نشریه علمی
پژوهش‌های تجربی در مهندسی عمران
جلد ۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵صص ۱۱ الی ۲۷
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۰
تاریخ تصویب مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸
پایگاه نشریه: http://jerce.srttu.edu

بررسی زیست محیطی سفره‌های آب زیرزمینی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس

محمد پروین‌نیا[1]* و خاطره احمدی[2]

[1] **استادیار،** گروه مهندسی عمران و محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
[2] **دانش آموخته کارشناسی ارشد** مهندسی آب، گروه مهندسی عمران و محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
mparvinnia@yu.ac.ir

چکیده: میدان‌گازی پارس جنوبی یکی از بزرگترین میدان‌های‌گازی جهان به حساب می‌آید. این پژوهش به بررسی زیست‌محیطی سفره‌های آب زیرزمینی منطقه پرداخته و راهکارهای مقابله با افت سطح آب و آلودگی‌های موجود را با تهیه نقشه هم‌ژرفا، هم‌سولفات، هم‌کلر، هم‌نمک، هم‌سختی و قابلیت هدایت الکتریکی آب زیرزمینی منطقه پارس، ارائه نموده‌است. نتایج نشان می‌دهد آلودگی خاک منطقه با فلزات سنگین یک مشکل جدی و در حال گسترش است، که در آینده آبخوان‌های منطقه را تحت تأثیر قرارخواهدداد. همچنین مقدار تغذیه آبخوان‌های دشت عسلویه حدود ۴/۵ میلیون متر مکعب در سال است که در شرایط کنونی بیش از ۳ میلیون متر مکعب آن بصورت غیراصولی برداشت می‌شود. ضریب ذخیره بادزن‌های آبرفتی حدود ۵ درصد، در دشت سیلابی حدود یک درصد و در سایر نقاط کمتر از یک درصد است بنابراین امکان ذخیره آبخوان‌های منطقه کم است و نمی‌توان حجم قابل ملاحظه‌ای آب در این آبخوان‌ها ذخیره و یا از آن‌ها برداشت نمود. نیازهای آبی منطقه در آینده از منابع آب بیرون منطقه تأمین خواهدشد، ولی اجرای این کار به زمان زیادی نیاز دارد. در این دوره باید نیازهای آبی منطقه از این منابع آب زیرزمینی تأمین شود.

کلمات کلیدی: منطقه پارس، تزریق، افت، فلزات سنگین، رواناب سطحی.

Environmental Assessment of Aquifers in Pars Special Economic Energy Zone (PSEEZ)

M. Parvin Nia and Kh. Ahmadi

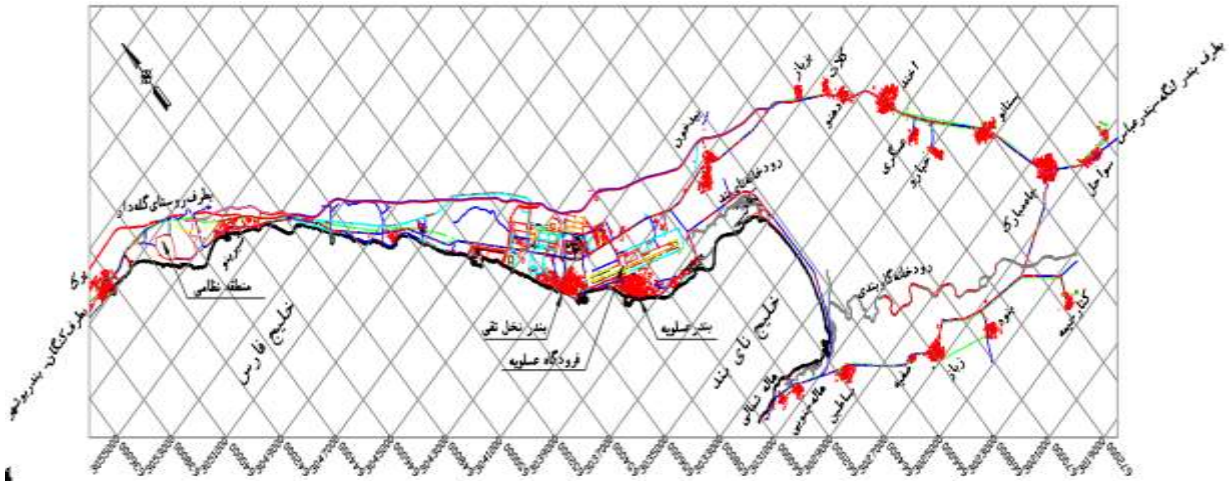
Abstract: South Pars gas reservoir is considered one of the largest gas fields in the world. The present study in PSEEZ that surveyed the environmental groundwater aquifers and strategies to deal with, draw down of water and increasing impurities through mapping of isobaths, isosulfate, isochlorine, isosalt, hardness and electrical conductivity contours. Results indicate that the soil is contaminated with heavy elements, progressing serious growing problems that can strongly affect the aquifers of pars region in the near future. Furthermore, aquifer recharge in Assaluyeh Plain is approximately 4.5 million cube meters per a year in which currently more than 3 (million m3/year) is not essentially gathered. Specific storage of alluvial fan deposits of about 5%, one percent of the flood plain and in other regional is less than one percent, so the capability storage of aquifers is low and cannot save a considerable amount of water, or discharge from the aquifer. Future water resources requirements will be provided from outside of the region, but it will take a long time for implementation. In this period, water necessities must be supplied from such aquifers.

Keyword: Pars region, Recharge, Draw down, Heavy metals, Surface runoff.

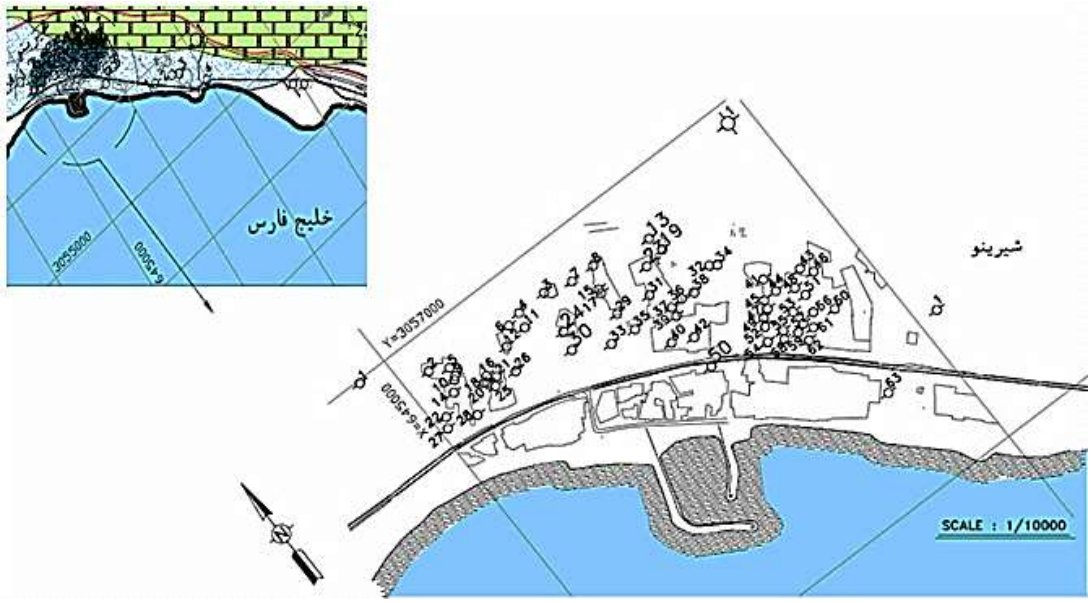
۱ - مقدمه

میدان گازی پارس جنوبی که یکی از بزرگترین میدان‌های گازی جهان به حساب می‌آید، در میانه خلیج فارس، بین دو کشور ایران و قطر قرار دارد. بهره-برداری از این میدان گازی به ایجاد تأسیساتی جهت فرآوری گاز، صنایع پتروشیمی و صنایع پایین دستی نیاز داشت که منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، در مجاورت شهرهای عسلویه (سایت یک) و کنگان (سایت‌دو) برای این کار انتخاب گردید، (شکل ۱).

