بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين
انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه زمین‌شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش رسوب شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی

مطالعه رسوب‌شناسی و آلودگی فلزات سنگین در نهشته‌های آبرفتی دانه‌ریز (سیلت و رس) بخش ورزنه (جنوب شرقی اصفهان)

استادان راهنما:
دکتر حمیدرضا پاکزاد
دکتر مهرداد پسندی

پژوهشگر:
هادی شمس آبادی

شهریورماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین‌شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی آقای هادی شمس آبادی تحت عنوان

مطالعه رسوب‌شناسی و آلودگی فلزات سنگین در نهشته‌های آبرفتی دانه‌ریز (سیلت و رس) بخش ورزنه (جنوب شرق اصفهان)

در تاریخ۲۹ /۶ /۱۳۹۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه دکتر حمیدرضا پاکزاد با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه دکتر مهرداد پسندی مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۳- استاد داور داخل گروه دکتر امرالله صفری با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر ناصر ارزانی با مرتبه‌ی علمی دانشیار امضا

امضای مدیر گروه

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم گروه زمین شناسی
ISFAHAN UNIVERSITY
GEOLOGY DEPART MENT

تقدیم به

امام مهربانی‌ها حضرت علی ابن موسی الرضا (ع)

پدر، مادر، همسر و خواهران عزیزم

تشکر و سپاسگزاری

حمد و سپاس خداوند کاری را که ستایش او مایه رحمت و برکت است و بی لطف بی پایان او هیچ سرانجامی مقدر نمی باشد. حق تعالی را بسی شاکرم که مرا مورد لطف و عنایت خداوندیش قرار داد تا در وادی بزرگترین معرفت بشری یعنی علم، گامی هرچند ناچیز بردارم و در این مسیر از محضر انسان هایی عارف و شریف فیض برم. این پایان نامه با تمام نقاط قوت و ضعف تنها جلوه ای از یک تلاش است و نه چیزدیگر. به هر حال به یاری آن یگانه همراه بی ادعا این مجموعه سرانجام به پایان رسید و امید است نتایج به دست آمده گامی هرچند ناچیز در جهت ارتقا سطح تحقیق در جامعه علمی مان به حساب آید. در به ثمر رسیدن این پژوهش از مساعدت، همفکری و همدلی بسیاری از سروران، عزیزان و دوستان بهره مند بوده ام که بر خود لازم می دانم از تمامی آنها تشکر و قدردانی نمایم.

از پدر و مادر مهربان و گرامیم که همواره زحمت من بر دوش ایشان بوده و همیشه حامی و مشوق من در کسب ادب و آداب زندگی و ادامه تحصیل بوده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. همین طور از همسر و خواهران عزیزم تشکر می کنم.

از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر پاکزاد و جناب آقای دکتر پسندی که مسئولیت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند کمال تشکر را دارم.

از اساتید بزرگوار آقایان دکتر ارزانی و دکتر صفری که مسئولیت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند و نیز سایر اساتید محترم گروه زمین شناسی تشکر می نمایم.

از آقای دکتر طباطبایی منش (مدیر گروه زمین شناسی) و مهندس شاه نوش به خاطر مساعدت های فراوان کمال تشکر را دارم.

از پرسنل زحمتکش گروه زمین شناسی آقایان اسحاقی، صبوری، ابوترابی، مهوری، مقتدری زاده و آروین و خانم ها احمدی، ساکتی، شاه پیری، ضوئی، گرجی و ابن نصیر قدردانی می کنم.

از تمامی دوستان و همکلاسی هایم آقایان صفایی، یگانه، کلهرودی، صفدری، یزدانی، خلیلوند، قادری، موسی زاده و کریمیان طاهری و خانم ها رحیمی، علی نیایی، تیموری، ظاهری و حبیبی تشکر می نمایم و برای ایشان سعادتمندی و توفیق روز افزون را آرزومندم.

چکیده

رودخانه زاینده‌رود یکی از مهمترین رودخانه‌های فلات داخلی کشور محسوب می‌شود که در ۳۰ کیلومتری پایین دست روستای ورزنه به باتلاق گاوخونی می‌ریزد.

برای مطالعه رسوب‌شناسی و آلودگی فلزات سنگین در نهشته‌های دانه‌ریز (سیلت و رس) در منطقه ورزنه از ۷ ایستگاه در طول کانال اصلی و ۴ ایستگاه در طول کانال زهکشی رودخانه زاینده‌رود نمونه‌برداری انجام شد.

