



علوم محیطی

علوم محیطی سال هشتم، شماره اول، پاییز ۱۳۸۹
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.1, Autumn 2011

۱-۱۰

ژئوشیمی زیست محیطی معدن زغال سنگ لایویج، البرز مرکزی

محمد یزدی^{۱*}، رعنا اسماعیل پور^۱، پدram ناوی^۲، احمد خاکزاد^۱

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران

۲- گروه محیط زیست، سازمان زمین شناسی، ایران

Geochemical Environmental Impacts of Lavij Coal Deposit in the Central Alborz

Mohammad Yazdi^{1*}, Raana Esmailpur¹,
Pedram Navi², Ahmad Khakzad¹

1- Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University.

2- Department of Environment, Geological Survey, Iran

Abstract

Lavij coal deposit is situated at a distance of 48km to the southwest of Amol in the Central Alborz coalfield in the North of Iran. Lavij coal-bearing strata in the central Alborz zone are found within rocks of the Upper Triassic-Lower Jurassic era. The coal-bearing sediments in this area belong to the Shemshak Formation (Upper Triassic-Lower Jurassic). This formation mainly consists of sandstone, shale, calcareous sandstone, argillite and siltstone. Several coal seams with different thicknesses are interbedded with sediments. The ecosystem, landscape and biodiversity of the area have all been affected by coal mining activities during the last few years. The environmental impacts of this mining can be studied from different viewpoints, but the research presented here concerns the geochemical environmental impacts. The surface and ground water of the Lavij area seem to have been polluted during the mining, natural erosion and dissolution of maceral and minerals of the coals of Lavij area. The present paper deals with geochemical environmental impacts of these coals and 14 samples were analyzed from surface and ground water of the Lavij area. The samples were analyzed by ICP-OES for As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Eu, Ga, Ge, La, Li, Mo, Pb, Mn, Zn, S, Nd, Ni, P, Sc, Sn, Sr, V, Y and Yb. Data processing showed the pollution in the water and soil of the area is very low.

Keywords: Environmental geochemistry, Water and soil, Lavij coal deposit, Central Alborz.

چکیده

مجموعه معدن زغال سنگ منطقه لایویج در ۴۸ کیلومتری جنوب غربی آمل و در شمال زون البرز مرکزی قرار دارد. واحدهای زغال سنگی این منطقه در سازند شمشک با سن تریاس پایانی تا ژوراسیک آغازین تشکیل شده‌اند. سنگ‌های در برگرنده زغال سنگ‌ها در این معدن اغلب شامل ماسه سنگ، شیل، ماسه سنگ آهکی، سیلت و آرژیلیت است. در چند سال اخیر معدن کاری و استخراج لایه‌های زغال باعث توجه به اثرات زیست محیطی این معدن کاری شده است. اگرچه این اثرات می‌تواند از دیدگاه‌های مختلف زیست محیطی مثل قطع درختان، برهم زدن اکوسیستم جانوری و گیاهی، تخریب چشم انداز طبیعی و... مورد توجه قرار گیرد. اما هدف این پژوهش بررسی آلودگی‌های ژئوشیمیایی آب و خاک منطقه لایویج در اثر معدن کاری است. با توجه به شرایط اقلیمی، آب و هوا باعث انحلال کانی‌های فلزی و غیرفلزی موجود در لایه‌های زغال‌دار شده و باعث آزاد شدن عناصر و آلودگی‌های آب و خاک منطقه گردیده است. بنابراین دو مرحله نمونه‌برداری از آب‌های منطقه و یک مرحله نمونه‌برداری از خاک منطقه صورت گرفت. از آن جا که داده‌های بدست آمده از نمونه‌های خاک با نتایج خوبی همراه نبود، مقاله حاضر به بررسی ویژگی‌های زیست محیطی منابع آبی منطقه لایویج می‌پردازد. ۱۴ نمونه آب برداشت شده با دستگاه ICP-OES برای عناصر As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Eu, Ga, Ge, La, Li, Mo, Pb, Mn, Zn, S, Nd, Ni, P, Sc, Sn, Sr, V, Y and Yb. تجزیه شدند. بررسی نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی این نمونه‌ها نشان می‌دهد که میزان آلودگی حاصل از تاثیر زغال سنگ بروی آب و خاک منطقه کم است.

کلیدواژه‌ها: ژئوشیمی زیست محیطی، آب و خاک، زغال سنگ لایویج، البرز مرکزی.

