در بررسی ویژگی‌های سیل می‌باشد. سیلابهای بزرگ نه تنها باعث ایجاد خسارات زیست محیطی جبران ناپذیری می‌شوند، بلکه سبب از

بین رفتن حجم قابل توجهی آب با کیفیت مناسب می‌گردند. بررسی‌های انجام شده در خصوص مسائل بهداشتی مرتبط با سیلابهای بزرگ در نقاط مختلف جهان، بیانگر این مطلب است که آلودگی منابع آب و خاک باعث افزایش پتانسیل بیماری‌های خاص می‌شود که این بیماری‌ها مشکلات فراوانی را برای سلامت انسان و دیگر موجودات زنده فراهم می‌نماید. در بین سیلابهای مختلف به وقوع پیوسته در این منطقه، سیل مرداد ماه سال ۱۳۸۰ در حوضه گرگانرود، از لحاظ شدت بارندگی و حجم خسارت بزرگ‌ترین می‌باشد. شکل ۴-۱، پهنه سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ در رودخانه دوغ در ایستگاه تنگراه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱- نمایی از پهنه سیل گلستان در مرداد ماه سال ۱۳۸۰ در منطقه تنگراه

۴-۱-۱- چگونگی وقوع سیل مرداد ماه سال ۱۳۸۰ در استان گلستان

به دنبال بارش شدید و بی‌سابقه نوزدهم و بیستم مرداد ماه سال ۱۳۸۰ در حوضه گرگانرود در شرق استان گلستان در ارتفاعات جنگل گلستان، ارتفاعات زیر حوضه‌های رودخانه‌های دوغ و اوغان در حوضه آبگیر سد گلستان، سیلاب مخربی به وقوع پیوست که موجب ایجاد خسارات مالی زیاد به زیربناهای اقتصادی و اراضی کشاورزی در روستاهای مسیر و هم‌چنین از دست رفتن جان صدها تن از

مردم این منطقه شد. شدیدترین سیلاب مربوط به رودخانه دوغ بوده که عمده خسارت نیز در حوضه این رودخانه وارد شده است و روستاهای لوه، بش اویلی، صادق آباد، ترجنلی، تنگراه و پارک ملی گلستان در مسیر جاده گرگان- مشهد در حوضه این رودخانه قرار دارند که بیش‌ترین خسارت و آسیب را متحمل شده‌اند.

بررسی‌های انجام شده از آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که متوسط بارندگی سالانه جنگل گلستان ۴۳۷ میلی‌متر بوده که در سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ در مدت ۱۲ ساعت میزان بارندگی به ۴۸۵/۵ میلی‌متر رسیده که بیشتر از متوسط بارندگی سالانه است. این شدت بارش به حدی بوده که سد گلستان تقریباً خالی (با حجم ذخیره ۹۰ میلیون متر مکعب) ظرف ۱۰ ساعت سرریز نموده است و دبی حداکثر ورودی به مخزن سد گلستان در حدود ۳۰۱۷ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. بند خاکی قیز قلعه واقع در بالادست روستای دشت، علیرغم ظرفیت سرریز بالای ۱۵۰ متر مکعب در ثانیه آب از تاج بند خاکی عبور نموده است که بدین ترتیب باعث تخریب بند شده است (گزارش مطالعات سد ۱۳۸۱). مسدود شدن دهانه پل‌ها و سایر سازه‌های تقاطعی به وسیله مواد جامد و تنه درختان حمل شده، فقر مراتع بالادست از پوشش گیاهی به دلیل خشکسالی اخیر را می‌توان در زمره عوامل تشدید کننده سیل در نظر گرفت. به منظور بررسی میزان بارش و دوره بازگشت آنها، در تعدادی از ایستگاهها که بارندگی زیاد بود، تحلیل آماری صورت گرفته و دوره بازگشت بارش آنها محاسبه شده است که نتایج آن در جدول ۴-۱ ارائه گردیده است. بر اساس این جدول حداقل دوره بازگشت مربوط به ایستگاه گالیکش معادل ۲ ساله و حداکثر آن نیز مربوط به ایستگاه جنگل گلستان معادل حداکثر بارش محتمل بوده است (مشاور تهران بروکلی ۱۳۸۰). وسعت تقریبی سیل مذکور در مناطق شهری و روستایی حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع بوده و بر اساس آمار بین المللی صادر شده منتهی به اوت ۲۰۰۱، تلفات انسانی این سیل در سال مذکور در دنیا مرتبه اول (بیش از ۲۴۳ نفر کشته و ۱۹۰ نفر مفقودالاثر) را داشته است (کمیسیون ملی یونسکو در ایران).

جدول۴-۱- مقایسه بارندگی مرداد ماه ۱۳۸۰ و بارش حداکثر ۲۴ ساعته در شرق استان گلستان (دوره آماری ۳۰ ساله)

حوضه	زیر حوضه	ایستگاه	حداقل بارش سال	حداکثر بارش سال	بارا ن مرداد ماه سال ۱۳۸۰	دوره بازگشت (سال)
گرگانرود	دوغ	چشمه خان	۱۴ ۷۵-۷۶	۵۰ ۶۷-۶۸	۸۴	۱۰۰۰۰
	دوغ	جنگل گلستان	۳۲ ۵۸-۵۹	۸۱ ۷۰-۷۱	۴۵۰	حداکثر بارش محتمل
	دوغ	تنگراه	۳۲ ۵۸-۵۹	۸۱ ۷۰-۷۱	۱۵۰	۳۵۰۰۰
	اوغان	گالیگش	۲۷ ۶۸-۶۹	۱۸۸ ۷۶-۷۷	۲۱	کمتر از ۲ سال
	خرمالو	نوده	۲۵ ۵۶-۵۷	۹۰ ۷۰-۷۱	۹۴	۵۷-۶۰
	قورچای	رامیان	۴۶/۵ ۷۱-۷۲	۱۱۰ ۷۰-۷۱	۱۱۸	۶۰

* بارندگی بر حسب میلیمتر می‌باشد.

از مهمترین خسارات اولیه ناشی از وقوع سیل، می‌توان به تخریب بخشی از جنگل گلستان، تخریب منازل و زمین‌های کشاورزی در روستاهای آسیب دیده، تخریب پل‌های موجود در مسیر جاده‌ها و قطع شدن راههای ارتباطی، از بین رفتن منابع تامین آب آشامیدنی و هم‌چنین تخریب شبکه‌های آبرسانی بسیاری از روستاها، تخریب تمامی ایستگاههای هیدرومتری واقع در منطقه و بسیاری خسارات دیگر اشاره نمود.

۴-۱-۲- اثرات سیل بر منابع آب شرق استان گلستان

همان طور که در فصل دوم عنوان شد، یکی از اثرات مهم سیلابهای بزرگ، تخریب کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی می‌باشد. پس زدن آب در لوله‌های فاضلاب و سرریز شدن مخازن فضولات و چاههای فاضلاب، رواناب حاصل از مواد شیمیایی کشاورزی (نظیر آفت‌کشها، کودها و دیگر مواد شیمیایی)، اجساد موجودات زنده و نیز آب‌گرفتگی محل دفن زباله‌ها از عوامل مهم آلودگی شیمیایی و میکروبی آبهای سطحی در هنگام وقوع سیل می‌باشد و با توجه به این‌که در سطح جهان آبهای

سطحی و زیرزمینی منابع اصلی تامین آب آشامیدنی هستند، آلودگی آن خطر بزرگی محسوب می‌شود.

سیل به وقوع پیوسته در ناحیه مورد مطالعه باعث تجمع حجم زیادی از آب در رودخانه‌های این حوضه و به خصوص دریاچه سد گلستان گردید و حمل اجساد توسط سیل به داخل دریاچه سد گلستان احتمال آلودگی این آبها را برای بهره‌برداری منابع پایین دست افزایش داد.

به منظور بررسی میزان آلودگی آب در اثر وقوع سیلاب، پارامترهای DO (Dissolved Oxygen)، COD (Chemical Oxygen Demand) و BOD_5 (Biological Oxygen Demand) قبل از وقوع سیل و زمان‌های مختلف پس از آن توسط سازمان محیط زیست استان گلستان اندازه‌گیری شده است که نتایج مربوطه در جدول ۴-۲ ارائه شده است. به منظور مقایسه نتایج این آنالیز با استانداردهای آب سالم سازمان بهداشت جهانی (WHO)، مقادیر مجاز این پارامترها در جدول ۴-۳ ارائه شده است.

جدول ۴-۲- مقایسه نتایج آنالیز رودخانه گرگانرود در خروجی سد گلستان در زمانهای مختلف قبل و پس از سیل ۲۰ مرداد ماه ۱۳۸۰

پارامتر / زمان	۱۳۸۰/۴/۲۵	۱۳۸۰/۵/۳۰	۱۳۸۰/۶/۸	۱۳۸۰/۶/۱۱
DO(mg/lit)	۴/۳	۰	۳/۳	۶/۱
BOD_5 (mg/lit)	۱/۵	۱۰/۸	۷/۸	۲/۸
COD (mg/lit)	۲۷	۱۵۵۴۸	۱۶۴/۷	۳۰/۱

جدول ۴-۳- استانداردهای آب سالم سازمان بهداشت جهانی (WHO)

پارامتر	حد استاندارد WHO برای آب سالم
DO mg/lit	>۱۰
BOD_5 mg/li	<۲
COD mg/lit	<۲۰

الف) اکسیژن محلول

توانایی حل یک آب برای اکسیژن یا میزان اکسیژن موجود در آب را اکسیژن محلول (DO) می‌نامند. عامل موثر در میزان آن، عمق آب، دما، فعالیت بیولوژیکی و تلاطم می‌باشد. مواد آلی صرف نظر از استعداد بالقوه‌ای که در شیوع بیماری‌ها دارند، موجب آلودگی آب شده و از منابع گوناگونی چون گیاهان، جانوران و فاضلابها ناشی می‌شوند. این مواد به مرور زمان توسط جانداران ریز مخصوصاً باکتری‌های هوازی، متلاشی شده و موجب تخلیه اکسیژن حل‌شده در آب می‌گردد. اکسیژن محلول در آبهای غیر آلوده در حدود ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است و چنان چه مقدار آن از ۵ میلی‌گرم بر لیتر کمتر شود، فعالیت حیاتی کم می‌شود. به طوری که اکسیژن محلول کمتر از ۲ میلی‌گرم بر لیتر باعث مرگ و میر بسیاری از آبزیان می‌شود (نفری ۱۳۸۲). با ورود فاضلابها و یا آلودگی به آب، اکسیژن محلول کاهش می‌یابد چون موجودات زنده برای تجزیه مواد آلی، اکسیژن را گرفته و گاز کربنیک را پس می‌دهند. با توجه به این که سیلابها عامل حمل آلاینده‌هایی نظیر مواد مدفوعی موجودات زنده، فاضلابها، زباله‌ها، اجساد فاسد شده موجودات زنده هستند، کاهش اکسیژن محلول موجود در آب، از اثرات مهم آن می‌باشد. همان طور که در شکل ۴-۳ دیده می‌شود، مقدار اکسیژن محلول، پس از وقوع سیل، به صفر هم رسیده است که در این شرایط هیچ موجود آبزی زنده نخواهد ماند.

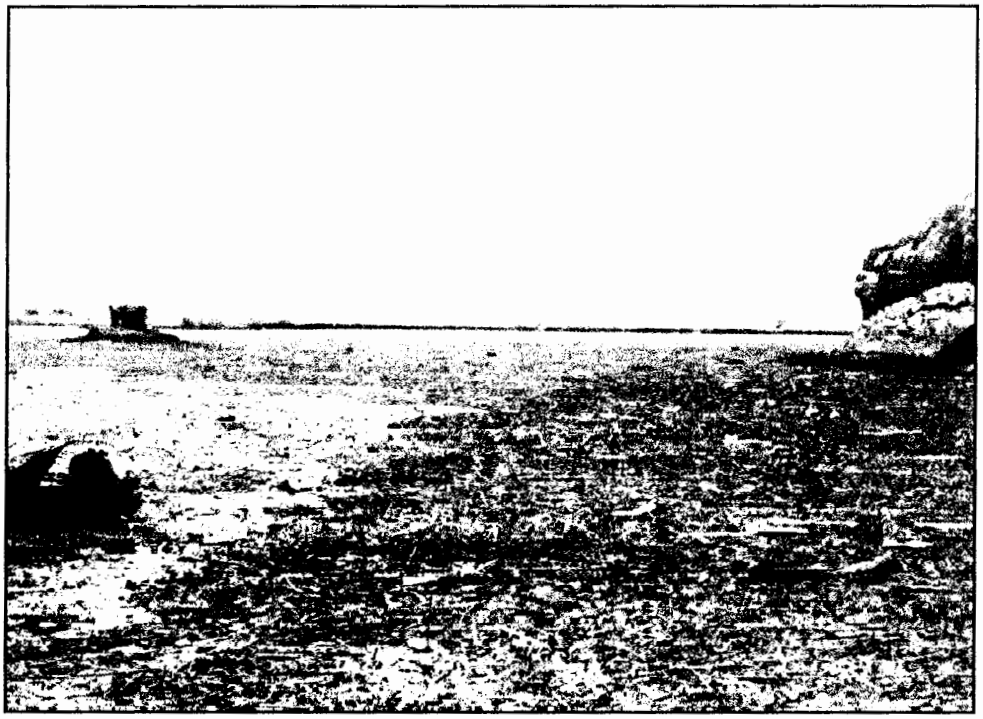
ب) اکسیژن‌خواهی زیستی

اکسیژن‌خواهی زیستی (Biological Oxygen Demand) گونه‌ای از فرایند شیمیایی است که طی آن میزان اکسیژن محلول در آب صرف تجزیه بیولوژیکی مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌های موجود در آب می‌شود و به مقدار مواد آلی، نوع آن و درجه حرارت آب بستگی دارد. بالا بردن میزان اکسیژن خواهی زیستی دلالت بر کیفیت نامطلوب آب دارد که احتمالاً ناشی از اثر پساب محتوی مواد آلی است که بروز میکروب‌های غیر هوازی را به دنبال خواهد داشت و شاخصی است برای سنجش میزان آلودگی آب از مواد آلی آلوده کننده موجود در آن. عمده مواد آلی آب (۶۸ درصد) در ۵ روز اول تجزیه می‌شوند. بنابراین اکسیژن خواهی زیستی در ۵ روز اول آزمایش (BOD_5) شاخص خوبی برای تعیین درجه آلودگی آب است و زیاد بودن آن نشانه آلودگی آب است و مقدار آن در آبهای سالم کمتر

از ۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در آبهای آلوده به بیشتر از ۱۰ می‌رسد به طوری‌که مقدار آن در فاضلابها بیش از ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (شریعت پناهی ۱۳۷۳). به دنبال وقوع سیل در منطقه مورد مطالعه، تخریب تأسیسات تصفیه فاضلاب و یا سرریز شدن مخازن فضولات و چاههای فاضلاب در اکثر روستاهای سیل‌زده، سبب افزایش اکسیژن‌خواهی زیستی و کاهش کیفیت آبهای سطحی منطقه شده است.

ج) اکسیژن‌خواهی شیمیایی

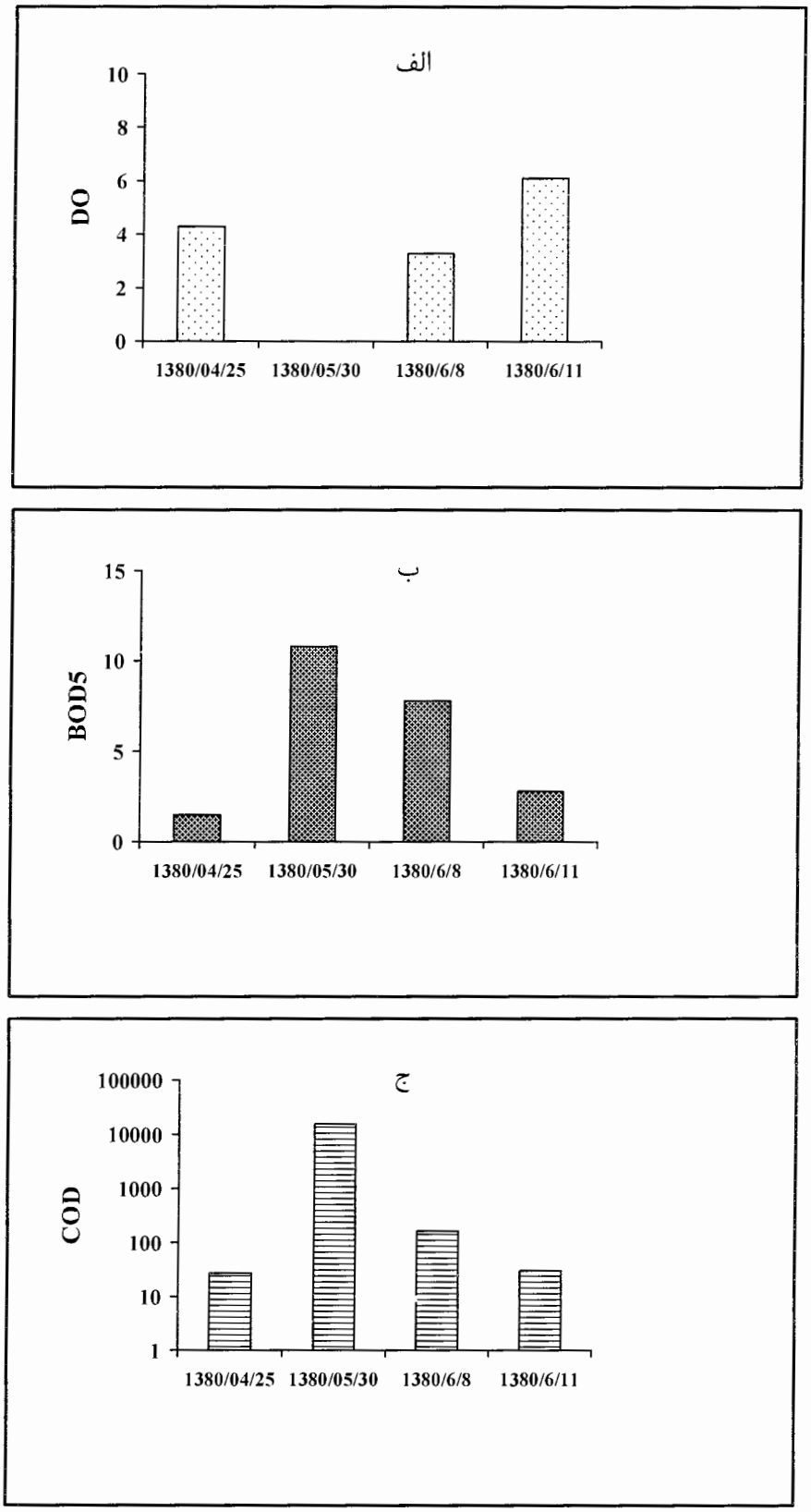
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (Chemical Oxygen Demand)، میزان اکسیژن محلولی است که صرف تجزیه کلیه مواد موجود در آب، که قابل اکسایش می‌باشد، می‌شود (اعم از آلی و معدنی). بالا بودن میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی از علائم آبهای آلوده است به طوری که در فاضلاب‌های صنعتی به ۶۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. کل مواد آلی آب را از طریق اندازه‌گیری اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی زیستی (BOD) و کل کربن آلی (TOC) تخمین می‌زنند. COD و BOD مقدار اکسیژن لازم برای تجزیه مواد آلی را مشخص می‌نمایند ولی مقدار مواد آلی را مشخص نمی کنند (نفری ۱۳۸۲). مقدار COD در آبهای سطحی سالم کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر است و در آبهای آلوده به بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. همان طور که نتایج آنالیز هم نشان می‌دهد مقدار بالای اکسیژن‌خواهی زیستی در خروجی سد گلستان (۱۵۵۴۸ میلی‌گرم در لیتر) آلودگی شدید این آبها را برای بهره‌برداری منابع پایین دست مشخص می‌سازد. شکل ۴-۲ تغییر کیفیت آب را در رودخانه گرگانرود (ورودی به سد گلستان) را به دنبال وقوع سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲- اثر سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ بر روی کیفیت آب رودخانه گرگانرود در استان گلستان

شکل ۴-۳، افزایش آلودگی آبهای سطحی را در اثر وقوع سیل ۲۰ مرداد ماه ۱۳۸۰، مشخص می‌سازد. از آنجا که جریان رودخانه‌های دوغ، اوغان، تمر، حاجی‌قوشان و نیز شاخه کوچک آق‌سو به سد گلستان می‌ریزد، بنابراین نمونه برداشت شده از رودخانه گرگانرود در خروجی سد گلستان در شهرستان گنبد را می‌توان به عنوان آب جمع‌آوری شده از سیل در سال ۱۳۸۰ عنوان کرد.