در افق ایران ۱۴۰۰ در این محل تعداد زیادی مجتمع‌های بزرگ صنعتی، مسکونی و تجاری بوجود خواهد آمد که به مقدار زیادی آب نیاز دارند. امکان تأمین آب مورد نیاز این مجتمع‌ها از منابع درون منطقه میسر نیست و باید از منابع بیرونی تأمین گردد و به این ترتیب حجم قابل توجهی آب در این منطقه به مصرف خواهد رسید و فاضلاب شهری و صنعتی زیادی بوجود خواهد آورد. هم اکنون برداشت بسیار زیادی از منابع آب زیرزمینی منطقه انجام می‌شود که بعنوان نمونه در شکل (۲) مناطق برداشت آب زیرزمینی در منطقه شیرینو نشان داده شده است (شکل ۲).



شکل۱: محدوده مورد مطالعه در منطقه پارس



شکل۲: تجمع چاه‌های برداشت آب در منطقه شیرینو (منطقه پارس)

در منطقه مورد مطالعه هیچ رودخانه دائمی وجود ندارد و منابع آب سطحی آن تنها منحصر به چند سیلاب کوتاه مدت ولی مخرب می‌شود که طبق اندازه‌گیری سازمان هواشناسی رکورد ۷۵ میلی‌متر در ۱۵ دقیقه برای منطقه ثبت شده‌است. سیلاب‌های مخرب در زمان بارندگی شدید به پشت سدهای تأخیری متعددی که در منطقه احداث شده، جمع‌آوری و سپس به دریا انتقال می‌یابد [۱]. بخشی از زمین‌های منطقه از سنگ‌ها و یا سازندهای زمین‌شناسی نفوذپذیر پوشیده شده که بسیاری از ریزش‌های آسمانی و سیلاب‌ها درون آن نفوذ می‌نماید و آبخوان‌های زیرزمینی کوچک و محدودی را تشکیل می‌دهند که به دو دسته آبخوان‌های آهکی (کارستی) و آبخوان‌های دشتی تقسیم می‌شوند. اما آنچه که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد و بعنوان یک منبع غیر متعارف آب قلمداد می‌شود، امکان استفاده مجدد از رواناب قابل توجهی است که در محدوده شهری و صنعتی وجود دارد [۲] و [۳]. آنچه که در استفاده از این منابع باید به آن توجه نمود کیفیت فیزیکی و شیمیایی رواناب‌ها می‌باشد، که بخصوص در مناطق صنعتی این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۴]. باتوجه به اینکه سیلاب شهری آب شیرین قابل توجهی را حمل می‌کنند و می‌تواند بعنوان یک منبع تأمین آب برای مصارف مختلف قلمداد شود، احیاء و استفاده از سیلاب شهری مورد توجه قرارگرفته است. کیفیت سیلاب‌شهری تابعی از عوامل مختلف است و امکان احیاء آن به نوع و میزان آلاینده‌های آن بستگی دارد. در شروع بارندگی، بسیاری از آلودگی‌های هوا، در قطرات باران حل می‌شوند. همچنین به علت مومنتم موجود در قطرات باران از برخورد آن‌ها به سطوح آلوده شهری مثل خیابان‌ها، پشت‌بام و نمای منازل، ایجاد فرسایش می‌شود. درنهایت، این‌فعل و انفعالات به آلوده شدن سیلاب شهری می‌انجامد. این سیلاب‌ها همچنین تأثیر قابل توجهی از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر آب و خاک پذیرنده خواهند گذاشت. فلزات سنگین از جمله: سرب، روی، کادمیم، مس، آهن و آلومینیم از مهم‌ترین آلودگی‌های آب محسوب شده که به دو صورت محلول و غیرمحلول در سیلاب‌شهری وجود دارند. عناصر فلزی، به دلیل راحتی انتقال در زنجیره غذایی مصرف‌کنندگان و تجمع در بافت‌های مختلف در میان آلاینده‌های آبی بسیار حائز اهمیت هستند. تأثیر مخرب فلزات سنگین در از بین رفتن گونه‌های مختلف و جلوگیری از تنوع زیستی است. برای انسان کادمیم، جیوه و سرب خطرناک‌تر و مقادیر بالای روی باعث جلوگیری از جذب مس و کمبود آن در بدن می‌شود. جهت برآورد بار آلودگی رواناب‌های سطحی شناخت ماهیت پارامترهای آلودگی و نحوه توزیع بار آن‌ها در بخش‌های مختلف رواناب از اهمیت زیادی برخوردار است در لحظات نخست بارندگی هنگام جاری شدن رواناب بار آلودگی شدید است که این پدیده شستشوی اولیه نامیده می‌شود [۵]. در صورت وجود این پدیده برای حذف آلودگی رواناب‌های سطحی، کنترل بخش اولیه آن‌ها کافی است، در این صورت به مقدار زیادی از حجم تجهیزات کنترل بار آلودگی کاسته خواهد شد، در کشور ما و بویژه در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس که از مشکل کم آبی رنج می‌برد این منبع می‌تواند بطور مؤثری از مشکل کم آبی منطقه بکاهد. اما از طرفی فلزات، آلیاژها و پوشش‌های استفاده شده بر روی آن‌ها، به ویژه زمانی که سطح آن‌ها مرطوب شود، در معرض آلاینده‌های هوا دچار خوردگی می‌شوند. در نهایت شسته شدن این سطوح به وسیله بارندگی باعث انتقال آلاینده‌های مختلف ازجمله فلزات خورده شده در محیط‌های آبی و خاک این مناطق می‌شود [۶]. دوام بلند مدت بیولوژیکی و باقی ماندن در محیط‌های آبی و خاک، سبب انباشته شدن این فلزات در زنجیره‌غذایی و در نتیجه تأثیرات منفی بالقوه برای سلامتی انسان می‌شود [۷].

اگرچه به نظر می‌رسد تأثیرپذیری آب‌های زیرزمینی از محیط اطراف کمتر از منابع آب‌های سطحی باشد، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد که همگام با منابع سطحی، کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز از عوامل محیطی تأثیر می‌پذیرد و حتی در پاره‌ای از موارد این تأثیرات شدیدتر و ماندگارتر است[۸]. تقریباً همه اشکال آب سطحی با آب‌های زیرزمینی تأثیر متقابل

دارند. این تأثیرات متقابل به اشکال مختلفی رخ می-دهند. در بعضی موقعیت‌ها، آب‌های سطحی، آب و مواد محلول را از آب‌های زیرزمینی دریافت کرده و در مواقع دیگر آب‌های سطحی منبع تأمین آب آب‌های زیرزمینی هستند و باعث تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌شوند[۹].

به طور معمول در مقایسه با آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی را به عنوان منابعی که کمتر در معرض خطرات ناشی از فعالیت‌های انسانی است، در نظر می‌گیرند. این امر به خاطر نقش حفاظتی و فیلترکننده بخش سطحی خاک می‌باشد[۱۰]. آلودگی آب ناشی از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای است. تعیین منابع غیر نقطه‌ای آلودگی به آسانی امکان‌پذیر نیست. آلودگی غیر نقطه‌ای ممکن است شامل نمک، رسوب، مواد غذایی، آفت‌کش‌ها، عوامل بیماری‌زا و مواد شیمیایی باشد. مدیریت کیفیت آب به طور فزاینده نگران آلودگی حاصل از منابع غیر نقطه‌ای بوده است زیرا ردیابی و کنترل این منابع مشکل است[۱۱].

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که بیشترین آلودگی به فلزات سنگین در خاک‌های تحت اثر آلودگی به ویژه در لایه‌های صفر تا بیست سانتی‌متر خاک مشاهده می‌شود. آلودگی فلزات سنگین به سمت پایین پروفیل خاک کاهش می‌یابد. به طور کلی در خاک با بیشتر از ۲۵ درصد خاک رس، غلظت فلزات سنگین زیر عمق ۲۰ سانتی‌متر بسیار کم و در خاک‌های درشت‌دانه آلودگی فلزات سنگین به زیر این عمق نیز نفوذ می‌کند و مقدار آن در عمق ۵۰ الی ۸۰ سانتی‌متر قابل توجه است [۱۲].

توسعه و ایجاد تأسیسات فازهای زیربنایی گاز و پتروشیمی در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و تکمیل و راه‌اندازی فازهای مختلف پالایشگاهی یکی پس از دیگری، سبب شکل‌گیری حجم بسیار عظیمی از فعالیت صنعتی و خدماتی و آلاینده‌های آن در منطقه شده‌است. آلودگی ناشی از صنعت گاز و پتروشیمی در سال‌های اخیر گزارش شده و لزوم حفاظت از اکوسیستم حساس منطقه به ویژه جنگل‌های مانگرو موجود در ناحیه خلیج نایبند بعنوان اولویت زیست محیطی منطقه مطرح شده‌است [۱۳] و [۵]. در این پژوهش پس از بررسی منابع آب زیرزمینی و آلودگی‌های زیست محیطی موجود منطقه به راهکارهای امکان تزریق آب، به آبخوان‌های منطقه پرداخته شده است.

