

## زمین شیمی و زیست دسترس پذیری عنصر ید در آب و خاک منطقه دهدشت، استان کهگیلویه و بویراحمد

طاهره صالحی سرآسیاب<sup>۱</sup>، صدیقه بطالبلوئی<sup>۱</sup>،\*، حکیمه امانی پور<sup>۱</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

ایمیل نویسنده مسئول: sblooie@gmail.com شماره موبایل نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۴۵۸۵۵۰۹

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۱۹

### چکیده

عنصر ید ریزمغذی ضروری برای سلامتی انسان است، از این رو کمبود آن سبب صدمات بسیار به ویژه اختلالات تیروئیدی می شود. شرایط اقلیمی و زمین شناسی از علل بروز و شیوع این اختلالات است. مطالعات کتابخانه‌ای، نشان داد که تاکنون مطالعه‌ای با جایگاه زمین شناسی در منطقه انجام نشده است، لذا تأکید بر دلایل زمین شناسی با مطالعه بر روی خاک و آب بود. در پاسخ به گزارش‌ها موجود بر وجود اختلالات تیروئیدی در منطقه دهدشت، ۱۶ نمونه آب زیرزمینی از چاه‌های کشاورزی، شرب و چشمه‌های موجود در منطقه جهت آنالیز آنیون‌ها، کاتیون‌ها و ید گرفته شد. نتایج نشان داد که مقدار ید در برخی نمونه‌های آب بالاست. برای بررسی تأثیر خاک منطقه بر مقدار ید، ۲۰ نمونه خاک از سازندهای مختلف گرفته شد و مقدار ید، مواد آلی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. ید می‌تواند در چندین گونه وجود داشته باشد، در محیط‌های مختلف تحرک ید به گونه ید وابسته است. نتایج نشان داد مقدار pH و کلسیم بالا ناشی از حضور سازندهای آهکی باعث کاهش تحرک ید در منطقه می‌شوند، همچنین محیط قلیایی و احیایی شرایط را برای تحرک و غنی‌سازی ید در آب‌های زیرزمینی فراهم کرده است.

### کلمات کلیدی

"ژئوشیمی"، "ید"، "آب‌های زیرزمینی"، "دهدشت"، "کهگیلویه و بویراحمد"

## Geochemistry and bioavailability of iodine in water and soil in Dehdasht, Kohgiluyeh and Boyerahmad Province Tahereh Salehi Sarasyab<sup>1</sup>, Sedigheh Battaleb-Looie<sup>1,\*</sup>, Hakimeh Amanipoor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor of Natural Resources Faculty, Khorramshahr University of Marine Science and Technology  
\*Email Address: sblooie@gmail.com \*Mobile Phone: +989124585509

### Abstract

Iodine is an essential micronutrient for human health, hence iodine deficiency causes various damages such as thyroid disorders. Climate and geological settings are the causes of the incidence and prevalence of the mentioned disorder. A bibliographic survey showed that no studies have been undertaken so far in this area with regard to geological setting, so in this research we focused on geological reason(s) with investigation on soil and water. In response to reports on the high incidence of iodine disorders in Dehdasht area, 16 ground water samples were taken from agricultural wells, drinking water and springs in the area to analyze anions, cations and iodine. The results showed that iodine levels were high in some water samples. To study the effect of soil on iodine, 20 soil samples were taken from various formations and pH, iodine as well as organic matter were measured. iodine can exist in several species. In different environments, the mobility of iodine depends on the type of iodine. The results showed that due to the presence of calcareous formations, high pH and calcium can lead to low mobility of iodine Also the alkaline and reduction conditions, can cause high mobility and enrichment of iodine in groundwater.

### Keywords

"Keyword", "Geochemistry", "Iodine", "Groundwater", "Dehdasht", "Kohgiluyeh and Boyerahmad"

## ۱- مقدمه

عنصر ید با غلظت بسیار کم در پوسته زمین و با میانگین متوسط (۰/۲۵ - ۰/۳) میلی گرم بر کیلوگرم وجود دارد (Muramatsu and Wedepohl, 1998; Fuge, 1988) سنگ‌های رسوبی در مقایسه با سنگ‌های آذرین و دگرگونی دارای غلظت بیشتری از ید هستند. مخازن اصلی ید زمین، رسوب‌های اقیانوسی و سنگ‌های رسوبی قاره‌هاست (Muramatsu et al., 2004). با در نظر گرفتن مقدار پایین ید سنگ‌های پوسته، آب و خاک از مقدار بسیار کم ید ناشی از هوازدگی سنگ‌ها مشتق می‌شوند. آب دریا نسبتاً از ید غنی است و به طور متوسط دارای حدود ۶۰ میکروگرم بر لیتر است (Wong, 1991) که نشان‌دهنده‌ی یک مخزن اساسی و حیاتی ید بر روی زمین و منبع اصلی در چرخه زیست‌محیطی است. مقدار کلی ید در آب‌های سطحی کمتر از ۲۰ میکروگرم بر لیتر، و در برخی موارد (۵ - ۰/۵ میکروگرم بر لیتر) است (Whitehead, 1984; Fuge and Johnson, 1986). آب‌های جاری مناطق ساحلی غلظت ید بالاتری نسبت به آب‌های داخلی دارند (Moran et al., 2002) (Fuge, 1989) تأثیر بالای عوامل زمین‌شناسی بر روی مقدار ید را مطالعه کردند و به این نتیجه دست یافتند که رودخانه‌های نزدیک به سنگ‌های آذرین مقدار ید کمتری نسبت به آب‌های نزدیک سنگ‌های رسوبی دارند. مناطق تخلیه جریان از سنگ‌های کربناتی نسبت به مناطق غیر کربناتی، مقدار ید بیشتر دارند (Fuge, 1989; Korobova, 2010). همبستگی قوی بین مقدار ید و کل مواد جامد محلول در آب‌های رودخانه‌ای وجود دارد در حالی که یک همبستگی مشابه با ذرات معلق نشانگر جذب سطحی احتمالی ید بر ذرات است (Moran et al., 2002). مقدار ید در آب‌های سطحی می‌تواند از عوامل انسان‌زاد مانند شیوه‌های کشاورزی و سوختن زیست‌توده منشأ بگیرد (Whitehead, 1979; Fuge, 1989; Negri et al., 2013) زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی از ید غنی‌تر هستند (Whitehead, 1984; Johnson, 2003b). منابع ید در سفره‌های آب‌های مختلف، به تجزیه ید مواد آلی، و شستشو از رسوبات دریایی در سفره‌ها و تغلیظ و جمع‌شدگی در مناطق خشک نسبت داده می‌شود. آب‌های زیرزمینی پایین‌تر از ۱۲۰ متر، قلیایی هستند و دارای مقدار ید بالایی هستند. بالاترین مقادیر ید ثبت شده ۱۸۹۰ و ۱۳۸۰ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است (Li, J. et al., 2013; Li, J. et al., 2013).