نتایج آنالیز نشان می‌دهد که، مقدار DO، COD و BOD_5 فاقد استانداردهای لازم می‌باشد. در نتیجه این آب از لحاظ شرب، کشاورزی و آبیاری قابلیت مصرف نداشته و از لحاظ تخلیه به آبهای سطحی نیز غیر مجاز می‌باشد. بر طبق گفته مسئولین سد گلستان، در سال ۱۳۸۰ حدود ۲۰۰ جنازه از مخزن سد بیرون کشیده شد. ورود فاضلابها و اجساد به داخل سد گلستان و حجم بالای تخریب از علل عمده آلودگی این آبها در جریان سیل عنوان شده است. این مسئله در زمان بروز سیل که به دلیل قطع تأسیسات تصفیه آب، مردم دسترسی به آب سالم و بهداشتی ندارند بسیار مهم است.



شکل ۴-۳- روند تغییرات DO (الف)، BOD_5 (ب) و COD (ج) قبل و پس از وقوع سیل ۲۰ مرداد ۱۳۸۰در رودخانه گرگانرود (خروجی سد گلستان)

۴-۱-۳- اثرات سیل بر روی سلامت و بهداشت

بروز سیل می‌تواند باعث افزایش بیماری‌های منتقله از آب و ناقلین گردد. مردم آسیب دیده به بیماریهای مسری مستعد هستند. حالاتی که منجر به بروز اپیدمی می‌شوند، عمدتاً به دلیل اثرات ثانویه و نه به دلیل خطرات اولیه هستند. افزایش ناگهانی بیماری‌های مسری پس از بروز سیل، امری نامعلوم است. با این وجود ممکن است به علت کاهش دسترسی به خدمات بهداشتی، افت سطح بهداشت یا ازدحام اشخاص آواره و بی‌خانمان، میزان بیماری‌هایی که پیش از سیل وجود داشته‌اند، افزایش یابد (هنرور ۱۳۸۳).

به منظور بررسی اثرات بهداشتی سیل ۲۰ مرداد ۱۳۸۰، گزارشی از موارد بیماری‌های مختلف مرتبط با سیل از تاریخ ۲۲ لغایت ۳۱ مرداد ۱۳۸۰، از مراکز بهداشتی درمانی تنگراه و آق‌قمیش فراهم گردید که نتایج آن در جدول ۴-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۴- گزارش موارد بیماری مرتبط با سیل سال ۱۳۸۰ در مراکز بهداشتی درمانی تنگراه و آق قمیش

نام مرکز	نوع بیماری			
	اسهال	تنفسی	گوارشی	پوستی
تنگراه	۲۱۵	۶۳	۱۳	۲۱
آق قمیش	۱۳۷	۱۱۵	۷۶	۱۹

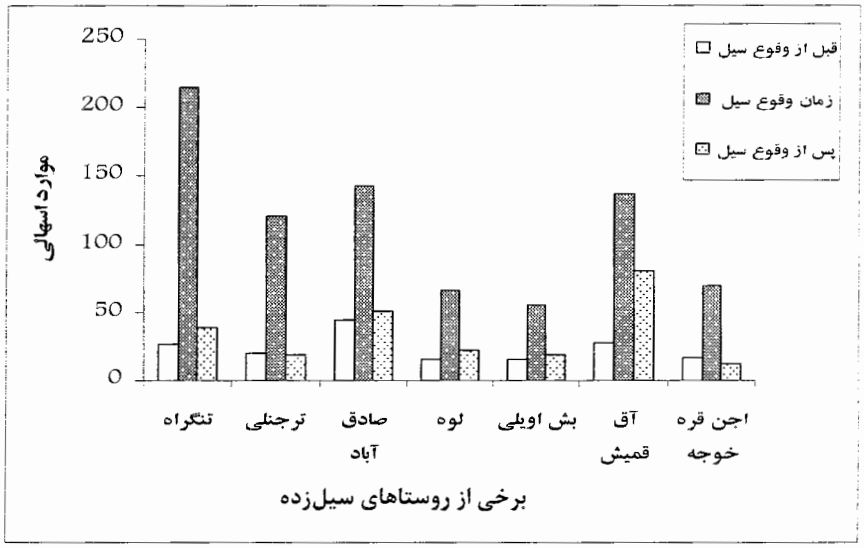
بر اساس جدول ۴-۴، بیماری‌های اسهالی، تنفسی، پوستی و گوارشی از مهم‌ترین بیماری‌های مرتبط با سیل عنوان شده و بیماری اسهال شایع‌ترین مورد می‌باشد.

در بین روستاهای سیل‌زده در مرداد ماه ۱۳۸۰، روستاهای تنگراه، ترجنلی، صادق آباد، لوه، بش‌اویلی، آق قمیش و اجن قره خوجه بیشترین خسارات را متحمل شده‌اند. با توجه به این که در بین بیماریهای مختلف مرتبط با سیل مرداد ماه ۱۳۸۰، اسهال شایع‌ترین می‌باشد، گزارشی از تعداد بیماران اسهالی در سه دوره زمانی قبل، زمان وقوع و پس از سیل در این روستاها از مرکز بهداشتی درمانی شهرستان مینودشت فراهم گردید که نتایج آن در جدول ۴-۵ قابل مشاهده است.

با توجه به جدول فوق‌الذکر، از مجموع ۶۷۰۰ نفر ساکن در روستاهای سیل‌زده در سال ۱۳۸۰، تعداد بیماران اسهالی از ۱۶۷ مورد قبل از سیل (۲/۵ درصد) به ۱۰۵۰ نفر (۱۵/۶۷ درصد) پس از سیل افزایش یافته است. بر اساس شکل ۴-۴ ملاحظه می‌شود که تعداد بیماران اسهالی در تمامی روستاهای سیل زده در زمان وقوع سیل از تاریخ ۲۰ مرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۰ در مقایسه با محدوده زمانی قبل (فروردین تا ۲۰ مرداد) و بعد از سیلاب (مهر تا پایان سال) به مراتب بیشتر بوده است.

جدول ۴-۵- تعداد بیماران اسهالی در روستاهای سیل‌زده شهرستان مینودشت در سال ۱۳۸۰

نام روستا	جمعیت		تعداد افراد مبتلا به اسهال		
	نفر	خانوار	قبل از وقوع سیل (فروردین تا ۲۰	زمان وقوع سیل تاپایان	پس از وقوع سیل (مهر تا پایان
تنگراه	۹۶۳	۱۸۶	۲۷	۲۱۵	۳۹
ترجنلی	۱۱۹۸	۲۳۶	۲۰	۱۲۱	۱۹
صادق آباد	۱۸۱۱	۳۵۲	۴۴	۱۴۳	۵۱
لوه	۶۲۶	۱۳۳	۱۶	۶۶	۲۲
بش اویلی	۳۹۳	۸۳	۱۵	۵۵	۱۹
آق قمیش	۸۵۷	۱۴۳	۲۸	۱۳۷	۸۱
اجن قره خوجه	۸۵۲	۱۴۴	۱۷	۷۰	۱۲
جمع	۶۷۰۰	۱۲۷۷	۱۶۷	۸۰۷	۲۴۳



شکل ۴-۴- نمودار افزایش بیماری اسهال در اثر وقوع سیل در روستاهای سیل‌زده استان گلستان

تعداد افراد مبتلا به بیماری‌های اسهال و اسهال خونی به تفکیک جنسیت در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ در جدول ۴-۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴-۶، ملاحظه می‌شود که در منطقه مورد مطالعه گزارشی از موارد مبتلا به اسهال خونی در سال ۱۳۷۹ نشده و لیکن در سال ۱۳۸۰، پس از وقوع سیلاب، تعداد مبتلایان به اسهال خونی به ۷۵ مورد رسیده است. همین طور مقایسه آمار مبتلایان به اسهال در هنگام بروز سیل سال ۱۳۸۰ و شرایط عادی نشان می‌دهد که تعداد مبتلایان از ۲۷۶ مورد در سال ۱۳۷۹ به ۱۲۷۸ نفر در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است که از جمله دلایل آن می‌توان به بروز شرایط نامطلوب در بهداشت محیط منطقه و نیز تخریب منابع آبی و عدم دسترسی مردم به آب آشامیدنی مورد نیاز اشاره کرد.

جدول ۴-۶- مقایسه آمار تعداد مبتلایان به اسهال در هنگام بروز سیل (۱۳۸۰) و شرایط عادی (۱۳۷۹)

سال	تعداد مبتلایان به اسهال (به تفکیک جنسیت)			تعداد مبتلایان به اسهال خونی (به تفکیک جنسیت)		
	زن	مرد	کل	زن	مرد	کل
۱۳۷۹	۱۴۵	۱۳۱	۲۷۶	۰	۰	۰
۱۳۸۰	۶۴۷	۶۳۱	۱۲۷۸	۴۰	۳۵	۷۵

تعداد مبتلایان به اسهال در گروه‌های سنی مختلف و برای جنسیت‌های مختلف در جدول ۴-۷ ارائه شده است بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۴-۷ ملاحظه می‌شود که جنسیت تاثیری در میزان بروز بیماری‌های اسهالی نداشته اما در گروه کودکان زیر ۵ سال قابل اهمیت می باشد.

جدول ۴-۷- فراوانی موارد مبتلا به اسهال به تفکیک سن و جنس متعاقب سیل سال ۱۳۸۰

تعداد مبتلایان به اسهال (به تفکیک گروه سنی)			تعداد مبتلایان به اسهال (به تفکیک جنسیت)			تعداد مبتلایان به اسهال خونی		
۰-۵	۶-۱۵	۱۵ به بالا	زن	مرد	کل	زن	مرد	کل
۵۹۶	۲۴۳	۴۳۹	۶۴۷	۶۳۱	۱۲۷۸	۴۰	۳۵	۷۵

مقایسه تعداد بیماران قبل و بعد از سیل نشان می‌دهد که وقوع سیل موجب افزایش میزان بیماریهای اسهالی می‌شود که نیاز به کنترل کیفیت منابع آب را می‌طلبد. از آن جایی که آب‌رسانی، نحوه کنترل کیفیت آب در مراحل مختلف، تصحیح و ترمیم شبکه‌های تخریب شده و حذف کانون‌های آلوده آب در بحران سیل، یک مشکل اساسی در ارائه خدمات سالم به آسیب‌دیدگان می‌باشد و توجه نداشتن به این عوامل و عدم کسب مهارت و توانایی لازم در انجام دادن صحیح این امور خود موجب بروز و شیوع اپیدمی بیماری‌های مرتبط با آب آلوده از جمله التور، حصبه و اسهال و غیره می‌گردد. مردم سیل‌زده معمولاً در مکان‌های نامناسب و غیر ایمن اسکان می‌یابند. خانوارهای ساکن، غالباً فاقد آب آشامیدنی سالم هستند و به آب رودخانه‌ها، دره‌ها و گاهی حتی به آب فاضلاب روی می‌آورند. آنها فاقد سیستمی برای دفع زباله یا فاضلاب هستند. این مکان‌ها به مراقبت اپیدمیولوژیک و بهداشت محیط نیازمند هستند زیرا آنها منبعی بالقوه برای خطرات بهداشتی هستند (PAHO 1987). وجود لاشه حیوانات، اجساد، دفع ناصحیح فضولات و مدفوع، تلنبار شدن زباله‌ها، وجود برکه‌ها و مانداب‌ها و معضلاتی که به ویژه در روزهای اولیه بحران و پس از آن تا سازماندهی و ایجاد نظم در محل‌های اسکان آسیب دیدگان بوجود می‌آید، موجب تعفن شدید شده و شرایط مناسبی برای رشد میکروبها ،حشرات و موجودات موذی را فراهم می‌نماید. بر طبق گزارش مرکز بهداشت مینودشت، در سیل سال ۱۳۸۰، توسط اکیپهای بهداشتی، تعداد ۱۶۶ لاشه حیوانات پس از کشف سوزانده و تعداد ۱۲۵ لاشه نیز از طریق احداث ۸۰ گودال دفن گردیده‌اند. با توجه به پیدایش مانداب‌ها در منطقه پس از بروز سیل و احتمال بروز بیماری‌های منتقله از طریق ناقلین، با انجام بررسی‌های حشره شناسی جمعاً ۹۷۲ نمونه لارو در مسیر کلاله- اجن‌یلی وصالح آباد جمع‌آوری شد که از این تعداد،۵۸۳ نمونه محتوی لارو آنوفل بوده است.

با توجه به تخریب زیاد منابع تامین آب شرب روستاهای مورد بررسی، یکی از عمده‌ترین مشکلات بهداشتی محیطی ایجاد شده در مناطق سیل‌زده که از نخستین لحظات وقوع حادثه تأسف بار به شکل جدی به معرض نمایش در آمد، کمبود شدید آب شرب سالم در بین افراد محاصره شده در مناطق سیل‌زده و حاشیه جاده‌ها بود که این امر به دلیل عدم برقراری ارتباط با مناطق حادثه دیده مشکلات عدیده‌ای را ایجاد نمود زیرا کمبود آب موجب می‌شود تا آسیب‌دیدگان به آبهای آلوده روی

آورده و برای تداوم حیات هر گونه آبی را مصرف کنند. از طرفی به دلیل گسترش آلاینده‌ها از جمله فاضلابها در محیط، ورود عوامل آلوده کننده به داخل شبکه ها و منابع آبی آسیب دیده، زمینه را برای بروز بیماری‌ها فراهم خواهد نمود. به همین دلیل وضعیت شرایط بحران و فقدان آب از یک طرف و آلودگی منابع آبی از طرفی دیگر شدت خسارات را مضاعف می‌نماید. نکته مهمی که WHO روی آن تأکید دارد این است که اولین اولویت فراهم ساختن مقدار مناسبی از آب (حتی اگر کیفیت آن پایین باشد) و حفاظت منابع آب از آلودگی است. در اثر بروز حادثه سیل به تأسیسات آب شرب ۱۰۱ روستا با ۱۱۶۸۳ خانوار خسارات عمده وارد گردید که به تفکیک شهرستان در جدول ۴-۸ آمده است.

جدول ۴-۸- خسارات سیل شرق گلستان بر منابع آب شرب منطقه مورد مطالعه

نام شهرستان	تعداد روستا	تعداد خانوار	میزان خسارت وارده (میلیون ریال)
کلاله	۶۳	۵۲۲۵	۱۰۳۸۲
مینودشت	۳۳	۵۲۷۰	۹۷۴۰
گنبد و آزادشهر	۵	۱۱۸۸	۸۴۰
جمع	۱۰۱	۱۱۶۸۳	۲۰۹۶۲

بررسی‌ها نشان می‌دهد، از مهم‌ترین مشکلاتی که در بحران سیل گریبان‌گیر مردم آسیب زده می‌شود، مسئله مربوط به آب است. تخریب منابع آب از یک سو، آلودگی منابع آب به واسطه اختلاط فاضلابهای خانگی و نهایتاً تخریب کیفیت آب در دسترس از سوی دیگر، از عمده مشکلات اصلی مربوط به آب شرب است. اهمیت آب‌رسانی سالم و تأمین آب مناطق سیل‌زده با کیفیت مورد قبول تا اینجاست که بدانیم در صورت بی‌توجهی یا کم توجهی در تأمین و نظارت بر کیفیت آب آشامیدنی در شرایط بحران، احتمال ورود فاضلاب یا عوامل آلوده‌کننده به منابع و مخازن ذخیره آب وجود داشته و زمینه برای افزایش بیماری‌ها فراهم می‌گردد و فاجعه‌ای دیگر به دلیل آلودگی آبهای مصرفی آسیب دیدگان ایجاد خواهد شد که کنترل، حذف آلودگی و درمان بیماری‌های شایع بسیار مشکل‌تر و هزینه

برتر از وضعیت ابتدای بحران است. وضعیت تخریب و یا آسیب دیدگی منابع تامین آب و اثرات سیل را بر سیستم آب‌رسانی در روستاهای مورد بررسی، در جدول ۴-۹ ارائه شده است.

آب این روستاها از آب زیرزمینی (۲۵ حلقه چاه دستی و ۹چشمه) تامین شده که در روستاهای لوه شبکه آب‌رسانی فاقد مخزن ذخیره بوده است. در جریان سیل ۲۰ مرداد ۱۳۸۰، چشمه‌ها به دلیل قرار داشتن در موقعیت مناسب در دامنه کوهها در معرض سیل نبوده و دچار تخریب و آب‌گرفتگی نشده اند اما خطوط انتقال و توزیع آب کلیه روستاهای مورد بررسی دچار شکستگی و تخریب شده‌اند.

جدول ۴-۹- اثرات سیل بر منابع و مخازن آب روستاهای سیل‌زده در سال ۱۳۸۰

شماره	نام روستا	نوع منبع تامین آب	وضعیت منابع تامین آب		وضعیت مخزن ذخیره		وضعیت سیستم انتقال	
			قبل از سیل	پس از سیل	قبل از سیل	پس از سیل	قبل از سیل	پس از سیل
۱	تنگراه	چشمه	سالم	تخریب	سالم	تخریب	شکستگی	تخریب و شکستگی
۲	ترجنلی	چشمه	سالم	سالم	سالم	شکستگی	سالم	تخریب و شکستگی
۳	صادق آباد	چشمه	سالم	تخریب	سالم	تخریب	شکستگی	تخریب و شکستگی
۴	لوه	چشمه	سالم	تخریب	ندارد	ندارد	شکستگی	تخریب و شکستگی
۵	بش اویلی	چشمه	سالم	سالم	سالم	سالم	سالم	تخریب و شکستگی
۶	آق قمیش	چشمه	سالم	تخریب	سالم	شکستگی	شکستگی	شکستگی
۷	اجن قره خوجه	چاه دستی	بهسازی نشده	تخریب و آب‌گرفتگی	—	—	—	—

اثرات سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ بر چاههای فاضلاب منازل در منطقه مورد مطالعه، در جدول ۴-۱۰ ارائه شده است بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول ۴-۱۰ ملاحظه می‌شود که از تعداد ۱۲۷۵ چاه فاضلاب منازل در روستاهای مورد بررسی، تعداد ۴۳۹ حلقه چاه یعنی ۳۴/۴ ٪ از آنها سرریز یا تخریب شده است. با عنایت به این که سرریز نمودن یا تخریب چاههای فاضلاب در سیلابهای بزرگ نقش

مهمی در آلودگی منابع آب ایجاد می‌کند (Gautam and Hoek 2003)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه مورد مطالعه نیز عامل فوق‌الذکر نقش قابل توجهی در آلودگی منابع آب داشته است.