* Corresponding author. E-mail Address: m-yazdi@sbu.ac.ir

مقدمه

استخراج معادن زغال سنگ در البرز از دیرباز از نظر اثرات زیان بار زیست محیطی همواره مورد توجه بوده است. یکی از معادن در حال استخراج در البرز معدن لایوچ در بخش مرکزی البرز و نزدیک شهرستان آمل می باشد. بیشترین استخراج لایه های زغال دار منطقه لایوچ به ویژه در محل روستاهای دیزنکلا و کرچی متمرکز است. از طرفی آب های زیرزمینی و سطحی باعث انحلال کانی های فلزی و غیرفلزی موجود در لایه های زغال دار شده و می تواند باعث آلودگی های زیست محیطی آب و خاک های منطقه گردد. بدین جهت آب های زیرزمینی و سطحی و خاک های سطحی منطقه از نظر تغییرات ژئوشیمیایی زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفت.

منطقه لایوچ در ۴۸ کیلومتری جنوب غربی آمل و ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان نور قرار دارد. این منطقه در تقسیمات زمین شناسی ایران در زون البرز مرکزی قرار می گیرد. منطقه لایوچ بروی سازند شیلی زغال دار شمشک قرار گرفته و از نظر توپوگرافی این منطقه نسبت به دیگر نقاط منطقه کم ارتفاع تر است. از نظر آب و هوایی این منطقه شبیه سایر نقاط دیگر مازندران و جزء مناطق مرطوب و معتدل می باشد. طبق آمار ارائه شده توسط اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی مازندران حداکثر مطلق دمای سالانه ایستگاه چمستان (نزدیک ترین ایستگاه به منطقه لایوچ) ۴۰ درجه سانتی گراد در خرداد ماه و حداقل مطلق دما ۸.۵- درجه سانتی گراد در آذرماه می باشد. بیشترین مقدار رطوبت در منطقه لایوچ مربوط به اسفند ماه حدود ۸۴٪ و کم ترین آن حدود ۸۰٪ در خرداد و تیرماه است. بیشترین بارندگی سالانه مربوط به فصل پائیز با ۳۳۲ میلی متر و کم ترین آن متعلق به فصل تابستان با ۱۱۰ میلی متر است. رودخانه های اصلی که در منطقه لایوچ جریان دارند شامل واز رود در

شرق منطقه که از جوربند عبور می کند و دیگری لایوچ رود در غرب منطقه که از تنگه لایوچ عبور می کند (Esmailpour, 2009).

در نقشه پهنه رسوبی - ساختمانی ایران منطقه لایوچ در شمال زون البرز مرکزی قرار می گیرد. بیشتر واحدهای رسوبی این منطقه مربوط به دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک می باشد. واحدهای زغال سنگی این منطقه در سازند شمشک با سن تریاس پایانی تا ژوراسیک آغازین تشکیل شده اند. سنگ های در بر گیرنده زغال سنگ ها در این معادن اغلب شامل ماسه سنگ، شیل، ماسه سنگ آهکی، سیلت و آرژیلیت است (Yazdi and Esmailnia, 2004). حد تحتانی واحد زغال دار لایوچ محدود به دولومیت توده ای تا آهک دولومیتی زرد تا خاکستری الیکای فوقانی با سن تریاس میانی است. حد فوقانی واحد زغال دار در بخش غربی به سنگ آهک و چرت سازند سن (پرمن) محدود می شود و در بخش شرقی به آهک مارنی نازک لایه (ورمیکوله) الیکا تحتانی (تریاس آغازین) محدود می شود (Yazdi, 2003). با توجه سست بودن لایه های سازند شمشک در مقابل فرسایش های فیزیکی، شیمیایی و حتی بیوشیمیایی عملیات معدن کاری منطقه را از نظر تخریب های زیست محیطی تحت تاثیر قرار داده است.

با توجه به اثرات مخرب استخراج زغال سنگ در منطقه لایوچ، تخریب های زیست محیطی منطقه را می توان به دو گروه تخریب های فیزیکی و ژئوشیمیایی تقسیم بندی نمود. در بخش شرقی منطقه زغال دار لایوچ بافت جنگلی مرکب از درختانی از نوع راش، ممرز، بلوط، انجیلی می باشد و اراضی جنگلی و بیشه زار از نوع متراکم است. در شیل های زغال دار منطقه کرچی و سادات محله پوشش گیاهی متراکم از نوع افرا و ممرز است. هم چنین در بخش شرقی به ترتیب از پائین به