2014). آبخوان‌های رسوبی غنی از مواد آلی دارای مقادیر (۱/۴۶ - ۰/۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم) ید می‌باشند (Li, J. et al., 2013). در مواد رسوبی ید عمدتاً بر روی اکسی هیدروکسیدهای آهن جذب می‌شود درحالی که برخی به مواد آلی متصل و به تدریج وارد آب‌های زیرزمینی می‌شوند که نتیجه‌ای از انحلال کاهشی اکسی هیدروکسید آهن و تجزیه مواد آلی حاوی ید است (Li, J. et al., 2013). عنصر ید ریزمغذی ضروری برای سلامتی انسان است (Kelly and Sneddon, 1960; Fraga, 2005). اهمیت بیولوژیکی ید شرکت در ساختمان هورمون‌های تیروئید (T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>) است. هورمون‌های تیروئید در تنظیم متابولیسم بیشتر سلول‌های بدن و رشد و نمو فیزیکی و تکامل سیستم عصبی انسان و حیوانات نقش دارند (Delange, 1994). تأثیرپذیرترین مناطق جهان از لحاظ بروز ناهنجاری‌های کمبود ید، عمدتاً کشورهای در حال توسعه، می‌باشند (Fuge, 2005). این کشورها قلمرویی از قاره آفریقا تا آسیا و آمریکای لاتین و حتی بعضی کشورهای اروپای غربی را شامل می‌شوند (Delange, 1994).

در ایران گزارش‌ها و پژوهش‌های زیادی بر روی اختلالات ناشی از کمبود ید صورت گرفته است. پژوهش‌های (Azizi, F et al., 1990) نشان داد که گواتر درجه یک و بالاتر، در ۷۰ درصد از دانش‌آموزان شهرهای استان‌های اصفهان، چهارمحال بختیاری و ایلام، بین ۵۰ تا ۵۸ درصد در باختران و تهران، ۴۰ تا ۴۵ درصد در فارس، زنجان، کرمان و کهگیلویه و بویراحمد، ۱۷ تا ۳۵ درصد در بوشهر، خراسان، مازندران و سیستان و بلوچستان، و ۱۱ درصد در خوزستان وجود دارد. کمبود ید در خاک، آب یا منابع غذایی می‌تواند باعث شیوع اختلالات تیروئیدی شود. گزارش‌هایی مبنی بر وجود اختلالات تیروئیدی در شهر دهدشت وجود دارد. از آنجا که منابع آب آشامیدنی و کشاورزی ساکنان منطقه دهدشت، چاه و چشمه‌های موجود در منطقه است و همچنین گزارشی راجع به مطالعات زمین‌شناختی این منطقه و اثر آن بر اختلالات تیروئیدی موجود نیست، از این رو این منطقه جهت مطالعه انتخاب شده است.

## ۲- روش انجام تحقیق

## • محدوده مورد مطالعه

شهر دهدشت، مرکز شهرستان کهگیلویه، واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد، در جنوب غرب ایران در واحد ساختمانی زاگرس چین‌خورده قرار دارد. این منطقه دارای طول جغرافیایی

$(\text{HCO}_3^-)$  به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند. ید با روش  $(\text{DPD (N,N-diethyl-p-phenylenediamine)})$  با استفاده از دستگاه طیف سنج نوری اندازه‌گیری شده است. اساس این روش واکنش ید با DPD است تا یک رنگ صورتی ایجاد کند که شدت آن متناسب با غلظت کل مقدار ید است. اندازه‌گیری در طیف ۵۳۰ نانومتر انجام می‌شود (Palin, A. T, 1967).

#### • نمونه‌های سنگ

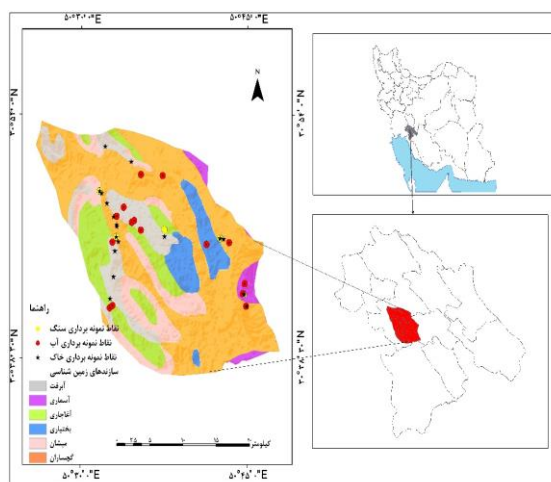
در این مطالعه برای بررسی تأثیر سنگ‌شناسی بر روی میزان ید آب‌های زیرزمینی، ۵ نمونه سنگ از سازندهای موجود در منطقه گرفته شده است. سعی بر این بود که نمونه‌های سنگ از نزدیکی محل نمونه‌های آب برداشته شوند. نمونه‌های سنگ ابتدا به قطعات کوچک خرد شدند. سپس آن‌ها را در دستگاه گرانیدر پودر کرده و برای انجام تجزیه پراش اشعه ایکس، برای شناسایی فازهای کانیاپی به آزمایشگاه آمیتیس شرق- مشهد ارسال شدند.

