

## تاثیر آب شور خلیج فارس بر روی کیفیت آب زیرزمینی دشت عسلویه و تعیین منشا آنومالی کلرید سدیم

زهرا سجادی میان آب<sup>۱</sup>، نصرا... کلانتری<sup>۲</sup>، جابر مظفری زاده<sup>۳</sup>

نویسنده مسئول: خوزستان، اهواز، بلوار گلستان، دانشگاه شهید چمران، دانشکده علوم زمین، گروه زمین شناسی zahrasajadi92@yahoo.com

پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۸

دریافت: ۹۰/۰۸/۲۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** در استان بوشهر، کیفیت آب زیرزمینی به خصوص در مناطق ساحلی به دلیل فعالیت‌های صنعتی و تراکم جمعیتی از اهمیت بسیاری برخوردار است. شوری آب زیرزمینی دشت عسلویه از سمت ارتفاعات به سمت خلیج فارس افزایش یافته و در برخی نقاط ساحل حتی برای مصارف کشاورزی غیر قابل استفاده می‌شود.

**روش بررسی:** جهت ارزیابی منشا آنومالی کلریدی، نمونه‌هایی از آب زیرزمینی چاه‌های موجود در دشت آنالیز و از نظر نسبت یونی با آب خلیج فارس مقایسه شدند. همچنین دیگرام‌های مختلف نمونه‌های آب تهیه و دلایل شوری آب دشت عسلویه مشخص گردید.

**یافته‌ها:** نتایج آنالیزهای شیمیایی مشخص‌کننده شوری بیش از حد آب زیرزمینی دشت به خصوص در مجاورت دریاست. براساس ماتریس همبستگی، بیشترین میزان همبستگی بین یون‌های سدیم و کلر مشاهده می‌گردد.

**نتیجه‌گیری:** دلایل شوری آب زیرزمینی در این دشت مختلف و ناشی از انحلال هالیت و ژپس سازنده‌های اطراف، افزایش ناگهانی کلرید سدیم در برخی از قسمت‌های دشت و تشکیل تیپ آب کلروره سدیک است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که آب زیرزمینی منطقه عسلویه دارای تیپ کلروره - سدیک بوده و از نظر شرب در رده غیر قابل شرب قرار دارند.

**واژگان کلیدی:** خلیج فارس، عسلویه، کیفیت آب زیرزمینی، شوری، آنومالی کلرید سدیم

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دکترای زمین شناسی، استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز

۳- کارشناس ارشد هیدرولوژی، شرکت آب منطقه‌ای بوشهر

## مقدمه

در مناطق ساحلی محدودیت‌های فراوانی برای استفاده از منابع آب‌های شیرین حاکم است. سفره‌های ساحلی معمولاً به دو دلیل مورد توجه قرار گرفته‌اند: (۱) شوری آب‌های شیرین زیرزمینی به علت پمپاژ از سفره‌های ساحلی (۲ و ۱) فعالیت‌های دیاژنتیکی منحصربه‌فرد در منطقه اختلاط آب‌های شور و شیرین (۳ و ۲) طبق مطالعات، آب شور و شیرین سیالانی غیرقابل امتزاج بوده که توسط یک سطح از یکدیگر جدا می‌شوند (۴). این سطح که در گزارشات گاهی به صورت یک خط و گاهی یک صفحه متصور می‌شود، دارای شکل و موقعیت خاصی است که به چگالی دو نوع آب بستگی دارد. در حالت تعادل هیچ کدام از این دو، اجازه گذر از سطح تماس را ندارند، بنابراین در بسیاری از تحقیقات انجام شده در مورد نفوذ آب شور در سفره‌های ساحلی، یک فرض را می‌پذیرند و آن غیرقابل مخلوط بودن آب‌های شور و شیرین و ایجاد یک سطح تماس خطی بین آنهاست. حرکت آب شیرین به سمت ساحل باعث جریان حلقه‌های آب شور دریا شده و این سبب ایجاد یک منطقه اختلاط بین این دو آب می‌گردد (۵). این منطقه اختلاط به عنوان بخشی از سفره شناخته می‌شود که در آن شوری به تدریج با زیاد شدن عمق سفره و به سمت ساحل افزایش می‌یابد (۶). موقعیت و شکل این ناحیه اختلاط، مهم‌ترین عامل در اعمال یک مدیریت بهینه در سفره‌های ساحلی است (۷)، زمانی که مناطق ساحلی گسترش می‌یابند و به دنبال آن برداشت از سفره‌های ساحلی افزایش می‌یابد، آب‌های شور به سمت سفره ساحلی گسترش پیدا می‌کنند و باعث کاهش حجم آب شیرین قابل استفاده سفره می‌شوند. در زمینه نفوذ آب شور در آبخوان‌های ساحلی مطالعات زیادی صورت گرفته است. علل شوری برخی از چشمه‌ها در آبخوان ساحلی باکار با استفاده از مطالعات ژئوتکنیکی و هیدروژئوشیمیایی نشان داد، فرایند کارستی شدن در این آبخوان ساحلی تا عمق حدود ۱۵۰ متر، باعث به وجود آمدن معابری شده است که آب زیرزمینی را در تماس مستقیم با آب دریا قرار می‌دهد (۸). در

فصول خشک، کاهش ریزش‌های جوی و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی باعث گسترش منطقه تدریجی بین آب شور و شیرین و هجوم آب شور به سمت آبخوان کارستی و در نتیجه شوری برخی از چشمه‌های کارستی در دوره‌های خشک شده است. با رفتارسنجی و مطالعات هیدروژئوشیمی براساس مشاهدات غلظت یون کلر در پنج حلقه چاه، توانست نفوذ آب شور را در آبخوان شمالی آلبانی به اثبات برساند (۹). با استفاده از نقشه‌های هم‌میزان، تغییرات مکانی و زمانی یون‌ها در جنوب شرقی جورجیا و نمودارهای ترکیبی، نفوذ آب شور اثبات گردید (۱۰). برای مطالعه نفوذ آب شور در ناحیه ابوزنیم در غرب سینا از ۶۰ سونداژ الکتریکی قائم شلومبرژه استفاده گردید و با توجه به نقشه‌های هم‌مقاومت مرز آب شور و شیرین را مشخص شد (۱۱). بر اساس بررسی به عمل آمده علت شوری بالای آب زیرزمینی در حوضه Geropotamos تاثیر دو عامل نفوذ آب دریا یا واکنش متقابل آب با تبخیری‌های میوسن است (۱۲). افزایش میزان شوری در خاک و آب منطقه جنوب تایلند، بعد از سونامی ۲۰۰۴ اقیانوس هند مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده هجوم آب شور دریا باعث افزایش میزان نمک موجود در خاک و آب منطقه و آسیب به محصولات کشاورزی گردیده است (۱۳).