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جهت بررسی پتانسیل احتمالی آلودگی منابع آبی منطقه زغال‌دار لایوچ، ابتدا تعداد ۴ حلقه چاه، ۸ منبع (۲ نمونه زهاب) و از ۲ دهنه چشمه در طی دو دوره پربابی (زمستان ۱۳۸۵) و کم‌آبی (تابستان ۱۳۸۶) نمونه‌برداری انجام شد. ابتدا با دستگاه GPS محل نمونه‌برداری‌ها ثبت گردید. به هنگام نمونه‌برداری توسط یک دستگاه pH متر، اسیدیته و دمای آب و با دستگاه EC متر مقدار هدایت الکتریکی آب اندازه‌گیری شد. این نمونه‌ها با دستگاه طیف سنج نوع ICP-OES در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی تجزیه شدند که نتایج آن بطور خلاصه در بخش‌های زیر و جداول شماره ۱ و ۲ ارائه می‌شود.

خاک‌های منطقه لایوچ بیشتر از نوع برجا بوده و با مواد آلی مخلوط شده‌اند. در منطقه مورد مطالعه بیشتر در بخش‌های شمالی منطقه در محدوده اسپه کلا و لسفیجان خاک منطقه جهت کشاورزی وجود دارد. خاک‌های منطقه کرسی و دیزنکلاء بسیار ناپجیز و از نوع درجا‌زا است و از آن‌جا که کشت و کار در آن صورت نمی‌گیرد، بنابراین نمونه‌برداری از خاک انجام نگردید، بلکه فقط از سنگ‌های منطقه نمونه برداشته شد. از آن‌جا که داده‌های ژئوشیمیایی بدست آمده از نمونه‌های خاک با نتایج خوبی همراه نبود، بنابراین در مقاله حاضر به بررسی ویژگی‌های زیست‌محیطی منابع آبی منطقه لایوچ پرداخته شد.

نتایج

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که مقدار متوسط آرسنیک، جیوه، مس، روی و کروم در منابع آبی منطقه زغال‌دار لایوچ از حد استانداردهای معرفی شده کمتر است (جداول شماره ۱-۲). ولی مقدار متوسط غلظت سرب در دوره پربابی ۰/۰۸ و کم‌آبی ۰/۱۱ بوده که از

سمت بالای منطقه از راش، انجیل، ممرز پوشیده شده است و در بخش‌های نزدیک به دریای خزر زمین زراعی و باغبانی وجود دارد. در خصوص جانورانی که در کوه‌های البرز و از جمله در منطقه لایوچ زندگی می‌کنند، می‌توان کل، بزکوهی، آهو، قوچ، گراز، کرزن، گوزن سرخ، بیر، پلنگ، خوک، گربه وحشی و هم‌چنین پرندگانی مانند انواع عقاب، قرقاول، توکا، تیهوی شاهی، مرغابی، غاز، قو و حواصیل را اشاره کرد. استخراج زغال‌سنگ بصورت سنتی و غیر اصولی در منطقه لایوچ باعث قطع درختان، احداث جاده‌های متعدد و به هم خوردن ترکیب جانوری و فرار آن‌ها از منطقه شده است. از آن‌جا که جنگل‌های این منطقه قبل از فعالیت‌های معدن‌کاری جزء مناطق بکر و محفوظ مانده بود. فعالیت‌های معدنی اکوسیستم منطقه را تحت تاثیر قرار داده است. با توجه به این که زون زغال‌دار لایوچ در سازند شمشک جای دارد و این سازند از نظر سنگ‌شناسی شیل، سیلت و ماسه سنگ‌های سست است. باعث ایجاد زمین لغزش‌هایی در منطقه کرسی و دیزنکلاء شده است. در منطقه دیزنکلاء، با گابیون بندی که توسط جهاد سازندگی صورت گرفته، جلوی حرکت زمین به سمت کرسی، رئیس کلاء و تخریب این مناطق گرفته شده است. از طرفی در منطقه مورد مطالعه حفر زمین، تغییر شیب و برداشت زغال‌سنگ در بیش از ۱۵ نقطه در سازند شمشک در محل زمین لغزش قدیمی در حوضه مورد مطالعه سبب شده تا در اثر تحریکات طبیعی زمین، توده خاک بالادست به پایین دست حرکت نماید و قسمت حفر شده را پر کند. هم‌چنین برداشت بی‌رویه سنگ و ماسه از کف رودخانه سبب حذف تکیه‌گاه شیب لایه‌های بالائی و مرتفع شدن سطوح و در نتیجه افزایش پتانسیل زمین لغزش شده است.