#### • نمونه‌های خاک

۲۰ نمونه خاک از سطح (۱۵ - ۰ سانتی‌متری) گرفته شد. نمونه‌ها از تمامی سازندها، مراتع، زمین‌های کشاورزی به گونه‌ای گرفته شده که کل منطقه را تحت پوشش قرار داده باشد. نمونه‌های خاک در دمای اتاق خشک شد سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و برای تعیین مقدار مواد آلی و pH آماده شد. بخشی به وسیله هاون عقیقی پودر شدند تا اندازه آن‌ها به کمتر از ۱۰۰ میکرومتر برسد و برای اندازه‌گیری مقدار ید آماده شد. ید با روش  $(\text{DPD (N,N-diethyl-p-phenylenediamine)})$  با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری اندازه‌گیری شده است. در این روش ید با DPD واکنش می‌دهد تا یک رنگ صورتی ایجاد کند که شدت آن متناسب با غلظت کل مقدار ید است. اندازه‌گیری در ۵۳۰ نانومتر انجام می‌شود (Palin, A. T, 1967). هنگام برداشت تمامی نمونه‌ها، مکان نقاط توسط GPS ثبت شد.

برای اندازه‌گیری مواد آلی از روش تیتراسیون براساس دستورالعمل والکی - بلک، که مقدار کربن آلی را مشخص می‌کند استفاده گردید. در این روش، کربن آلی به روش‌های احتراق تر سرد و یا گرم تعیین می‌گردد که اساس آن تبدیل کربن به  $\text{CO}_2$  می‌باشد. پس از تخمین، کربن آلی با یک ضریب به مواد آلی مرتبط می‌شود (Walkley and Black, 1934).

۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه و عرض ۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه و در ارتفاع ۸۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۱). آب و هوای این شهر گرم و خشک است. بر اساس اطلاعات به دست آمده از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دهدشت، میانگین دمای حداقل سالانه آن ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد، و میانگین دمای حداکثر سالانه ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارش سالانه ۴۹۱ میلی‌متر گزارش شده است. ساختار زمین‌شناسی منطقه شامل سازندهای آسماری، گچساران، میشان، آغاچاری، کنگلومرا بختیاری و آبرفت‌های عهد حاضر می‌باشد (Stocklin, 1968; Alavi, 2004; Aghanabati, 2004)



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت نمونه‌ها

#### • انتخاب نقاط نمونه برداری

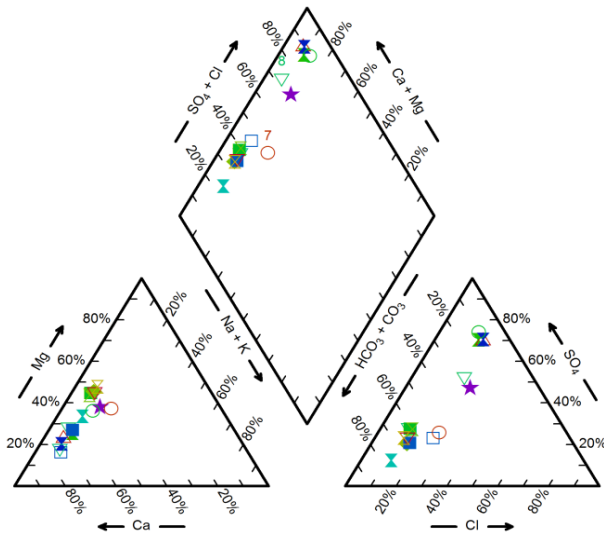
#### • نمونه‌های آب

۱۶ نمونه آب زیرزمینی از چاه‌های کشاورزی، شرب و چشمه‌های موجود در منطقه جهت آنالیز آنبون‌ها، کاتیون‌ها و ید گرفته شد (شکل ۱). عمق چاه‌ها برای آب‌های زیرزمینی بین ۸ تا ۲۰۰ متر است. هنگام برداشتن هر نمونه، مختصات جغرافیایی آن به کمک GPS ثبت شد. در محل نمونه‌برداری، بطری پلی اتیلنی ۱/۵ لیتری که از قبل با آب مقطر شسته شده بود، طی دو مرحله با آب نمونه‌برداری شسته شده و سپس با آب نمونه پر شد. دما، pH و هدایت الکتریکی هر نمونه در محل نمونه‌برداری به کمک دستگاه مولتی متر کالیبره شده مدل wtw 3420 IDS اندازه‌گیری و ثبت شد. نمونه‌ها زیر ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و برای انجام آنالیز به آزمایشگاه منتقل شدند. سدیم  $(\text{Na}^+)$  و پتاسیم  $(\text{K}^+)$  با دستگاه نورسنجی شعله، کلسیم  $(\text{Ca}^{2+})$ ، منیزیم  $(\text{Mg}^{2+})$ ، کلرید  $(\text{Cl}^-)$  و بی‌کربنات

شکل ۲ - نمودار جعبه ای مقدار ید در نمونه‌های آب

برای تعیین تیپ و رخساره نمونه های آب، نمودار پایپر در نرم افزار Rock Ware. AqQA رسم شد (شکل ۳). آنیون بی کربنات، ۶۳ درصد نمونه های آب را تشکیل می‌دهد و ۳۷ درصد باقیمانده آنیون سولفات است. کاتیون غالب کلسیم با ۹۴ درصد، و ۶ درصد باقیمانده منیزیم می‌باشد.