در تحقیق دیگری پیشروی آب شور دریا در آبخوان ساحلی دشت ساری نکا بررسی شد و از لحاظ کمی و کیفی و مناطق کم‌تراکم و پرتراکم منابع آب زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پیشروی آب دریا به آبخوان ساحلی وقتی اتفاق می‌افتد که یا سطح آب زیرزمینی منطقه به دلیلی پایین افتد و ذخیره آبی سفره زمینی کاهش یابد و یا این که سطح آب دریا به دلیلی افزایش یابد (۱۴). در مطالعه‌ای با عنوان شبیه‌سازی اثر پیشروی آب شور بر تخلیه آلاینده‌ها در آبخوان ساحلی زیرحوضه تالار، نتایج نشان داد که انتقال آلاینده‌ها در آبخوان‌های ساحلی و تخلیه آنها به دریا به شدت تحت تاثیر پیشروی آب شور و نوسانات سطح آب دریا قرار دارد. نتایج شبیه‌سازی پیشروی آب شور در زیر حوضه تالار نشان داد که

بگیرند (تا ۲ میلی گرم در لیتر) در آب‌های سنگ آهک کربنات بسیار بیشتر از نمک‌های دیگر است (۱۷).  
توانایی در شناختن تاثیر پارامترهای زمین‌شناسی و اقلیمی بر موقعیت و شکل منطقه اختلاط در سفره‌های ساحلی، توانایی ما را در حفظ موقعیت و میزان آب شیرین قابل استفاده در سفره افزایش می‌دهد. آبخوان عسلویه به دلیل مجاورت خلیج فارس تحت تاثیر نفوذ آب شور دریا قرار دارد و آب اکثر چاه‌های منطقه نیز متاثر از این نفوذ دارای کیفیت نامناسبند. برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی چه از لحاظ آب شرب و چه از نظر کیفیت آب برای آبیاری از داده‌های حاصل از آنالیز دی‌گرام‌های شولر و ویلکوکس استفاده شده است. نمودار ویلکوکس که برای تقسیم بندی آب آبیاری به کار می‌رود دارای ۱۶ منطقه است (جدول ۱)، آب‌هایی که در منطقه  $C_1S_1$  واقع شده‌اند، دارای بهترین کیفیت و آب‌هایی که در منطقه  $C_4S_4$  قرار دارند نامناسب‌ترین کیفیت را از نظر کشاورزی داراست.

در ناحیه غربی زیرحوضه، ارتفاع فصل مشترک به سمت بالا حرکت کرده است و سبب تشکیل مخروط رو به بالا شده است بدین معنی که آبخوان در این ناحیه مورد هجوم آب شور دریا قرار گرفته است (۱۵). مطالعه دیگری با عنوان پیشروی دریا و محدودیت توسعه منابع آب زیرزمینی در استان گلستان انجام گرفته است که در این مطالعه به دلیل پیشروی آب شور دریا و هزینه‌های بالای دسترسی به آب‌های زیرزمینی امکان توسعه منابع آب زیرزمینی به مقدار زیاد وجود ندارد، راهکارهایی مبنی بر محدود کردن بعضی از مکان‌ها در مصرف آب مدنظر قرار گرفت (۱۶). در مطالعه‌ای با عنوان بررسی وضعیت میکروبیولوژیکی آب چاه‌های سطحی در روستاهای آمل بیان شده است، کربنات کلسیم همراه با سولفات کلسیم مهم‌ترین عنصر کانی آب‌های زیرزمینی را تشکیل می‌دهند. در آب‌های چشمه عیار سولفات کلسیم پایین‌تر از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر است. اما برخی آب‌ها (آب‌های گچی) که در نزدیکی بستر گچی به زیرزمین می‌روند ممکن است بار سولفات کلسیم

جدول ۱: تعیین میزان شوری آب آبیاری بر اساس EC و TDS

ردیف	رده آب	نوع کیفیت آب برای کشاورزی
۱	$C_1S_1$	شیرین - برای کشاورزی کاملاً بی ضرر
۲	$C_1S_2, C_2S_2, C_2S_1$	کمی شور- برای کشاورزی تقریباً مناسب
۳	$C_1S_3, C_2S_3, C_3S_1, C_3S_2, C_3S_3$	شور- برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم
۴	$C_1S_4, C_2S_4, C_3S_4, C_4S_4, C_4S_3, C_4S_2, C_4S_1$	خیلی شور- مضر برای کشاورزی

جدول ۲: معیارهای استاندارد کیفیت آب شرب طبق نظر شولر

ردیف	کیفیت آب	TDS (mg/l)	T.H (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)
۱	خوب	<۵۰۰	<۲۵۰	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱۴۵
۲	قابل قبول	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۱۵-۲۳۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۴۵-۲۸۰
۳	نامناسب	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۳۰-۴۶۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۸۰-۵۸۰
۴	بد	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۴۶۰-۹۲۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰
۵	قابل شرب در شرایط	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۹۲۰-۱۸۴۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۱۱۵۰-۲۲۴۰
۶	غیر قابل شرب	>۸۰۰۰	>۴۰۰۰	>۱۸۴۰	>۲۸۰۰	>۲۲۴۰