جدول ۴-۱۰- اثرات سیل بر چاههای فاضلاب منازل روستاهای سیل‌زده در استان گلستان

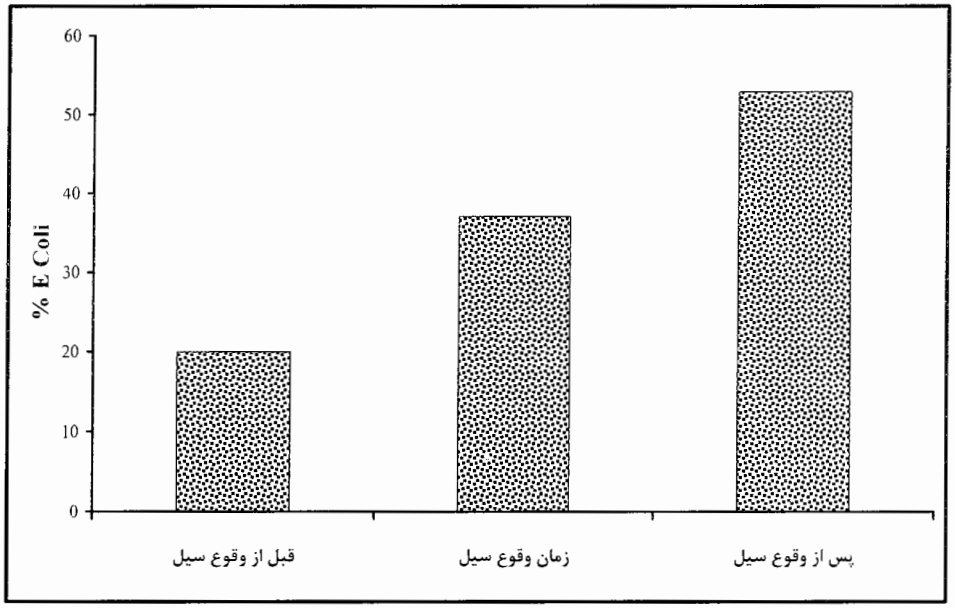
نام روستا	جمعیت		تعداد کل چاههای فاضلاب	تعداد چاههای فاضلاب سر ریز شده یا تخریب
	نفر	خانوار		
تنگراه	۹۶۳	۱۸۶	۱۸۰	۴۵
ترجنلی	۱۱۹۸	۲۳۶	۲۵۰	۸۵
صادق آباد	۱۸۱۱	۳۵۲	۳۵۶	۶۵
لوه	۶۲۶	۱۳۳	۱۲۰	۶۷
بش اویلی	۳۹۳	۸۳	۶۹	۶۹
آق قمیش	۸۵۷	۱۴۳	۱۷۰	۲۸
اجن قره خوجه	۸۵۲	۱۴۴	۱۳۰	۸۰
جمع	۶۷۰۰	۱۲۷۷	۱۲۷۵	۴۳۹

نتایج حاصل از آزمایشات میکروبی مربوط به منابع آب شرب روستاهای سیل‌زده قبل از سیلاب مرداد ماه ۱۳۸۰، در محدوده زمانی سیلاب و پس از سیلاب مذکور از مرکز بهداشت شهرستان مینودشت تهیه و در جدول ۴-۱۱ ارائه شده است. بر اساس اطلاعات موجود در جدول ۴-۱۱ ملاحظه می‌شود که قبل از وقوع سیل از تعداد ۲۵ نمونه باکتریولوژیک منابع آب روستاهای مورد بررسی، ۵ نمونه یعنی ۲۰ درصد از نمونه ها دارای آلودگی کلیفرمی مدفوعی بوده اند که موارد آلودگی در روستاهای صادق آباد، اجن قره‌خوجه و تنگراه بوده است. از زمان وقوع سیل تا پایان شهریور همان سال از تعداد ۶۲ نمونه باکتریولوژیک، ۲۳ نمونه یعنی ۳۷/۱ ٪ نمونه‌ها دارای آلودگی مدفوعی بوده‌اند. از مهر ماه تا پایان سال ۱۳۸۰ از تعداد ۸۷ نمونه باکتریولوژیک ارسالی از منابع آب روستاهای مورد بررسی، ۴۶ نمونه یعنی ۵۲/۹ درصد نمونه‌ها دارای آلودگی مدفوعی بوده‌اند.

جدول ۴-۱۱- نتایج باکتریولوژیکی منابع آب آشامیدنی در روستاهای سیلزده استان گلستان قبل، حین و پس از وقوع سیل مرداد ماه ۱۳۸۰

نام روستا	قبل از وقوع سیل		زمان وقوع سیل		پس از وقوع سیل	
	تعداد کل	آلوده به E. Coli	تعداد کل	آلوده به E. Coli	تعداد کل	آلوده به E. Coli
تنگراه	۴	۱	۱۳	۰	۱۲	۰
ترجنلی	۵	۰	۴	۱	۵	۱
صادق آباد	۳	۲	۱۴	۶	۳۳	۱۶
لوه	۲	۰	۵	۳	۷	۵
بش اویلی	۴	۰	۱۳	۵	۱۱	۶
آق قمیش	۳	۰	۵	۲	۱۵	۱۴
اجن قره خوجه	۴	۲	۸	۶	۴	۴
جمع	۲۵	۵	۶۲	۲۳	۸۷	۴۶

درصد E. Coli (به عنوان شاخص آلودگی کلیفرمی مدفوعی) نسبت به تعداد کل نمونه‌های مورد آزمایش در روستاهای مورد مطالعه قبل از وقوع سیلاب مرداد ماه ۱۳۸۰ در هنگام سیلاب و بعد از وقوع آن در شکل ۴-۵ ترسیم شده است.



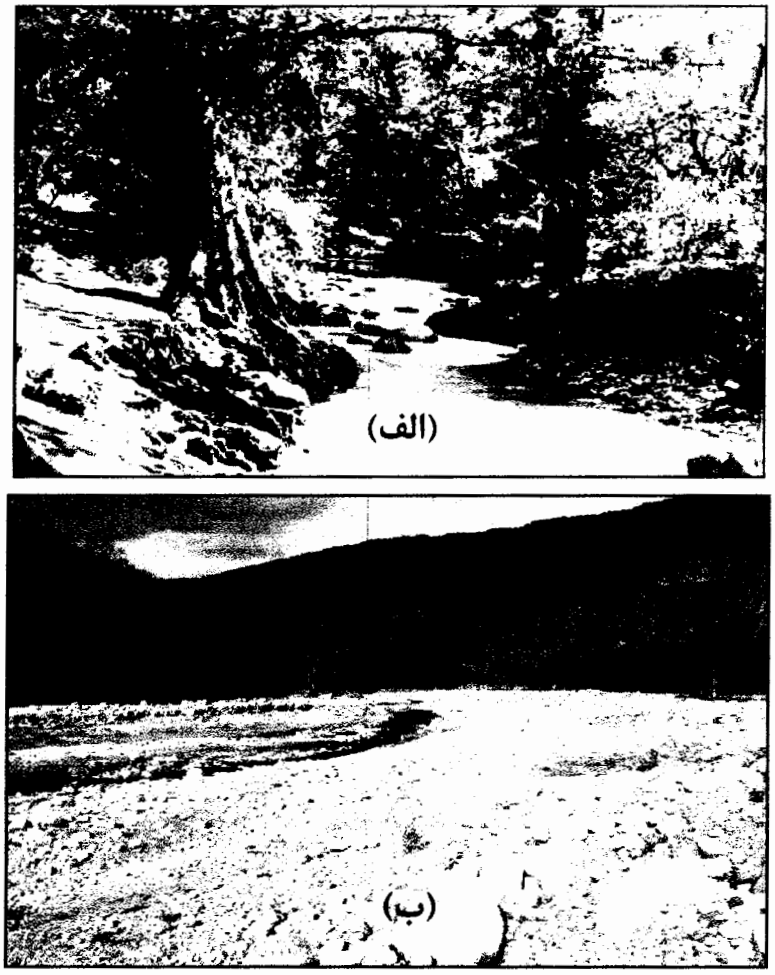
شکل ۴-۵- نمودار مقایسه‌ای درصد نمونه‌های دارای آلودگی کلیفرمی مدفوعی (E. Coli) نسبت به کل نمونه‌های مورد آزمایش (قبل، حین و پس از وقوع سیلاب ۲۰ مرداد ۱۳۸۰)

بر اساس شکل ۴-۵ ملاحظه می‌گردد که درصد E. Coli در هنگام و به ویژه بعد از وقوع سیلاب، در مقایسه با قبل از وقوع سیل افزایش پیدا کرده است.

مقایسه نتایج حاصل از آزمایشات باکتریولوژیک در قبل و بعد از سیل (شکل ۴-۵) نشان می‌دهد که با وقوع سیل و انتشار آلودگی از چاههای فاضلاب تخریب شده در اثر سیل، آلودگی مدفوعی در منابع آب روستاهای مورد بررسی در دوره یک ماهه بعد از وقوع سیل ۱۷/۱ درصد و شش ماهه پس از آن ۳۲/۹ درصد نسبت به قبل از وقوع سیل افزایش یافته است که آسیب‌پذیری شبکه‌های آب‌رسانی و منابع تأمین آب روستاها، قدمت نسبتاً زیاد عمر طرحهای آب‌رسانی و پتانسیل بالای تخریب سیل را نشان می‌دهد. اقدامات کنترلی از قبیل لایروبی، گندزدایی مخازن و نظارت بر کلرزنی مداوم شبکه های آب‌رسانی، موجب کاهش قابل توجه آلودگی آب روستاها در دوره سیلابی شده‌اند و لذا عملاً افزایش آلودگی در اثر سیل، نسبت به قبل از وقوع آن بسیار بیشتر از مقدار تعیین شده بوده است. به طوری که کاهش اقدامات کنترلی منابع تامین آب روستاها در شش ماهه بعد از سیل، خود یکی از دلایل افزایش آلودگی مدفوعی در این دوره زمانی است. از دلایل مهم آلودگی قبل از وقوع سیل در منابع آب روستاهای مورد بررسی، عدم بهسازی کامل مخازن ذخیره آب روستاهای بش اویلی، عدم وجود مخزن ذخیره و وجود شکستگی متعدد و لوله‌کشی غیر اصولی در روستاهای لوه، ترک خوردگی و نشت از مخازن ذخیره و وجود شکستگی در خطوط انتقال و توزیع شبکه آب‌رسانی روستاهای ترجنلی، تنگراه و آق قمیش و هم‌چنین وجود رگه های آهکی و استقرار مخازن به فاصله کمتر از ۲۰ متر از چاه‌های توالت خانوارهای ساکن در روستاهای صادق آباد می‌باشد. بنابراین وجود ۱۶۷ نفر بیمار اسهالی در قبل از وقوع سیل و ۱۰۵۰ نفر بعد از سیل (جدول ۴-۵) در نتیجه آلودگی شدید منابع آب این روستاها با فاضلاب‌های خانگی می‌باشد. از مسائل مهمی که مدیریت بهداشتی سیل را در این منطقه با مشکل مواجه کرده است، بافت فرهنگی حاکم در مناطق روستایی منطقه مینودشت و کلاله (اکثراً از قومیت‌های مها جر می‌باشند) می‌باشد که به دلیل رفتارهای بهداشتی نامناسب و سطح آگاهی پایین نسبت به مسائل بهداشتی زمینه بروز بیماری‌ها را افزایش می‌دهد.

۴-۱-۴- اثرات سیل بر گونه های جانوری و گیاهی

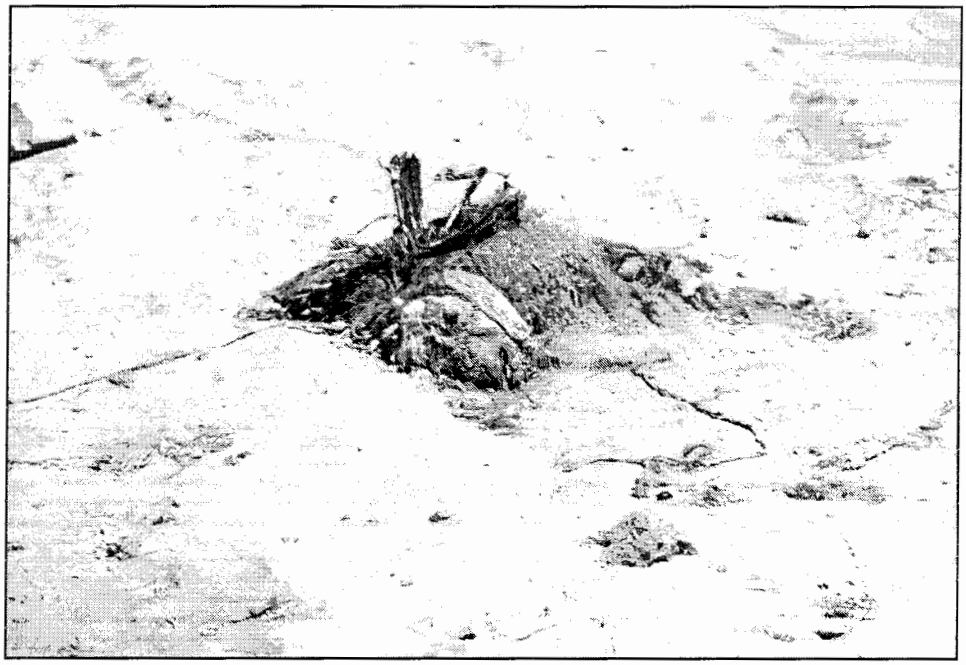
در اثر وقوع سیل در ۲۰ مرداد ماه ۱۳۸۰ حدود ۱۰۰۰ هکتار از پوشش جنگلی و گونه‌های نادر گیاهی حاشیه رودخانه مادرسو در طول پارک ملی گلستان به طور کامل تخریب شد و حیات وحش پارک بالأخص حیوانات حاشیه و دره‌ها از این آسیب مصون نماندند. درختان سیل‌آورده عمدتاً درختان حاشیه رودخانه‌ها بوده اند که بر اثر شدت جریان آب، ریشه‌کن شده و در مرحله بعدی خود به عاملی در جهت شکستن و ریشه کن کردن درختان دیگر تبدیل شده‌اند. این درختان پس از فروکش کردن سیل، از دهنه پل ها، زمین‌های کشاورزی مسیر و دریاچه سد جمع‌آوری شدند. شکل ۴-۶ وضعیت پوشش گیاهی رودخانه دوغ را قبل و پس از سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ نشان می‌دهد.



شکل ۴-۶- رودخانه دوغ، قبل (الف) و پس از وقوع سیل ۱۳۸۰ (ب)

همان طور که در شکل ۴-۶ نیز دیده می‌شود، قبل از وقوع سیل عرض رودخانه کم و حداکثر ۵ متر بوده و محدوده اطراف آن پوشیده از جنگل بوده است که در اثر سیلاب سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ رودخانه در این منطقه تعریض شده و به عرض ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر گسترش پیدا کرده و کلیه پوشش گیاهی در محدوده ای به عرض ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر و به طول ۲۰ کیلومتر در طول مسیر رودخانه در اثر سیل تخریب شده است.

کلیه گونه‌های حیات وحش پارک اعم از پستانداران، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و آبزیان از خسارات سیل در امان نبوده اند. با توجه به این که تعداد زیادی از جانوران تلف شده در این سیل در اعماق رسوبات مدفون گردیدند (شکل ۴-۷). بنابراین امکان اینکه مرگ و میر حیات وحش مورد بررسی قرار گیرد فراهم نشده است.



شکل ۴-۷- مدفون شدن جانوران در بین رسوبات سیلابی در مرداد ماه سال ۱۳۸۰

در اثر سیلابی شدن رودخانه‌ها و حجم زیاد رسوبات و همچنین تغییر شرایط کیفیت بیولوژیکی آب رودخانه ها، گونه‌های زیادی از آبزیان در اثر این سیل از بین رفتند (شکل ۴-۸).

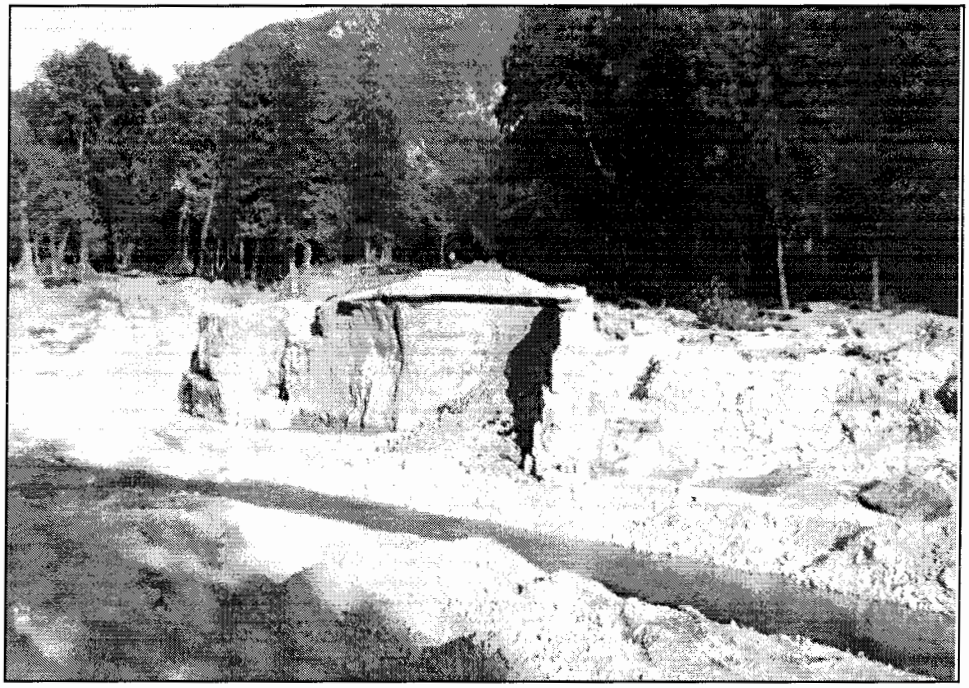
شکل ۴-۸- مرگ و میر آبزیان در اثر تغییر کیفیت آبها پس از سیل مرداد ماه ۱۳۸۰

بررسی آبزیان موجود در رودخانه‌های منطقه نشان می‌دهد که گونه‌هایی مثل قزل آلای رنگین کمان، گاو ماهی و زرده پر، پس از سیل کاملاًحذف شده‌اند و جمعیت بسیاری از ماهیان نسبت به گذشته کم شده‌اند (خراسانی و همکاران ۱۳۸۲).