Piper Diagram



شکل ۳ - نمودار پایپر نمونه‌های آب

نرمال سازی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف در نرم افزار spss نسخه ۲۲ انجام شد، سپس برای بررسی همبستگی بین آنیون ید با دیگر پارامترهای فیزیکی شیمیایی، ضریب همبستگی اسپیرمن محاسبه گردید (جدول ۲).

جدول ۲ - ضریب همبستگی بین ید و دیگر پارامترها

Parameters	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	TDS	EC	pH	I
Ca <sup>2+</sup>	1										
Mg <sup>2+</sup>	0.69**	1									
Na <sup>+</sup>	0.92**	0.81**	1								
K <sup>+</sup>	0.71**	0.90**	0.76**	1							
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.37	0.62*	0.44	0.56*	1						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.87**	0.89**	0.88**	0.88**	0.57*	1					
Cl <sup>-</sup>	0.91**	0.83**	0.96**	0.76**	0.52*	0.86**	1				
TDS	0.57*	0.72**	0.65**	0.66**	0.57*	0.75**	0.64**	1			
EC	0.83**	0.91**	0.88**	0.91**	0.60*	0.98**	0.86**	0.77**	1		
pH	0.33	0.66**	0.46	0.41	0.4	0.48	0.55*	0.59*	0.48	1	
I	-0.48	-0.47	-0.43	-0.33	-0.43	-0.38	-0.49	-0.17	-0.38	-0.4	1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

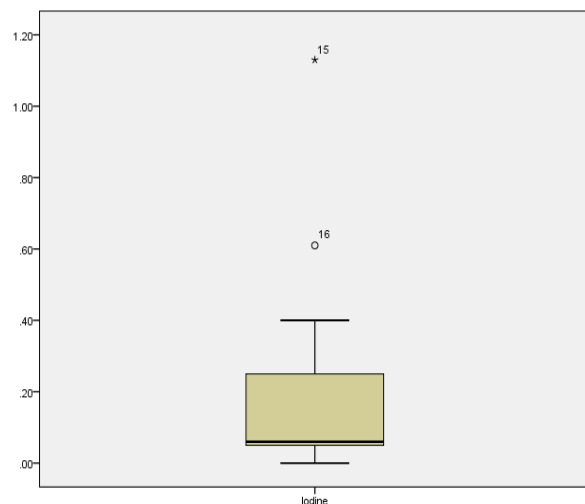
برای اندازه‌گیری مقدار pH خاک از روش ۹۰۴۵D سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ( Test Method, 1998, ) استفاده شد. برای این کار خاک عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متر را به نسبت ۱ به ۲/۵ آب مقطر، در یک بشر مخلوط کرده و بشر را به مدت ۳۰ دقیقه روی استیبر قرار داده تا کاملاً مخلوط شود، سپس مخلوط به دست آمده را به مدت یک تا دو ساعت رها کرده تا به تعادل برسد و با استفاده از دستگاه pH متر کالیبره شده، pH فاز مایع اندازه‌گیری می‌شود.

### ۳- نتایج

جدول (۱) خواص شیمیایی نمونه های آب را نشان می دهد. گستره غلظت عنصر ید در نمونه های آب از صفر تا ۱۱۳۰ میکروگرم بر لیتر متغیر است. نمودار جعبه ای مقدار ید در شکل (۲) رسم شده است.

جدول ۱ - خواص شیمیایی نمونه‌های آب

	EC	TDS	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	I
نوع جویباری	(µS/cm)	(Mg/L)		(Mg/L)	(Mg/L)	(Mg/L)	(Mg/L)	(Mg/L)	(Mg/L)	(Mg/L)	(µg/L)
۱	۲۵۷۲۸۵	۲۴۰۶۶۸	۶۸	۲۶۶	۷	۱۲	۱۲	۰	۰	۰	۲۶
۲	۲۵۶۶۱۶	۲۴۰۶۶۱	۷۸	۵۰	۱۱۹	۸۷	۵	۲۹	۲۲	۱۳	۵۰
۳	۲۵۶۲۱۲	۲۳۹۵۰۰	۷۸	۶۸	۹۶	۵۶	۹	۲۲	۲۲	۱۱	۵۰
۴	۲۵۶۶۸۷	۲۳۹۶۱۶	۷۸	۲۲	۲۶	۸۶	۹	۲۲	۲۲	۱۱	۵۰
۵	۲۵۸۰۰۷	۲۴۰۷۱۱	۷۶	۲۶	۱۲	۱۲	۱	۲۱	۲۱	۱۱	۴۰
۶	۲۶۰۷۷۷	۲۴۱۱۵۲	۷۶	۷۶	۷۸	۵۷	۲	۲۸	۲۸	۱۲	۵۰
۷	۲۶۶۲۰۲	۲۴۱۱۴۱	۸۲	۲۶	۷۸	۴	۱	۲۸	۲۸	۱۲	۵۰
۸	۲۷۲۲۲۶	۲۴۰۲۵۲	۷۶	۷۶	۸۸	۲۱	۲	۲۲	۲۲	۱۱	۶۰
۹	۲۷۵۲۱۲	۲۳۹۵۵۶	۷۵	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۷۰
۱۰	۲۷۵۲۱۲	۲۳۹۵۵۶	۷۷	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۶۰
۱۱	۲۷۵۲۱۲	۲۳۹۵۵۶	۷۷	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۱۴۰
۱۲	۲۷۵۲۱۲	۲۳۹۵۵۶	۷۶	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۶۰
۱۳	۲۷۰۱۹۷	۲۴۰۲۲۲	۷۷	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۰
۱۴	۲۶۰۱۲۹	۲۴۰۰۰۰	۷۸	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۷۰
۱۵	۲۶۹۲۸۸	۲۴۰۲۲۲	۷۸	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۱۱۳۰
۱۶	۲۶۹۲۸۸	۲۴۰۲۲۲	۷۶	۲۶	۲۶	۱۲	۱	۲۲	۲۲	۱۱	۶۰