کنگان واقع شده است، موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

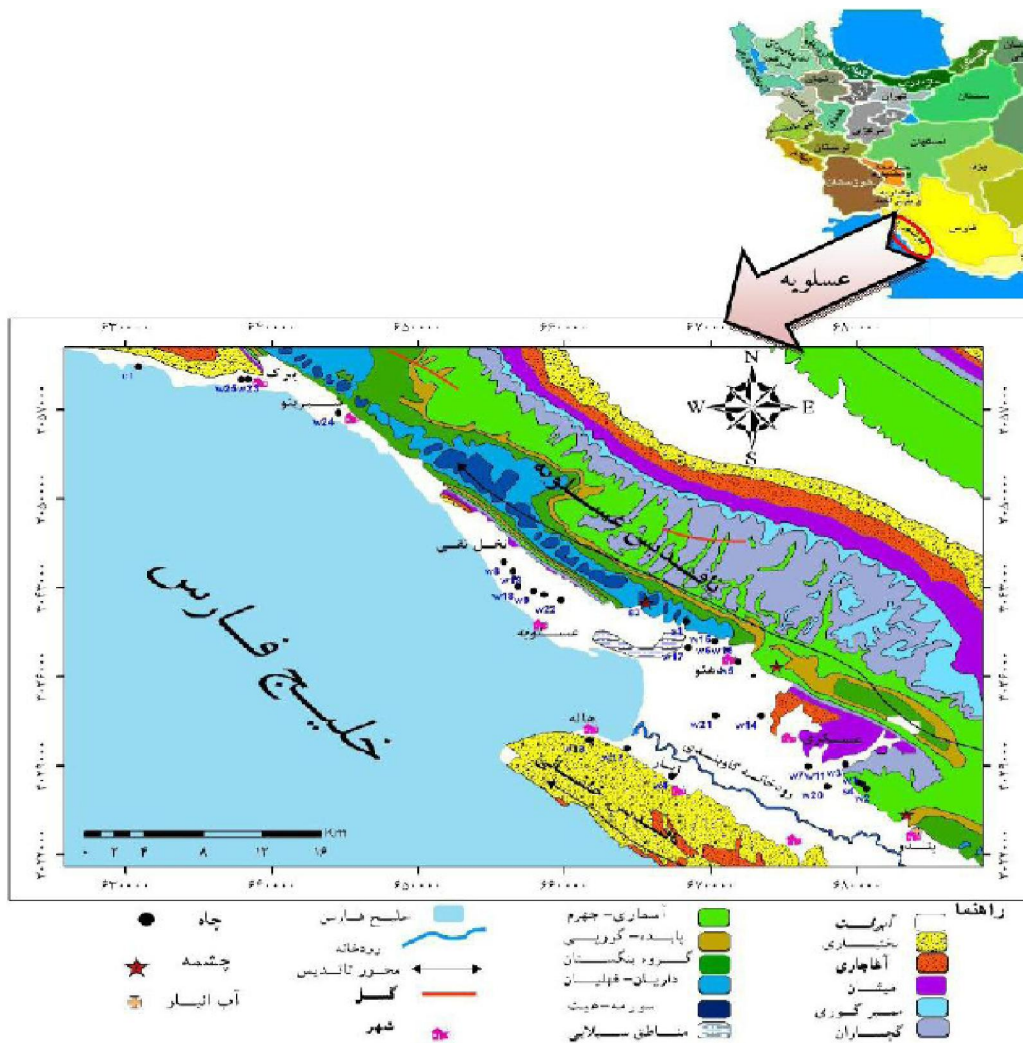
دشت عسلویه به صورت یک ناودیس است که ارتفاعات شمالی آن سازندهای آسماری جهرم و گروه بنگستان و ارتفاعات جنوبی آن سازندهای آجاجاری و بختیاری است. آبرفت‌های حاشیه شمالی دانه درشت بوده و به سمت قسمت‌های جنوبی و میانی دانه ریزتر می‌شوند، قسمت عمده تغذیه سفره آب زیرزمینی از ارتفاعات شمالی و نیز تغذیه از رودخانه گاوبندی است. بیشترین گستردگی سازندها در منطقه متعلق به آبرفت کوتاه‌تر، سازند گچساران و آسماری - جهرم است.

یکی از معیارهای طبقه‌بندی آب از لحاظ شرب، تقسیم بندی شولر است. این تقسیم بندی در جدول ۲ نشان داده شده است.

هدف از این تحقیق بررسی میزان نفوذ آب دریا و تشخیص نوع شوری آب منطقه (سازندی و یا نفوذ آب دریا) بوده است.

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

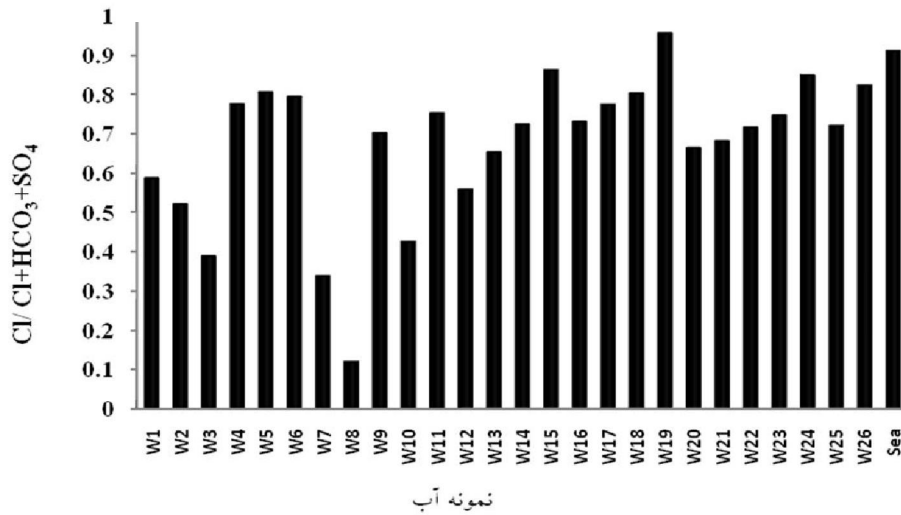
منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی استان بوشهر در کمربند ساحلی خلیج فارس و در زون زاگرس در محدوده بین عرض جغرافیایی ۲۷° ۲۸' تا ۲۷° ۵۰' ۱۱' شمالی و طول ۵۲° ۳۶' ۵۲' تا ۵۲° ۴۶' ۴۹' شرقی در بخش آبرفتی بین مناطق عسلویه تا



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه برداری

جدول ۳: نتایج آنالیز شیمیایی چاه‌های منطقه عسلویه- اردیبهشت ۱۳۸۹ (یون‌های اصلی و TDS بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و EC بر حسب  $\mu\text{mohs/cm}$ )