چهار رخساره جریانی خرده‌دار، جریانی رودخانه‌ای، دریاچه‌ای و حاشیه رودخانه‌ای و شش رخساره اصلی شامل Gmm, Gh, Sp, Sm, Fm, Fl در رودخانه زاینده رود در ورزنه شناسایی شدند. کانی‌های رسی شناسایی شده توسط XRD نیز به ترتیب فراوانی شامل کانی‌های رسی ایلیت، کلریت، کائولینیت و مونت موریونیت می‌باشند که خاستگاه بیشتر آنها تخریبی است.

نتایج مطالعات رسوب‌شناسی نشان می‌دهد که روند خاصی در میزان تغییرات درصد سیلت و رس، ماده آلی، کربنات کلسیم و Eh-pH در کانال اصلی و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود مشاهده نمی‌شود.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت کل فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، مس، روی، نیکل، منگنز، نقره، کبالت و استرانسیوم) توسط AAS و بررسی میزان آلودگی نشان دهنده آن است که منطقه مورد مطالعه از نظر عنصر نقره شدیداً آلوده، کادمیوم کمی آلوده تا خیلی آلوده، سرب غیرآلوده تا کمی آلوده و از لحاظ سایر عناصر نیز غیرآلوده می باشد. میزان غلظت کل اکثر فلزات سنگین مورد مطالعه شامل کبالت، مس، منگنز، نقره، سرب و روی از کانال اصلی به سمت دشت سیلابی بدون روند می‌باشند. مقادیر استرانسیوم و کادمیوم در دشت سیلابی روندکاهشی دارند در حالیکه نیکل روند افزایشی نشان می‌دهد. این سه فلز در کانال اصلی بدون روند می‌باشند.

میزان کاتیون‌های تبادلی بسیار کمتر از غلظت کل است و در بین عوامل رسوب‌شناسی اندازه‌گیری شده، مواد آلی تاثیر زیادی بر میزان کاتیون‌های تبادلی دارد.

واژگان کلیدی: رسوب شناسی، آلودگی فلزات سنگین، نهشته های دانه ریز، رودخانه زاینده‌رود، دشت سیلابی، ورزنه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- سوابق و مطالعات قبلی در ایران و جهان ۳

۱-۲-۱- مطالعات انجام شده در ایران ۴

۱-۲-۲- مطالعات انجام شده در جهان ۶

۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه ۸

۱-۴- موقعیت، حدود، وسعت و راه‌های دسترسی به ورزنه ۹

۱-۵- روش تحقیق ۱۰

۱-۵-۱- مطالعات مقدماتی ۱۰

۱-۵-۲- مطالعات صحرایی ۱۰

۱-۵-۳- مطالعات آزمایشگاهی ۱۱

۱-۶- اهداف تحقیق ۱۲

فصل دوم: زمین‌شناسی

۲-۱- مقدمه ۱۳

۲-۲- چینه شناسی حوضه آبریز زاینده رود ۱۶

۲-۲-۱- پرکامبرین ۱۶

۲-۲-۲- پالئوزوئیک ۱۷

۲-۲-۳- مزوزوئیک ۱۷

۲-۲-۴- سنوزوئیک ۱۹

۲-۲-۵- کواترنری ۲۰

۲-۳-۱- گسل‌های موجود در حوضه آبریز زاینده‌رود ۲۰

۲-۳- زمین ساخت عمومی منطقه ۲۰

۲-۳-۲- حرکات کوهزایی و خشکی زایی اصلی تشکیل دهنده مسیر زاینده‌رود ۲۱

۲-۴- جغرافیای منطقه ۲۱

۲-۴-۱- آب و هوا ۲۱

عنوان **صفحه**

۲-۴-۲- تبخیر و تعرق ۲۲
۲-۴-۳- پوشش گیاهی ۲۲
۲-۴-۴- بررسی دبی آب رودخانه زاینده رود در ایستگاه ورزنه ۲۲
۲-۴-۵- کاهش کیفیت آب‌های سطحی رودخانه زاینده‌رود ۲۴