مقدار میانگین ید در نمونه‌های جمع‌آوری شده ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر است شکل (۲). سازمان بهداشت جهانی به دلیل متغیر بودن شرایط ید و همچنین نبود مطالعه کافی جهت تعیین استاندارد، راهنمای موقتی برای مقدار ید در آب آشامیدنی ندارد (Li J et al., 2013). دولت چین سطح (۳۰۰-۱۵۰ میکروگرم بر لیتر) را به عنوان سطوح سمی در آب‌های زیرزمینی قرار داده است. عمق چاه‌های نمونه‌برداری بسته به چاه کشاورزی یا شرب، ۲۰۰ - ۷ متر، و اندازه دانه‌های خاک عمدتاً ماسه ریزدانه می‌باشد. نمونه‌هایی که دارای بیشترین مقدار غلظت ید هستند از چاه‌های با عمق بین ۲۰۰-۷۰ متر هستند. بر اساس مطالعات هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی دارای ید بالا از حوضه داتونگ چین، مشخص شد که مقدار بالای ید حوضه در چاه‌های عمیق بوده است (Li J et al., 2013). در مرکز حوضه جایی که جریان آب‌های زیرزمینی کند است شرایط کاهشی حاکم است که برای غنی‌سازی ید در آب‌های زیرزمینی مناسب است. آب‌های عمیق دارای مقدار ید بیشتری نسبت به آب‌های کم‌عمق هستند (Junxia Li et al., 2017). مقدار ید در آب، اطلاعاتی را در ارتباط با تحرک‌پذیری آن در محیط نشان می‌دهد (Fuge and Johnson, 1986). (Li J et al., 2013) دریافتند که ید بالای نمونه‌های آب زیرزمینی با مقدار pH رابطه دارد که نشان می‌دهد شرایط قلیایی غنی‌سازی ید را در آب‌های زیرزمینی فراهم می‌کند.

با توجه به شکل (۳)، تیپ آب، بی کربناته و سولفات است و رخساره غالب کلسیک می‌باشد. سازندهای آهکی و تبخیری، وجود کلسیم، بی کربنات و سولفات را تأیید می‌کند. سازند تبخیری گچساران نیز بخش گسترده‌ای از منطقه را پوشش می‌دهد بنابراین ژپیس و انیدریت منشأ سولفات هستند، که همبستگی مثبت و قوی (۰/۸۷) بین  $Ca^{2+}$  و  $SO_4^{2-}$  نشانگر این ارتباط است.

منابع طبیعی کلسیم در آب‌ها، کانی‌های کلسیت، آراگونیت، دولومیت، ژپیس، انیدریت، می‌باشد و خروج آن از طریق رسوب کانی‌های کلسیت و ژپیس صورت می‌گیرد (Hounslow, 2018). همبستگی مثبت و بالای بین  $Ca^{2+}$ ،  $SO_4^{2-}$  و  $Mg^{2+}$  (جدول ۲)، نشان می‌دهد که کلسیم از کانی‌های ژپیس، انیدریت و آنکریت آزاد می‌شود، که وجود سازندهای کربناتی و همچنین نتایج پراش پرتو ایکس وجود درصد بالای چنین کانی‌هایی در محیط را تأیید می‌کند (جدول ۳).

جهت بررسی تأثیر سنگ‌شناختی، فازهای کانیایی موجود در نمونه‌های سنگ با کمک آنالیز پرتو پراش ایکس تعیین شدند و نتایج در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- نتایج آنالیز پرتو پراش ایکس

شماره نمونه	نام کانی (به ترتیب فراوانی)
۱	کلسیت آنکریت کوارتز
۲	کلسیت کوارتز
۳	ژپیس کوارتز
۴	کلسیت کوارتز
۵	کلسیت کوارتز دولومیت پالیگورسکیت

جهت بررسی تأثیر pH و مواد آلی بر مقدار ید در خاک، اندازه‌گیری pH و مواد آلی انجام شد و نتایج در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴ - مقدار ید، مواد آلی و pH نمونه‌های خاک

شماره نمونه	pH	مقدار مواد آلی (%)	ید (ppm)
۱	۷/۲۴	۰/۹۸	ND
۲	۷/۱۰	۰/۴۲	ND
۳	۷/۱۳	۰/۵۲	ND
۴	۷/۲۴	۰/۲۵	ND
۵	۷/۴۳	۰/۴۴	ND
۶	۷/۸۸	۰/۱۳	ND
۷	۷/۴۸	۰/۱	ND
۸	۸/۳۶	۰/۶۲	ND
۹	۷/۷۴	۰/۷۴	ND
۱۰	۸/۰۶	۰/۰۰۲	ND
۱۱	۸/۵۰	۰/۰۰۲	ND
۱۲	۸/۱۹	۰/۲۹	ND
۱۳	۷/۹۲	۳/۱۲	ND
۱۴	۸/۱۳	۰/۳۳	ND
۱۵	۸/۰۰	۰/۳۶	ND
۱۶	۷/۵۹	۰/۰۰۲	ND
۱۷	۷/۶۳	۰/۵۳	ND
۱۸	۷/۴۹	۰/۰۷	ND
۱۹	۷/۶۴	۰/۰۰۲	ND
۲۰	۷/۶۰	۰/۳۸	ND