۲- روش کار

۲-۱- مطالعات آب های زیرزمینی

بررسی منابع آب زیرزمینی نیاز به داده‌های مختلفی دارد که مهمترین آن‌ها وضعیت زمین شناسی منطقه، موقعیت و شرایط مرزی آبخوان، نوسان‌های سطح آب زیرزمینی در اثر تغذیه، تخلیه و ... است. مطالعات آب زیرزمینی در این منطقه در گذشته به دلیل امکانات کم صورت نگرفته و یا نتیجه بخش نبوده است. بنابراین مطالعات کنونی بر پایه داده‌های موجود محدود و بررسی‌هایی کوتاه مدت به صورت مطالعات شناسایی صورت گرفت. برای تهیه این داده‌ها تعدادی چاه مشاهده‌ای تا عمق لایه آبدار حفر شده است که با برداشت سطح آب در این چاه‌ها و سپس بدست آوردن تراز سطح آب زیرزمینی و درون‌یابی ترازهای هم ارتفاع نقشه هم‌ژرفای آب زیرزمینی تهیه شد (شکل ۴). برای سفره‌های تحت فشار نیز نقشه‌های تراز سطح پیزومتریک تهیه گردید. این گونه نقشه‌ها را نقشه‌های ایزوپیز می‌نامند که تراز آب و جهت جریان آب را در لایه آبدار تحت فشار، نشان می‌دهند. در تهیه نقشه‌های تراز آب زیرزمینی باید از تمام اطلاعات زمین‌شناسی موجود در مورد گسل‌ها، مرزهای لایه‌های آبدار، تغییرات‌ضخامت‌لایه‌آبدار، تغییر ضرایب نفوذپذیری، عمق سطح ایستابی و اصول هیدرولیکی حرکت آب‌های زیرزمینی استفاده کرد. همچنین برآوردی از آلودگی هوا، خاک و آب که در مجاورت آبخوان قراردارد لازم و ضروری است [۱۴].

مدل‌سازی عددی آب‌های زیرزمینی ابزاری مهم برای مدیریت منابع آب در آبخوان‌ها می‌باشد. این مدل‌ها می‌توانند برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی و همچنین مدیریت منابع آب و پیش‌بینی چگونگی تغییر یک آبخوان در مقابل تغییرات آب و هوایی و پمپاژ

استفاده شوند[۱۵].

امروزه استفاده از مدل‌ها برای به تصویر کشیدن واقعیات و فهم بهتر آنها و همچنین اتخاذ تصمیمات درست در مورد هر پدیده‌ای بسیار متداول شده است. مدل‌های شبیه‌سازی جریان آب‌های زیرزمینی یکی از این مدل‌ها می‌باشند که توسط متخصصان در خیلی از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرند و دقت و صحت نتایج آنها نیز به اثبات رسیده است[۱۶].

در این پژوهش، در منطقه فرودگاه جدید عسلویه گمانه‌ای به عمق ۶ متر به‌صورت استوانه‌ای برای حرکت جریان آب و انتقال آلودگی در خاک به سمت آبخوان-های منطقه، تحت شرایط مختلف خاک، در نظر گرفته شد، (شکل ۳). این گمانه شامل منطقه اشباع و غیراشباع است. حل مسئله به روش اجزا محدود و بعد از تکرار المان‌های متعدد در نهایت تعداد ۱۵۰۰۰ المان به‌عنوان شبکه بهینه انجام گرفت. برای این هدف، مدلی در بسته SEEP/W و CTRAN/W از نرم‌افزار GeoStudio برای محاسبه سرعت و دبی جریان‌های آب زیرزمینی ساخته شد. در این برنامه قابلیت معرفی نفوذپذیری به‌صورت تابعی از فشار وجود دارد. همچنین می‌توان درصد رطوبت حجمی را نیز به‌صورت تابعی از فشار و نسبت نفوذپذیری در دو راستای X و Y به برنامه معرفی کرد.

معادله دیفرانسیل کلی حاکم برای نشت دوبعدی می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial H}{\partial y}\right)+Q=m_w \gamma_w \frac{\partial H}{\partial t} \quad (۱)$$

۲-۲- هدایت هیدرولیکی و میزان رطوبت حجمی

برای اینکه نتایج آنالیز به طور فیزیکی واقعی باشند لازم است که در مدل‌سازی آب زیرزمینی جریان غیراشباع را در نظر بگیریم. در خاک‌ها، ضریب هدایت هیدرولیکی و میزان گنجایش حجمی آب، یا آب ذخیره‌شده به صورت تابعی از فشار آب منفذی تغییر می‌کند که مدل SEEP/W، این روابط را به صورت تابع پیوسته‌ای مدل‌سازی می‌کند.

در هر ایستگاه پس از حفر چاه، هدایت هیدرولیکی از روی تغییرات تراز آب در گمانه قابل محاسبه است. این آزمایش بیشتر برای خاک‌های با هدایت هیدرولیکی متوسط یا کم استفاده می‌شود.

$$K=\frac{40}{(20+\frac{D}{r})(2-\frac{H}{D})}\cdot\frac{r}{H}\cdot\frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (۱)$$

K: هدایت هیدرولیکی

H: ارتفاع آب

D: عمق گمانه

t: زمان

r: شعاع گمانه

در تحقیق حاضر برای به دست آوردن مقدار هدایت هیدرولیکی در ایستگاه فرودگاه جدید عسلویه از روش آزمایش چاه گمانه استفاده شد. تغییرات تراز آب در گمانه‌ها در دو مرحله اندازه‌گیری شد، سپس میزان هدایت هیدرولیکی میانگین طبق معادله (۱) در هر ایستگاه محاسبه شد.

میزان رطوبت حجمی برای لایه‌های خاک گمانه‌ها از نتایج مدل HYDRUS-1D، طبق جدول (۱) به دست آورده شد[۸]. میزان رطوبت حجمی در هر لایه خاک به ترتیب طبق معادله (۲) ون‌گوچن محاسبه شد و به صورت جدول (۱) جمع‌بندی شد.

$$\theta_w=\theta_r+\frac{\theta_s-\theta_r}{[1+(\alpha h)^n]^m} \quad (۲)$$

که در آن:

θ_w: میزان آب حجمی

θ_s: میزان آب حجمی اشباع‌شده

h: فشار آب منفذی منفی، و

α، n و m: پارامترهای تطبیق‌شده با منحنی

جدول ۱: مقادیر پارامترهای هیدرولیکی مصالح موجود در گمانه‌ها

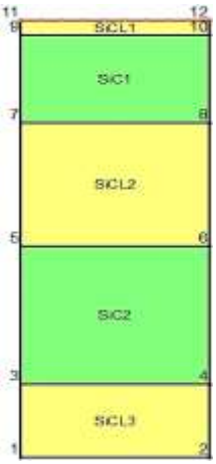
نوع مصالح	θ_r	θ_s	α	n	m	Ks cm/d
Silty Clay Loam	۰/۰۸۹	۰/۴۳	۰/۰۱۰	۱/۲۳	۰/۱۹	۱/۶۸
Silty Clay	۰/۰۷۰	۰/۳۶	۰/۰۰۱	۱/۰۹	۰/۰۸	۰/۴۸

۲-۳- شرایط مرزی مدل

شرایط مشخص‌شده در مرزهای مسأله، یکی از مؤلفه‌های اصلی تجزیه و تحلیل عددی است. مقدار هد کل در سطح پروفیل خاک، در مدت‌زمان بارندگی در منطقه با زمان متغیر است. بنابراین تغییرات هد نسبت به زمان طبق بحرانی‌ترین شرایط بارندگی در منطقه به عنوان شرط مرزی بالادست طبق جدول (۲) در مدل‌سازی به کار برده شد.

جدول ۲: تغییرات هد نسبت به زمان در مدل SEEP/W (شرط مرزی بالا دست)

Time(sec)	Total Head(m)
۰	۶,۱۳۴
۶۰۰	۶,۱۳
۱۸۰۰	۶,۱
۳۶۰۰	۶,۰۸
۱۸۰۰۰	۶,۰۶
۳۶۰۰۰	۶,۰۳
۷۲۰۰۰	۶,۰۱
۸۶۴۰۰	۶



شکل ۳: هندسه مسأله مدل عددی گمانه فرودگاه جدید عسلویه در مدل SEEP/W

برای اینکه مدل شبیه‌سازی‌شده در مدل CTRAN/W نزدیک به واقعیت عمل کند، میزان جذب برحسب غلظت فلزات سنگین را برای لایه‌های خاک گمانه‌ها به ترتیب از نتایج آزمایشگاهی مقالات جلیلی و محرمی در سال ۲۰۰۷ [۱۷]، استخراج نموده و به نرم‌افزار داده شد. (جدول ۳)، جذب برحسب غلظت در مدل CTRAN/W می‌باشد.