فصل سوم: رسوب‌شناسی

۳-۲- روش‌های نمونه‌برداری و آزمایشگاهی ۲۷
۳-۱ مقدمه ۲۷
۳-۲-۱- عملیات میدانی ۲۸
۳-۲-۲- دانه‌بندی ۲۹
۳-۲-۳- اندازه‌گیری میزان ماده آلی ۲۹
۳-۲-۵- اندازه‌گیری Eh-pH ۲۹
۳-۲-۶- آنالیز پراش اشعه ایکس ۳۰
۳-۳- رخساره‌های رسوبی ۳۰
۳-۳-۱- مقدمه ۳۰
۳-۳-۲- رخساره گراولی ۳۱
۳-۳-۳- رخساره ماسه‌ای ۳۳
۳-۳-۴- رخساره گلی ۳۷
۳-۴- کانی‌های رسی ۴۳
۳-۵- خاستگاه کانی‌های رسی رخساره‌های گلی ۴۵
۳-۵-۱- مقدمه ۴۵
۳-۵-۲- کائولینیت ۴۶
۳-۵-۳- ایلیت ۴۶
۳-۵-۴- مونتموریونیت ۴۶

عنوان **صفحه**

۳-۵-۵- کلریت ۴۷
۳-۶- نتیجه‌گیری ۴۷

فصل چهارم: آلودگی فلزات سنگین

۴-۱- مقدمه ۴۹
۴-۲- آلودگی و ماده آلوده‌کننده ۵۰
۴-۳- فلزات سنگین/ عناصر بالقوه سمی ۵۰
۴-۳-۱- کادمیوم ۵۱
۴-۳-۲- نیکل ۵۱
۴-۳-۳- روی ۵۱
۴-۳-۴- مس ۵۲
۴-۳-۵- نقره ۵۲
۴-۳-۶- سرب ۵۳
۴-۳-۷- منگنز ۵۳
۴-۳-۸- کبالت ۵۴
۴-۳-۹- استرانسیوم ۵۴
۴-۴- روش ۵۴
۴-۴-۱- اندازه گیری غلظت کل فلزات سنگین ۵۴
۴-۴-۲- اندازه گیری مقدار کاتیون‌های قابل تبادل ۵۵
۴-۵- نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت کل فلزات سنگین ۵۵
۴-۶- بررسی غلظت کل فلزات سنگین ۵۷
۴-۶-۱- کادمیوم ۵۷
۴-۶-۲- سرب ۵۹
۴-۶-۳- مس ۶۲
۴-۶-۴- روی ۶۵
۴-۶-۵- نیکل ۶۷
۴-۶-۶- منگنز ۶۹

عنوان **صفحه**

۴-۶-۷- نقره ۷۲
۴-۶-۸- کبالت ۷۵
۴-۶-۹- استرانسیوم ۷۸
۴-۷- شاخص های میزان آلودگی فلزات سنگین کل ۸۰
۴-۸- کاتیون‌های قابل تبادل در خاک ۸۲
۴-۸-۱- مقدمه ۸۲
۴-۸-۲- بررسی غلظت کاتیون‌های قابل تبادل در رسوبات ۸۶
۴-۸-۳- شاخص‌های میزان آلودگی کاتیون‌های قابل تبادل ۱۱۰
۴-۹- نتیجه‌گیری ۱۱۲

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۴
۵-۲- پیشنهادات ۱۱۷
پیوست ۱۱۸
منابع و ماخذ ۱۲۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود (Salemi et al., 2000)..... ۹

شکل ۱-۲- مسیرهای دسترسی به شهر ورزنه و منطقه مورد مطالعه..... ۱۰

شکل ۱-۳- موقعیت برش‌های نمونه‌برداری در کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۱۱
رودخانه زاینده رود در منطقه جنوب‌شرقی ورزنه

شکل۲-۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (با اقتباس و تغییرات از Pakzad, 2003)..... ۱۴

شکل۲-۲- نقشه پهنه‌های رسوبی-ساختاری عمده و موقعیت حوضه آبریز..... ۱۵
زاینده رود (آقانباتی، ۱۳۸۳)

شکل۲-۳- شبکه آبیاری اصلی و سدهای تنظیمی ایجاد شده در طول رودخانه..... ۲۳
زاینده‌رود (Murray- Rust et al., 2000)

شکل۲-۴- میانگین تغییرات دبی ماهیانه در برش های مشاهده شده..... ۲۴
در مسیر زاینده رود (Murray- Rust et al., 2000)

شکل۲-۵- تغییرات EC در طول رودخانه زاینده‌رود بر اساس داده‌های..... ۲۵
سال ۱۹۹۶(Salemi et al., 2000)