نمونه‌های آب در این منطقه متأثر از زمین‌شناسی سنگ آهکی منطقه است. همچنین تأثیر سنگ آهک بر شیمی آب در این منطقه توسط Alloway, B. J. (1995) گزارش شده است. در این منطقه افزایش مربوط به pH خاک باعث کاهش غلظت یون در آن می‌شود که تحرک یون در خاک با pH بالا کاهش می‌یابد. مطابق با (جدول ۴)، مقدار یون در نمونه‌های خاک بسیار ناچیز و غیرقابل اندازه‌گیری بوده است که با ND نشان داده شده است.

وضعیت pH نقش مهمی در جنش و انتقال یون بین خاک و آب‌های زیرزمینی دارد (Steinberg et al., 2008). میانگین pH نمونه‌های خاک ۷/۷۳ می‌باشد (جدول ۴). قلیایی بودن نمونه‌ها متأثر از سنگ‌های آهکی منطقه است و به وسیله حفظ pH بیشتر از ۷، تحرک عناصر کمیاب را محدود می‌کند. آن چه که در ارتباط با گواتر آندمیک اهمیت بیشتری دارد فراهمی زیستی یون از خاک است (Johnson, 2003; Stewart et al., 2003). مطالعات بسیاری در ارتباط با تأثیر pH بر غلظت یون در خاک انجام شده است (Whitehead, 1973b; Perel'man, 1977; Chilean Iodine Education Bureau, 1956). مطالعات انجام شده توسط (Whitehead, 1977) مقدار یون را در pH بالا نشان داده است. پژوهش‌های دفتر مطالعاتی یون در شیلی نشان داده است که pH بالا نمی‌تواند باعث ابقا یون (در خاک) شود (Chilean Iodine Education Bureau, 1956). در مطالعات انجام شده توسط (Whitehead, 1973b) هیچ رابطه‌ای بین pH و مقدار یون وجود ندارد. آهن و یا اکسید آلومینیوم در جذب یون در خاک، نقش مؤثری را در  $pH < 5$  دارند که این امر جذب یون را کاهش می‌دهد. همچنین جذب یون در  $pH < 6$  احتمالاً ناشی از مواد آلی خاک است. مطالعات انجام شده توسط (Whitehead, 1973b; Sheppard and Thibault, 1992) نشان داد که با افزایش عمق خاک و کاهش مواد آلی، جذب یون کاهش بسیاری دارد. نقش مهم مواد آلی با ایجاد پیوند با یون در باندهای آلی مشخص می‌شود (Yu et al., 1996). شکل یون در pH‌های مختلف متفاوت است. شکل شیمیایی یون در خاک، در تحرک یون مؤثر است. یون یا یون آزاد نوع غالب یون در خاک‌های اسیدی است. در حالی که یون در خاک‌های قلیایی وجود دارد. در شرایط قلیایی یون به یون تبدیل می‌شود که پایدارتر و بی‌تحرک است. همچنین  $Fe^{3+}$  و  $SO_4^{2-}$  و کاهش باکتری‌ها در خاک‌ها، می‌تواند یون را به یون تبدیل کند که به کنترل Eh بر روی شکل یون تأکید شده است (Johnson, C.C, 2003). برخی از فاکتورهای بی‌هوازی مانند باکتری‌های کاهش نیترات می‌توانند از یون به عنوان گیرنده‌ی الکترون استفاده کنند و

جدول ۲ ضریب همبستگی بین انحلال یون و دیگر پارامترهای اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. مقدار یون آب‌های سطحی می‌تواند به عنوان شاخص یون محیط‌زیست باشد (Perel'man, 1977 and Koutras, 1986). به علاوه بر اساس مطالعات (Fuge, 1989) نشان داده شده که اگر چه مقدار یون در آب‌های سطحی می‌تواند نشانه عمومی از وضعیت یون در محیطی محلی و خاص باشد اما گواتر آندمیک همچنان در بعضی مناطقی که دارای مقدار بالای یون در آب‌های سطحی هستند شایع است. بالا بودن  $Ca^{2+}$  محیط باعث می‌شود که کلسیم همراه با یون در ماتریس خاک محکم و پایدار نگه داشته شود و یون به شکل غیرمحرک در محیط وجود داشته باشد (Mehra et al., 2014). جذب یون در کلسیت، کلریت، زئولیت، مونتموریلونیت، کوارتز و ورمیکولیت در مقادیر بسیار ناچیز است (Kaplan et al., 2000). در حالی که ظرفیت جذب یون  $(IO_3^-)$  تا ۲ مرتبه بیشتر از یونید (I) است (Dai et al., 2009). بنابراین توانایی جذب نسبتاً پایین یونید دلیل احتمالی غنی‌سازی یونید در آب‌های زیرزمینی است (Junxia Li et al., 2017). همچنین تبدیل در میان گونه‌های یون ممکن است غنی‌سازی یونید در آب‌های زیرزمینی را افزایش دهد (Li J et al., 2013; Wong et al., 1991).