شده (۰/۰۱) می باشد. در دوره کم آبی بیشتر از پرآبی بوده و از حد استاندارد کمتر است. مقدار غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های برداشتی از ۴ حلقه چاه نشان داد که غلظت آرسنیک و جیوه در تمامی چاه‌ها کم و مشابه هم است. غلظت بقیه عناصر در هر دو دوره تقریباً مشابه هم و بسیار کمتر از حد استانداردهای معرفی شده می‌باشند (جدول ۷-۲). این مسئله نشان می‌دهد که نمونه‌های متعلق به آب چاه‌های منطقه لاویج از کیفیت بالایی برخوردار بوده و عاری از عناصر سمی و سنگین می‌باشد. در دوره کم آبی فقط مقدار کروم زهاب معدن دیزنکلاء بیشتر از منابع آبی لاویج بوده و غلظت بقیه عناصر در زهاب کمتر از منابع آبی است (جدول شماره ۱-۲).

بحث

اگرچه عملیات معدن کاری زغال‌سنگ در منطقه لاویج مدت کوتاهی است شروع شده و نمی‌تواند از دیدگاه مختلف زیست‌محیطی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. ولی با توجه به سست بودن لایه‌های زغال‌دار سازند شمشک در مقابل فرسایش‌های فیزیکی، شیمیایی و حتی بیوشیمیایی عملیات معدن کاری منطقه لاویج را از نظر تخریب‌های زیست‌محیطی فیزیکی تحت تاثیر قرار داده است. آب و هوای مرطوب و معتدل باعث شده انحلال کانی‌های فلزی و غیرفلزی موجود در لایه‌های زغال‌دار به سرعت صورت گیرد. این فرایند می‌تواند باعث آزادسازی عناصر در محیط گشته و حتی موجب آلودگی‌های ژئوشیمیایی آب و خاک‌های منطقه گردد. در ابتدا به منظور تعیین وضعیت سنگ‌شناسی غالب در سازندهای سخت مسیر جریان آب زیرزمینی تیپ و رخساره منابع آب مورد بررسی قرار گرفت. رخساره شیمیایی منابع آبی نزدیک معادن زغال سنگ (منبع قدیم رئیس کلاء، منبع جدید رئیس کلاء و منبع ملامحله)

حد استاندارد بیشتر است. علاوه بر این مقدار غلظت کادمیم در دوره پرآبی ۰/۰۰۶ و در دوره کم آبی ۰/۰۷ بیش از حد استاندارد می‌باشد. برای آب شرب در استانداردهای جهانی غلظت مجاز میزان کادمیم ۱ ppm) ۰/، کروم (۱ ppm)، مس (۱ppm)، سرب (۱ppm) و روی (۲ ppm) در نظر گرفته شده است (Shariat Panahi, 1984). غلظت عناصر سنگین نظیر روی، کروم، کبالت و کادمیم در منابع آبی که در نزدیکی معادن زغال سنگ قرار دارند (منبع ملامحله، منبع قدیم رئیس کلاء و منبع جدید رئیس کلاء) در دوره کم آبی بیشتر از دوره پر آبی ولی از حد استنادها کمتر است. ولی غلظت این عناصر بیشتر از مقدار موجود در زهاب معدن می‌باشد. مقدار مس (۰/۰۷) و سرب (۰/۳۳) در دوره پر آبی بیشتر از دوره کم آبی بوده است. به طوری که نسبت آن‌ها از استاندارد جهانی معرفی شده و هم‌چنین از مقدار موجود در زهاب بیشتر است (Duzgoren et al., 2006; Pandey et al., 2006).

تغییرات غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های برداشتی از چشمه کرچی، منبع دیزنکلاء، منبع بهینک و چشمه ملاکلاء مشابه هم بوده این منابع آبی در فاصله دورتری نسبت به معدن زغال‌سنگ لاویج قرار دارند. مقدار آرسنیک و جیوه در تمامی این نمونه‌ها در هر دو دوره بسیار پائین است و از نظر زیست‌محیطی مشکلی ایجاد نمی‌کند. غلظت کادمیم و روی در این نمونه‌ها به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۰۷ بوده که غلظتی بیش از حد استانداردهای جهانی دارند (GWW, 1994; WHO, 2002; Wilcox, 1948).