شکل۲-۶- میزان اکسیژن محلول در آب (DO) ، اکسیژن خواهی شیمیایی..... ۲۶
(COD) و اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD) در زاینده رود (Salemi et al., 2000)

شکل۳-۱- موقعیت برش‌های نمونه‌برداری در طول کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۲۸
رودخانه زاینده رود

شکل۳-۲- رخساره Fm و Gmm در برش Ch_2..... ۳۲

شکل۳-۳- رخساره Gh و Fm در برش Ch_4..... ۳۳

شکل۳-۴- رخساره‌های Fm، Fl، Sp و Sm در برش Ch_6..... ۳۴

شکل۳-۵- رخساره‌های Sm و Fl در برش Ch_7..... ۳۵

شکل۳-۶- رخساره‌های Sm و Fm در برش F_1..... ۳۵

شکل۳-۷- رخساره‌های Fm, Fl و Sm در برش F_2..... ۳۶

شکل۳-۸- روند تغییرات درصد سیلت و رس..... ۳۹

شکل۳-۹- روند تغییرات درصد ماده آلی..... ۳۹

شکل۳-۱۰- روند تغییرات درصد کربنات کلسیم..... ۴۰

عنوان **صفحه**

شکل۳-۱۱- روند تغییرات Eh-pH ۴۰
شکل۳-۱۲- رخساره Fm در برش Ch_5 ..... ۴۱
شکل۳-۱۳- انطباق لایه‌های گل تیره‌رنگ موجود در کانال اصلی و کانال زهکشی دشت ورزنه ۴۲
شکل۳-۱۴- پیک‌های به دست آمده از آنالیز XRD نمونه‌های گلی برداشت شده از کانال اصلی ۴۴
و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود در منطقه ورزنه (مونتموریونیت :M ،کلریت :Cl ،ایلیت :I
،کائولینیت:K) * (حرارت داده شده:H ، اتیلن گلیکول:G ، حالت نرمال:N)
شکل۴-۱- تغییرات غلظت کادمیوم در کانال اصلی و دشت سیلابی رودخانه ۵۸
زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد
U.S.EPA (1983) می‌باشد).
شکل۴-۲- ارتباط بین مقدار کادمیوم با درصد کربنات‌کلسیم ۵۸
شکل۴-۳- ارتباط بین مقدار کادمیوم با درصد ماده آلی ۵۹
شکل۴-۴- تغییرات غلظت سرب در کانال اصلی و دشت سیلابی ۶۰
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول
فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد (1983) U.S.EPA می‌باشد).
شکل۴-۵- ارتباط بین مقدار سرب با درصد ماده آلی ۶۰
شکل۴-۶- ارتباط بین مقدار سرب با درصد کربنات‌کلسیم ۶۱
شکل۴-۷- ارتباط بین مقدار منگنز و سرب ۶۱
شکل۴-۸- ارتباط بین مقدار سرب با درصد رس ۶۲
شکل۴-۹- تغییرات غلظت مس در کانال اصلی و دشت سیلابی ۶۳
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول
فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد (1983) U.S.EPA می‌باشد).
شکل۴-۱۰- ارتباط بین مقدار مس با درصد ماده آلی ۶۳
شکل۴-۱۱- ارتباط بین مقدار منگنز و مس ۶۴
شکل۴-۱۲- ارتباط بین مقدار مس با درصد رس ۶۴
شکل۴-۱۳- ارتباط بین مقدار مس با درصد کربنات‌کلسیم ۶۴
شکل۴-۱۴- تغییرات غلظت روی در کانال اصلی و دشت سیلابی ۶۵
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول

عنوان **صفحه**

فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983) می‌باشد).
شکل۴-۱۵- ارتباط بین مقدار منگنز و روی..... ۶۶
شکل۴-۱۶- ارتباط بین مقدار روی با درصد ماده آلی..... ۶۶
شکل۴-۱۷- ارتباط بین مقدار روی با درصد کربنات‌کلسیم..... ۶۷
شکل۴-۱۸- تغییرات غلظت نیکل در کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۶۸
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین
معمول فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983) می‌باشد).
شکل۴-۱۹- ارتباط بین مقدار منگنز و نیکل..... ۶۸
شکل۴-۲۰- ارتباط بین مقدار مس با درصد رس..... ۶۸
شکل۴-۲۱- ارتباط بین مقدار نیکل با درصد ماده آلی..... ۶۹
شکل۴-۲۲- ارتباط بین مقدار نیکل با درصد کربنات‌کلسیم..... ۶۹
شکل۴-۲۳- تغییرات غلظت منگنز در کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۷۰
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول
فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983) می‌باشد).
شکل۴-۲۴- ارتباط بین مقدار منگنز با درصد کربنات‌کلسیم..... ۷۱
شکل۴-۲۵- ارتباط بین مقدار منگنز با درصد رس..... ۷۱
شکل۴-۲۶- ارتباط بین مقدار منگنز با درصد ماده آلی..... ۷۱
شکل۴-۲۷- تغییرات غلظت نقره در کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۷۳
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول
فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983) می‌باشد).
شکل۴-۲۸- ارتباط بین میزان نقره و منگنز..... ۷۳
شکل۴-۲۹- ارتباط بین مقدار نقره با درصد کربنات‌کلسیم..... ۷۴
شکل۴-۳۰- ارتباط بین مقدار نقره با درصد رس..... ۷۴
شکل۴-۳۱- ارتباط بین مقدار نقره با درصد ماده آلی..... ۷۵
شکل۴-۳۲- تغییرات غلظت کبالت در کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۷۶
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین معمول
فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983) می‌باشد).

عنوان **صفحه**

شکل۴-۳۳- ارتباط بین میزان کبالت و منگنز.....۷۶
شکل۴-۳۴- ارتباط بین مقدارکبالت با درصد کربنات‌کلسیم.....۷۷
شکل۴-۳۵- ارتباط بین مقدارکبالت با درصد رس.....۷۷
شکل۴-۳۶- ارتباط بین مقدارکبالت با درصد ماده آلی.....۷۸
شکل۴-۳۷- تغییرات غلظت استرانسیوم در کانال اصلی و دشت سیلابی.....۷۹
رودخانه زاینده‌رود (مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین
معمول فلز در خاک‌های طبیعی بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983) می‌باشد).
شکل۴-۳۸- ارتباط بین مقداراسترانسیوم با درصد ماده آلی.....۷۹
شکل۴-۳۹- ارتباط بین مقداراسترانسیوم با درصد رس.....۸۰
شکل۴-۴۰- ارتباط بین مقداراسترانسیوم با درصد کربنات‌کلسیم.....۸۰
شکل۴-۴۱- میزان کادمیوم تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۸۷
شکل۴-۴۲- ارتباط بین کادمیوم قابل تبادل با درصد کربنات کلسیم.....۸۷
شکل۴-۴۳- ارتباط بین کادمیوم قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۸۸
شکل۴-۴۴- ارتباط بین کادمیوم قابل تبادل با درصد رس.....۸۸
شکل۴-۴۵- میزان مس تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۸۹
شکل۴-۴۶- ارتباط بین مس قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۹۰
شکل۴-۴۷- ارتباط بین مس قابل تبادل با درصد رس.....۹۰
شکل۴-۴۸- میزان منگنز تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۹۱
شکل۴-۴۹- ارتباط بین منگنز قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۹۲
شکل۴-۵۰- ارتباط بین منگنز قابل تبادل با درصد رس.....۹۲
شکل۴-۵۱- میزان روی تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۹۴
شکل۴-۵۲- ارتباط روی قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۹۴
شکل۴-۵۳- ارتباط بین روی تبادلی با مقدار منگنز کل.....۹۴
شکل۴-۵۴- ارتباط بین روی قابل تبادل با درصد رس.....۹۵
شکل۴-۵۵- ارتباط روی قابل تبادل با درصد کربنات کلسیم.....۹۵
شکل۴-۵۶- ارتباط روی تبادلی با درصد کربنات کلسیم، رس، ماده آلی و منگنز کل در.....۹۶
برشهای Ch_1, Ch_4, Ch_6, F_2