TDS	EC	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	K	Na	Mg	Ca	کد	چاه
۳۰۲۰	۴۸۳۶	۱۱۳۴	۵۵۲/۴	۲۴۴/۱	۱۴/۴۷	۶۸۳/۳	۹۱/۱۴	۳۰۰/۶	W <sub>1</sub>	سموی شمالی ۱
۳۵۳۲	۵۰۷۸	۱۲۰۵	۸۶۴/۶	۲۴۴/۱	۱۳/۶۸	۷۸۳	۱۲۱/۵	۳۰۰/۶	W <sub>2</sub>	سموی شمالی ۲
۱۶۷۱	۲۴۷۳	۴۴۳/۲	۳۶۰/۲	۳۳۵/۶	۵/۴۷۴	۳۲۰	۶۶/۸۴	۱۴۰/۳	W <sub>3</sub>	جزایری
۱۹۳۶۰	۲۹۶۵۳	۹۲۶۲	۲۴۰/۲	۲۷۴/۶	۴۳/۰۱	۶۳۳۴	۲۵۵/۲	۷۸۱/۵	W <sub>4</sub>	صفیه
۷۵۴۵	۱۱۲۳۹	۳۹۷۱	۶۰۰/۴	۳۵۳/۹	۳۲۸۳۸	۱۵۱۶	۳۶۴/۶	۷۰۱/۴	W <sub>5</sub>	دهنو
۸۳۲۳	۱۲۴۲۵	۴۳۷۰	۸۴۰/۶	۲۸۶/۸	۳۲/۴۵	۱۷۵۶	۲۸۵/۶	۷۵۱/۵	W <sub>6</sub>	اخذ
۱۷۵۴	۲۵۰۱	۴۰۷/۷	۴۵۶/۳	۳۴۱/۷	۴/۶۹۲	۳۴۳	۶۰/۷۶	۱۴۰/۳	W <sub>7</sub>	مبارک
۲۲۸۵	۲۸۰۰	۱۹۶/۸	۱۲۰/۱	۲۴۴/۱	۳/۵۱۹	۱۵۹/۵	۱۱۵/۴	۳۷۰/۷	W <sub>8</sub>	منطقه ویژه
۶۹۵۷	۱۰۸۲۶	۳۱۰/۲	۱۰۸/۱	۳۳۱/۹	۳۷/۱۴	۱۵۱۶	۲۹۱/۷	۷۰۱/۴	W <sub>9</sub>	سه راهی عسلویه
۴۱۱۵	۵۹۵۵	۱۲۰/۵	۱۴۴/۱	۱۸۳/۱	۸/۶۰۲	۵۲۸/۳	۲۳۰/۹	۵۲/۱	W <sub>10</sub>	زاهدی
۵۳۱۷	۸۸۰۰	۲۵۷۰	۶۰۰/۴	۲۴۴/۱	۱۷/۹۹	۱۱۹۶	۲۳۷	۴۵۰/۹	W <sub>11</sub>	حیات
۸۰۷۱	۹۶۳۴	۲۹۲۵	۱۹۲/۱	۳۹۶/۶	۱۷/۵۹	۲۲۱۲	۱۸۸/۴	۴۱۰/۸	W <sub>12</sub>	بساتین
۶۲۹۶	۸۶۷۰	۲۵۵۳	۱۰۸/۱	۲۷۴/۶	۱۸/۳۸	۲۳۳۶	۱۵/۱۹	۱۶/۰۳	W <sub>13</sub>	هاله
۵۶۷۵	۷۸۵۲	۲۵۱۷	۷۲۰/۵	۳۳۸	۱۷/۹۹	۲۱۶۵	۶/۰۷۶	۲-Oct	W <sub>14</sub>	عسکری
۱۳۲۳۳	۱۷۶۶۲	۷۰۲۰	۹۶۰/۶	۱۵۲/۵	۴۶/۹۲	۳۷۹۱	۳۷۶/۷	۸۸۱/۷	W <sub>15</sub>	اخذ
۶۸۹۶	۹۶۳۴	۳۲۷۹	۸۴۰/۶	۳۶۶/۱	۱۸/۷۷	۱۵۹۶	۲۴۳/۱	۵۵۱/۱	W <sub>16</sub>	بزابز
۱۶۱۷۸	۱۷۶۶۲	۶۷۳۶	۱۶۸/۱	۲۷۴/۶	۴۳/۰۱	۶۱۶۹	۲۶۷/۴	۱۰۰/۲	W <sub>17</sub>	پارسیان
۷۸۹۷	۱۳۲۴۶	۴۱۱۳	۷۶۸/۵	۳۳۸	۳۹/۱	۱۲۱۶	۴۲۵/۳	۱۱۰/۲	W <sub>18</sub>	نخل تقی
۱۳۱۷۵	۱۸۳۸۴	۷۹۷۷	۷۲۰/۵	۲۸۶/۸	۴۴/۹۶	۳۷۶۲	۷۲۹/۱	۹۰۱/۸	W <sub>19</sub>	دماوند
۵۹۱۵	۸۱۸۱	۲۵۷۰	۹۶۰/۶	۳۳۵/۶	۳۲/۰۶	۱۲۶۶	۲۰۰/۵	۵۵۱/۱	W <sub>20</sub>	پارس کلات
۵۳۳۴	۷۷۳۳	۲۳۹۳	۸۴۰/۶	۲۷۴/۶	۸/۹۹۳	۱۱۹۷	۱۸۸/۴	۴۳۰/۸	W <sub>21</sub>	چاه مبارک ۱
۸۶۱۷	۱۱۶۰۰	۴۰۷۷	۱۳۷/۱	۲۴۴/۱	۸/۹۹۳	۱۸۷۶	۳۸۲/۸	۶۲۱/۲	W <sub>22</sub>	خیارو
۱۰۴۸۹	۱۴۶۹۲	۵۰۹۶	۱۴۴/۱	۲۸۰/۷	۹/۳۸۴	۲۱۹۵	۴۶۱/۸	۱۰۴/۲	W <sub>23</sub>	الوند
۸۸۳۲	۱۳۰۰۵	۴۷۸۶	۶۰۰/۴	۲۴۴/۱	۳۹/۱	۲۰۷۵	۴۸۶/۱	۶۰۱/۲	W <sub>24</sub>	پرک
۸۰۲۵	۱۱۶۵۰	۳۶۹۶	۱۲۴/۹	۱۸۳/۱	۳۴/۴۱	۲۰۳۶	۲۲۴/۸	۶۰۱/۲	W <sub>25</sub>	دجله ۱
۴۸۳۵	۷۳۸۶	۲۴۸۲	۳۶۰/۲	۱۷۰/۸	۲۱/۵	۱۱۹۷	۱۵۱/۹	۴۵۰/۹	W <sub>26</sub>	ساقی
۴۴۳۵۹	۴۷۳۷۰	۲۵۷۰۳	۲۴۰/۲	۱۰۳/۷	۲۷۷/۶	۱۳۹۶۹	۱۷۱۰	۱۳۶/۳	Sea	آب دریا