۵-۱- فرسایش خاک و تولید رسوب در اثر سیل

رسوبات از نظر حجم و جرم، بزرگ‌ترین آلاینده‌های آب به حساب می‌آیند. این مواد بسیاری از موجودات رودخانه‌ها را خفه کرده، دریاچه‌ها، مخازن، کانال‌ها و لوله‌های زهکشی را پر می‌کنند و پوشش‌های گیاهی را در زیر خود مدفون می‌نمایند. آلودگی ناشی از رسوبات مشکلی مضاعف است چرا که خود نتیجه فرسایش خاک است و از کیفیت آبی که واردش می‌شود نیز می‌کاهد. به طور کلی باید گفت که بخش عمده‌ای از ضرر و زیان ناشی از کاهش تولیدات مرتعی و زراعی، افزایش حجم سیلابها و خسارات ناشی از آن و هدر رفت منابع آبی نتیجه فرسایش خاک است. فرسایش، سالیانه در ایران سبب نابودی حدود ۱/۵ میلیارد تن خاک می‌شود که در زمان جاری شدن سیل‌های ناگهانی، شسته شدن خاک و کاسته شدن کیفیت آن از عوارض مهم فرسایش به حساب می‌آیند (رفاهی

۱۳۸۲). سیلابهای بی‌سابقه ای که در منطقه جاری شده و خسارات فراوانی را اعم از مالی و جانی وارد نموده است، با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، جدا از شدت و مدت بارش‌ها و برخی از عوامل طبیعی دیگر، بی‌تأثیر از فرسایش خاک نبوده است. در هنگام بارش‌های شدید، در اراضی عاری از پوشش گیاهی و فرسایش یافته، سریعاً هرز آبها جاری شده و پس از افزایش انرژی و تخریب بیشتر به همراه گل و لای وارد رودخانه‌های بزرگتر می‌شوند. با بالا رفتن غلظت آب دراثر فرسایش و جابجایی خاک، قدرت حمل و ضربه زنی آن بیشتر شده و تخریب و خسارات وارده را بیشتر می‌کند. از این رو به جرات می‌توان گفت که بخش عمده افزایش حجم و بالا بودن قدرت ضربه زنی سیلابها دراثر فرسایش اراضی بالادست آنهاست. این امر در مناطقی نظیر بخش شمالی منطقه (زیرحوضه‌های کال آجی، قرناوه، زاو و کلاله) که از نهشته‌های لسی (سیلت و رس) با نفوذ پذیری نسبتاً خوب اما فرسایش پذیری بالا تشکیل شده و همچنین مناطقی که دارای مارن‌های حساس به فرسایش است بیشتر و واضح‌تر مشهود است. فرسایش بالا رونده یا سیلابی در منطقه مورد بررسی مهم‌ترین نوع فرسایش است و در هنگام بروز سیلاب بیشترین مقدار رسوب را آزاد کرده و بیشترین لطمه را به اراضی کشاورزی منطقه وارد نموده است. در شکل ۴-۹ فرسایش شدید رسوبات در اثر سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ مشهود است. با بررسی‌های صحرایی آثار سیل در منطقه مورد مطالعه، مشاهده گردید که در ارتفاعات و زیر خط الراسها بدلیل شدت و تداوم بارش، رانش زمین رخ داده و آبراهه‌ها و شیارهایی به عمق حتی حدود یک متر ایجاد شد. همچنین سنگهای بسیار زیاد و بزرگی که بعضی از آنها دارای حجم نزدیک به نیم متر مکعب بودند از شیب‌های ارتفاعات و دامنه به کنار و داخل جاده گرگان- مشهد حمل شد به طوری که در بعضی از ساختمان‌های روستای ترجنلی به ارتفاع بیش از یک متر این سنگها انباشته گردید.



شکل ۴-۹- تخریب و فرسایش خاک متعاقب سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ در حوضه گرگانرود

رسوب حاصل کار فرسایش است و معمولاً از حاصلخیزترین نوع خاک موجود در سطح مراتع و اراضی زراعی است. این رسوبات با ارزش در مسیر آبراهه‌ها و رودخانه‌ها با رسیدن به بسترهای کم شیب و تنگ و موانع موجود نظیر پل‌ها، زیرگذرها، سنگ‌های بزرگ و غیره انباشته شده و با بالا آوردن کف رودخانه‌ها در هنگام بروز سیلاب موجبات طغیان آب و وارد آمدن خسارات بیشتر را فراهم می‌آورد. از مضرات دیگر گل آلودگی رودخانه‌ها، ترسیب مواد محموله در جوی‌های آب‌رسانی مربوط به کشاورزی است که از ظرفیت آنها کاسته و مشکلاتی را پس از هر سیلاب به وجود می‌آورد. مورد دیگری که از خسارات ناشی از رسوب در منطقه می‌توان عنوان نمود، ترسیب مواد محموله در دریاچه سدها نظیر سد گلستان ۱ و ۲ می‌باشد که از ظرفیت آبگیری آنها به مرور زمان کاسته و نهایتاً آنها را بلا استفاده خواهد کرد.به طور کلی یکی از مسائل عمده در سد سازی پر شدن مخازن از رسوباتی است که توسط جریان آب حمل شده و در مخزن سد ته نشین می‌گردد (علیزاده ۱۳۸۱).

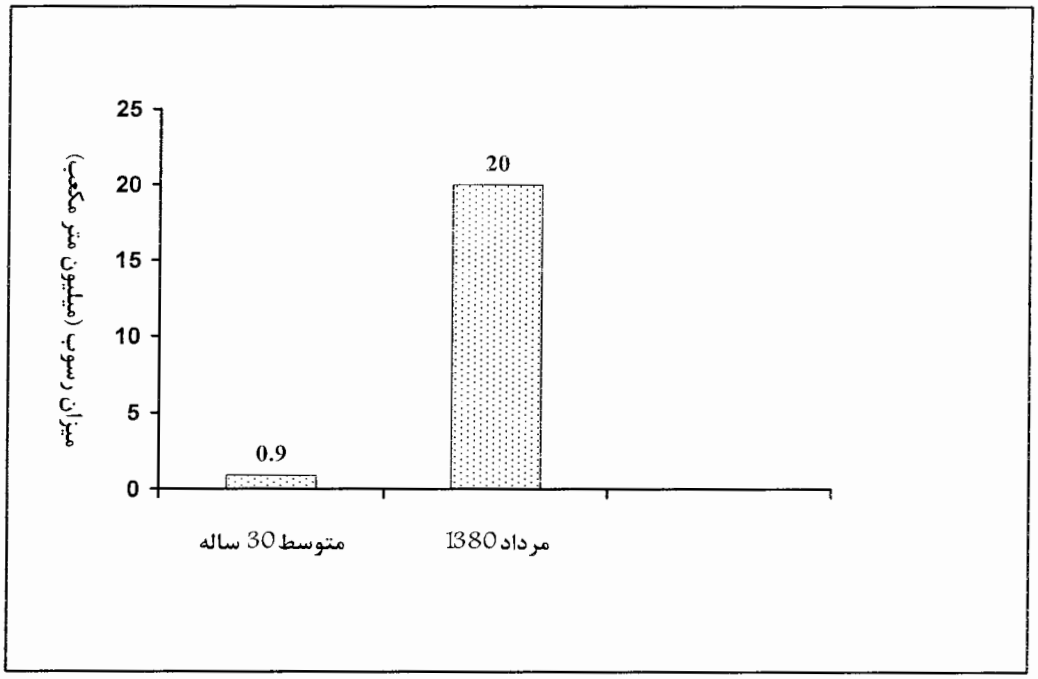
جهت بررسی و مقایسه آورد رسوب سال وقوع سیل ۱۳۸۰ با متوسط طولانی مدت ۳۰ ساله، آمار رسوب ماهانه و سالانه ایستگاه آبسنجی گنبد در رودخانه گرگانرود از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۵ بر حسب

تن، توسط آب منطقه‌ای استان گلستان در اختیار قرار گرفت. در جدول ۴-۱۲ مقدار رسوب ماه مرداد در دوره آماری فوق الذکر آمده است.

جدول ۴-۱۲- آمار رسوب مرداد ماه رودخانه گرگانرود در ایستگاه آبسنجی گنبد (۷۵-۱۳۴۵)
(آب منطقه ای استان گلستان)

سال	رسوب برحسب تن	سال	رسوب برحسب تن
۴۵-۴۶	۶۱۹۰۷۷۰	۶۰-۶۱	۳۱۵۴۶۰۰
۴۶-۴۷	۲۵۰۸۹۳۹	۶۱-۶۲	۱۲۶۲۰۷۹
۴۷-۴۸	۱۶۸۶۱۳۲۲	۶۲-۶۳	۸۴۳۶۹۲۲
۴۸-۴۹	۱۰۲۸۲۴۹۸	۶۳-۶۴	۵۱۵۷۳۸۰
۴۹-۵۰	۶۲۱۴۵۵۷	۶۴-۶۵	۳۱۲۳۹۲۴
۵۰-۵۱	۱۸۷۹۰۶۸	۶۵-۶۶	۹۷۵۳۵۴
۵۱-۵۲	۲۲۷۵۱۸۸	۶۶-۶۷	۱۱۴۷۱۵۲
۵۲-۵۳	۵۶۴۹۳۰	۶۷-۶۸	۲۹۰۷۳۲
۵۳-۵۴	۲۶۰۹۰۶۶	۶۸-۶۹	۱۳۰۹۱۶۳
۵۴-۵۵	۲۵۹۹۵۱۷	۶۹-۷۰	۱۳۰۳۳۰
۵۵-۵۶	۱۳۲۸۹۷۰	۷۰-۷۱	۶۵۷۷۹۷
۵۶-۵۷	۹۰۸۷۵۷۰	۷۱-۷۲	۴۵۹۴۷۸۶
۵۷-۵۸	۱۸۴۱۴۰۱	۷۲-۷۳	۹۵۰۴۲۲
۵۸-۵۹	۵۲۹۲۵۳	۷۳-۷۴	۲۷۸۰۸۰
۵۹-۶۰	۱۳۴۲۵۲۴	۷۴-۷۵	۶۷۹۶۴۶

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴-۱۲ متوسط طولانی مدت سالانه رسوب بر حسب تن محاسبه گردید. از آن جا که میانگین چگالی ظاهری (Bulk density) مواد رسوبی ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب اندازه‌گیری می‌شود (علیزاده ۱۳۸۱)، بر همین اساس حجم رسوبات نیز تعیین شد. شکل ۴-۱۰ نمودار مقایسه‌ای حجم متوسط رسوب طولانی مدت ۳۰ ساله را با حجم رسوب حاصل از سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۰- مقایسه حجم رسوب سیل مرداد ماه ۱۳۸۰ با متوسط طولانی مدت ۳۰ ساله ایستگاه آبسنجی گنبد در رود.خانه گرگانرود (خروجی سد گلستان)

همان طور که در شکل ۴-۱۰ نیز دیده می‌شود، در اثر وقوع سیل مقدار قابل توجهی رسوب (۲۰ میلیون متر مکعب) به داخل سد گلستان آورده شد که این رقم در مقایسه با حجم متوسط سالیانه رسوب طولانی مدت ۳۰ ساله (سال ۱۳۴۵ الی ۱۳۷۵)، بیش از ۲۰ برابرمی‌باشد، که این مسئله در کاهش عمر مفید سد تأثیر به سزایی داشته است.

۴-۲- بررسی کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی سیلابهای معمولی

یکی از موضوعات بسیار مهم در هیدرولوژی آبهای سطحی و زیرزمینی، کیفیت آب است. بارش، نوع تشکیلات زمین شناسی، طول مسیر طی شده و مدت زمان جریان آب عواملی هستند که بر کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی تأثیر می‌گذارند. آبها در عبور از لایه‌های مختلف و یا در مسیر حرکت خود در رودخانه‌ها، مواد مختلفی از رسوبات و تشکیلات زمین شناسی را به صورت محلول انتقال می‌دهند. کیفیت آبها با توجه به طول مسیر طی شده و فراوانی مواد با قابلیت انحلال بالا در مسیر، می‌تواند تفاوت زیادی در نقاط مختلف پیدا کند. مسئله کیفیت آب خصوصاً در کشور ما از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است به طوری که مشکل بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک تنها مسئله کم آبی نیست بلکه کیفیت نامناسب آبهای موجود نیز به آن اضافه می‌شود (علیزاده ۱۳۸۲).

توجه به کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب نباید باعث شود که کیفیت بیولوژیکی آنها فراموش گردد. امروزه با پیشرفت صنایع، افزایش جمعیت و عدم کنترل مناسب زیست محیطی، خطرات زیادی از نظر آلودگی آبها وجود دارد. از ابتدای تاریخ مدنی بشر، انسانها تمایل به زندگی در کنار رودخانه ها و سواحل داشته اند، زیرا زمین‌های واقع در کنار آب به طور سنتی از نظر زیست برای ساکنان امتیازهای فراوانی دارند. این امتیازات شامل خاک حاصلخیز، دسترسی به راههای آبی، مواد غذایی آبی، انرژی و مواد دیگر و حتی از آب به عنوان منبعی جهت دفع مواد در آن استفاده می‌شده است. با این حال زیست در حاشیه محیط‌های آبی، نکات منفی نیز دارد که مهم‌ترین آنها تهدید این اجتماعات در اثر جاری شدن سیل است. سیل پدیده طبیعی تکرار شونده ای است که از جمله ویژگی‌های همه حوضه‌های آبخیز می باشد و سیل‌هایی با حجم متوسط دارای منافع زیادی برای مردم نواحی سیل خیز است که زندگی‌شان وابسته به این محیط می‌باشد. امروزه در بسیاری از جوامع توسعه یافته، تأکید بیشتر بر استفاده از سیل است تا مقابله با آن. با توجه به این واقعیت که پیش بینی می‌گردد در سالهای آتی به دلیل تغییرات اقلیمی، تغییر کاربری اراضی و توسعه بیشتر دشت‌های سیلابی، تعداد و بزرگی سیل‌ها بیشتر شوند. وقوع سیل در مناطق مسکونی یک خطر طبیعی تلقی می‌شود، در صورتی که در مناطق دور افتاده و غیر مسکونی زیاد مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در کشور ما طی دهه‌های اخیر سیل‌های بزرگی در مناطق مختلف به وقوع پیوسته است که خسارات جانی و مالی بسیاری از خود به

جا گذاشته است. به طور کلی جاری شدن سیل همواره گزارش نمی‌شود و تنها وقایعی که با خسارات جانی و مالی فراوان همراهند راه خود را به رسانه های خبری باز می‌کنند. اکثر سیل‌ها به طور طبیعی جاری می‌شوند و تا حدود زیادی قابل پیش بینی هستند، زیرا جاری شدن سیل تابعی از عملکرد رودخانه هاست (غضبان ۱۳۸۱).

در طی دو دهه اخیر، سیلابهای متعددی در منطقه مورد مطالعه (حوضه گرگانرود) صورت گرفته است که سیلابهای مرداد ماه ۱۳۸۰ و مرداد ماه ۱۳۸۱ گرگانرود را می‌توان به عنوان سیلابهای بزرگ و شاخص این حوضه نام برد. علاوه بر این، هرساله تعداد زیادی سیل کوچک‌تر نیز در حوضه‌های آبگیر مختلف منطقه مورد مطالعه به وقوع می‌پیوندد که خسارت‌های مالی ناشی از آنها در مقایسه با سیلابهای بزرگ بسیار کمتر بوده و معمولاً خسارت‌های جانی را شامل نمی‌شوند.

۴-۲-۱- آلودگی بیولوژیکی در حوضه گرگانرود در جریان‌های پایه و سیلابی

همان طور که در بخش‌های قبل نشان داده شد، یکی از آثار مهم سیلابهای بزرگ، آلودگی میکروبی سیلاب و افزایش بیماری‌های عفونی و اسهالی بعد از وقوع سیلاب بوده است چندین عامل بیماری‌های عفونتی از طریق آبهای آلوده به انسان منتقل می‌شوند. اگرچه اغلب ارگانیسم‌های بیماریزای روده‌ای در خارج از بدن میزبان برای مدت طولانی زنده نمی‌مانند، اما شواهد نشان می‌دهد که آنها می‌توانند در شرایط متفاوتی عامل بیماری شوند. وجود ارگانیسم‌های نشانه، بخصوص اشرشیای مدفوعی نه به طور یقین بلکه به صورت احتمالی حاکی از آلودگی آب توسط فاضلاب می‌باشد (شریعت پناهی ۱۳۷۳). به علاوه عوامل عفونت‌زای موجود در فضولات حیوانی در صنایع کشاورزی و دامداری نیز سبب ایجاد آلودگی میکروبی در آب رودخانه‌ها می‌شود. ارگانیسم‌های بیماری‌زای موجود در فاضلاب ممکن است به وسیله انسان‌های مبتلا به بیماری و یا ناقل آن وارد فاضلاب شده باشند. ارگانیسم‌های بیماری‌زایی که از سوی انسان دفع می‌شوند باعث بیماری‌های گوارشی همچون حصبه، شبه حصبه، اسهال، وبا و اسهال خونی می‌شوند. آزمایش میکروبی آب برای یافتن ارگانیسم های نشانه، روش عملی تعیین آلودگی میکروبی آب می‌باشد. ارگانیسم‌هایی به عنوان نشانه به کار می‌روند که همیشه در آبهای آلوده وجود داشته، در آبهای غیر آلوده دیده نمی‌شوند، در آب بیش از عوامل بیماری‌زا زنده

می‌مانند و به آسانی مشخص می‌شوند. کلیفرمها یک گروه از باکتریها هستند که تمام اختصاصات فوق را داشته و به عنوان نشانه آلودگی میکروبی آب استفاده می‌گردند. معمولا کلیفرمها بیماری‌زا نبوده و همراه با میکروب‌های عفونی در آب پیدا می‌شوند. ضمناً تعداد کلیفرمها خیلی زیادتر از میکروب‌های بیماریزا می‌باشد و اغلب زمان بیشتری در آب زنده می‌مانند. طبق استاندارد آمریکا در صورت وجود کلیفرمها در یک لیتر آب، فرض بر این است که ممکن است میکروب‌های بیماری‌زا نیز در آب وجود داشته و آب از نظر میکروبی ناسالم است. روش‌های استاندارد مختلفی برای مطالعه کلیفرمها وجود دارد که یکی از این روش‌ها، تخمیر چند لوله ای (۵ لوله‌ای و ۹ لوله‌ای) می‌باشد و می‌توان نتایج را به صورت MPN (بیشترین تعداد احتمالی باکتری) گزارش نمود که توضیح این روش در فصل سوم آمده است.