عنوان **صفحه**

شکل۴-۵۷- ارتباط روی تبادلی با ماده آلی، کربنات کلسیم، رس و منگنز کل.....۹۶
شکل۴-۵۸- میزان نقره تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۹۷
شکل۴-۵۹- ارتباط نقره قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۹۸
شکل۴-۶۰- ارتباط بین نقره قابل تبادل با درصد رس.....۹۸
شکل۴-۶۱- ارتباط نقره قابل تبادل با درصد کربنات کلسیم.....۹۹
شکل۴-۶۲- میزان نیکل تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۱۰۰
شکل۴-۶۳- ارتباط نیکل قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۱۰۰
شکل۴-۶۴- ارتباط نیکل قابل تبادل با درصد کربنات کلسیم.....۱۰۱
شکل۴-۶۵- ارتباط بین نیکل قابل تبادل با درصد رس.....۱۰۱
شکل۴-۶۶- میزان سرب تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۱۰۳
شکل۴-۶۷- ارتباط بین سرب قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۱۰۳
شکل۴-۶۸ ارتباط سرب تبادلی با مقدار منگنز کل.....۱۰۴
شکل۴- ۶۹- ارتباط بین سرب قابل تبادل با درصد رس.....۱۰۴
شکل۴-۷۰- ارتباط سرب تبادلی با درصد کربنات کلسیم.....۱۰۵
شکل۴-۷۱- ارتباط بین سرب تبادلی با درصد کربنات کلسیم، ماده آلی و رس.....۱۰۵
شکل۴-۷۲- میزان استرانسیوم تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۱۰۶
شکل۴-۷۳- ارتباط استرانسیوم قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۱۰۷
شکل۴-۷۴- ارتباط بین استرانسیوم قابل تبادل با درصد رس.....۱۰۷
شکل۴-۷۵- ارتباط استرانسیوم قابل تبادل با درصد کربنات کلسیم.....۱۰۸
شکل۴-۷۶- میزان کبالت تبادلی در نهشته‌های کانال و دشت سیلابی رودخانه زاینده‌رود.....۱۰۹
شکل۴-۷۷- ارتباط بین کبالت قابل تبادل با درصد ماده آلی.....۱۰۹
شکل۴-۷۸- ارتباط بین کبالت قابل تبادل با درصد رس.....۱۱۰
شکل۴-۷۹- ارتباط بین کبالت قابل تبادل با درصد کربنات کلسیم.....۱۱۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱- وسعت هر یک از زیر حوضه‌های آبریز رودخانه زاینده‌رود (Morid et al., 2003).....۹
جدول۳-۲- فراوانی کانی‌های رسی در منطقه مورد مطالعه بر اساس روش Schultz (1964).....۳۸
جدول۳-۱- مشخصات بافتی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی رسوبات گلی.....۴۵
جدول۴-۱- غلظت کل فلزات سنگین مورد مطالعه و مقدار متوسط آنها در خاک بر حسب ppm بر اساس استاندارد U.S.EPA (1983).....۵۶
جدول۴-۲- میانگین جهانی غلظت عناصر موجود در شیل (Krauskopf, 1979; Rose et al., 1979).....۸۱
جدول۴-۳- مقادیر فاکتور غنی شدگی مربوط به فلزات مورد مطالعه.....۸۱
جدول۴-۴- مقادیر شاخص زمین انباشتگی مربوط به فلزات مورد مطالعه.....۸۲
جدول۴-۵- طبقه بندی خاک ها بر اساس درجه آلودگی (Muller, 1979).....۸۲
جدول۴-۶- ظرفیت تبادل یونی برخی از مواد رسوبی متداول (Lewis and Mackonchei, 1994).....۸۳
جدول۴-۷- غلظت فلزات سنگین قابل تبادل در منطقه مورد مطالعه بر حسب ppm.....۸۵
جدول۴-۸- مقادیر فاکتور غنی شدگی فلزات قابل تبادل.....۱۱۱
جدول۴-۹- مقادیر شاخص زمین انباشتگی فلزات قابل تبادل.....۱۱۲