محیط‌ها و رفتارهای بیولوژیکی مختلف بر وجود گونه‌های یون اثرگذار می‌باشند. برای مثال پیوند نسبتاً بالایی برای یونید بر روی اکسیدهای آهن در مقایسه با یونید وجود دارد (Hu Q et al., 2005). یونید نوع غالب یون در نمونه‌های آب‌های زیرزمینی است. وجود یونید آب‌های زیرزمینی عمدتاً در محیط‌های اکسایشی است و در شرایط احیا یونید گونه غالب یونید است (Junxia Li et al., 2017). در محیط‌های آبی تحرک یونید به گونه یونید وابسته است که گونه‌های مختلف یونید رفتار ژئوشیمیایی متفاوتی دارد. شرایط کاهش باعث غنی‌سازی یونید در آب‌های زیرزمینی می‌شود که به علت آفینیتت پایین گونه‌های یونید بر روی سطوح معدنی و مواد آلی، یونید و یونید آلی در آب و خاک به یونید متحرک تبدیل می‌شوند که به راحتی وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود (J. L. Dai et al., 2004; Q. Hu et al., 2005; Steinberg S. M et al., 2008; Shimamoto Y. S et al., 2011; Junxia Li et al., 2017).

بر اساس مطالعات (Mehra et al., 2014) در منطقه سنگ آهکی انگلستان که از شیل‌های سیاه دریایی، شن، و با شیل‌های متناوب و ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌هایی از زغال‌سنگ تشکیل شده است، نشان می‌دهد که مقدار یونید در نمونه‌های آب بالاست و همچنین pH نمونه‌های آب قلیایی است و بالا بودن pH

مواد آلی خاک را نشان می‌دهد، مقدار نسبتاً بالای مواد آلی در خاک فرآیندهای زیست تخریبی از مواد آلی و یا ید آلی می‌تواند شرایط کاهشی را تولید کند. شرایط کاهشی و قلیایی برای تحرک ید در آب مناسب هستند. چنین نتیجه‌ای منطبق بر کارهای ( Li et al., 2013 ) است.

با توجه به غلظت بالای ید در چاه‌های عمیق، عمق چاه تأثیر مثبت بر مقدار ید دارد.

مقدار pH و کلسیم بالا ناشی از حضور سازندهای آهکی باعث کاهش تحرک ید در منطقه می‌شوند.

محیط قلیایی و احیایی شرایط را برای تحرک و غنی‌سازی ید در آب‌های زیرزمینی فراهم کرده است.

فرآیندهای میکروبی در رسوبات، محیط کاهشی مناسب را برای کمک به تحرک ید در سیستم‌های آبی فراهم می‌کند.

سپس یودات در نهایت به یدید کاهش پیدا می‌کند ( Amachi et al., 2007 ).

فعالیت‌های زیستی معمولاً به عنوان یک عامل مهم در غنی‌سازی آب‌های زیرزمینی هستند ( Councell et al., 1997; MacLean et al., 2004 ). با توجه به جدول ۴ که مقدار

#### ۴- نتیجه‌گیری

کاتیون غالب موجود در آب‌های زیرزمینی کلسیم است و به دنبال آن منیزیم، سدیم و پتاسیم است. آنیون غالب بی‌کربنات، سولفات و سپس کلرید است.

انحلال سنگ آهک و سولفات فرآیندهای اصلی ژئوشیمیایی مسئول برای کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه هستند.

فعالیت‌های زیستی در غنی‌سازی ید در آب‌های زیرزمینی از طریق تخریب مواد آلی و ترکیبات آلی مؤثر هستند.

#### منابع

- Aghanabati, A., (2004). Geology of Iran. GSI, p 586.
- Alavi, M., (2004). Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. Am J Sci 304:1-20.
- Alloway, B. J., (1995). Heavy Metals in Soils (2nd ed.). London: Blackie Academic and Professional.
- Amachi S, Kawaguchi N, Muramatsu Y, Tsuchiya S, Watanabe Y, Shinoyama H, Fujii T., (2007). Dissimilatory iodate reduction by marine Pseudomonas sp strain SCT. Appl Environ Microbiol; 73: 5725-5730.
- Azizi, F., Kimiagar, M., Nafarabadi, M., Yassai, M., (1990). Current of Iodine Deficiency Disorders in the Islamic Republic of Iran EMR Health serv, 8, 23-27.
- Chilean Iodine Education Bureau (CIEB), (1956). Geochemistry of iodine. London: Shenval Press.
- Dai JL, Zhang M, Hu QH, Huang YZ, Wang RQ, Zhu YG., (2009). Adsorption and desorption of iodine by various Chinese soils: II. Iodide and iodate. Geoderma; 153: 130-135.
- Delange, F., (1994). The disorders induced by iodine deficiency. Thyroid, 4, 107-128.
- Fraga, C.G., (2005). Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. Molecular Aspects of Medicine, 26, 235-244.
- Fuge, R, and Johnson, C C., (1986). The Geochemistry of Iodine - a Review. Environmental Geochemistry and Health, Vol. 8, 31-54.
- Fuge, R., (1988). Sources of halogens in the environment, influences on human and animal health. Environ. Geochem. Health 10, 51-61.
- Fuge, R., (1989). Iodine in waters; possible links with endemic goitre. Applied Geochemistry, Vol. 4, 203-208.
- Fuge, R., (2005). Soils and iodine deficiency, In: Essentials of Medical Geology: Impacts of the natural environment on public health. (Selinus, O. Ed.), (417-433), Elsevier.
- Greenwood NN, Earnshaw A. Az elemek kemiaja, Nemzeti Tankönyvkiado, Budapest., (1999). 1073-240.
- Hounslow, A., (2018). Water quality data: analysis and interpretation. CRC press.
- Hu Q, Zhao P, Moran JE, Seaman JC., (2005). Sorption and transport of iodine species in sediments from the Savannah River and Hanford Sites. J Contam Hydrol; 78: 185-205.
- J. L. Dai, M. Zhang and Y. G. Zhu, Environ. Int., (2004). 30, 525-530.
- Johnson, C.C., (2003b). The Geochemistry of Iodine and its Application to Environmental Strategies for Reducing the Risk from Iodine Deficiency Disorders. British Geological Survey. Report CR/03/057N.
- Junxia, Li., Kun, Qian., Yijun, Yang., Xianjun, Xie., (2017). Iodine speciation and its potential influence on iodine enrichment in groundwater from North China Plain. Procedia Earth and Planetary Science, 17, PP. 312 - 315.
- Kaplan DI, Serne RJ, Parker KE, Kutnyakov IV., (2000). Iodide sorption to subsurface sediments and illitic minerals. Environ Sci Technol; 34: 399-405.
- Kelly, F.C. and Sneddon, F.W., (1960). Prevalence and distribution of endemic goitre In: Endemic Goitre. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, pp.27-233.