جدول ۳: مقدار جذب فلزات سنگین و هیدروکربن آروماتیک در مصالح با غلظت تعادلی ایستگاه فرودگاه جدید

نوع مصالح	Cu
Silty Clay Loam	۵۲۲/۹۹۵۱×۱۰$^{-۶}$
Silty Clay	۵۲۲/۹۹۵۱×۱۰$^{-۶}$

در مدل CTRAN/W، به طور کلی ۴ نوع شرط مرزی وجود دارد که شرایط مرزی برای هر کدام از آلودگی-های سطحی به صورت ثابت Mass (gr/m^3) Concentration در نظر گرفته شد و میزان آن برای فلزات سنگین ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به مدل داده شد. همچنین در شکل (۲۴-۳) شرایط مرزی بالادست پروفیل گمانه‌ها در مدل CTRAN/W نمایش داده شده است.

۳- نتایج

۱-۳- ویژگی‌های هندسی آبخوان

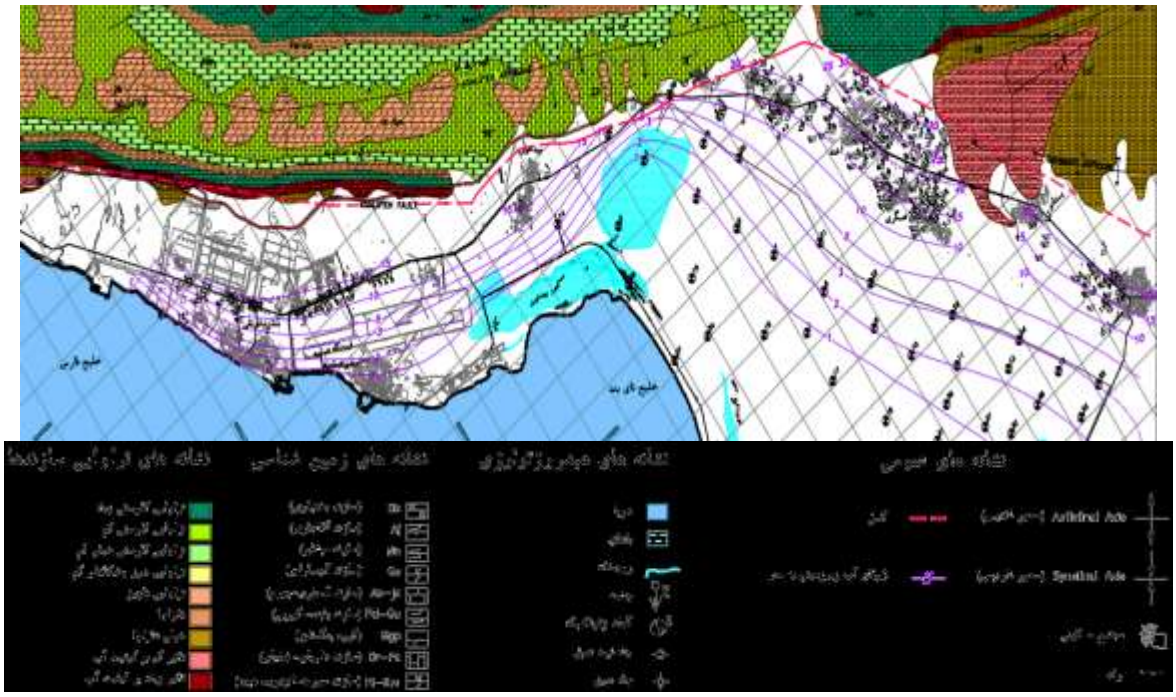
آبخوان‌ها در سه بخش منطقه به صورت جدا از یکدیگر بوجود آمده‌اند. برای شناسایی جنس و ضخامت لایه آبدار، همچنین عمق و جنس سنگ کف، بررسی‌های اکتشافی در محل انجام شد (جدول ۴). چنین داده‌هایی در منطقه وجود ندارد و ویژگی‌های ساختمانی آبخوان-ها تنها بر پایه شکل ظاهری زمین‌شناسی و شرایط آب و هوایی و هیدرولیکی منطقه بطور اولیه برآورد گردید (شکل ۴).

۲-۳- ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان

ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها بر پایه داده‌های محدودی که در آمار برداری از نقاط چاه آب بدست آمد، برآورد گردید. نقشه هم ژرفای آب زیرزمینی با توجه به سطح آب چاه‌های بهره‌برداری در زمان توقف بطور اولیه رسم گردید، (شکل ۴).

جدول ۴: کارهای اکتشافی در مطالعات آب زیرزمینی منطقه پارس

نوع کار	حفاری در سنگ آهک				حفاری پیزومتری				حفاری آبرفتی			
منطقه	تعداد	مقدار به متر	آزمایش پمپاژ به ساعت	تعداد تا ژرفای ۵۰متر	تعداد تا ژرفای ۱۰۰ متر	مقدار حفاری پیزومتری به متر	نصب لوله پیزومتری به متری	تعداد	مقدار حفاری به متر	نصب لوله ۱۲ اینچ به متر	آزمایش پمپاژ به ساعت
بخش شیرینو	۲	۵۰۰	۳۴۰	۱۲	-	۶۰۰	۹۰۰	۱	۱۰۰	۸۰	۱۷۰
بخش نخل‌تقی	۱	۲۵۰	۱۷۰	۲۰	۱۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۲	۲۰۰	۱۵۰	۳۵۰
بخش نایبند	۲	۵۰۰	۳۴۰	۲۴	۱۲	۲۴۰۰	۳۶۰۰	۲	۲۰۰	۱۵۰	۳۵۰
جمع	**۵**	**۱۲۵۰**	**۸۵۰**	**۵۶**	**۲۲**	**۵۰۰۰**	**۷۵۰۰**	**۵**	**۵۰۰**	**۳۸۰**	**۱۰۵۰**



شکل ۴: نقشه هم‌ژرفای آب زیرزمینی منطقه پارس

بطوریکه این شکل نشان می‌دهد ژرفای آب زیرزمینی در دامنه‌های شمالی در بخش نخل تقی ۱۵ تا ۲۰ متر در نزدیکی جاده اصلی حدود ۱۲ متری سطح زمین است که به تدریج به سمت دریا کاهش می‌یابد. ژرفای آب زیرزمینی در ابتدای بادزن آبرفتی شمال دشت نایبند زیاد و به بیش از ۵۰ متری سطح زمین می‌رسد که به سمت جنوب و جنوب باختری کاهش می‌یابد. سطح آب زیرزمینی در میانه دره گاوبندی و باختر و جنوب بیدخون در نزدیکی سطح زمین قرار دارد.

تراز سطح آب زیرزمینی در بخش شیرینو بطور عمومی کمتر از ۳متر و در بخش نخل تقی کمتر از ۵ متر بالاتر نسبت به سطح دریا و در بادزن‌های آبرفتی شمال دشت نایبند به حدود ۱۵ متری سطح دریا می‌رسد. ترازسطح آب‌زیرزمینی در بیشتر نقاط بخش ساحلی کمتر از ۳ متر و در بیشتر نقاط کمتر از ۱ متر است.

۳-۳- ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان

قابلیت انتقال آب در آبخوان و ضریب ذخیره لایه های آبدار به عنوان ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان به حساب می‌آیند. حاصل‌ضرب ضریب آبگذری لایه آبدار در ضخامت آن را قابلیت انتقال لایه آبدار در نظر می-گیرند [۱۸]. ضریب آبگذری آبرفت‌های ریزدانه دشت

سیلابی و آبرفت‌های پایین دست بادزن‌های آبرفتی، کم و همچنین ضخامت لایه آبدار در این محل‌ها کم می‌باشد. بنابراین قابلیت انتقال لایه آبدار منطقه، کم و بطور عمومی کمتر از ۳۰۰ مترمربع در روز و در دشت سیلابی و پایین دست بادزن‌های آبرفتی حدود ۱۰۰ و در نوار ساحلی کمتر از ۵۰ و در ته‌نشست‌های ریزدانه حدود یک مترمربع در روز برآورد شده‌است. ضریب ذخیره آبرفت‌های دانه درشت‌تر بادزن‌های آبرفتی حدود ۵ درصد، در دشت سیلابی حدود یک درصد و در سایر نقاط کمتر از یک درصد است.