فصل اول
کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از بزرگترین معضلاتی که امروزه جهانیان با آن روبرو هستند افزایش آلاینده‌ها در بوم سامانه‌های زمینی است که با رشد جمعیت و نیاز انسان به منابع (آب، غذا، انرژی، مکان‌های دفن زباله و غیره...) خطر گسترش و افزایش آنها روز به روز بیشتر می‌شود (Singel, 2000). رشد بی‌رویه جمعیت در ناحیه اصفهان، افزایش خودروها، صنایع ناحیه و گسترش آن در دو دهه گذشته، اثرات زیست محیطی متفاوتی را در ناحیه اصفهان داشته است. آلاینده‌های ناشی از عوامل فوق بر منابع طبیعی مانند آب، هوا و خاک باید به طور مستمر مورد سنجش و اندازه گیری قرار گیرند (وحیددستجردی و همکاران، ۱۳۸۰). مواد آلاینده انواع مختلفی دارند و هر گروه محیط‌های مختلفی را آلوده می‌کنند. در این میان عناصر بالقوه سمی از مهمترین آلاینده‌ها بشمار می‌روند و علاوه بر اینکه عامل آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی هستند، اغلب توسط خاک و رسوب از طریق تبادل کاتیونی جذب می‌شوند (Delgado et al., 1993). عناصر بالقوه سمی از جمله آلاینده‌هایی هستند که به دلیل خواص سمی و تجمع‌پذیری حتی در غلظت‌های نسبتا کم، اهمیت زیست محیطی ویژه‌ای دارند (Miller, 2007; Jian et al., 2009). به علاوه عناصر بالقوه سمی از دسته آلاینده‌هایی هستند که هم منشا طبیعی و هم انسانی دارند. منشا طبیعی این عناصر در رودخانه‌ها محصول فرسایش، انحلال خاک و سازندهای زمین‌شناسی تشکیل دهنده

اطراف و بستر رودخانه‌ها و یا رواناب‌های سطحی است و منشا انسانی آن هم حاصل فعالیت‌های صنعتی و معدنی، کشاورزی، شهری و ورود آنها از طریق پساب ها به رودخانه است (Mendiguchiaa et al., 2008). به عنوان مثال عموما فعالیت‌های کشاورزی می‌توانند باعث ورود ذرات معلق، املاح، مواد مغذی، سموم و عناصر بالقوه سمی و فعالیت‌های شهری باعث ورود فاضلاب‌ها و رواناب‌های حاوی مواد فلزی، آلی و انواع مواد سمی به رودخانه‌ها شوند. فعالیت‌های صنعتی و معدنی بسته به نوع صنعت و معدن، طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها را وارد محیط‌های رودخانه‌ای می‌کنند (Chapman, 1992). با ترسیب مواد در داخل آب، فلزات سنگین و ترکیبات فسفاته وارد رسوبات بستر رودخانه می‌شوند و در اثر تداوم این امر در خاک بستر رودخانه تجمع پیدا می‌کنند (Yang et al., 2003; Sayari et al., 2005). زمانی‌که غلظت فلزات سنگین از حد آستانه آنها بیشتر شود در دراز مدت سلامتی انسان، جانوران، گیاهان و موجودات آبزی را تهدید می‌کنند و باعث بروز مسمومیت‌های شدید خونی، آسیب‌های مغزی، کم خونی و کلیه‌ها می‌شوند (Zheng et al., 2008). بررسی آلودگی فلزات سنگین در رودخانه‌ها اخیرا موضوع تحقیق بسیاری از پژوهش‌ها شده است (Wakida et al., 2008). از دهه ۱۹۷۰ تاکنون همواره مطالعات ژئوشیمی و آلودگی عناصر بالقوه سمی در رسوبات و مواد معلق رودخانه‌ها یکی از زمینه‌های مهم ارزیابی‌های زیست محیطی رودخانه ها بوده است (Zhao et al., 1999). بیش از ٪۹۹ فلزات سنگین وارد شده به رودخانه‌ها در رسوبات رودخانه‌ای به صورت‌های مختلف تجمع می‌یابند که در شرایط خاص می‌توانند خود به عنوان منبع آلودگی در آب عمل کنند (مدبری و همکاران، ۱۳۸۷ Salomans et al., 1995; Yu et al., 2001, Sakan et al., 2009). دشت سیلابی رودخانه‌ها محل اصلی ذخیره رسوبات معلق و فلزات سنگین حمل شده از بالادست حوضه آبریز رودخانه می‌باشند (Marron, 1992; Taylor, 1996; Walling et al., 1996) مهمترین عناصر بالقوه سمی از دیدگاه خطرات زیست محیطی و غلظت آنها در محیط‌های آبی As, Cr, Cd, Cu, Zn, Pb, Hg, Sb می‌باشند. این عناصر یا به صورت محلول و یا به صورت غیر محلول در سطح و یا درون ذرات معلق و خاک وارد رودخانه می‌شوند (Yong, 2001). پس از اینکه عناصر به محیط رودخانه‌ای راه یافتند ممکن است دستخوش تغییرات مختلف در فازهای فیزیکی و شیمیایی شوند و از حالت انحلال پذیر به انحلال ناپذیر و بالعکس تغییر فاز دهند (Linnink, 2001). همچنین عناصر در هنگام تغییر فاز ممکن است پیوندهای مختلف شیمیایی برقرار کرده و یا از پیوندهای مختلف آزاد شوند. تغییر روند عناصر از حالت انحلال پذیر به انحلال ناپذیر و بالعکس حاصل تاثیر عوامل مختلفی است که از مهمترین آنها به شرایط شیمیایی محیط آبی و ماهیت منبع ورود عناصر به رودخانه اشاره کرد (Forstner, 2004). رسوبات به دلایل مختلف بهترین شاخص آلودگی در بوم سامانه رودخانه هستند: نخست اینکه عناصر بالقوه سمی