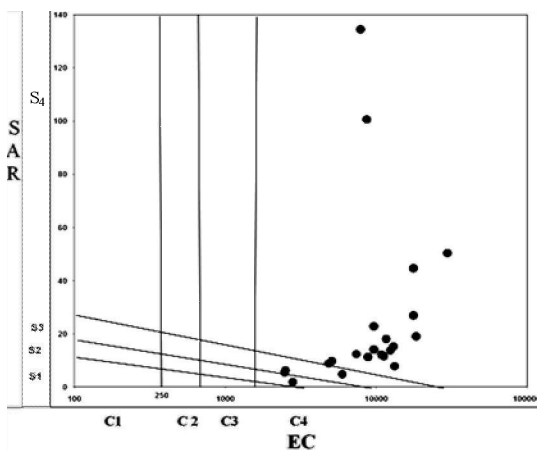


شکل ۲: نمودار نسبت یونی نمونه‌های دشت عسلویه

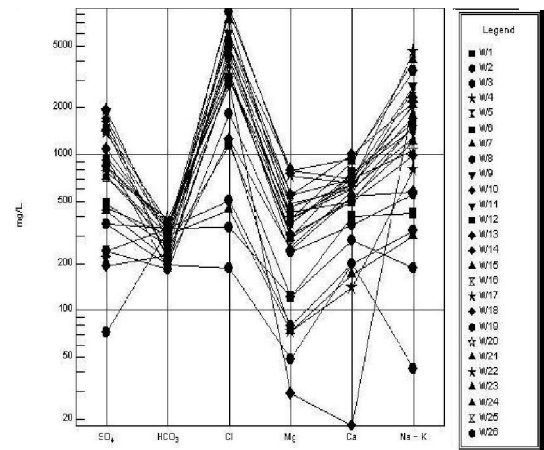
مشخص شد که نسبت یونی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت با نزدیک شدن به دریا و در نقاطی که جهت جریان از سمت خلیج به آبخوان ساحلی است هم‌خوانی خوبی با نسبت یونی نمونه آب خلیج دارند، به طوری که در چاه دماوند (W<sub>19</sub>) نسبت یونی آنیون‌ها بیشتر از آب دریاست (شکل ۲).  
بیشترین نسبت یون کلر به مجموع یون بی‌کربنات، کلر و سولفات در چاه‌های دماوند (W<sub>19</sub>)، بهره‌برداری اخند (W<sub>15</sub>)، صفیه (W<sub>4</sub>)، دهنو (W<sub>5</sub>)، اخند (W<sub>6</sub>)، پرک (W<sub>24</sub>) و دجله ۱ (W<sub>25</sub>) و کمترین نسبت در چاه مبارک (W<sub>7</sub>)، جزایری (W<sub>3</sub>)

### یافته‌ها

نتایج آنالیز نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول حرف W نماد چاه و Sea دریاست با داشتن نتایج آنالیز نمونه‌ها نسبت یونی هر منبع محاسبه و با نسبت یونی دریا مقایسه شد. با استفاده از نرم‌افزار AqAQ نمودارهای هیدروژئوشیمیایی دشت عسلویه ترسیم گردید.  
با محاسبه نسبت یونی برای نمونه‌های آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه و مقایسه آنها با آنالیز نمونه آب خلیج فارس



الف. ب.



شکل ۳: نمودار الف. شولر و ب. ویلکوکس آب چاه‌های منطقه عسلویه

چاه‌های بخش شمالی و مرکزی دشت زیاد است که باعث تلخی مزه آب زیرزمینی شده است. طبق نتایج حاصل از دیاگرام شولر، تمامی نمونه‌های آب چاه برای شرب نامناسب است که به دلیل واقع شدن در کنار خلیج فارس و نفوذ آب دریا بدون آبخوان ساحلی است. همچنین بر طبق نتایج دیاگرام ویلکوکس، از مجموع ۲۶ نمونه آب تجزیه شده، تعداد ۳ نمونه در ناحیه  $C_4S_2$  مناسب‌تر از نمونه‌های دیگر برای کشاورزی و ۲ نمونه در ناحیه  $C_4S_3$  قابل استفاده برای کشاورزی در شرایط بحرانی قرار می‌گیرند، سایر نمونه‌ها در بخش  $C_4S_4$  واقع شده که شور و نامناسب برای کشاورزی است. با توجه به جدول آنالیز نمونه‌ها مقادیر یونی برای آب شرب بسیار بالاتر از حد استاندارد جهانی است، در برخی از مناطق تیپ آب از نوع  $Ca-Cl$  و  $Ca-SO_4$  می‌باشد. Paul.F.Hudak (۱۴) در سال ۲۰۰۰، سفره‌های زیرزمینی در نگزاس را از نظر غلظت بالای کلر و سولفات مورد بررسی

و چاه منطقه ویژه اقتصادی ( $W_8$ ) اندازه‌گیری شده است. در چاه‌های صفیه ( $W_4$ ) و دماوند ( $W_{10}$ ) در شرق دشت عسلویه بالا بودن نسبت یونی به دلیل قرار گرفتن این چاه‌ها در مجاورت ساحل خلیج فارس، عمق زیاد چاه‌ها و همچنین برداشت بیش از حد از آبخوان و معکوس شدن جهت جریان در این نواحی و در نتیجه نفوذ آب شور دریا به آبخوان ساحلی است. علی‌رغم نزدیکی چاه منطقه ویژه اقتصادی ( $W_8$ ) به دریا، به دلیل برداشت کم، نسبت یونی نسبت به سایر نمونه‌های آب زیرزمینی کمتر است. در چاه‌های جزایری ( $W_3$ ) و چاه مبارک ( $W_7$ ) نیز این نسبت کم است که ناشی از فاصله زیادتر از دریا و تغذیه از سازندهای آهکی اطراف حاوی بی‌کربنات است. میزان یون‌های کلر و سدیم آب‌ها بیش از چند برابر حد استاندارد هستند و در مواردی از لحاظ میزان یون‌ها شبیه آب دریاست. مقدار یون سولفات، سختی و مجموع املاح آب

جدول ۴: نسبت یونی  $Na/Na+Cl*100$  در نمونه‌های آب زیرزمینی عسلویه

نمونه آب	$Na/Na+Cl*100$	نمونه آب	$Na/Na+Cl*100$	نمونه آب	$Na/Na+Cl*100$
$W_1$	۳۷/۵۶	$W_9$	۳۲/۸۳	$W_{17}$	۴۷/۸۰
$W_2$	۳۹/۳۹	$W_{10}$	۳۰/۴۷	$W_{18}$	۲۲/۸۱
$W_3$	۴۱/۹۳	$W_{11}$	۳۱/۷۶	$W_{19}$	۲۸/۳۹
$W_4$	۴۰/۶۱	$W_{12}$	۴۳/۰۶	$W_{20}$	۳۰/۲۴
$W_5$	۲۷/۶۳	$W_{13}$	۴۷/۷۸	$W_{21}$	۳۵/۵۳
$W_6$	۲۸/۶۶	$W_{14}$	۴۶/۲۴	$W_{22}$	۳۲/۵۴
$W_7$	۴۵/۶۹	$W_{15}$	۳۵/۰۶	Sea	۳۵/۲۱
$W_8$	۴۴/۷۶	$W_{16}$	۳۲/۷۴		

را ناشی از سازندهای ژیبس دار و مواد آلی موجود در منطقه دانسته است. در این بررسی برای پی بردن به منشا کلرید و سولفات از روش‌های زیر استفاده شده است.

قرار داد و بیان نمود که افزایش سولفات به طور اساسی تحت تاثیر زمین‌شناسی منطقه که شامل: ۱- گراول، ماسه، سیلت و رس ۲- آهک، شیل، مارن و مواد آلی و ۳- رسوبات آبرفتی صورت می‌گیرد.