غلظت سرب در دوره کم آبی در منبع بهینک و دیزنکلاء (۰/۴)، چشمه کرچی (۰/۳)، چشمه ملاکلاء (۰/۱۳) را نشان می‌دهد که در تمامی این نمونه‌ها مقدار عنصر سرب بیشتر از حد استاندارد است (Feth, 1965 and Freez et al., 1979). مقدار مس در منابع آبی معرفی

جدول ۱ - مقایسه میزان یون‌های آب منطقه لایوچ با مقادیر استانداردهای آب شرب (میلی گرم در لیتر)
(GWW, 1994; WHO, 2002 ; Wilcox, 1948)

پارامتر کیفی	محیط زیست آمریکا (USEPA, ۲۰۰۳)	بهداشت جهانی (WHO, ۱۹۸۴)	وزارت نیرو	موسسه استاندارد ایران	میانگین در آب‌های لایوچ (پرآبی)	میانگین در آب‌های لایوچ (کم آبی)
نیترات	۱۰	۴۵	۴۵	۵۰	۳۸	۴۰۱۸
نیتريت	۱	۰.۱	۰.۱	۳	۱.۸۷	۱.۸۷
سولفات	۵۰۰	۴۵۰	۴۰۰	۶۰۰-۴۰۰	۱۷.۱۴	۱۹.۲
کلرید	۲۵۰	۲۵۰	۶۰۰	۴۰۰	۱۲.۴۷	۲.۴۶
کلسیم	-	۱۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۵۲/۷	۸۱.۴
منیزیم	-	۵۰	۱۵۰	۵۰	۳۳/۶	۲۶.۹
آهن	۰.۳	۰.۳	۱	۰.۳	-	۰.۰۶۱
سدیم	-	۲۰۰	-	۲۰۰	۵.۴۷	۶
فسفات	-	-	۰.۲	-	۳.۸	۳.۸
سختی کل	-	۵۰۰	-	۵۰۰	۲۷۰	۳۱۳/۷
TDS (mg/lit)	-	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۱۵۰۰	۲۴۴/۸	۳۸۹.۴

جدول ۲ - مقایسه میزان عناصر آب منطقه لایوچ با مقادیر استانداردهای آب شرب (میلی گرم در لیتر)
(GWW, 1994; WHO, 2002 ; Wilcox, 1948)

عناصر	بهداشت جهانی ۱۹۷۱	مجمع اروپایی ۱۹۸۰	بهداشت جهانی ۱۹۸۳	بهداشت آمریکا	میانگین آب‌های لایوچ (پرآبی)	میانگین آب‌های لایوچ (کم آبی)
آرسنیک	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۱	۰/۰۰۸	۰.۰۰۸
کادمیم	۰.۰۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۱	۰.۰۰۶	۰/۰۰۷
کروم	-	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۱
سرب	۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰/۰۸	۰/۱۱
جیوه	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	-	۰.۰۰۱	۰.۰۰۸
نیکل	-	۰.۰۵	-	-	-	-
باریم	-	۰.۱۰	-	۱	۰.۰۱۰	-
کلسیم	۲۰۰-۷۵	۱۰۰	-	-	۵۲.۷	۸۱.۵
کلر	۲۰۰-۶۰۰	۲۵	۲۵۰	۰.۰۱	۱۲.۴	۲۴.۶
مس	۰.۰۵	۰.۱۰	-	۱	۰.۰۲	۰/۰۱
منیزیم	۱۵۰-۳۰	۵۰-۳۰	-	-	۳۳.۶	۹.۲۶
منگنز	۰.۰۵-۵۰	۰.۰۲-۰.۰۵	۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۰۲	-
نیتريت	-	۰.۱۰	-	-	۱.۸	۱.۸
پتاسیم	-	۱۲	-	-	۱.۷	۱.۸
سدیم	-	۱۷۵	۲۰۰	-	۵.۴	۶
روی	۱۵	۰.۱۰	-	۵	۰.۰۴	۰.۴
سولفات	۲۰۰-۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۱۷	۱۹.۲
TDS	۵۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۴۴.۸	۳۸۹.۴
EC (µs/cm)	-	۴۰۰	-	-	۴۷۹	۷۷۸

از نوع کربنات کلسیم است که علت آن می‌تواند ناشی از انحلال کانی‌های کربناته موجود در واحدهای آهکی سازند الیکا و تیزکوه باشد. منابع آبی دورتر از بخش‌های معدنی در محدوده وسیعی (چشمه کرچی، ملاکلاء، منبع دیزنکلاء و منبع بهینک) بی‌کربناته منیزیک می‌باشد. این مسئله حاکی از آن است که آب باعث انحلال سنگ‌های دولومیتی سازند الیکا فوقانی شده و غلظت یون منیزیم در بخش‌های دورتر افزایش یافته است.