انحلال‌پذیری چندانی نداشته و بیشتر با فاز جامد همراه هستند. دوم اینکه رسوبات بستر نسبت به ستون آب روی آن، به میزان کمتری تغییر می‌کنند. سوم: روش‌های اندازه‌گیری در مورد آب به علت غلظت‌های کم فلزات قابل اعتماد نیستند و دستگاه‌هایی که برای اندازه‌گیری عناصر وجود دارند حد آشکارسازی مطلوب را برای برخی از عناصر ندارند (Erel et al., 1991). از سوی دیگر رسوبات می‌توانند منبع بالقوه آلودگی برای انواع آلاینده‌ها باشند، زیرا عناصر بالقوه سمی بطور دائمی توسط رسوبات نگهداری نمی‌شوند و با تغییر شرایط محیطی نظیر پتانسیل اکسایش-کاهش، مقدار مواد آلی، شوری محیط، اندازه ذرات، فصول مختلف سال و غیره ممکن است از فاز رسوب خارج شوند و توزیع جدیدی را در سیستم ایجاد کنند (Zonata, 2000; Linnink, 2001; Munch et al., 2006; Westrich and Forstner 2007; Mico, 2008) به عنوان مثال فلزات سنگین تمایل بیشتری برای تجمع در رسوبات حاوی مواد آلی از خود نشان می‌دهند (Forstner et al. 1973). فلزات سنگین در اندازه دانه‌های مختلف توزیع هموژنی ندارند و در رسوبات دانه ریزتر بیش از رسوبات دانه درشت‌تر مشاهده می شوند چون این ذرات دارای سطح مخصوص بیشتری برای جذب فلزات سنگین می‌باشند (Kempton et al., 1987; Martin et al., 1990; Weiwen et al., 1990; Qiana et al., 1996; Jalali et al., 2006; Stamatis et al., 2006). مهمترین شکل‌ها و پیوندهایی که عناصر بالقوه سمی در رسوبات یا ذرات معلق در محیط آبی ممکن است یافت شوند عبارتند از: ۱- جذب سطحی توسط ذرات یا رسوبات ۲- پیوند با کربنات‌ها (Wang et al., 2005)۳- پیوند با سولفیدها و مواد آلی (Einax et al., 1997) ۴- در درون اکسیدهای آهن و منگنز (Li et al., 2009) ۵- درون شبکه بلوری ذرات (Edeltratauda et al., 1990) ۶- درون سیلیکات-ها و دیگر مواد تغییرناپذیر. در شرایطی که محیط طبیعی و غیر آلوده باشد قسمت عمده عناصر بالقوه سمی در حالت‌های ۴، ۵ و ۶ وجود خواهند داشت اما در محیط‌های آلوده شده توسط فعالیت‌های انسانی، بخش عمده‌ای از عناصر بالقوه سمی به حالت‌های ۴-۱ (بخصوص حالت ۱) یافت می‌شوند (Chapman, 1992).

رودخانه زاینده‌رود بعنوان یک شریان حیاتی برای استان اصفهان و استانهای مجاور می‌باشد و وجود واحدهای صنعتی بزرگ و کوچک و تصفیه خانه‌های فاضلاب در حاشیه آن و عبور رودخانه از مجاورت زمین‌های کشاورزی و معادن سرب و روی پتانسیل آلودگی آن را در موارد مذکور افزایش می‌دهد. لذا به لحاظ اهمیت این رودخانه از نظر کاربردهای متعدد، اساس این تحقیق را بررسی و ارزیابی این رودخانه از نظر آلودگی به تعدادی از عناصر سنگین و مطالعات پایه‌ای رسوب‌شناسی در منطقه ورزنه تشکیل می‌دهد.

۱-۲- سوابق و مطالعات قبلی در ایران و جهان