Eckardt & Spiro (۱۵) در سال ۱۹۹۸، در طی مطالعات خود در صحرای مرکزی نامیب (Namib)، منشا آنومالی سولفات



جدول ۵: مقادیر پارامترهای آماری محاسبه شده نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عسلویه در اردیبهشت ۱۳۸۹

PH	EC ( $\mu\text{mos/cm}$ )	TDS (mg/L)	Cl (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	پارامتر
۶/۸	۲۴۷۳	۱۶۷۱	۱۹۶/۸	۷۲/۰۵	۱۵۲/۵	۳/۵	۱۵۹/۵	۶/۱	۱۰/۲	مینیمم
۷/۸	۲۹۶۵۳	۱۹۳۶۰	۹۲۶۲	۲۴۰۲	۳۹۶/۶	۴۶/۹	۶۳۳۴	۷۲۹/۱	۱۱۰۲	ماکزیمم
۰/۹	۲۷۱۸۰	۱۷۶۸۹	۹۰۶۵/۲	۲۳۲۹/۹	۲۴۴/۱	۴۳/۴	۶۱۷۴/۵	۷۲۳/۰۲	۱۰۹۱/۹	دامنه
۷/۳	۱۰۵۲۲/۲	۷۴۳۶/۴	۳۴۶۴/۹	۹۷۱/۸	۲۶۷/۱	۲۳/۹	۱۹۰۸/۶	۲۴۸/۸	۵۵۱/۳	میانگین
۰/۰۴	۳/۵۱	۱/۸۴	۵۳۷۳۷۲۳	۲۷۱۳۳۰	۳۷۱۴/۷	۲۰۷/۲	۲۳۵۴۶۸۸	۲۷۰۲۹	۹۰۳۲۷	انحراف استاندارد
۰/۲۱	۵۹۲۳	۴۲۹۰	۲۳۱۸/۱	۵۲۰/۸	۶۰/۹۵	۱۴/۴	۱۵۳۴/۵	۱۶۴/۴۱	۳۰۰/۵	خطای استاندارد
۰/۴	۳/۵۱	۱/۸۴	۵۲۷۳۷۲۳/۱	۲۷۱۳۳۰/۹	۳۷۱۴/۷	۲۰۷/۱	۲۳۵۴۶۸۸/۲	۲۷۰۲۹/۱	۹۰۳۲۷/۹	واریانس
۰/۵	۱/۳۱	۱/۱۲	۰/۸	۰/۹	۰/۲۱۶	۰/۲	۱/۸	۰/۹۳۸	-۰/۱۸	اسکینوس
۰/۸	۳/۱۲۷	۱/۴۱۲	۰/۵	۱/۱	۱-۰/۱۸	-۱/۵	۳/۶	۱/۴۹	-۵/۳۸	کورتوسیس

دیاگرام Piper: با استفاده از این دیاگرام رسم شده برای نمونه‌های آنالیز شده دشت و مقایسه آن با دیاگرام 17Piper منابع، منشا ژئوسی و دریایی، نفوذ آب شور خلیج فارس به سفره آب زیرزمینی، اثبات می‌شود (شکل ۵).

۱- با توجه به پایین بودن مقدار  $\text{HCO}_3/\text{HCO}_3+\text{SO}_4+\text{Cl}$  سولفات زیاد تحت انحلال مجدد ژئوس و یا آب خلیج فارس و شورا به به وجود آمده است.

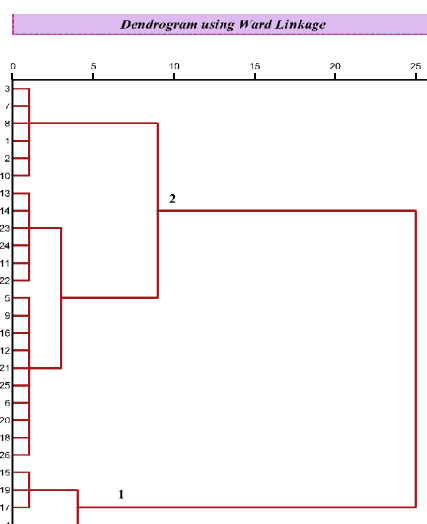
۲- با توجه به تحلیل  $\text{Na}/\text{Na}+\text{Cl}$  در چاه‌های عسکری و هاله می‌تواند منشا سدیم بیش از هالیت باشد و منشا دریایی دارد.

تحلیل داده‌ها به روش گرافیکی:

با استفاده از تحلیل گرافیکی می‌توان روند تغییرات شیمیایی و آنالیزها را روی یک نقشه نشان داد. در بررسی گرافیکی، از دیاگرام زیر استفاده شده است.

جدول ۶: ماتریس همبستگی بین متغیرهای مختلف

	EC ( $\mu\text{mos/cm}$ )	TDS (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO <sub>3</sub> (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	Cl (mg/L)
EC	۱/۰۰۰								
TDS	۰/۹۷۵	۱/۰۰۰							
Ca	۰/۷۰۵	۰/۷۰۴	۱/۰۰۰						
Mg	۰/۶۰۰	۰/۵۷۶	۰/۸۱۳	۱/۰۰۰					
Na	۰/۸۸۶	۰/۹۴۶	۰/۴۹۳	۰/۳۱۸	۱/۰۰۰				
K	۰/۷۴۷	۰/۷۳۲	۰/۶۴۳	۰/۵۷۰	۰/۶۵۱	۱/۰۰۰			
HCO <sub>3</sub>	-۰/۰۹۸	-۰/۰۶۳	-۰/۱۴۵	-۰/۰۶۸	-۰/۰۴۹	-۰/۱۵۴	۱/۰۰۰		
SO <sub>4</sub>	۰/۴۷۷	۰/۵۱۸	۰/۲۵۷	-۰/۰۶۱	۰/۵۵۲	۰/۰۷۲	۰/۰۲۵	۱/۰۰۰	
Cl	۰/۹۷۴	۰/۹۷۳	۰/۷۳۲	۰/۶۹۲	۰/۸۷۴	۰/۷۸۲	-۰/۰۹۱	۰/۳۳۷	۱/۰۰۰



شکل ۶: نمودار درختی تشابه نمونه‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

### تحلیل عاملی

تحلیل عاملی یک روش مفید برای تفسیر داده‌های کیفی آب زیرزمینی و ارتباط دادن آنها با فرایندهای خاص هیدروژئولوژیکی است. در واقع در تحلیل عاملی، متغیرهایی که با هم همبستگی بالایی دارند را با یک عامل نشان می‌دهیم و به جای چندین متغیر تنها یک عامل را در تحلیل‌ها به کار می‌بریم (Guler, et al., 2002) (۱۸). تفسیر و تعیین منشا هر یک از فاکتورها براساس بارهای عاملی، شرایط هیدروژئولوژیکی، زمین‌شناختی و فرایندهای هیدروشیمیایی صورت می‌گیرد. اولین گام در تحلیل عاملی تهیه یک ماتریس ضرایب همبستگی از تمام متغیرهای مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۵). با توجه به این جدول بیشترین میزان همبستگی بین یون‌های سدیم و کلر مشاهده می‌گردد. همبستگی خوبی نیز بین کلسیم و منیزیم و همین‌طور بین مجموع املاح با سدیم و کلر وجود دارد.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نمک‌های هالیت (NaCl) و دولومیت ( $\text{CaMgSO}_4$ ) و همچنین نفوذ آب دریا که غنی از این یون‌ها می‌باشد، مهم‌ترین منشا یون‌های محلول در آب است. یون کلر علاوه بر سدیم، با یون‌های کلسیم، پتاسیم و منیزیم نیز ارتباط خطی مستقیمی دارد، این یون با یون بی‌کربنات یک رابطه معکوس دارد. بی‌کربنات با تمامی یون‌ها به جز

### روش آماری

امروزه با استفاده ابزاری از آنالیزهای آماری چند متغیره و تحلیل‌های عاملی منشا نمونه‌های آب زیرزمینی تعیین می‌گردد. به هر حال، با توجه به اهداف و گستردگی مطالعه حاضر، بررسی داده‌های کیفی نمونه آب‌های زیرزمینی دشت عسلویه با محاسبه پارامترهای آماری پایه‌ای صورت گرفته است. پارامترهای آماری محاسبه شده مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عسلویه در دوره نمونه‌برداری فروردین ماه در جدول ۵ ارایه شده است.