در این تحقیق قابلیت شرب و کشاورزی آب‌های زیرزمینی با استفاده از نتایج سنجش یون‌های اصلی شیمیائی از جمله نیترات، سولفات، فسفات و فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج این پژوهش آب چشمه‌ها و چاه‌های منطقه از نظر شرب و کشاورزی در محدوده خوب و سالم قرار دارند و این نشان دهنده کیفیت مطلوب آب منطقه لایوچ است. آب منطقه لایوچ برحسب میزان TDS در دسته آب‌های شیرین و قابل شرب (۳۰۰-۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر) قرار می‌گیرد. به طوری که مقدار آن در دوره پرآبی ۲۴۴/۸ میلی‌گرم و در دوره کم آبی ۳۸۹/۴ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میانگین سختی آب زیرزمینی منطقه لایوچ در دوره کم آبی ۳۱۳/۷ میلی‌گرم و در دوره پرآبی ۲۷۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب CaCO_3 می‌باشد. آب منطقه لایوچ از نظر سختی در گروه آب‌های نسبتاً سخت قرار می‌گیرد. سختی آب در این منطقه به دلیل وجود سازندهای آهکی و دولومیتی است. این مقدار از استاندارد سختی آب گزارش شده سازمان بهداشت جهانی یعنی ۵۰۰ میلی‌گرم کمتر است (GWW, 1994; WHO, 2002 and Wilcox, 1948). از آن‌جا که سختی این آب‌ها از نوع سختی موقت می‌باشد در اثر جوشاندن آب بی‌کربنات به کربنات تبدیل شده و در ته ظرف ته نشست می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود قبل از آشامیدن

آب، آن را باید جوشاند تا از بروز سنگ کلیه جلوگیری گردد. مقدار غلظت نیترات، نیتريت، سولفات و غلظت یون کلر در آب منطقه لایوچ کمتر از حد استانداردهای معرفی شده می‌باشد (Hem, 1989 and 1992). این مسئله از نظر زیست‌محیطی مشکلی ایجاد نمی‌کنند.

در ادامه بررسی روی نمونه‌های های زغال‌سنگ و زهاب اطراف معدن نشان داد که در تمامی نمونه‌های زغال سنگ به ترتیب مقدار کادمیم، کبالت و سرب بسیار پایین و به همان نسبت در زهاب معدن کرچی و دیزنکلاء نیز کم است. مقدار کروم، مس و روی در نمونه‌های زغال سنگ بالادست معدن و در زهاب معدن نیز زیاد است. هم‌چنین مطالعه روی زهاب زغال‌سنگ‌های معدن کرچی و دیزنکلاء با زهاب مربوطه به آن معادن نشان داد که مقدار عنصر کادمیم در نمونه زغال کرچی کم و در زهاب نیز پایین است و عناصر کبالت و سرب در زغال سنگ بالاست ولی در زهاب نسبت آن‌ها کاهش یافته است. عناصر کروم، مس و روی در زغال سنگ زیاد و به همان نسبت در زهاب معدن کرچی بالاست. نسبت غلظت عناصر موجود در زهاب اسیدی دیزنکلاء کاملاً مشابه نسبت های عناصر سنگین موجود در زغال سنگ است. این مسئله حاکی از آن است که منشاء عناصر سمی موجود در منابع آبی، انحلال کانی های سولفیدی جای گرفته در لایه‌های رسوبی مثل شیل و لایه‌های زغال‌دار است.