۳-۴- برداشت از آبخوان

قابلیت انتقال و ضخامت لایه آبدار منطقه در بیشتر نقاط کم است، به همین دلیل بهره‌برداری از آبخوان به کمک چاه‌های ژرف جز در پاره‌ای نقاط در شمال بادزن‌های آبرفتی در سایر نقاط میسر نیست. سیستم برداشت مناسب منطقه، چاه‌های دستی با گالری افقی می‌باشند. درگذشته تعدادی چاه کم عمق در منطقه حفر و از آب آنها برای مصارف شستشو و آبیاری بهره‌گیری شده است. تعداد چاه‌های بهره‌برداری منطقه در چند سال گذشته، به علت تقاضای روزافزون به آب شرب و آب مورد نیاز طرح‌های عمرانی، افزایش چشمگیری یافته‌اند.

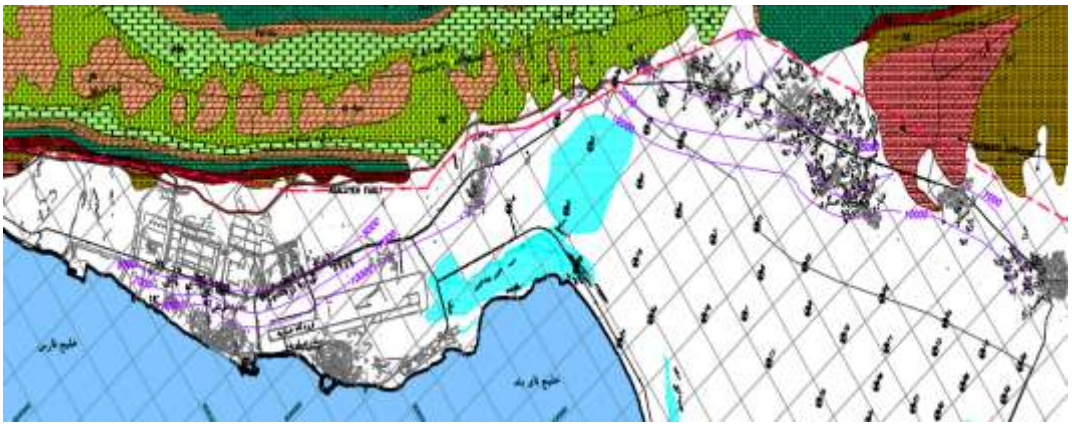
در بخش شیرینو یک حلقه چاه عمیق با ژرفای ۶۵ متری و آبدهی ۲۸ لیتر بر ثانیه و تعداد ۷۸ حلقه چاه کم عمق وجود دارد، ژرفای بیشتر چاه‌های کم عمق منطقه شیرینو بین ۱۰ تا ۱۵ متر است.

آبدهی چاه‌های کم عمق شیرین و بین ۹ تا ۲۵ و بیشتر حدود ۴ لیتر بر ثانیه است. مجموع برداشت سالانه از چاه‌های بخش شیرینو ۶۷۵ هزار متر مکعب برآورد می‌گردد. تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی آب آبخوان منطقه در شکل ۵ آمده است.

تعداد ۵۹ حلقه چاه کم عمق در بخش نخل تقی با ژرفای بین ۷ تا ۳۵ و بیشتر بین ۱۵ تا ۲۰ متر وجود دارد. آبدهی چاه‌های بخش نخل تقی بین ۰/۵ تا ۵/۵ و بیشتر بین ۳ تا ۴ لیتر بر ثانیه است. مجموع برداشت چاه‌های بخش نخل تقی حدود ۶۴۰ هزار متر مکعب در سال می‌باشد. چاه‌های بخش نایبند که یکی از ذخیره‌گاه‌های زیستی کشور است، در بادزن‌های آبرفتی منطقه و بیشتر در روستاهای دهنو، اخند، عسکری، بوستانو و چاه مبارک قرار گرفته و آب آن‌ها برای آبیاری زمین‌های این روستاها بکار می‌رود. ژرفای چاه‌های منطقه در شمال بادزن‌های آبرفتی از سایر بخش‌ها بیشتر و تا حدود ۶۰ متر نیز می‌رسد. تعداد ۱۸۳ حلقه چاه کم عمق در این بخش حفر شده که ژرفای آن‌ها بین ۵ تا ۱۵ و بیشتر بین ۲۰ تا ۲۵ متر است. آبدهی این چاه‌ها نیز بین ۰/۲۵ تا ۱۳/۵ و بیشتر بین ۳ تا ۵ لیتر بر ثانیه و مجموع تخلیه سالانه چاه‌های این بخش حدود ۳ میلیون مترمکعب در سال برآورد می‌گردد [۱۹].

۳-۵- کیفیت آب آبخوان

کیفیت آب زیرزمینی نتیجه فرایندهایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر تا زمانی که توسط