میانگین TDS نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عسلویه در اردیبهشت ماه برابر با  $7436/4$  میلی‌گرم بر لیتر است. همچنین میانگین غلظت سولفات نمونه‌های آب زیرزمینی برابر با  $971/8$  میلی‌گرم در لیتر است. غلظت میانگین یون‌های سدیم و کلراید به ترتیب، برابر با  $1908/6$  و  $3464/9$  میلی‌گرم در لیتر است. از میان یون‌های عمده حداقل و حداکثر مقادیر غلظت در دوره اردیبهشت، به ترتیب، مربوط به پتاسیم ( $23/9$  میلی‌گرم در لیتر) و کلراید ( $3464/9$  میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. با توجه به ضریب تغییرات (انحراف استاندارد تقسیم بر میانگین) محاسبه شده غلظت یون‌های عمده مشخص می‌گردد که یون‌های پتاسیم و کلر به ترتیب، حداقل و حداکثر تغییرات در آبخوان دشت عسلویه را داراست.

**گروه اول:** شامل نمونه‌های آب چاه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۷، ۸ و ۱۰ می‌باشد. بهترین کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه مربوط به نمونه‌های این گروه است.

**گروه دوم (زیر گروه ۱):** این زیر گروه شامل نمونه‌های آب چاه‌های شماره ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۲۲، ۲۳ و ۲۴ است. این زیر گروه با کیفیت نامناسب‌تری نسبت به گروه اول مشخص می‌شود.

**گروه دوم (زیر گروه ۲):** این زیر گروه، نمونه‌های آب چاه‌های ۵، ۶، ۹، ۱۲، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۵ و ۲۶ را شامل می‌شود. زیر گروه ۲ با کیفیت نامناسب‌تر در مقایسه با گروه اول و کیفیت بهتر از زیر گروه ۱ مشخص می‌گردد.

**گروه سوم:** این گروه دارای سه عضو ۱۵، ۱۷ و ۱۹ است. از نظر کیفیت آب این نمونه‌ها در رده سوم پس از گروه اول و دوم قرار دارد و نسبت به گروه چهارم کیفیت آب مناسب‌تری دارد.

**گروه چهارم:** این گروه تنها یک عضو داشته و مربوط به چاه صفیة (W<sub>4</sub>) می‌باشد که به دلیل برداشت از عمق زیاد و قرار گرفتن در مجاورت خلیج فارس آب آن بسیار شور است و پدیده اختلاط آب شور دریا در آن بیش از سایر چاه‌های آب مشهود است.

### نتیجه‌گیری

به طور کلی بهره‌برداری بیش از حد مجاز از سفره آب زیرزمینی باعث افت و نزول کیفیت آب زیرزمینی در مناطق آب زیرزمینی شده و شوری آب شیرین سفره در مناطق ساحلی را به دنبال خواهد داشت که نسبت آنیون‌های نمونه‌های دشت عسلویه هم‌خوانی نزدیکی با آب شور خلیج فارس دارد. در ضمن بررسی کیفیت آب چاه‌ها از نظر مصارف کشاورزی به وسیله نمودار شولر و ویلکوکس، حاکی از نامناسب بودن آب اکثر آنهاست. با توجه به نتایج به دست آمده از دیاگرام Piper عوامل افزایش کلرید سدیم در آب زیرزمینی دشت عسلویه را می‌توان به هجوم آب شور خلیج فارس و تاثیر سازندهای

یون سولفات رابطه معکوس داشته که ارتباط خطی این یون با سولفات نیز به صورت جزئی است.

همچنان که در جدول ۶ مشاهده می‌گردد بین EC و یون‌های کلر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و سولفات همبستگی وجود دارد و بهترین همبستگی بین EC با یون‌های کلر و سدیم، کلسیم و منیزیم وجود دارد. این مطلب بیان‌گر نقش نفوذ آب شور خلیج فارس و انحلال نمک‌هایی مثل هالیت، ژپس و همچنین دولومیت در افزایش EC می‌باشد که از بین نمک‌ها نقش کلرید سدیم نسبت به سایر کانی‌ها پررنگ‌تر است.

### تحلیل خوشه‌ای (analysis Cluster)

روش آماری تحلیل خوشه‌ای کاربرد زیادی در بررسی داده‌های چند متغیره از جمله بررسی ارتباط بین متغیرها، سازمان‌دهی نمونه‌ها در قالب ساختارهای معنی‌دار و نمایش ترکیب کل آب زیرزمینی یک منطقه به تعداد محدودی از خوشه‌ها دارد. تکنیک‌های آماری مانند آنالیز خوشه‌ای می‌توانند ابزار قدرتمندی برای تحلیل داده‌های هیدروشیمی باشند. این روش‌ها می‌تواند برای بررسی داده‌های کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرند و تعیین کنند که آیا می‌توان نمونه‌ها را به گروه‌های متمایزی که از لحاظ زمین‌شناسی و آماری معنی‌دار باشند تقسیم‌بندی کرد (Guler, et al., 2002). با استفاده از نرم‌افزار SPSS آنالیز خوشه‌ای نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت، برای تقسیم‌بندی نمونه‌ها به گروه‌های مشخص، از فاصله اقلیدسی به عنوان سنجش تشابه نمونه‌ها با یکدیگر طبق روش تکرار (Wards method) استفاده شده است. عضو هر گروه با بقیه اعضای گروه مشابه و از اعضای گروه‌های دیگر متفاوت است. نمودار درختی (Dendrogram) نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عسلویه در شکل ۶ ارائه شده است، در این شکل دو دسته متمایز دیده می‌شود، این دو دسته را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد، گروه اول و دوم را می‌توان در یک دسته و گروه سوم و چهارم را در دسته دیگر قرار داد. گروه دوم نیز شامل دو زیر گروه می‌شود. بیشتر نمونه‌ها در دسته دوم قرار دارند. در زیر به اختصار چهار گروه تفسیر شده‌اند:

تبخیری (گچساران، آغاچاری و میشان) بر منابع آب زیرزمینی نسبت داد. با توجه به بالا بودن کلرید سدیم و به طور کلی TDS در منطقه و تاثیرات نامطلوب آن بر آب‌های شرب، صنعتی و کشاورزی می‌توان از روش‌های تصفیه، مانند دستگاه‌های آب شیرین‌کن استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی

در پایان از پرسنل محترم سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، شرکت آب منطقه‌ای بوشهر و دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز که با فراهم آوردن مساعدت لازم ما را در تهیه این پژوهش یاری نموده‌اند، کمال سپاس‌گزاری را می‌نمایم.