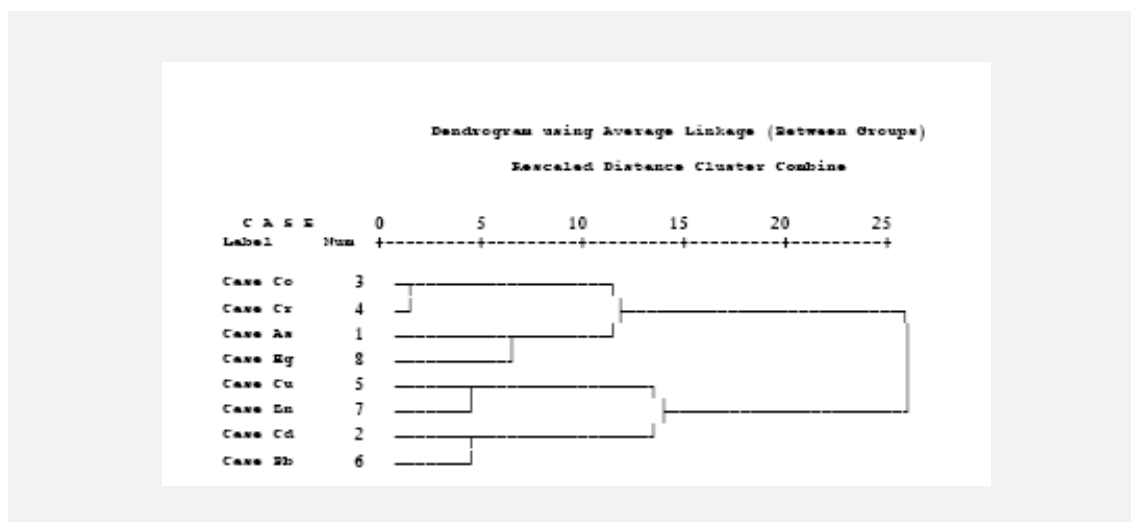
در این پژوهش با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS روابط بین عناصر تعیین شد. حاصل مطالعه روند تغییرات عناصر سنگین به صورت ذیل ارائه می‌شود. ضریب همبستگی بین عناصر سنگین در دوره پرآبی و کم آبی محاسبه گشته و در جداول شماره ۳ و ۴ ارائه شده است. در این جداول ضرایب همبستگی بین عناصر مختلف با همدیگر بصورت مقادیر مثبت (همبستگی مثبت) و

هیچ نوع همبستگی ندارد. جیوه نیز هیچ گونه همبستگی با مس، سرب و روی ندارد. همبستگی بین عناصر سنگین در دوره کم آبی نشان داد که بیشترین همبستگی بین جیوه با آرسنیک و کادمیم بوده سپس با کبالت داشته است. کبالت با آرسنیک و سپس با کادمیم همبستگی مثبت دارد. روی با مس، سرب، کروم، کادمیم، کبالت و آرسنیک همبستگی منفی دارد. هم چنین جیوه با مس، سرب، روی و کروم همبستگی منفی دارد. چنین روندی در جدول همبستگی ها نیز بصورت عددی قابل محاسبه می باشد.

مقادیر منفی (همبستگی منفی) بین عناصر سنگین را نشان می دهد. سپس نمودار خوشه ای ارتباط بین عناصر ترسیم گردید که در تصاویر شماره ۱ و ۲ ارائه می شود. در این نمودارهای خوشه ای عناصر تشابه خواص و رفتار عددی داده ها نسبت به یکدیگر مشاهده می گردد. براساس این نمودارها همبستگی بین عناصر سنگین در دوره پرآبی نشان داد که بیشترین همبستگی بین کروم و کبالت است. در گروه بعدی همبستگی تقریباً خوبی بین سرب با کادمیم وجود دارد. از طرفی سرب با آرسنیک، کبالت و کروم

جدول ۳- ضریب همبستگی بین عناصر سنگین دوره پرآبی منطقه لایوچ

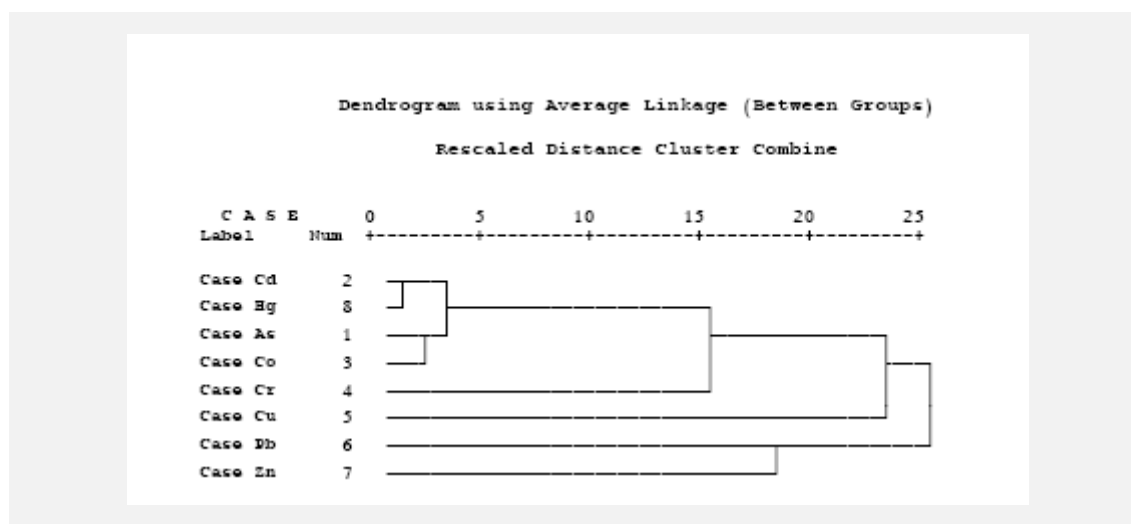
Case	Correlation between Vectors of Values							
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
As	1.000							
Cd	0.004	1.000						
Co	0.221	-0.442	1.000					
Cr	0.298	-0.558	0.819	1.000				
Cu	-0.139	0.259	-0.777	-0.766	1.000			
Pb	-0.736	0.654	-0.552	-0.702	0.422	1.000		
Zn	0.233	0.091	-0.694	-0.710	0.657	0.017	1.000	
Hg	0.554	0.378	0.404	0.341	-0.665	-0.263	-0.278	1.000