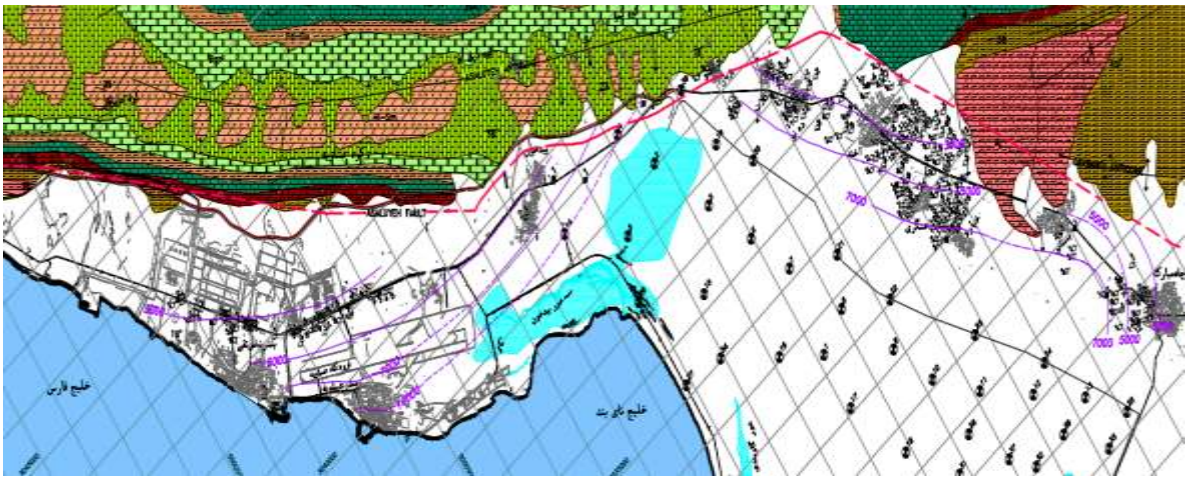


شکل ۵: نقشه قابلیت هدایت الکتریکی آب زیرزمینی منطقه پارس

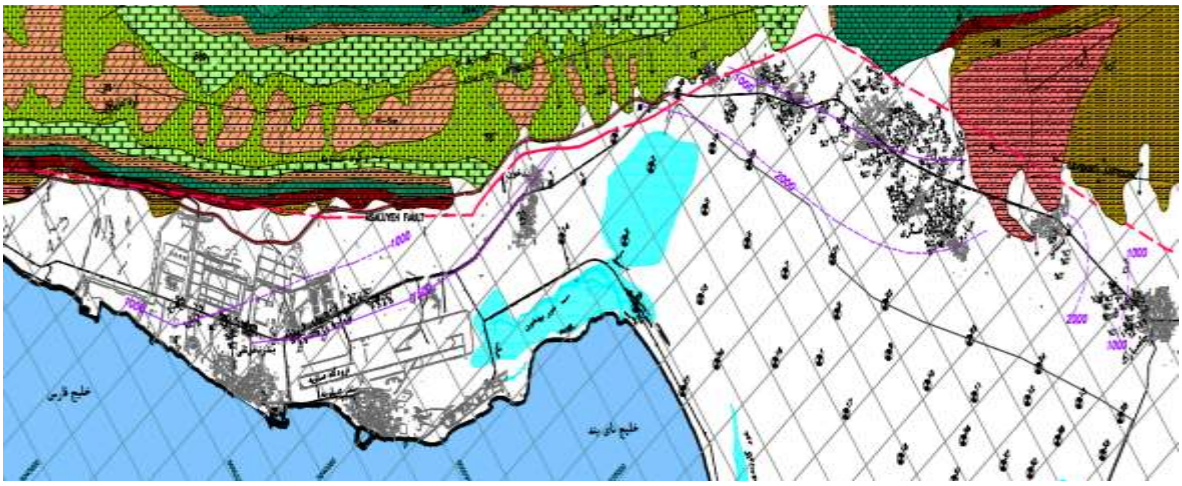
چاه، قنات یا چشمه از زمین خارج می‌شود بر روی آن عمل کرده است. مواد محلول موجود در آب‌های زیرزمینی بیشتر از انحلال سنگ‌ها منشأ می‌گیرد.
به همین جهت در یک حوضه آب زیرزمینی مقدار نمک‌های محلول از محل تغذیه به طرف محل تخلیه به تدریج افزوده می‌شود. آب‌های زیرزمینی در سنگ‌های آذرین و سنگ‌های دگرگونی متبلور، به علت قابلیت انحلال نسبتاً کم این سنگ‌ها حاوی مواد محلول خیلی کمی هستند. سنگ‌های تبخیری مثل سنگ‌نمک و سنگ‌گچ انحلال‌پذیری زیادی دارند و موجب بالا بردن شوری آب‌های زیرزمینی می‌شود.
بخشی از سازندهای زمین‌شناسی منطقه از لایه‌های مارنی تشکیل شده که دارای مقادیر زیادی گچ و نمک می‌باشند. بیشتر آبرفت‌ها و ته‌نشست‌های ریزدانه منطقه از فرسایش سازند گچساران بوجود آمده‌اند. در گذشته که از منابع‌آب منطقه بهره‌برداری نمی‌شد، آب-های زیرزمینی باتلاق‌هایی را در زمین‌های ساحلی بوجود می‌آوردند که آب زیرزمینی در این محل تبخیر و نمک آب تبخیر شده، در خاک ذخیره شده‌است. در نتیجه خاک‌های منطقه در نوار ساحلی دارای مقادیر زیادی گچ و نمک هستند که در آب زیرزمینی حل می‌شود. بنابراین نمک آب‌های زیرزمینی منطقه زیاد و آب زیرزمینی جز در بالادست بادزن‌های آبرفتی در سایر نقاط برای شرب کاربرد ندارد ولی می‌توان از آن‌ها برای مصارف خانگی و آبیاری بهره‌برداری کرد (شکل ۶).
مقدار سولفات آب زیرزمینی بخش شیرینو کمتر از سایر بخش‌ها و در شمال آن کمتر از ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر است که در جنوب آن تا بیش از یک گرم در لیتر بالا می‌رود. مقدار سولفات در آب‌های زیرزمینی بخش نخل تقی از حدود ۱ تا بیش از ۱/۵ گرم در لیتر تغییر می‌کند. مقدار سولفات آب کارست‌های منطقه نیز از ۳۰۰ تا حدود ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر و در دشت نایبند از ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا بیش از ۱/۵ گرم در لیتر می‌باشد (شکل ۷). مقدار کلر آب‌های زیرزمینی بخش‌های شیرینو و نخل‌تقی کمتر از ۱ تا بیش از ۲ گرم در لیتر تغییر می‌کند. مقدار کلر آب کارست‌های بیدخون و کلات حدود ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که به سمت اخند افزایش یافته و به حدود ۳۶۰ میلی-گرم در لیتر می‌رسد. کلر آب زیرزمینی در شمال بادزن آبرفتی دشت نایبند حدود ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شده که به تدریج به سمت جنوب افزایش یافته و در حوالی جاده به حدود ۲ و در دشت نایبند تا بیش از ۳ گرم در لیتر بالا می‌رود (شکل ۸). منحنی-های هم‌مجموع نمک‌های محلول در آب زیرزمینی منطقه نیز کم و بیش منحنی‌های هم قابلیت الکتریکی آب‌های منطقه می‌باشد، مجموع نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی بخش‌های شیرینو و نخل تقی به طور عموم بین ۳ تا ۵ گرم در لیتر است.
مجموع نمک آب‌های کارست در بیدخون و کلات حدود ۱ گرم در لیتر و در ناحیه اخند به حدود ۱/۶ گرم در لیتر می‌رسد. مجموع نمک آب‌های زیرزمینی در شمال بادزن‌های آبرفتی دهنو اخند حدود ۲ گرم در لیتر و در سایر نقاط بخش نایبند بین ۳ تا بیش از ۷ گرم در لیتر می‌باشد (شکل ۶). همچنین سختی آب-های زیرزمینی بخش‌های شیرینو و نخل‌تقی از حدود ۱/۵ تا بیش از ۲ گرم در لیتر تغییر می‌کند در حالی که سختی آب کارست‌های منطقه از ۰/۵ تا ۱ گرم در لیتر و سختی آب‌های زیرزمینی دشت نایبند بین ۱ تا ۳ گرم در لیتر است (شکل ۹).

۳-۷- نتایج مدل‌سازی

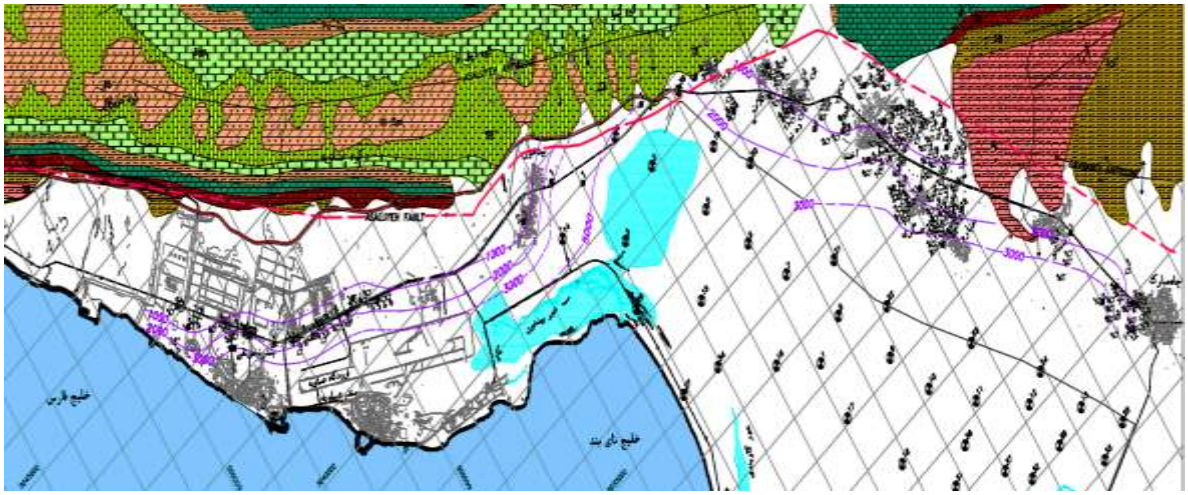
سرعت متوسط واقعی که آب از میان خاک حرکت می‌کند، سرعت خطی است و برابر با سرعت دارسی تقسیم بر تخلخل خاک است. در خاک غیراشباع، برابر با سرعت دارسی تقسیم بر میزان رطوبت حجمی خاک می‌باشد.
در این پژوهش، پس از انتخاب ایستگاه‌ها، حفاری گمانه و به دست آوردن تغییرات تراز آب در گمانه‌ها در هر ایستگاه، میزان هدایت هیدرولیکی میانگین طبق معادله (۱) در هر ایستگاه محاسبه شد، میزان رطوبت حجمی طبق معادله ون گوچن و سرعت واقعی در هر لایه خاک محاسبه شدند و به صورت جدول (۵) جمع‌بندی شدند.