### منابع

1. Sasamoto, H., M.Yui., R. C. Arthur., 2004, Hydrochemical characteristics and groundwater evolution modeling in sedimentary rocks of the Tono mine, Japan, physics and chemistry of the earth, Vol.29, P.43-54.
2. Perera, E.D.P., Jinno, K., Tsutsumi., A. and Hiroshiro, Y., 2008, Numerical study of salinity variation in a coastal aquifer. Stoch Environ Res Risk Assess, 1582-1588.
3. Young kim, K., Min Chon, C., and Hwa Park, K., 2007, A simple method for locating the fresh water-salt water interface using pressure data. Groundwater, 45: 223-228.
4. Todd, D. K., 2005, Groundwater hydrology, John Wiley and Sons, Inc., 535pp.
5. Copper, H., H., Jr. Kohout., F. A., Henry., H. R., Glorer, R. E., 1964, Sea water in coastal aquifers, relation of salt water to fresh water: U. S. Geological survey, water- supply paper 1613C, 84p.
6. Mazar, E., 2004, Applied chemical and isotopic groundwater hydrology, third edition, John Wiley, New York.
7. Marie, A., Vengosh, A., 2001, Sources of salinity in ground water from Jericho area, Jordan valley, ground water, 39, 2, 240-248.
8. Biondic, B., Biondic R., and Measki, H ., 2005, Sea water intrusion in coastal karst aquifers in Bakar bay in Croatia. Geophysical research abstracts, Vol.7.
9. Hoxhaj, F ., 2005, Numerical simulation of sea water intrusion on the northern coast of Albania, Geophysical Research Abstracts, Vol 7.
10. Gibbison. A., and Randall J ., 2006, The salt water intrusion problem and water conservation practices in southeast Georgia, USA. Water and Environment Journal. Vol.2 (3).
11. Khalil. H.M ., 2006, Geoelectric resistivity sounding for delineating salt water intrusion in the Abu Zenima area, west Sinai, Egypt. Journal of Geophysics Engineering. 3: 243-251.
12. Sdao, F., Parisi, S., Kalisperi, D., Pascale, S., Symantiris, N. L., Kersshaw, S., Mongelli, G., Souplos, P. and Paternoster, M. 2009.
13. Tetsuo. N., Hajime. T., Hirohide. K., and Hiromasa. H., 2010, . Developing a salt-removal plan to remedy tsunami-caused Salinity damage to farmlands case study for an Area in southern thailand. JARQ 44 (2), 159-165.
14. Kordrostami.M., 2003, MS Thesis, Coastal aquifer of salty sea water intrusion and progression Sari – Neka plain.
15. Hosseini. S. M., 2005, MS Thesis, Progressive restriction of river and ground water resources development in Golestan Province
16. Fatemi. E., and Ataei. B., 2004, MS Thesis, Water Resources water simulation show progress, Sharif University of
17. Latifi .T., 2002 MS Thesis, microbiological status of surface water and groundwater wells. Amol city.
18. Paul. F. Hudak, 2000, Sulfate and chloride cocentration in texas aquifer, environment international. 26 6. ( 2000 ). 55-61.
19. Eckardt. F. D ., Spiro.B., 1998, Sedimentary geology 123. (1999) 255-273.
20. Hounslow, 1995, Water quality data. Analysis and interpretation ,CRC Press LLC (Lewis publishers) , (chapter 2,4).
21. Piper, A.M, 1944. A graphical producer in the geochemical interpretation of water analysis. transaction of the American geophysical union, 25, 6, 914-923.
22. Guler, C. Thyne, G. D. McCray, J. E. and Turner, A. K., 2002. “Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data” , hydrogeology journal 10, 455-474.
23. Mahdavi, M., Gahedkhanyky, Gh.R., Qamsari, A., Saaidniya, S., 2008. Study Of nitrate in some bottled waters in Tehran, Iranian Journal of Health and Environment.
24. Mosafieri, M., Taghi pour, H., Hassani, A.H., Borghei, M., Kamali Kordabadi, Z., Qadirzadeh, A., 2008. Study of arsenic in drinking water: a case study, Iranian Journal of Health and Environment.
25. Mohammadian, M., Nouri, J., Afshari, N., Nassiri, J., Noorani, M., 2008. Concentrations of heavy metals lead and zinc factory on the outskirts of Zanjan wells, , Iranian Journal of Health and Environment.

## **Effect of Persian Gulf Saline Water on Quality of Asaluyeh Plain Groundwater and Determine the Origin of Nacl Anomaly**

**\*Zahra Sajadi Mian Ab<sup>1</sup>, Nasrollah Kalantari<sup>1</sup>, Jaber Mozafarizadeh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Hydrogeology, Faculty of Earth Science, University of Shahid Chamran, Khuzestan. Iran

<sup>2</sup>Bushehr Regional Water Company, Bushehr, Iran

Received: 13 November 2011

Accepted: 7 February 2011

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Due to population intensity and industrial activities, quality of groundwater is important in Bushehr province and in particularly in coastal areas. The salinity of groundwater in Asaluyeh plain is increasing from the heights towards the Persian gulf and in some places are not even applicable for irrigation.

**Materials and Methods:** In order to explore the source of the chloride anomaly, groundwater samples were analyzed and compared with the Persian Gulf samples. Also Water Samples Different diagrams were determined and the reasons of water salinity of Asaluyeh Plain were investigated.

**Results:** The results of chemical analyses showed the groundwater excessive salinity, especially near the sea. Based on correlation matrix, the highest correlation between the sodium and chlorine ions was observed.

**Conclusion:** The factors influencing on groundwater salinity in the plain varies and arising from solution of halite and gypsum from surrounding formations, suddenly increas sodium chloride in some parts of plain and forming Cl-Na water type. The results indicated that the Groundwater Type of Asaluyeh is Cl-Na and therefore it is classified as non-potable water.

**Key words:** Persian gulf, Asaluyeh, Groundwater quality, Salinity, Nacl anomaly

---

\*Corresponding Author: [zahrasajadi92@yahoo.com](mailto:zahrasajadi92@yahoo.com)

Tel: +98 916 322439