با توجه به اینکه استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO برای آب آشامیدنی در خصوص عوامل بیولوژیکی صفر است، عوامل بیماری‌زا نباید در آب شرب وجود داشته باشد. بنابراین جهت بررسی آلودگی بیولوژیکی منابع آب در منطقه مورد مطالعه، ۷ نمونه میکروبی از رودخانه‌های مهم منطقه قبل از وقوع سیل، برداشته شد و مورد آنالیز قرار گرفته است. به منظور بررسی اثرات سیلابهای عادی منطقه بر آلودگی بیولوژیکی آبهای سطحی و مقایسه درجه آلودگی آن با جریان پایه رودخانه، همان تعداد نمونه از منطقه پس از وقوع سیل برداشته شد و به طریق ۹ لوله‌ای آنالیز گردید. نتایج حاصله از آنالیز میکروبی نمونه‌ها در جریان‌های سیلابی رودخانه‌های مهم منطقه به روش نه لوله‌ای در جدول ۴-۱۳ ارائه شده است. هم‌چنین نتایج میکروبی آب رودخانه‌های منطقه قبل و پس از سیلاب در جدول ۴-۱۴ مورد مقایسه قرار گرفته اند.

بررسی‌ها نشان داده که حتی در شرایط طبیعی، ذخایر آب سطحی حاوی حداقل برخی ارگانیسم‌های مدفوعی هستند. مواد دفعی حیوانات و پرندگان دائما وارد محیط می‌شود و بارش باران به طور حتم، میکروب‌ها را به رودخانه و بنابراین به ذخایر آب منتقل می‌کند و هر چه میزان آلودگی آب بیشتر باشد، احتمال ابتلا به بیماری افزایش می‌یابد. همان طور که نتایج آنالیز نمونه‌ها قبل از وقوع سیل در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد، تعداد باکتری‌های اشرشیاکولی، که شاخص آلودگی کلیفرمی مدفوعی می باشد، در همه نمونه‌ها بالاتر از ۱۱۰۰ بوده و آلودگی شدید میکروبی این نمونه‌ها را در

منطقه نشان می دهد که به دلیل ورود انواع زباله و فاضلابهای شهری و خانگی به داخل آبهای سطحی منطقه می‌باشد.

جدول ۴-۱۳- نتایج آزمایشات میکروبی نمونه های جریان سیلابی به روش ۹ لوله ای

شماره	روش ۹ لوله‌ای		تعداد لوله‌های مثبت		
	نام رودخانه	MPN/ 1100 ml	0.1 ml	1 ml	10 ml
۱	گرگانرود (تمر)	۲۱	۰	۲	۲
۲	دوغ (جنگل گلستان)	۳۴	۳	۱	۲
۳	دوغ (تنگراه)	۱۵	۰	۱	۲
۴	گرگانرود(عزیز آباد)	۵۳	۳	۳	۲
۵	قرناوه(حاجی بیک)	۲۱۰	۲	۲	۳
۶	آق سو (پایین تر از کلاله)	>۱۱۰۰	۳	۳	۳
۷	دوغ پس از تلاقی با آق سو	۴۶۰	۲	۳	۳

جدول ۴-۱۴- مقایسه نتایج آزمایشات میکروبی آب رودخانه‌ها در جریان پایه و سیلابی

شماره	نام رودخانه	تعداد باکتریهای اشرشیاکولی (قبل از سیل)	تعداد باکتریهای اشرشیاکولی (پس از سیل)
۱	گرگانرود (تمر)	>۱۱۰۰	۲۱
۲	دوغ (جنگل گلستان)	>۱۱۰۰	۳۴
۳	دوغ (تنگراه)	>۱۱۰۰	۱۵
۴	گرگانرود(عزیز آباد)	>۱۱۰۰	۵۳
۵	قرناوه(حاجی بیک)	>۱۱۰۰	۲۱۰
۶	آق سو (پایین تر از کلاله)	>۱۱۰۰	>۱۱۰۰
۷	دوغ پس از تلاقی با آق سو	>۱۱۰۰	۴۶۰

با توجه به نتایج حاصله از آزمایشات میکروبی ارائه شده در جدول ۴-۱۴ ملاحظه می‌شود که، به استثناء یک مورد، در تمام رودخانه‌ها در جریان سیلابی معمولی تعداد باکتری‌های اشرشیاکولی کمتر شده و درجه آلودگی آب این رودخانه‌ها نسبت به جریان پایه کاهش یافته است. به طور مثال وجود بیش از ۱۱۰۰ باکتری اشرشیاکولی در رودخانه دوغ در ایستگاه تنگراه، قبل از وقوع سیل و ۱۵ عدد پس از آن، رقیق سازی باکتری‌ها و کاهش آلایندگی آب این رودخانه را در هنگام وقوع سیلابهای عادی نشان می‌دهد. در خصوص رودخانه آق‌سو (پایین‌تر از شهر کلاله)، علت بالا بودن تعداد باکتری‌های اشرشیاکولی در جریان سیلابی، جریان اندک آب این رودخانه و ورود فاضلابهای خانگی به داخل این رودخانه می‌باشد. شکل ۴-۱۱ ورود فاضلاب‌های خانگی شهر کلاله به رودخانه آق‌سو را نشان می‌دهد. در خصوص رودخانه دوغ پس از تلاقی با آق‌سو، ملاحظه می‌شود که تعداد باکتری‌های شاخص آلودگی کلیفرمی مدفوعی این رودخانه پس از تلاقی شاخه کوچک آق سو، افزایش یافته و به ۴۶۰ رسیده است. این امر به دلیل آلودگی میکروبی شدید آب در شاخه آق‌سو به علت ورود فاضلابهای خانگی به داخل آن می‌باشد که باعث افزایش تعداد باکتری‌های اشرشیاکولی در رودخانه دوغ پس از تلاقی با این شاخه گردیده است.

شکل ۴-۱۱- ورود فاضلابهای خانگی به داخل رودخانه آق سو

به طور کلی نتایج آنالیز نمونه ها در طی دو دوره زمانی (جریان پایه و سیلابی) نشان می‌دهد که افزایش دبی آب، سبب رقیق سازی آلاینده‌ها و میکروب‌های درون آب گردیده و پتانسیل آلایندگی آنها را کاهش داده است.

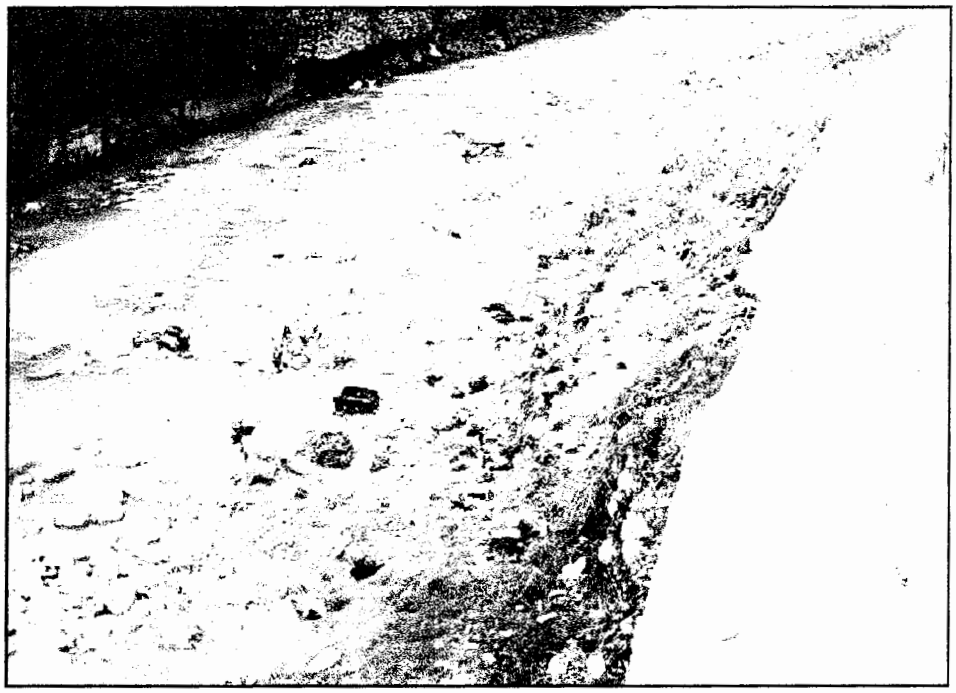
۴-۲-۲- عوامل مهم آلاینده آبهای سطحی منطقه

بررسی‌های صورت گرفته در این حوضه نشان می‌دهد که علیرغم پتانسیل سیل‌خیزی بالا، دخل و تصرف غیر مجاز و ساخت و ساز بی‌رویه در نواحی دشت سیلابی و ورود انواع زباله و فاضلابهای خانگی به اکثر رودخانه‌های این حوضه صورت می‌گیرد که از عوامل مهم بروز سیل و تشدید خسارت‌های زیست محیطی ناشی از آن در این منطقه به شمار می‌رود.

مکان‌های دفع زباله‌های شهری، محل تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و انبار ذخیره مواد شیمیایی کشاورزی (آفت‌کش‌ها، کودها و سایر مواد شیمیایی) از مهم‌ترین منابع احتمالی آلودگی در هنگام وقوع سیل می‌باشد. از مسائل مهمی که مدیریت بهداشتی سیل را در این منطقه مشکل ساخته است نزدیکی مکان‌های دفع زباله‌های شهری به آبهای سطحی و ورود انواع زباله‌ها و فاضلابهای خانگی و صنعتی به داخل آب رودخانه‌هاست. برای مثال در شهر گنبد، حجم عظیمی از فاضلاب‌های خانگی و شهری به رودخانه گرگانرود وارد می‌شود (شکل ۴-۱۲).

شکل ۴-۱۳ تخلیه مستقیم زباله‌های شهری به بستر رودخانه (رودخانه چهل چای) در شهر مینودشت را نشان می‌دهد. نزدیک بودن این مکان و مکان‌های مشابه به رودخانه، از عوامل مهم آلودگی آبهای سطحی، به خصوص در مواقع بارندگی شدید و سیلابی، در این منطقه به شمار می‌آید.

شکل ۴-۱۲- محل ورود فاضلابها و زباله های شهر گنبد به داخل رودخانه گرگانرود



شکل ۴-۱۳- تخلیه مستقیم زباله‌های شهر مینودشت به داخل آب رودخانه

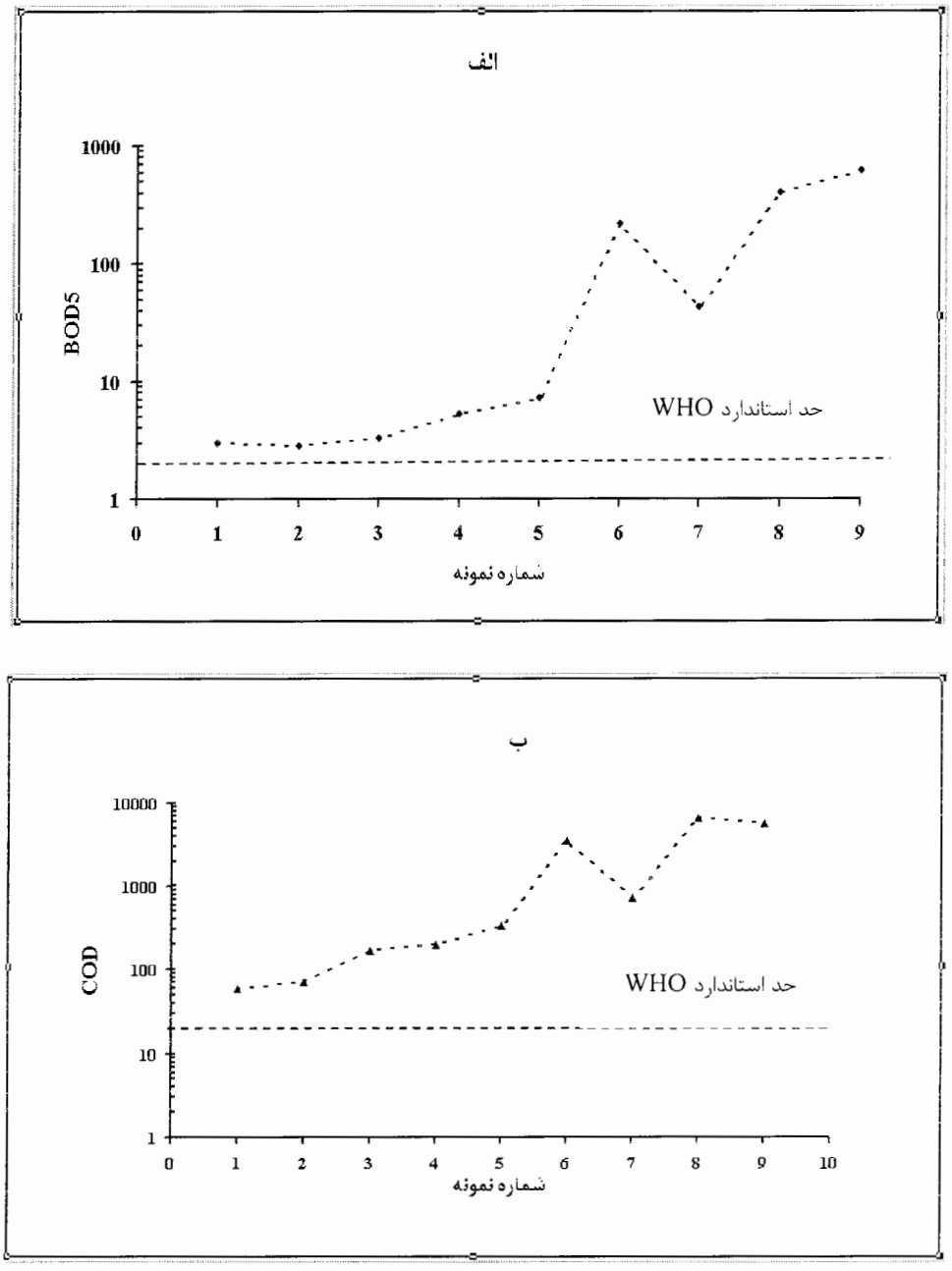
جهت بررسی آلودگی آب رودخانه‌ها در حالت جریان پایه، ۹ نمونه شیمیایی جهت تعیین پارامترهای شاخص آلودگی آب، از رودخانه‌های مهم حوضه مورد مطالعه برداشته شد. جدول ۴-۱۵ موقعیت جغرافیایی و نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های مورد نظر را در حالت جریان پایه نشان می‌دهد.

جدول ۴- ۱۵- نتایج آنالیز شیمیایی رودخانه های مهم منطقه، در حالت جریان پایه

شماره نمونه	نام رودخانه	موقیت جغرافیایی		BOD_5	COD
		طول	عرض		
۱	گرگانرود (تمر)	۰۳۶۷۷۶۲	۴۱۴۹۹۰۴	۳	۵۸
۲	دوغ (جنگل گلستان)	۰۴۰۸۶۶۶	۴۱۳۶۹۵۱	۲/۸	۷۱/۱
۳	دوغ (تنگراه)	۰۳۹۳۴۳۳	۴۱۳۹۶۶۲	۳/۳	۱۶۵
۴	گرگانرود(عزیز آباد)	۰۳۸۶۲۴۱	۴۱۵۵۹۲۶	۵/۲	۱۹۳
۵	قرناوه(حاجی بیک)	۰۳۷۸۴۴۹	۴۱۶۱۳۸۱	۷/۲	۳۳۰/۳
۶	آق سو (پایین تر از کلاله)	۰۳۶۵۶۸۲	۴۱۳۷۲۶۴	۲۲۰	۳۵۰۰
۷	دوغ پس از تلاقی با آق سو	۰۳۶۱۴۲۸	۴۱۳۸۴۷۴	۴۳	۷۲۰
۸	گرگانرود (داخل گنبد)	۰۳۳۷۸۲۰	۴۱۲۶۲۱۲	۴۱۰	۶۵۹۰
۹	گرگانرود (خروجی گنبد)	۰۳۳۶۱۷۰	۴۱۲۴۸۴۰	۶۲۰	۵۷۳۰

بر اساس جدول فوق، ملاحظه می‌گردد که اکسیژن خواهی زیستی و شیمیایی (COD و BOD_5) که از پارامترهای مهم شاخص آلودگی آب می‌باشند، در هیچ یک از نمونه‌ها در حد استاندارد نیستند که بیانگر آلودگی شدید آب رودخانه‌های حوضه در مواقع غیر سیلابی است. شکل ۴-۱۶ مقایسه پارامترهای اندازه گیری شده را با حد استاندارد (WHO) نشان می‌دهد (لازم به ذکر است که مقادیر استاندارد پارامترهای فوق بر اساس استاندارد WHO قبلاً در جدول ۴-۳ ارائه شده است). علاوه بر این ملاحظه می‌شود که درجه آلودگی در ابتدای مسیر رودخانه گرگانرود (ایستگاه تمر و عزیز آباد) و رودخانه دوغ (ایستگاه جنگل گلستان و تنگراه) در مقایسه با درجه آلودگی رودخانه گرگانرود در

محدوده شهر گنبد بسیار کمتر بوده است و علت اصلی این مسئله ورود فاضلاب‌های شهری به داخل رودخانه می‌باشد. در مورد رودخانه کوچک آق‌سو، علت بالا بودن مقادیر BOD_5 و COD این رودخانه ورود فاضلاب‌های خانگی شهر کلاله به داخل رودخانه بوده است.