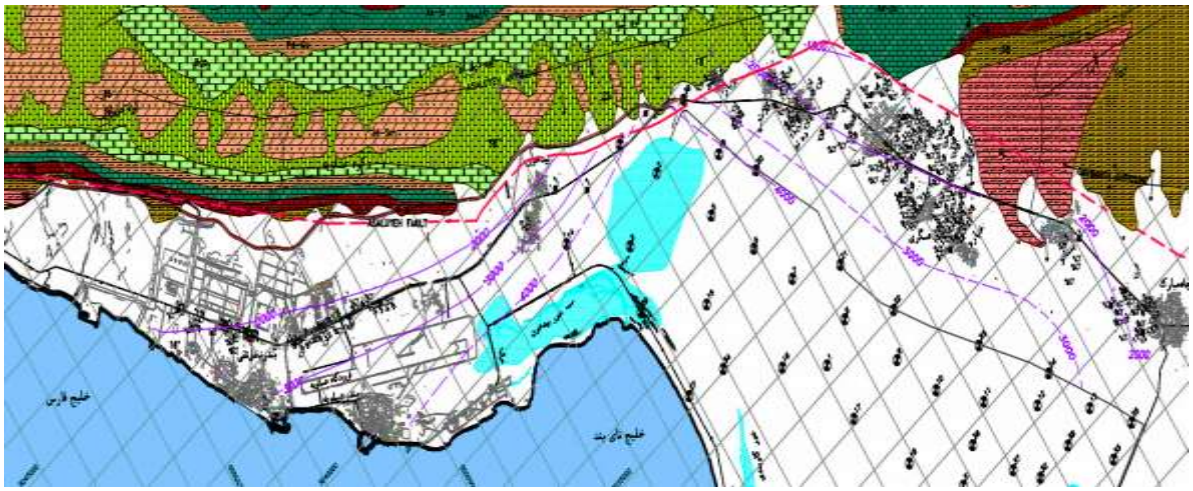
شکل ۶: نقشه هم‌نمک آب زیرزمینی منطقه پارس



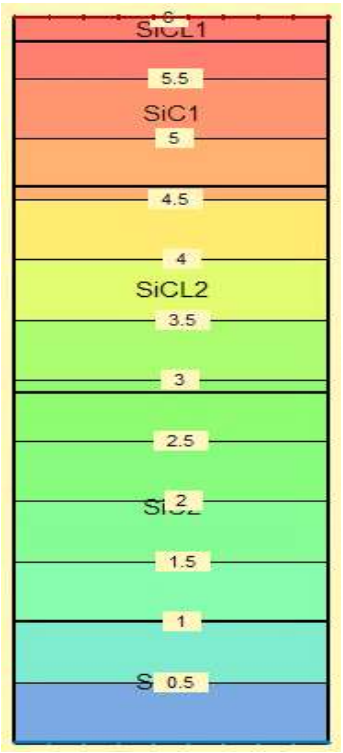
شکل ۷: نقشه هم‌سولفات آب زیرزمینی منطقه پارس



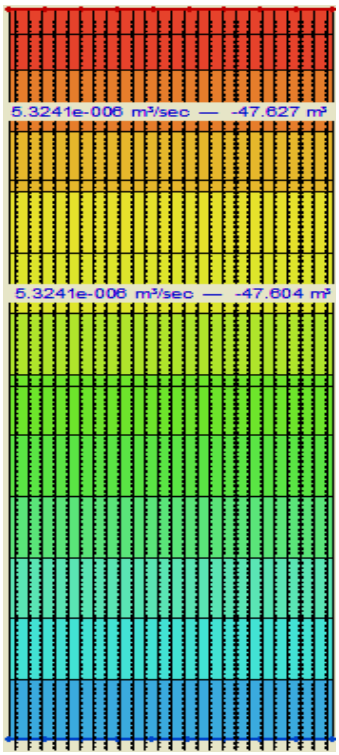
شکل ۸: نقشه هم‌کلر آب زیرزمینی منطقه پارس



شکل ۹: نقشه هم‌سختی آب زیرزمینی منطقه پارس



شکل ۱۰: خطوط و مقادیر کانتور هد پس از اجرای مدل



شکل ۱۱: مقدار دبی جریان محاسبه شده در مقطع عرضی پروفیل

همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار دبی در هر مقطع به هدایت هیدرولیکی و سطح مقطع محیط متخلخل وابسته است. در ایستگاه فرودگاه جدید، میزان دبی با سطح مقطع واحد و i~۱، ۵/۳۲۴۱×۱۰$^{-۶}$ (m^3/sec) محاسبه شد، شکل (۱۰) و (۱۱).

جدول ۵: پارامترهای هیدرولیکی محاسبه شده در ایستگاه فرودگاه جدید عسلویه

نوع مصالح	هدایت هیدرولیکی متوسط (m/sec)	میزان رطوبت حجمی (m^3/m^3)	سرعت واقعی (m/sec)
Silty Clay Loam	۵/۳۲۴۱×۱۰$^{-۶}$	۰/۳۸۷۹	۱/۴×۱۰$^{-۶}$
Silty Clay		۰/۳۵۸۲	۱/۵×۱۰$^{-۶}$

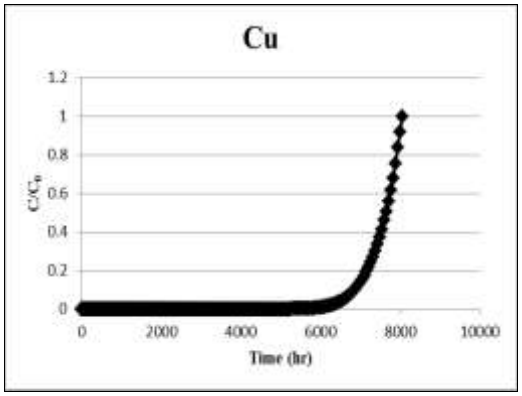
مقدار دبی در هر مقطع عرضی مشخص‌شده و مقدار ثابتی به دست آمد، که مقدار منطقی و قابل قبولی برای پروفیل مورد نظر می‌باشد.

۳-۸- منحنی شکست

زمانی که محلول فلزات سنگین با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در سطح پروفیل خاک وجود دارد، با توجه به جبهه ردیابی در زمان‌های مختلف، مشاهده شد که این ترکیب با زمان تغییریافته و در نهایت بعد از گذشت مدت‌زمان مشخصی در خروجی پروفیل خاک آشکار می‌شود، در واقع مدت‌زمانی که آلاینده‌ها در خروجی پروفیل به میزان ۰/۹۵ مقدار غلظت اولیه (C/C0=۱) رسیده باشند.

شکل (۱۲) منحنی رخنه برای فلزات نامبرده و هیدروکربن آروماتیک در قسمت خروجی پروفیل را نشان می‌دهد، C غلظت متناظر با زمان t در خروجی ستون و C_0 غلظت اولیه تزریق می‌باشد.

پس از اینکه آب آلوده به فلزات سنگین از این ناحیه از پروفیل خاک عبور کرد، آلودگی به حداقل مقدار ممکن کاهش خواهد یافت و میزان جذب در مناطق پایین این ناحیه، کاهش می‌یابد. با اشباع شدن لایه‌های فوقانی جاذب این ناحیه به طرف پایین حرکت می‌کند، تا زمانی که پدیده رخنه در کل عمق رخ دهد. منحنی‌های رخنه برداشت‌شده به وسیله داده‌های صحرایی از حالت گوسی انحراف دارد و بازوی پایین‌رونده منحنی دارای چولگی می‌باشد که این امر نشان می‌دهد که نمی‌توان مقدار واحدی را برای ضریب انتشار پیشنهاد کرد.



شکل ۱۲: منحنی رخنه فلزات سنگین مدل گمانه فرودگاه جدید در مدل CTRAN/W

تعیین چولگی در این شرایط مشکل می‌باشد و البته روابط آماری خاصی برای تعیین ضریب چولگی وجود دارد [۲۰]. مدت‌زمانی که طول می‌کشد فلز مس به سطح آب زیرزمینی در محل مورد نظر برسد، ۸۳۰۱/۶ ساعت می‌باشد.

۳-۹- وضعیت زیست محیطی منطقه

۳-۹-۱- احتمال آلودگی منابع آب

ورود فاضلاب‌های صنعتی، بهداشتی و سیلاب‌های آلوده پالایشگاه‌های گاز و شرکت‌های پتروشیمی منطقه ویژه اقتصادی پارس به دریا خسارات جبران ناپذیری به اکوسیستم دریایی خلیج فارس وارد می‌سازد. این منطقه که یکی از نادرترین و پاکیزه‌ترین سواحل در خلیج فارس را دارا بوده، با خطر کاهش گونه‌های کمیاب گیاهی و جانوری و آلودگی سواحل مواجه شده‌است. با توجه به اهمیت موضوع و حفاظت و صیانت از منابع زیست محیطی، تحقیقات وسیعی در خصوص پایش آلودگی آب‌های ساحلی، آبزیان و رسوبات ناشی از فعالیت فازهای مختلف منطقه ویژه طی فصول مختلف سال و در هرفصل ۲ بار روی فاکتورهای

مختلف فیزیکی، شیمیایی، نفتی و بیولوژیکی (از جمله دمای آب، میزان اکسیژن محلول، وجود و یا عدم مواد مغذی کافی، جنس بستر و آلودگی‌ها) تحقیقاتی انجام شد [۵]. مهم‌ترین خطر آلودگی مربوط به منابع آب زیرزمینی منطقه است که در ادامه به آن اشاره شده‌است.