- Korobova, E., (2010). Soil and landscape geochemical factors which contribute to iodine spatial distribution in the main environmental components and food chain in the central Russian plain. *J. Geochem. Explor.* 107, 180-192.
- Koutras, D A., (1986). Iodine distribution, availability, and effects of deficiency on the thyroid. 15-26 in *Towards the Eradication of Endemic Goiter, Cretinism, and Iodine Deficiency*. Dunn, J T, Pretell, C H, Daza, C H, and Viteri, F E (editors). (Washington DC: Pan American Health Organisation.).
- Li, J., Wang, Y., Xie, X., Zhang, L., Guo, W., (2013). Hydrogeochemistry of high iodine groundwater: a case study at the Datong Basin, northern China. *Environ. Sci. Process. Impacts* 15, 848-859.
- Li, J., Wang, Y., Guo, W., Xie, X., Zhang, L., Liu, Y., Kong, S., (2014). Iodine mobilization in groundwater system at Datong basin, China: evidence from hydrochemistry and fluorescence characteristics. *Sci. Total Environ.* 468/469, 738-745.
- L. C. W. MacLean, R. E. Martinez and D. A., (2004). Fowle, *Chem. Geol.* 212, 229-238.
- Mehra, A., Saikat, S.Q., Carter, J.E., (2014). Bioavailability of iodine in the UK-Peak environment and its human bioaccessibility: an assessment of the causes of historical goitre in this area. *Environ Monit Assess*, 186: 987-999.
- Moran, J.E., Oktay, S.D., Santschi, P.H., (2002). Sources of iodine and iodine 129 in rivers. *Water Resour. Res.* 38, 1149. <http://dx.doi.org/10.1029/2001WR000622>.
- Muramatsu, Y., Wedepohl, K.H., (1998). The distribution of iodine in the earth's crust. *Chem. Geol.* 147, 201-216.
- Muramatsu, Y., Yoshida, S., Fehn, U., Amachi, S., Ohmomo, Y., (2004). Studies with natural and anthropogenic iodine isotopes: iodine distribution and cycling in the global environment. *J. Environ. Radioact.* 74, 221-232.
- Negri, A.E., Fernandez Niello, J.O., Wallner, A., Arazi, A., Fifield, L.K., Tims, S.G., (2013). 129I dispersion in Argentina: concentrations in fresh and marine water and deposition fluences in Patagonia. *Environ. Sci. Technol.* 47, 9693-9698.
- Palin, A.T., (1967). DPD Method for Testing dissolved residual used as disinfectant in process water, treated water estuary and sea water. *Inst. water Eng.* 21(6), pp.537-547.
- Perel'man, A I., (1977). Iodine. 266 in *Geochemistry of Elements in the Supergene Zone.*, Jerusalem, Keterpress Enterprises.
- Q. Hu, P. Zhao, J. E. Moran and J. C. Seaman, *J. Contam.*, (2005). *Hydrol.* 78, 185-205.
- Sheppard, M I, and Thibault, D H., (1992). Chemical Behavior of Iodine in Organic and Mineral Soils. *Applied Geochemistry*, Vol. 7, 265-272.
- Snoeyink V, Jenkins D., (1980). *Water chemistry*. New York: John Wiley and Sons. 402-3.
- S. M. Steinberg, G. T. Schmett, G. Kimble, D. W. Emerson, M. F. Turner and M. Rudin, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, (2008). 277, 175-183.
- Stewart, A. G., Carter, J., Parker, A., & Alloway, B. J., (2003). The illusion of environmental iodine deficiency. *Environmental Geochemistry and Health*, 25, 165-170.
- Stocklin, J., (1968). Structural history and tectonics of Iran; a review. *AAPG Bull* 52(7):1229-1258.
- T. B. Cuncell, E. R. Landa and D. R., (1997). *Lovley, Water, Air, Soil Pollut.* 100, 99-106.
- Walkley, A., and Black, I. A., (1934). An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.
- Whitehead, D. C., (1973b). The sorption of iodide by soil as influenced by equilibrium conditions and soil properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 547-556.
- Whitehead, D.C., (1974). The sorption of iodide by soil components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25(1), pp.73-79.
- Whitehead, D.C., (1979). Iodine in the U.K. environment with particular reference to agriculture. *J. Appl. Ecol.* 16, 269-279.
- Whitehead, D.C., (1984). The distribution and transformations of iodine in the environment. *Environ. Intern.* 10, 321-339.
- Wong GTF. The marine geochemistry of iodine. *RvAqS* (1991); 4: 45-73.
- Y. S. Shimamoto, Y. Takahashi and Y., (2011). *Terada, Environ. Sci. Technol.* 45, 2086-2092.
- YU, Z S, Warner, J A, Dahlgren, R A, and Casey, W H., (1996). Reactivity of iodide in volcanic soils and noncrystalline soil constituents. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 60, 4945-4956.