شکل ۴-۱۴- نمودار مقایسه BOD_5 (الف) و COD (ب) با حد استاندارد WHO

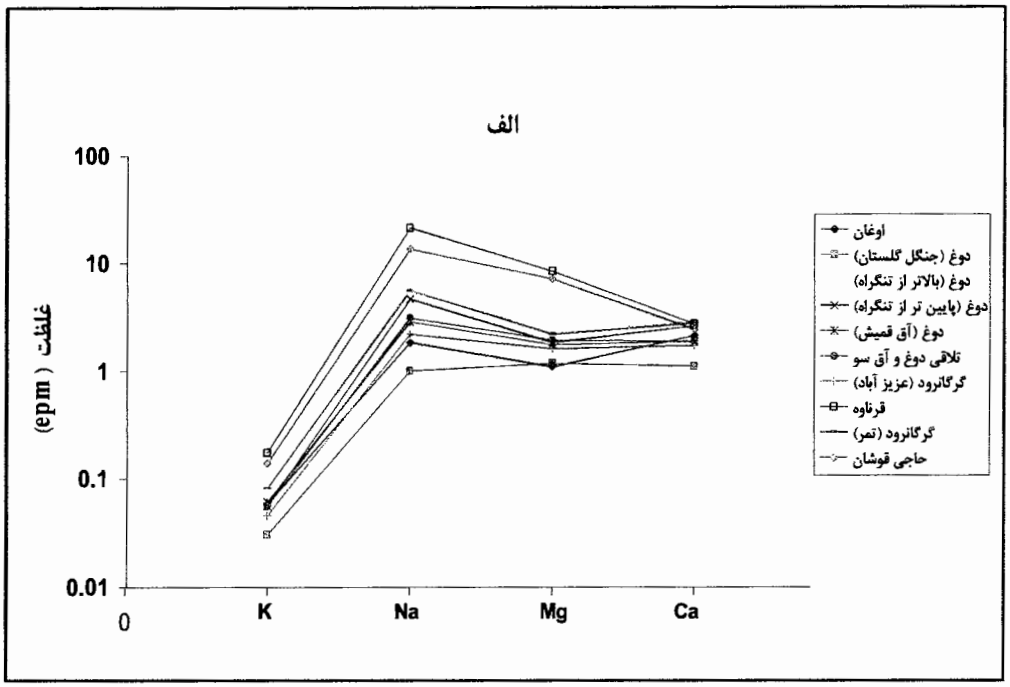
۴-۲-۳- بررسی کیفیت شیمیایی رودخانه در جریان پایه و سیلابی

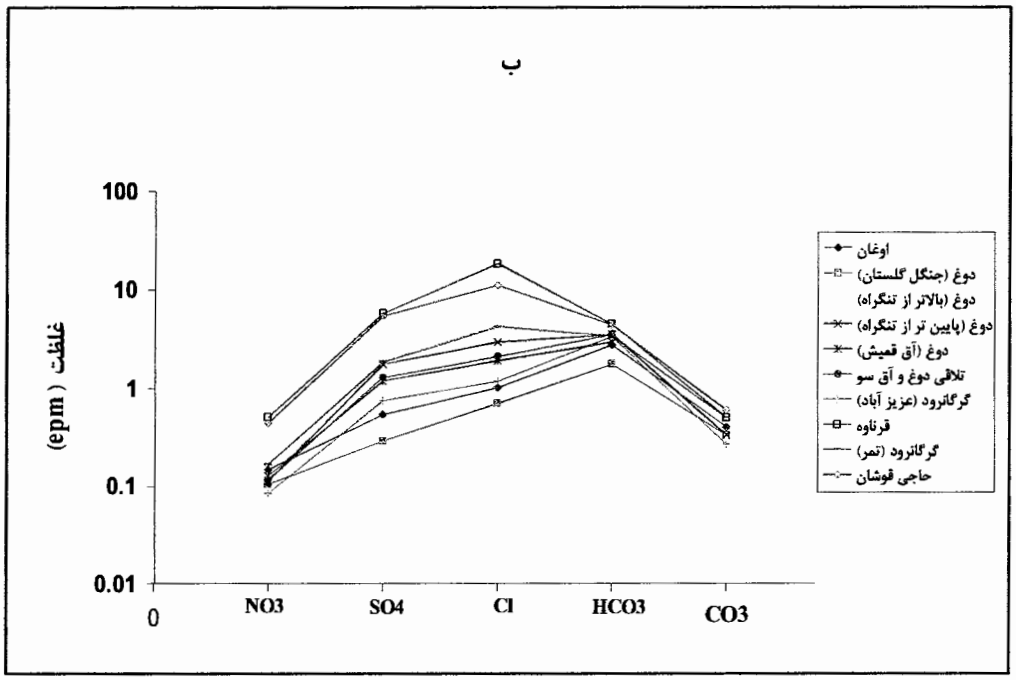
به منظور بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها در منطقه مورد مطالعه قبل و بعد از وقوع سیلابهای کوچک و معمولی، که هر ساله در منطقه موررد مطالعه رخ می‌دهد، تعدادی نمونه از رودخانه‌های مهم منطقه در جریان پایه و سیلابی برداشته شد و مورد آنالیز قرار گرفت. جدول ۴-۱۶ نتایج تجزیه شیمیایی آب در رودخانه‌های مورد مطالعه قبل از وقوع سیلاب (جریان پایه رودخانه) را نشان می‌دهد. نمودار نتایج مربوط به آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در رودخانه های مورد مطالعه در شکل ۴-۱۶ ارائه شده است. با عنایت به شکل ۴-۱۶، ملاحظه می‌شود که غلظت تمام کاتیونها و آنیون‌ها در جریان پایه رودخانه از بالادست رودخانه به پایین دست آن کم و بیش افزایش یافته است.

جدول ۴-۱۶- نتایج تجزیه شیمیایی رودخانه‌های اصلی منطقه مورد مطالعه قبل از وقوع سیلاب (جریان پایه)

پارامتر / نام رودخانه	K	Na	Mg	Ca	NO_3	SO_4	Cl	HCO_3	CO_3	EC
اوغان (گالیکش)	۰/۰۵۹	۱/۸۲۶	۱/۰۸۳	۲/۱	۰/۱۴۸	۰/۵۴	۰/۰۱۴	۲/۷۸	۰/۴	۵۰۸
دوغ (جنگل گلستان)	۰/۰۳۱	۱	۱/۱۶۶	۱/۱	۰/۱۰۴	۰/۲۹	۰/۷۱	۱/۷۷	۰/۳۳	۳۹۴
دوغ (بالاتر از تنگراه)	۰/۰۷۴	۵/۴۳۴	۲/۳۳	۲/۸۵	۰/۱۲	۱/۹۱	۴/۳۱	۳/۶۸	۰/۳۳	۱۰۹۷
دوغ (پایین‌تر از تنگراه)	۰/۰۵۶	۴/۶۰۸	۱/۸۳	۲/۶	۰/۱۱	۱/۷۷	۲/۹۵	۳/۵۲	۰/۳۳	۷۸۰
دوغ (آق قمیش)	۰/۰۶۱	۲/۸۲۶	۱/۷۵	۱/۸۵	۰/۱۳	۱/۱۸	۱/۹۱	۲/۹۵	۰	۶۰۰
دوغ و آق‌سو	۰/۰۵۶	۳/۰۸۶	۱/۹۱	۱/۸۵	۰/۱۱۶	۱/۲۹	۲/۱۱	۳/۵۲	۰	۶۴۴
گرگانرود (عزیز آباد)	۰/۰۴۶	۲/۱۷۳	۱/۵۸	۱/۷	۰/۰۸۳	۰/۷۵	۱/۱۸	۳/۳۶	۰/۲۶	۵۵۵
قرناوه	۰/۱۷۴	۲۱/۳۰	۸/۳۳	۲/۷	۰/۵۱	۵/۷۵	۱۸/۴۵	۴/۵۱	۰/۵	۳۱۵۰
گرگانرود (تمر)	۰/۰۸۲	۵/۵۲۱	۲/۱۶	۲/۷۵	۰/۱۶	۱/۸۵	۴/۱۷	۳/۴۱	۰/۵	۱۰۸۶
حاجی قوشان	۰/۱۳۸	۱۳/۴۸	۷/۰۸	۲/۴	۰/۴۴	۵/۴۱	۱۱/۱۲	۴/۴۱	۰/۶	۱۸۳۷

* مقادیر غلظت یونها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر و EC بر حسب میکروموس بر سانتی متر می‌باشد.





شکل ۴-۱۶- غلظت کاتیون‌ها (الف) و آنیون‌ها (ب) برای جریان پایه در رودخانه‌های مختلف

به منظور بررسی کیفیت سیلابهای معمولی و اثر سیلابهای فوق بر روی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه ها، تعداد دیگری نمونه نیز در طی دو دوره جریان سیلابی، از همان مناطق برداشت شد و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (لازم به ذکر است که دبی آب در جریان سیلابی ۲ بیشتر از جریان سیلابی ۱ بوده است). جدول۴-۱۷ غلظت املاح را در جریان‌های سیلابی در رودخانه‌های مورد مطالعه بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر نشان می دهد.

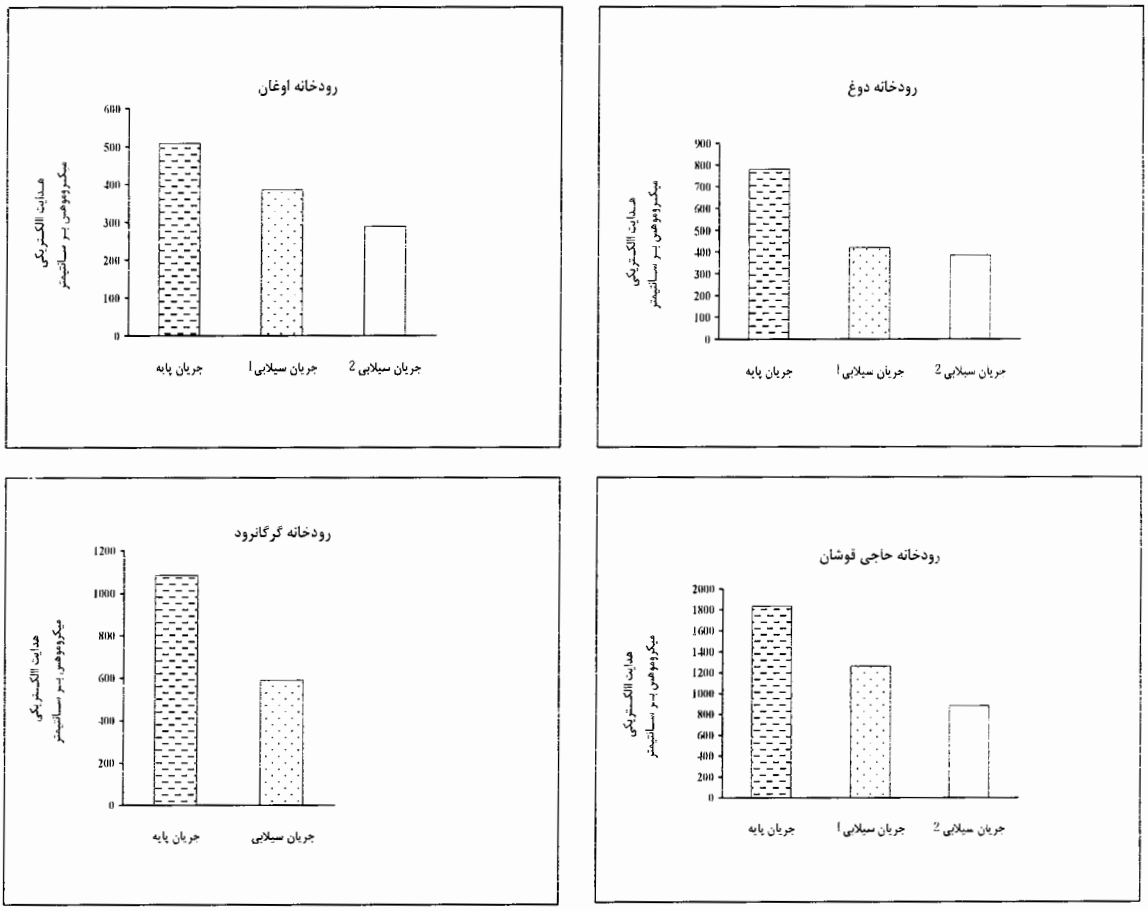
جدول ۴-۱۷-مقایسه غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی رودخانه‌های مورد مطالعه در جریان‌های پایه و سیلابی

نام رودخانه	پارامتر	K	Na	Mg	Ca	SO_4	Cl	HCO_3	CO_3	EC
اوغان (گالیکش)	جریان پایه	۰/۰۵۹	۱/۸۲۶	۱/۰۸۳	۲/۱	۰/۵۴	۰/۰۱۴	۲/۷۸	۰/۴	۵۰۸
	جریان سیلابی ۱	۰/۰۵	۱/۱۷	۰/۹۱	۱/۷۵	۰/۳۹	۰/۷	۲/۵۴	۰	۳۸۵
	جریان سیلابی ۲	۰/۰۵	۰/۳۴	۱/۸	۱/۶	۰/۵۵	۰/۴	۲/۸	۰	۲۸۹
دوغ (پایین‌تر از تنگراه)	جریان پایه	۰/۰۵۶	۴/۶۰۸	۱/۸۳	۲/۶	۱/۷۷	۲/۹۵	۳/۵۲	۰/۳۳	۷۸۰
	جریان سیلابی ۱	۰/۰۸	۱/۱۲	۱/۸	۱/۷	۰/۹۵	۱/۱	۲/۶	۰	۴۲۰
	جریان سیلابی ۲	۰/۰۴۶	۱/۲۲	۱/۱۵	۱/۱۵	۰/۵۶	۰/۸۵	۱/۹۳	۰	۳۸۶
گرگانرود (تمر)	جریان پایه	۰/۰۸۲	۵/۵۲۱	۲/۱۶	۲/۷۵	۱/۸۵	۴/۱۷	۳/۴۱	۰/۵	۱۰۸۶
	جریان سیلابی ۱	۰/۰۵	۲/۰۹	۱/۵۶	۱/۶	۰/۹۴	۱/۷۵	۲/۲۶	۰/۵	۵۹۰
حاجی قوشان	جریان پایه	۰/۱۳۸	۱۳/۴۸	۷/۰۸	۲/۴	۵/۴۱	۱۱/۱۲	۴/۴۱	۰/۶	۱۸۳۷
	جریان سیلابی ۱	۰/۰۸	۵/۴۴	۳/۸	۳/۴	۴/۴۶	۴/۴	۳/۹	۰	۱۲۶۳
	جریان سیلابی ۲	۰/۰۶	۳	۲/۶	۳/۲	۲/۰۲	۳	۳/۸	۰	۸۸۴

* مقادیر غلظت یونها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر و EC بر حسب میکروموس بر سانتی متر می‌باشد.

بر اساس جدول فوق مشاهده می‌شود که غلظت آنیونها و کاتیونها در جریان‌های سیلابی، نسبت به جریان پایه رودخانه کاهش پیدا کرده است.

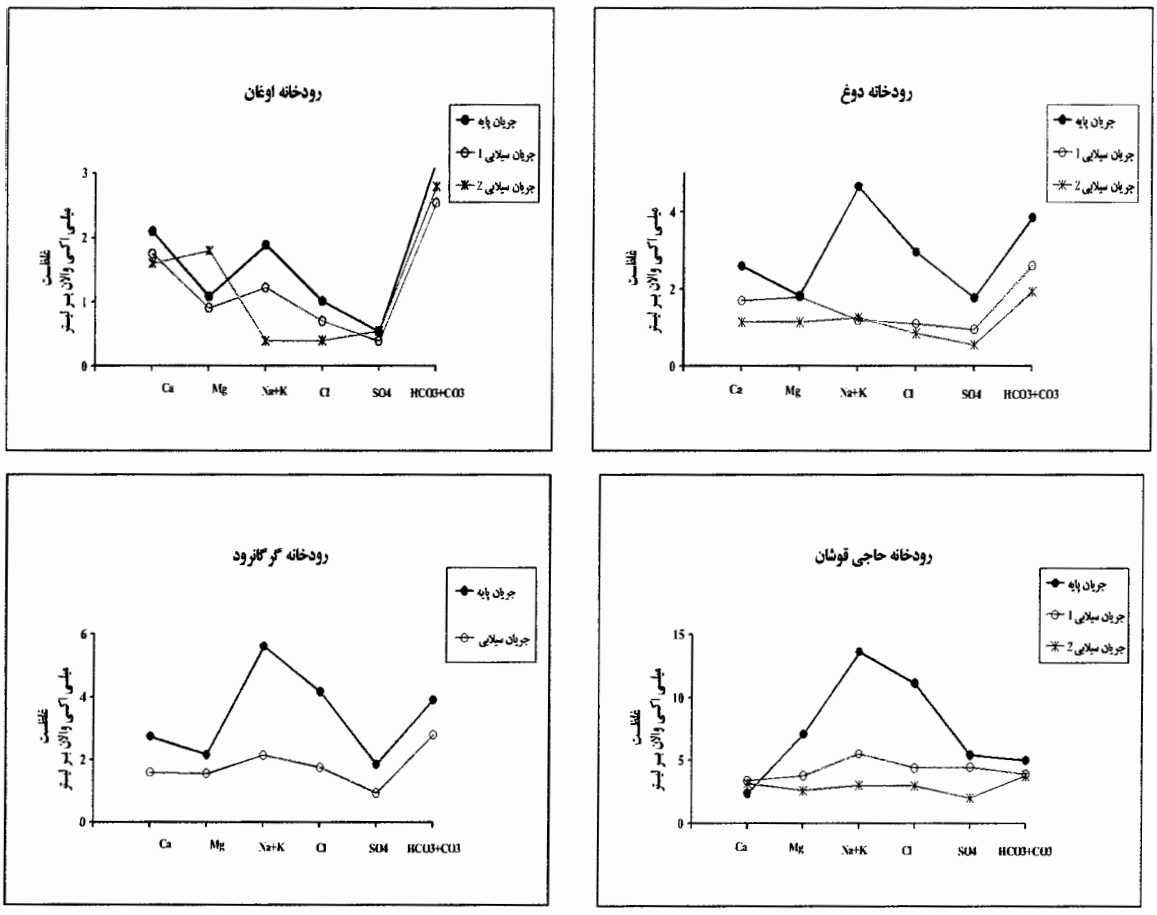
یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی آب، هدایت الکتریکی می‌باشد که به عنوان نماینده کل املاح محلول در آب (Total Dissolved Solids) محسوب می‌شود. به این ترتیب که هر چه مقدار هدایت الکتریکی بیشتر باشد، کل املاح محلول در آب بیشتر است و بالعکس. شکل ۴-۱۷ مقادیر هدایت الکتریکی را برای رودخانه‌های مورد مطالعه در شرایط سیلابی و جریان پایه مقایسه می‌کند. همان طور که در شکل ۴-۱۷ ملاحظه می‌شود، در تمام ایستگاههای اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی در شرایط جریان پایه، به طور قابل توجهی بالاتر از شرایط جریان سیلابی می‌باشد. برای مثال در رودخانه گرگانرود (ایستگاه تمر) مقدار هدایت الکتریکی در شرایط جریان پایه از ۱۰۸۶ میکروموس بر سانتی-متر به ۵۹۰ میکروموس بر سانتی‌متر در جریان سیلابی کاهش پیدا کرده است.



شکل ۴-۱۷- نمودار مقایسه هدایت الکتریکی آب رودخانه‌های مورد مطالعه در جریان پایه و سیلابی

علت کاهش مقدار هدایت الکتریکی در شرایط سیلابی به دو دلیل می‌باشد. اول این که با افزایش دبی رودخانه در زمان وقوع سیلاب، به علت افزایش جریان سیلابی و سرعت جریان، زمان تماس آب بستر رودخانه کمتر شده و این امر موجب می‌شود که آب فرصت انحلال کمتری پیدا کند. دوم این کـه، در زمان وقوع سیلاب سهم جریان پایه نسبت به جریان کل به مراتب کمتر است و از آن جایی که جریان پایه به علت جریان در داخل زمین، املاح بیشتری را در بر می‌گیرد، باعث می‌شـود کـه در آن امـلاح محلول موجود در آب به طور قابل توجهی بالاتر باشد.

جهت مقایسه کیفیت آب رودخانه‌ها، در شرایط جریان پایـه و سـیلابی، نمـودار ۴-۱۸ رسـم گردیـده است. در این نمودار روی محور طول‌ها به ترتیب با فاصله معینی کاتیون‌هـای Ca^{2+}، Mg^{2+}، $Na^{+}+K^{+}$ و آنیون‌های Cl^{-}، SO_4^{2-}، $HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$ به صورت میلی اکی والان بر لیتر منعکس می‌گردد.