شکل ۱- نمودار خوشه ای عناصر سنگین در دوره پر آبی منطقه لایوچ

جدول ۴ - ضریب همبستگی بین عناصر سنگین در دوره کم آبی منطقه لاریج

Case	Correlation between Vectors of Values							
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
As	1.000							
Cd	0.819	1.000						
Co	0.890	0.728	1.000					
Cr	0.199	0.362	0.197	1.000				
Cu	0.093	-0.399	-0.027	-0.221	1.000			
Pb	-0.598	-0.215	-0.387	-0.285	-0.434	1.000		
Zn	-0.135	0.200	-0.108	0.139	-0.862	0.090	1.000	
Hg	0.937	0.949	0.823	0.283	-0.126	-0.397	-0.023	1.000



شکل ۲ - نمودار خوشه‌ای عناصر سنگین در دوره کم آبی منطقه لاریج

منابع

- Duzgoren-Aydin N.S., C.S.C. Wong, A. Aydin, Z. Song, M. You and X.D. Li (2006). Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Guangzhou, SE China. *Journal of Environmental Geochemistry and Health*, 28:375-391.
- Esmailpour, R. (2009). *Geochemistry, Mineralogy of Coals in Lavij and its environmental impacts*. MSc thesis. Shahid Beheshti University. Unpublished.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی و فنی سازمان زمین‌شناسی ایران انجام گرفت. نویسندگان مقاله از مساعدت و همکاری مسئولان و کارشناسان سازمان زمین‌شناسی ایران به خصوص آقای ترک سپاسگزاری می‌نمایند. هم‌چنین از همکاری صاحبان معادن زغال‌سنگ منطقه لاریج به خصوص اهالی خوب این روستا تشکر می‌شود. نویسندگان مقاله از سرکار خانم مهندس دیبائی بدلیل ویراستاری ادبی مقاله و آقای دکتر خوشبخت بدلیل ویراستاری علمی مقاله تشکر می‌نمایند.

Yazdi M. and A. Esmailnia. (2004). Geochemical properties of coal in the Lushan coalfield of Iran. *International Journal of Coal Geology*, 60: 73-79.

Yazdi M. (2003). *Coal (from origin to environmental impacts)*. Tehran: Jahad Daneshgahi press.



Feth, J.H. (1965). Preliminary Map of the Conterminous United States. U.S Geological Survey. Hydrological Inv. Atlas HA-199.

Freez, R.A. and J.A. Cherry. (1979). *Ground Water*. Prentice Hall. 604p.

GW. (1994). *Ground Water for Windows (Manual and Soft Ware)*. New York: United Nation.

Hem, J.D. (1989). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. 3th Ed. U.S. Geological Survey Water- Supply.

Hem, J.D. (1992). *Ground Water Characteristics and Interpretation*. 3th Ed. U.S. Geological Survey Water- Supply.

Pandey P.K., R. Sharma, M. Roy, S. Roy and M. Pandey (2006). Arsenic contamination in the Kanker district of central-east India: geology and health effects. *Journal of Environmental Geochemistry and Health*, 28:409-420.

Shariat Panahi M. (1984). The Effectiveness of Land Treatment for Removal of Heavy Metals. *Journal of Faculty Engineering*, 45:27-59.

WHO. (2002). *Guide lines for Drinking Water Quality*. Vols: 1, 2 and 3. WHO-Geneva.

Wilcox L.V. (1948). *The Quality of Water for Irrigation Use*. U.S. Washington: Dept. of Agriculture Bulletin.