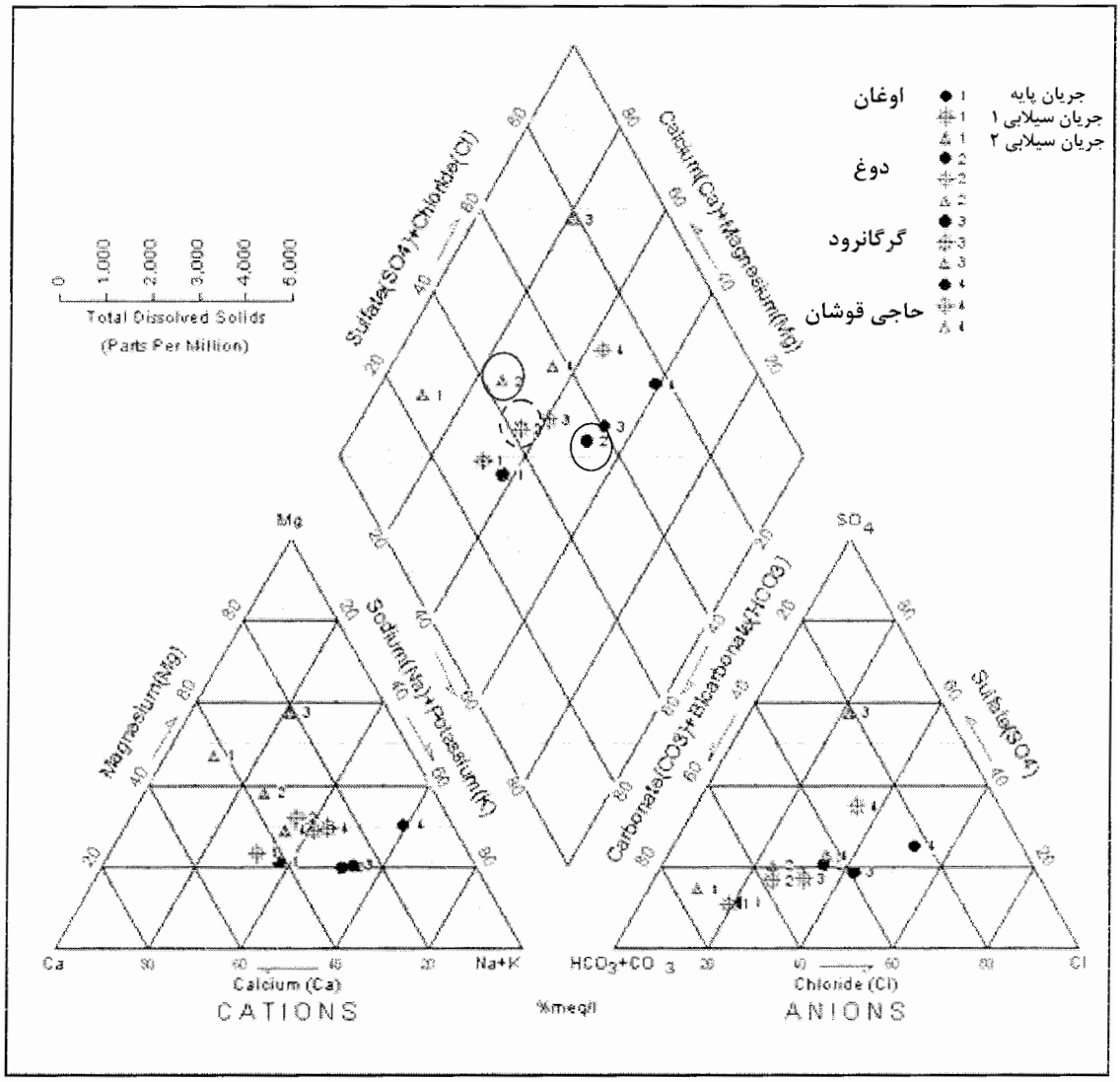


شکل ۴- ۱۸- مقایسه غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی برای جریان‌های پایه و سیلابی

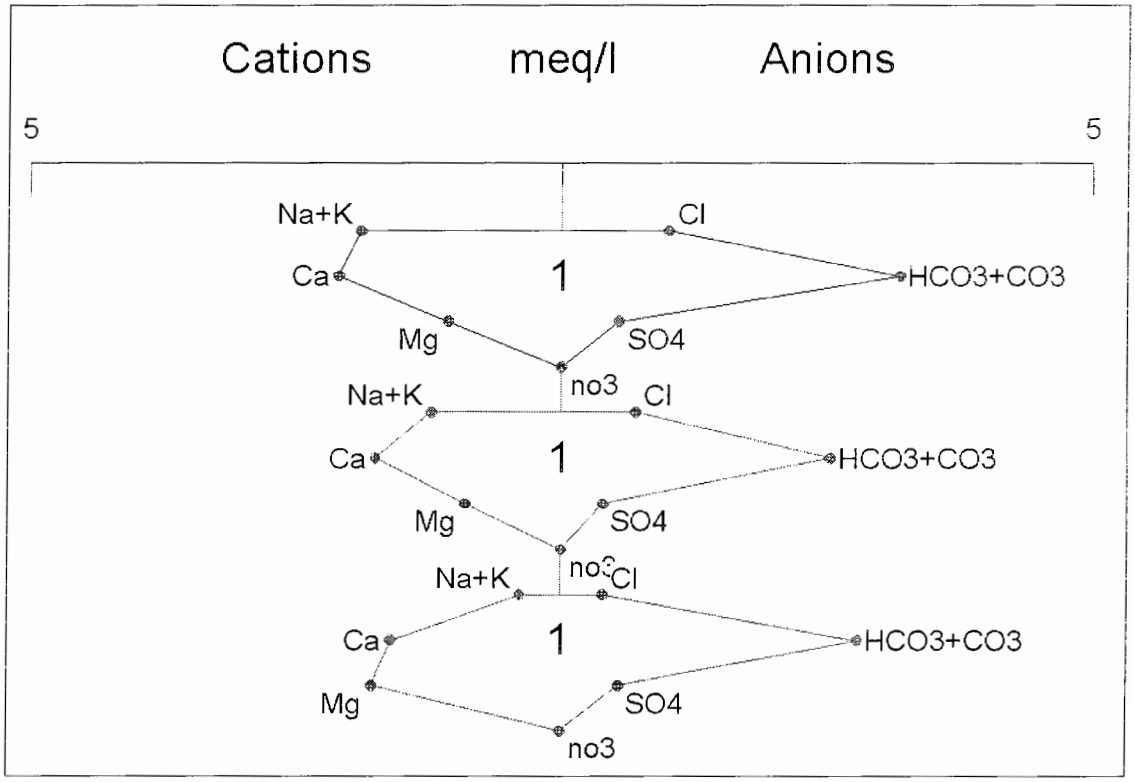
با توجه به شکل ۴-۱۸ ملاحظه می‌شود که در ایستگاههای مورد مطالعه، غلظت کلیه املاح در جریان سیلابی در مقایسه با غلظت آنها در جریان پایه به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. علت کاهش غلظت کلیه کاتیون‌ها و آنیون‌ها در شرایط سیلابی در مقایسه با جریان پایه، همان دلایلی است که در خصوص کاهش هدایت الکتریکی عنوان گردید.

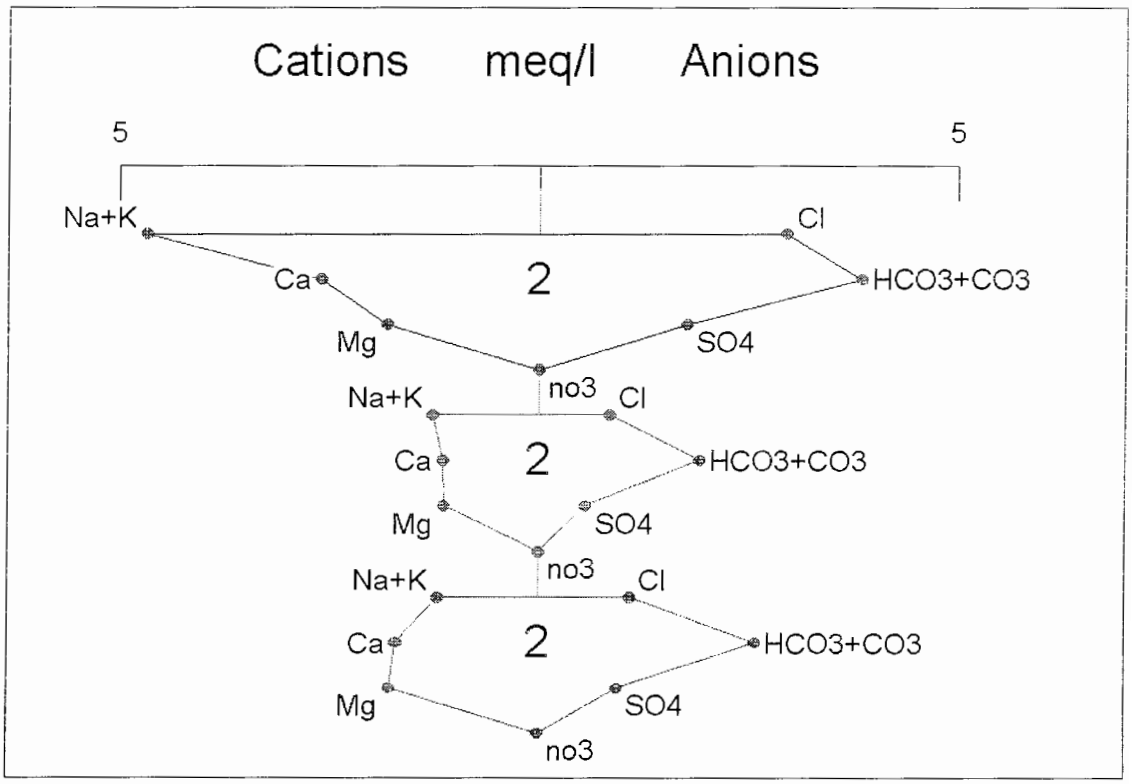
به منظور بررسی تغییرات نسبی املاح آب رودخانه‌ها از جریان پایه به جریان سیلابی نمودار پایپر (Piper) برای نمونه‌های مختلف جریان پایه و جریان سیلابی ترسیم شده است (شکل ۴-۱۹) همان طور که در شکل نیز دیده می‌شود، تیپ آب در جریان سیلابی نسبت جریان پایه به سمت آبهای با کربنات بیشتر و املاح کمتر حرکت نموده است.

تیپ آب نشان دهنده غلظت نسبی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آب می‌باشد. جهت بررسی تغییرات تیپ آب رودخانه‌های مورد مطالعه در حالت جریان پایه وسیلابی نمودارهای استیف (Stiff) رسم شده است (شکل ۴-۲۰ و ۴-۲۱). به طور مثال در شکل ۴-۲۱ ملاحظه می‌گردد که تیپ آب رودخانه حاجی قوشان از کلرور سدیک به بی‌کربناته کلسیک تغییر کرده است. کوچک‌تر بودن ابعاد نمودارها در حالت جریان سیلابی نسبت به جریان پایه حاکی از کم بودن غلظت املاح در حالت جریان سیلابی نسبت به جریان پایه است.

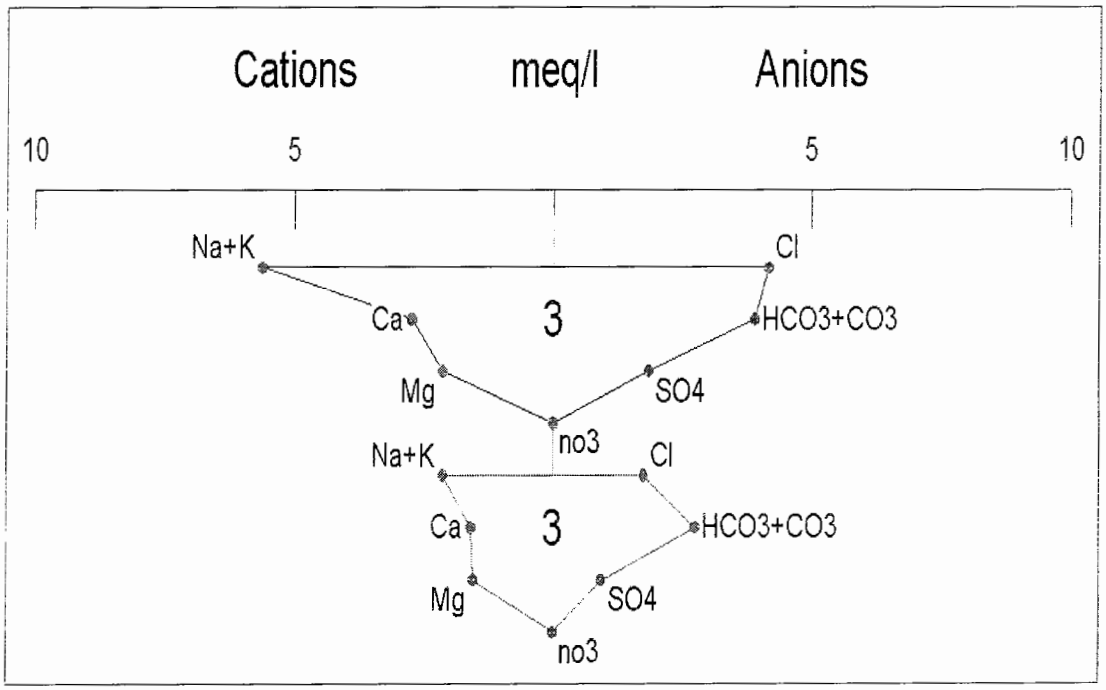


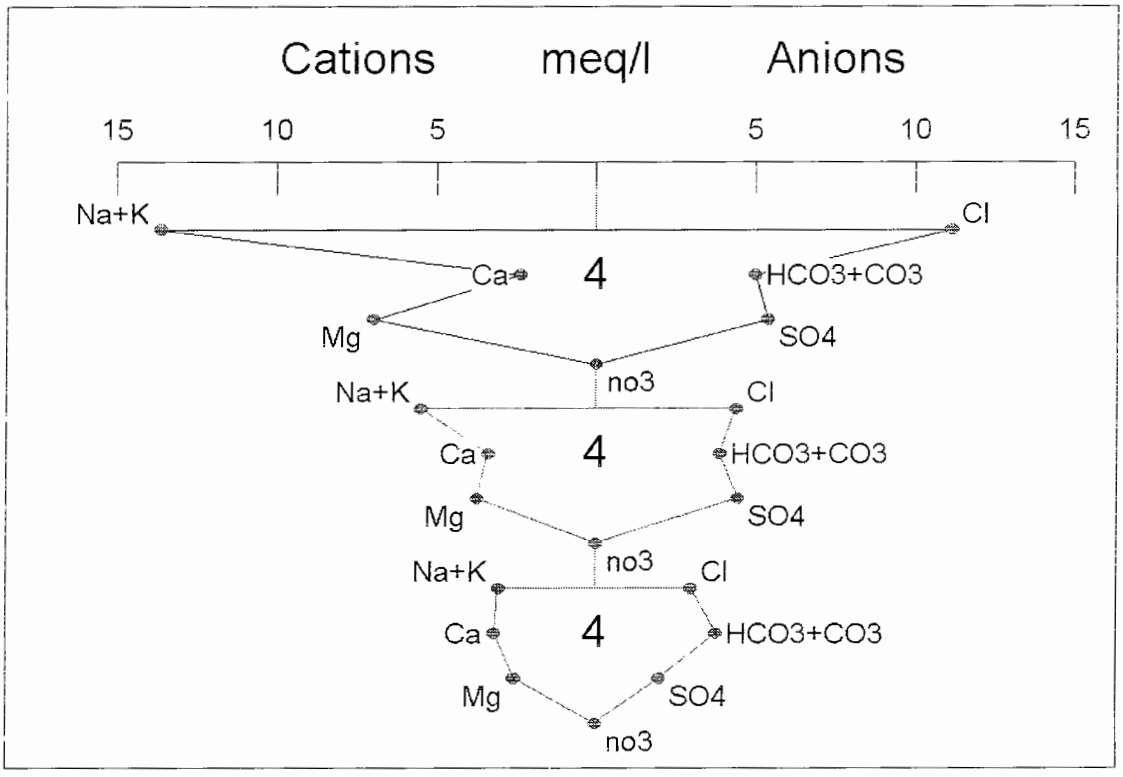
شکل ۴-۲۰- نمودار پاپیر رودخانه‌های مورد مطالعه در حالت جریان پایه و جریان سیلابی





شکل ۴-۲۰- نمودارهای استیف رودخانه‌های اوغان (۱) و دوغ (۲) در حالت جریان پایه و جریان سیلابی





شکل ۴-۲۱- نمودارهای استیف رودخانه‌های گرگانرود (۳) و حاجی قوشان (۴) در جریان پایه و سیلابی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این فصل نتایج حاصل از این تحقیق که از بررسی کیفیت آب درررودخانه های مهم منطقه مورد مطالعه به دست آمده است به طور مختصر مرور می‌شود:

۵-۱- نتیجه‌گیری

۵-۱-۱- ارزیابی زیست محیطی سیلابهای بزرگ

نتایج مطالعات نشان داده است که اغلب در بحث مدیریت سیل که شامل طیف وسیعی از فعالیتها برای کاهش اثرات سیل بر روی زندگی بشر، محیط زیست و اقتصاد یک منطقه می‌باشد، خسارات اقتصادی سیل مدنظر است و به اثرات اجتماعی و زیست محیطی کمتر توجه می‌گردد. آلودگی آب، و اثرات مخرب سیل بر روی فرسایش خاک، کشاورزی و سلامت موجودات زنده، از مهم ترین پیامدهای زیست محیطی سیلابهای بزرگ می‌باشد. آلودگی آبهای سطحی که در نتیجه تخریب تاسیسات تصفیه فاضلاب، اجساد موجودات زنده و مواد شیمیایی کشاورزی ایجاد می‌شود، از اثرات مهم بهداشتی سیلابهای بزرگ می‌باشد. بررسی پارامترهای شاخص آلودگی آب (BOD_5 , COD) قبل و پس از وقوع سیل بزرگ مرداد ماه ۱۳۸۰ در رودخانه گرگانرود (خروجی سد گلستان)، و مقایسه آن با مقادیر مجاز استاندارد WHO، آلودگی شدید این آبها را برای بهره‌برداری منابع پایین دست مشخص ساخته است. به طوری که این آبها برای مصارف مختلف فاقد استانداردهای کیفی لازم می‌باشند. این امر تا حدود

زیادی به دلیل تخریب زیاد و پراکندگی آلاینده‌ها در سطح وسیع در نتیجه حمل اجساد، آبگرفتگی فاضلابها و منازل روستاییان در منطقه سیل‌زده بوده است.

تحقیقات صورت گرفته در سراسر جهان در خصوص مسایل بهداشتی و اثرات سیل بر روی سلامت موجودات زنده نشان می‌دهد که سیلابهای بزرگ به دلیل حمل آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی، عامل سرایت بسیاری از بیماری‌ها هستند و آلودگی میکروبی آبهای آشامیدنی، از دلایل مهم وقوع بیماری‌های عفونی نظیر اسهال، وبا و مالاریا در طی سیل عنوان شده و تأمین آب سالم و مناسب از مسایل مهم در بحث مدیریت بهداشتی سیل است. مقایسه نتایج حاصل از آزمایشات میکروبی، قبل و پس از وقوع سیل، در روستاهای سیل‌زده در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که با وقوع سیل و انتشار آلودگی از چاههای فاضلاب روستاهای سیل‌زده، آلودگی کلیفرمی مدفوعی در منابع آب، نسبت به قبل از وقوع سیل افزایش یافته است و این امر زمینه بروز بیماری‌ها را در منطقه افزایش داده است. با وقوع سیل و افزایش آلودگی منابع آب، میزان بروز بیماری‌های عفونی و پوستی در روستاهای منطقه افزایش یافته است و اسهال شایع‌ترین بیماری بوده است. مقایسه تعداد بیماران اسهالی قبل و پس از وقوع سیل در روستاهای مورد بررسی و هم‌چنین آمار تعداد مبتلایان به اسهال و اسهال خونی در هنگام بروز سیل (سال ۱۳۸۰) و شرایط عادی (۱۳۷۹)، نشان‌دهنده افزایش بروز این بیماری‌ها در نتیجه آلودگی شدید منابع آب این روستاها با فاضلاب‌های خانگی می‌باشد.

۵-۱-۲- ارزیابی زیست محیطی سیلابهای معمولی

وضعیت سیلابهای معمولی از نظر آلودگی با سیلابهای بزرگ متفاوت می‌باشد. اندازه‌گیری‌های انجام شده در خصوص کیفیت بیولوژیکی آب رودخانه‌های منطقه، قبل و بعد از وقوع سیل معمولی، از لحاظ باکتری‌های کلیفرمی کل و مدفوعی نشان می‌دهد که افزایش دبی آب سبب رقیق سازی آلاینده‌ها و میکروب‌های درون آب گردیده و پتانسیل آلایندگی آنها را کاهش می‌دهد. . بنابراین مشکل زمانی بروز می‌کند که دبی آب به حدی افزایش یابد که باعث تخریب تاسیسات تصفیه فاضلاب و یا سرریز شدن مخازن فضولات و چاههای فاضلاب شده و به علت بالا آمدن سطح آب انواع زباله در نقاط

مختلف پخش گردد که موجب تغییر کیفیت آب در سطح وسیع می‌شود و این مسئله از مشکلات مهم بهداشتی در هنگام وقوع سیلابهای بزرگ می‌باشد.

مطالعه کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها از لحاظ مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و هدایت الکتریکی در شرایط جریان پایه و جریان سیلابی بیانگر این است که در شرایط جریان سیلابی مقدار هدایت الکتریکی و همچنین غلظت کلیه کاتیون‌ها و آنیون‌ها در مقایسه با جریان پایه به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده‌است. علت این امر به این قرار است که در هنگام سیلاب سهم جریان پایه کمتر می‌شود و بخش اصلی جریان به جریان سیلابی مربوط می‌شود که معمولاً املاح بسیار کمتری نسبت به جریان پایه دارند و هم‌چنین جریان سیلابی به علت سرعت بالا فرصت انحلال مواد بسیار کمتری در مقایسه با جریان پایه دارد در نتیجه افزایش دبی آب در مواقع سیلابی سبب رقیق سازی املاح شده و کیفیت آبهای سطحی را بالا می‌برد.

۵-۱-۳- ارزیابی زیست محیطی جریان پایه رودخانه‌ها

نتایج حاصل از آنالیز بیولوژیکی و میکروبی آبهای سطحی منطقه، در شرایط عادی، نشان دهنده آلودگی شدید آب این رودخانه‌ها از نظر مقدار BOD_5، COD و کلیفرمهای کل و مدفوعی بوده و از دلایل مهم آن نزدیکی محل دفع زباله‌های شهری و خانگی (مینودشت، کلاله و گنبد) و ورود انواع زباله‌های خانگی و صنعتی به داخل آب رودخانه‌های مهم منطقه نظیر گرگانرود و دوغ می‌باشد. به طوری که درجه آلودگی در ابتدای مسیر رودخانه گرگانرود (ایستگاه تمر و عزیز آباد) و رودخانه دوغ (ایستگاه جنگل گلستان و تنگراه) در مقایسه با درجه آلودگی رودخانه گرگانرود در محدوده شهر گنبد بسیار کمتر بوده است و علت اصلی این مسئله ورود فاضلاب‌های شهری به داخل رودخانه می‌باشد.

۵-۲- پیشنهادات

با توجه به شرایط فیزیوگرافی و اقلیمی این حوضه، احتمال بروز سیلابهای بزرگ در آن زیاد است. بنابراین باید کوشید تا ضمن مهار سیلابها، پیامدها و تبعات زیانبار آن را کاهش داد.

بررسی‌های صورت گرفته در حوضه گرگانرود نشان می‌دهد علیرغم پتانسیل سیل خیزی بالا، دخل و تصرف غیر مجاز و ساخت و ساز بی‌رویه در نواحی دشت سیلابی و ورود انواع زباله و فاضلابهای خانگی به اکثر رودخانه های این حوضه صورت می‌گیرد که از عوامل مهم بروز سیل و تشدید خسارتهای زیست محیطی ناشی از آن در این منطقه به شمار می‌رود.

به طور کلی در منطقه مورد مطالعه، عدم تخریب جنگل‌ها و تبدیل آنها به زمین‌های کشاورزی، عدم ایجاد شیار در جهت شیب‌دار دامنه‌ها، عدم تجاوز به حریم رودخانه‌ها و در مناطقی که پوشش گیاهی نسبتاً ضعیف است، انجام فعالیت‌های مختلف آبخیزداری می‌تواند شدت سیلابهای منطقه را به طور قابل توجهی کاهش دهد. علاوه بر این به منظور کاهش خسارت زیست محیطی در هنگام وقوع سیلاب، بایستی مدیریت صحیح زیست محیطی در محدوده رودخانه‌ها اعمال گردد. به این ترتیب که از احداث انبارهای ذخیره مواد شیمیایی، چاههای فاضلاب و انباشته نمودن زباله‌های شهری در حریم رودخانه‌ها جلوگیری به عمل آید تا در هنگام بروز سیلاب از تخریب مکانهای مذکور و ایجاد آلودگیهای شیمیایی و بیولوژیکی آب جلوگیری شود.

کرمی،غ. ۱۳۷۵. بررسی سیلابها و منابع آب زیرزمینی در منطقه بیابانی احمدآباد خارتوران شاهرود، مجموعه مقالات دومین همایش بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زدایی، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

کمیسیون ملی یونسکو در ایران، گزارش سیل مرداد ۱۳۸۰ در استان گلستان. شهریور ۱۳۸۰. ص ۱۷-۲۵

مرکز بهداشت مینودشت، آمارهای ماهیانه عملکرد بهداشت محیط در سیل جنگل گلستان

مرکز بهداشتی و درمانی آق قمیش و تنگراه، آمارهای ماهیانه خانه بهداشت و فعالیتهای انجام شده در سیل جنگل گلستان

معاونت آبخیزداری، وزارت جهاد سازندگی. ۱۳۷۷. تصویر وضع موجود آبخیزداری، خلاصه گزارش. ۱۵ص

معاونت بهداشتی استان گلستان، فیلم ویدیوئی سیل مرداد ماه سال ۱۳۸۰ شرق استان گلستان، واحد بهداشت محیط حرفه‌ای و مرکز IEC

معاونت بهداشتی ومرکز بهداشت استان گلستان. ۱۳۸۰. مجموعه گزارشات ومکاتبات مربوط به سیل شرق استان گلستان دربخش بهداشت و درمان

مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران . چاپ چهاردهم. ۳۶۴ ص

مهندسین مشاور لار. ۱۳۸۳. مطالعات طرح جامع سیل خیزی استان گلستان، گزارش هیدرولوژی. ۳۱۲ ص.

مهندسین مشاور لار. ۱۳۸۳. مطالعات طرح جامع سیل خیزی استان گلستان، گزارش هواشناسی. ۱۵۳ ص.

مهندسین مشاور لار. ۱۳۸۳. مطالعات طرح جامع سیل خیزی استان گلستان، گزارش جنگل. ۱۴۷ ص.

نفری، م. ۱۳۸۲. بررسی روشهای ضدعفونی آبهای آشامیدنی، بهداشتی و صنعتی، انتشارات سرسبز. ۴۴۰ ص.

هنرور، م. ۱۳۸۳. طرح بررسی عملکرد نظام تندرستی در مقابله با بحران سیل، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

AL-Jarrah, O. 2005. Photometric study of Tigris River (North Iraq) with the add of Remote Sensing techniques, Ph.D. Thesis, Baghdad, Iraq, P.208.

Anonymous, G. 1998. Cholera in 1997, Weekly Epidemiological Record. 73. 201-208.

Biswas, R. Mazumdar, A. and Bagchi, S. (1999). A study of intersect oral co-ordination in disaster management in flood prone districts of West Bengal. Indian Public Health. 43. 106-11.

Brussels, O. 2006. The assessment and management of floods. Directive of the European Parlimant and of the Council. P.27-32.

Cave, L.C. and Tredoux, G. 2002. Chemical processes at artifical recharge sites in south Africa, Management of Aquifer Recharge for Sustainability- (ed. Dillon) 2002. P. 101-106

Chour V. 2003. August 2002 flood events in the Czech Republic- some evidence on the extent of pollution diffused during the flood. Vol 31. 9-12

Collavini. F. Zonta R. Zaggia L. and Zuliani A. 2005. The effect of floods on the transport of suspended sediments andcontaminants: A case study from the estuary of theDese River (Venice Lagoon, Italy)

Collin, J. 1997. Environmental health effects of the Red river flood of 1997, Journal of environmental health, sept.

Donald A. G. 1995. Overview of Flood Studies in 1993.

El-Sayed, B.B. Arnot, D.E. Mukhtar, M.M. Baraka, O.Z. Dafalla, A.A. Elnaiem, D.E.A., and Nugud, A.H.D. 2000. A study of the urban malaria transmission problem in Khartoum. Acta Tropica, 75, 163-171.

Few, R. 2003. Flooding, vulnerability and coping mechanisms: local responses to a global threat. Progress in Development Studies 3 (1), 43-58.

Few, R. Pham, G.T. and Bui, T.T.H. 2005. Living with floods: health risks and coping strategies of the urban poor in Vietnam, Research Report. University of East Anglia, Norwich. 123P.

Gautam .K.P. Van der Hoek E.E. 2003. Literature study of Environmental Impact of Floods, Geo delft. 57 P.

Hau, C.H., Hien, T.T., Tien, N.T., Khiem, H.B., Sac, P.K., Nhung, V.T., Larasati, R.P., Laras, K., Putri, M.P., Doss, R., Hyams, K.C., & Corwin, A.L. (1999). Prevalence of enteric hepatitis A and E viruses in the Mekong River delta region of Vietnam. Am J Trop Med Hyg, 60, 277-80.

Hederra, R. 1987. Environmental sanitation and water supply during floods in Ecuador (1982-1983). Disasters, 11, 297-309.

Helios-Rubicka, E. Meye, A.k. Poprawski L. 2000. Crucial loads in the river odra – impact of flood on the situation of hazardous substances, P. 79-99

Hladny and Matejicek, summary of 1997 flood in Czech republic. Delft cluster publication.: DCI. 233-13. P. 34

Hopkins, C.C. Hollinger, F.B. Johnson, R.F. Dewlett, H.J. Newhouse, V.F., and Chamberlain, R.W. 1975. The epidemiology of St. Louis encephalitis in Dallas, Texas, 1966. American Journal of Epidemiology, 102, 1-15.

Hoyt, W. Langbein, W. 1966. Floods, Princeton University Press, P.469.

Kolarkar, A.S., Dhir, R.D. ana Choudhary, J.S. 1981. effect of July 1975 floods and soils of Rajasthan Annals of Arid zone, vol. 20, P.122.

Kondo, H., Seo, N., Yasuda T., Hasizume M., Koido Y., Ninomiya N., and Yamamoto Y. 2002. Post- flood epidemics of infectious diseases in Mozambique, Prehospital Disaste, Med, 17. P.126-33.

Kunii, .O., Nakamura, S., Abdur, R. and Waka, S. 2002. The impact on health and risk factors of the diarrhea epidemics in the1998 Bangladesh floods. P. 123-157.

Lillibridge, S.R. 1997. Managing the environmental health aspects of disasters: water, human excreta and shelter. In The Public Health Consequences of Disasters (ed E. Noji). Oxford University Press, New York.P. 23-26.

Lorup, J.K., Refsgaard, J.C., and Mazimavi, D. 1998. Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrological modeling: Case studies from Zimbabwe, Journal of hydrology, 205: 147-163.

Loukas, A., Vasiliades , L. and Pelezios, N.R. 2000. Flood producing mechanisms identification in sourthern British ,Columbia, Canada, Journal of hydrology, 227: 218-235.

Mackowiak, P.A., Caraway, C.T., & Portnoy, B.L. (1976). Oyster-associated hepatitis: lessons from the Louisiana experience. Am J Epidemiol, 103, 181-91.

McCarthy, J., Canziani, O.S., Leary, N., Dokken, D., & White, K., eds. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge.P. 133.

McCarthy, M.C., He, J., Hyams, K.C., El-Tigani, A., Khalid, I.O., & Carl, M. 1994. Acute hepatitis E infection during the 1988 floods in Khartoum, Sudan. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, P. 88-177.

Miiettinen, I.T, Zacheus, O., Vanbondroff, C.H. AND Varitiainen, T. 2001. Water borne epidemics in Finland 1998, Water science and technology Vol. 43. No 12, P. 67-71.

Mondal, N.C., Biswas, R., & Manna, A. 2001. Risk factors of diarrhoea among flood victims: a controlled epidemiological study, Indian J Public Health, 45, P. 122-7.

Moreira Cedeno, J.E. 1986. El Nino related health hazards. Rainfall and flooding in the Guayas river basin and its effects on the incidence of malaria 1982- 1985. Disasters, 10, P. 107-111.

Naidoo, A. & Patric, K. 2002. Cholera: a continuous epidemic in Africa. J R Soc Health, 122, P. 89-94.

Nandi, J. & Sharma, S.N. 2000. Efficacy of chloroquine in febrile Plasmodium falciparum infected children in Mewat region of Haryana. Journal of Communicable Diseases, 32, P. 137-143.

Nishat, A., Reazuddin, M., Amin, R., & Khan, A.R., eds. 2000. The 1998 flood: impact on the environment of Dhaka city. Department of Environment and IUCN Bangladesh, Dhaka.P. 122-132.

PAHO (2003). Protecting new health facilities from natural disaster: Guidelines for the promotion of disaster mitigation Pan American Health Organization, The World Bank Group, Washington, D.C.

Philippi Jr, A., Salles, C.P., & Silveira, V.F. 2003. Saneamento emergencias ambientais. In Saneamento, saude e ambiente: fundamentos partum desenvolvimento sustenavel (ed A. Philippi Jr). Universidade de Sao Paulo. P. 63-72.

Piper-Jenks, N., Horowitz, H.W., & Schwartz, E. (2000). Risk of hepatitis E infection to travelers. J Travel Med, 7, 194-P. 9.

Reddy, K.R., Patrick, W.H. 1984. Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. CRC Crit. Rev. Environ.Control 13, 273–309.

Rumi, S. R. A. 2002. Flood damage and defence in Northern Bangladesh: practical experience of 1998 flood. Wu et al. (eds) 2002 Science Press, New York Ltd. P. 22-25

Russac, P.A. 1986. Epidemiological surveillance: malaria epidemic following the El- Nino phenomenon. Disasters, 10, P. 112-117.

Sa´nchez-Pe´rez J.M., Tre´molie`res M. 2002. Change in groundwater chemistry as a consequence of suppressionof floods: the case of the Rhine floodplain. 117 P.

Siddique, A.K., Baqui, A.H., Eusof, A., & Zaman, K. 1991. 1988 floods in Bangladesh: pattern of illness and causes of death. J Diarrhoeal Dis Res, 9, 310-4.

Smith, K. and Ward, R. 1998. Floods- physical process and human impact, John Wiley& Sons, England.

Sur, D., Dutta, P., Nair G.B., & Bhattacharya S.K. 2000. Severe cholera outbreak following floods in a northern district of West Bengal. Indian Journal of Medical Research, 112, 178-182.

Tobin, G.A., and B.E. Montz. 1994. "The Flood Hazard and Dynamics of the Urban Residential Land Market."Water Resources Bulletin 30(4): 673-685.

Tobine, G,A., Brinkman, R.M., 2000. Flooding and distribution of selected metals in floodplain sediments in Idaho, Environmental geology and health. Kluwer Academic publishers. 22(3), P. 219-232.

Tommy, S., Wong, W., and Yunjie, L.I. 1998. Assessment of changes in overland time of concentration for tow opposing urbanization sequences, Hydrological Sciences Journal, 43(1): 115-130.

Weber G., 1997. Post-Flood Rehabilitation and Food Security, & Wignall, F.S.(1998). An outbreak of El Tor cholera associated with a tribal funeral in Irian Jaya, Indonesia. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 29, 550-554.

WHO. 2001. The World Health Report 2001. Mental health: New understanding, new hope, World Health Organisation, Geneva.

WHO. 2004. Emergency and Humanitarian Action, South East Asia Region –Highlights No. 4 15 July to 31 August 2004, Summary Report

Wing, S., Freedman, S., Band, L. 2002. The potential of flooding on confined animal feeding operations in eastern North Carolina, Environmental health perspectives vol 110, NO 4, Apr 2002. P. 387-391.

Wisner, B. and Adams, J. 2002. Environmental health in emergencies and disasters. World Health Organization, Geneva. P. 123-127.

Woodruff, B.A., Toole, M.F., Rodrigue, D.C., Brink, E.W., Mahgoub, E., Ahmed, M.M., & Babikar, A. 1990. Disease surveillance and control after a flood: Khartoum, Sudan, 1988. Disasters, 14, 151-163.

Abstract

The studied area is Golestan dam basin, one of the main basins of Gorganrood river. On the basis of available statistics, the frequency of flood events in this area has increased. Among the destructive flood events, August 2001 flood is unique within the last hundred years, from precipitation and damages point of view. The purpose of this study is the evaluation of environmental effect of above mentioned large flood and to compare this with the water quality of normal flood in studied area. The researches carried in the world, regarding the health problems and the health impacts of flooding, shows that microbial contamination arisen from disruption of wastewater treatment plants, animal bodies and agricultural materials is the important reasons of infectious disease such as diarrhea, cholerae and malaria during the flood events and providing the good quality water is the important problems in health management of flood. The measurements regarding quality of large flood, from BOD and COD point of view, in Gorganrood occurred in August 2001 and also the number of infectious disease in 2000 and 2001, indicates that one of the most important effects of above-mentioned large flood is its contamination and increase of infectious and diarrhea diseases after flood. The degree of contamination in normal floods is not similar to that of large floods. The measurements on the rivers before and after normal floods show that the degree of contamination of water in the rivers during flood events is considerably less than that for base flow of the river. It is because the flood dilutes pollutants while sewage disposal systems are not destroyed and also dead bodies do not enter into water. Also study on chemical properties of water of rivers during base flow and flood periods, indicate that the dissolved solids during flood periods are considerably less than those for base flow of the rivers. Therefore, according to the above- mentioned points, it may be argued that the environmental effects of floods is depend on the magnitude of flood. Such that in normal floods, the degree of contamination and dissolved solids are less than those for base flow of river. Whereas in large floods, the degree of biological and chemical contamination, due to transportation of different pollutants, are considerably greater than those for base flow of the river.