۳-۹-۲- احتمال ورود آلودگی‌های صنعتی به آبخوان

در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس مواد گوناگونی مانند مواد نفتی و شیمیایی تولید و جابجا می‌گردد. اگر پساب‌های صنعتی بطور کامل تصفیه و به بیرون از منطقه انتقال یابد بازهم احتمال ریختن مواد نفتی، شیمیایی و محصولات صنایع در زمان انتقال، در محل ذخیره‌سازی و محل مصرف و تولید آن‌ها وجود دارد. این مواد در سطح زمین پراکنده و یا قشر سطحی آبرفت‌ها را آلوده می‌کند که همراه نفوذ ریزش‌های آسمانی و یا رواناب‌های سطحی به آبخوان می‌رسد. البته از آب زیرزمینی منطقه تنها برای مصارف شستشو و آبیاری بهره‌گیری می‌شود ولی احتمال اینکه مواد آلوده کننده منطقه برای این مصارف نیز مشکلاتی بوجود آورند نیز وجود دارد.

در خاک‌های منطقه مورد مطالعه عناصر Cu، Zn، Fe، Mn، Co، Ni، Cd، Pb، Al، Ca،V، As موردبررسی قرارگرفتند تا میزان دسترسی بیولوژیک آن‌ها تعیین گردد. آلودگی خاک با مواد نفتی، ناشی از حمل و نقل مواد نفتی و یا تخلیه پسماندهای پالایشگاه‌ها و فاضلاب‌های صنایع پتروشیمی و حوادث ناشی از حمل و نقل در خاک می‌باشد، به طور کلی ترکیب شیمیایی نفت و فرآورده‌های آن اختلاف چندانی با پسماندها و لجن پتروشیمی ندارند، گرچه پسماندها را می‌توان با سوزاندن از بین برد ولی آلودگی‌های تصادفی خاک را که از سوانح حمل و نقل ناشی می‌شود به دلیل هزینه قابل توجه نمی‌توان به آسانی با سوزاندن از بین برد. مواد نفتی پخش شده بر روی خاک تجزیه‌پذیر می‌باشند و تجزیه ترکیبات هیدروکربن در شرایط هوازی بسیار سریعتر از شرایط بی‌هوازی صورت می‌گیرد. بدین منظور باید با انجام عملیات شخم، دیسک و غیره و بهبود وضعیت تهویه خاک و نیز با بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک شرایط را برای تجزیه میکروبی مهیا ساخت.

با مقایسه میزان میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک طبیعی با خاک‌های آلوده به پسماندهای نفتی به وضوح مشخص می‌باشد که تخلیه پسماندها در منطقه عسلویه سبب افزایش میزان فلزات سنگین در خاک می‌شود و میزان فلزات مذکور در خاک‌های آلوده بیش از خاک‌های غیرآلوده اطراف می‌باشد. نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های خاک نشان می‌دهد فلزات کادمیم،کبالت،مس،نیکل،سرب، روی، آلومینیوم، وانادیوم، کلسیم،آرسنیک وجوددارد. بیشترین میانگین فلز سنگین موجود در خاک منطقه عسلویه مربوط به فلز منگنز و کمترین آن مربوط به فلز آرسنیک می‌باشد، میانگین غلظت منگنز ۱۳۲۳/۱ppm و میانگین غلظت آرسنیک ۱۳/۲۸ppmبدست آمد. منگنز دارای منشأ بیوژنیک بوده و بیشتر ناشی از فعالیت‌های بیوژنیک می‌باشد، Ni و Zn رفتار این دو عنصر در خاک منطقه مشابه یکدیگر است و از مواد نفتی منشأ گرفته‌اند، انتشار آرسنیک نیز ناشی از گرد و غبارهای مناطق خشکی، احتراق سوخت‌های فسیلی، صنایع مختلف، دفع مواد زائد جامد و مایع، تولید برخی مواد شیمیایی آلی و معدنی، پالایش گاز می‌باشد. نتایج آنالیز خاک اراضی عسلویه نشان می‌دهد که دسترسی بیولوژیک عنصر منگنز از سایر عناصر مورد بررسی بیشتر و کادمیوم از همه کمتراست [۲۱].

بیشترین حجم مواد زائد خطرناک منطقه در محل پالایشگاه‌های گاز و شرکت‌های پتروشیمی یا در کنار جاده‌های منطقه سوزانده می‌شود، که آلاینده‌های فراوانی از جمله SO_x و محصولات ثانویه را وارد هوای منطقه می‌نماید که این آلاینده‌ها خود جزء آلاینده‌های خطرناک هوا می‌باشند [۲۲].

بررسی خاک سطحی منطقه ویژه اقتصادی پارس نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و کبالت از سایر عناصر بیشتر است و دلیل غلظت بالای آن‌ها وجود صنایع در منطقه است. محل‌هایی که دور از

منطقه آلوده و در مناطقی که در خلاف جهت بادهای غالب منطقه است مقادیر پنج عنصر کادمیوم، کبالت، کروم، سرب و مس کمتر می‌باشد. همچنین بررسی‌های شاخص زمین انباشتگی و فاکتور غنی‌شدگی نشان داد که بیشترین غلظت فلزات مربوط به کادمیوم، سرب و کبالت است و از لحاظ شاخص زمین‌انباشتگی درجه آلودگی خاک توسط این سه عنصر در حد خاک‌های غیر آلوده تا کمی آلوده است [۲۳].

۳-۹-۳- بهره‌برداری از آب دریا در منطقه

برای خنک کردن صنایع مختلف از آب دریا استفاده می‌شود. آب دریا به کمک پمپاژ از راه خط لوله به هر یک از مجتمع‌های صنعتی منطقه انتقال‌یافته و پس از خنک نمودن ماشین آلات دوباره توسط لوله دیگری به دریا انتقال می‌یابد. این خطوط لوله در گستره منطقه قراردارند و اگر نشتاب وجودداشته باشد، آب‌های شور به زمین نفوذ کرده و به آبخوان رسیده و باعث آلودگی آب زیرزمینی خواهد گردید، همچنین احتمال دارد که آب دریا به درون آبراهه‌ها ریخته و وارد گودال‌های منطقه شود. آلودگی آب آبخوان در اثر نفوذ آب دریا همراه با افزایش نمک آب زیرزمینی و بروز مشکلاتی در بهره‌گیری از این آب برای آبیاری فضای سبز خواهد شد.

۳-۱۰- محدودیت‌های آبخوان

آبخوان‌های منطقه به‌دلیل ویژگی‌های ساختمانی از نظر تأمین آب دارای محدودیت‌های مختلفی است که پاره‌ای از آن‌ها در زیر می‌آید:

۳-۱۰-۱- محدویت ذخیره‌ای

آبخوان‌های اصلی منطقه در بادزن‌های آبرفتی رودخانه-ها و آبرفت‌های دامنه‌ای تشکیل شده و ته‌نشست سایر بخش‌های منطقه بسیار ریزدانه هستند به همین دلیل گستره آبخوان‌ها محدود می‌باشد. ضخامت آبرفت‌های منطقه نیز کم و در بیشتر جاها کمتر از ۵۰ متر هستند که بخشی از آن نیز توسط آب شور دریا اشغال شده است. آبدهی آبرفت‌های منطقه نیزکم و کمتر از ۵ درصد و قابلیت انتقال لایه آبدار نیز به طور عموم کمتر از ۳۰۰ مترمربع در روز می‌باشد، بنابراین امکانات ذخیره‌ای آبخوان‌های منطقه نیز کم است یعنی نمی‌توان حجم قابل ملاحظه‌ای آب در این آبخوان‌ها ذخیره و یا از آن‌ها برداشت نمود. به عبارت دیگر امکان تأمین کل آب مصرفی منطقه را ندارد.

۳-۱۰-۲- کیفیت بد آب آبخوان

آبرفت ته‌نشست‌های منطقه بیشتر از فرسایش سازندهای گروه فارس به ویژه سازند گچساران به وجود آمده و در بین آن‌ها مقادیر زیادی ذرات گچ و نمک دیده می‌شود. در گذشته که از آبخوان‌های منطقه برداشت نمی‌شده بیشتر آب‌های این آبخوان‌ها در دشت عسلویه تبخیر شده و نمک آب در خاک ذخیره گردیده است.

سرعت جریان در آبرفت‌ها و ته‌نشست‌های دانه‌ریز دشت عسلویه کم و آب مدت زیادی با ذرات خاک در تماس می‌باشد که گچ و نمک فراوانی در آب‌های زیرزمینی منطقه حل شده و کیفیت آب آبخوان را کاهش می‌دهد. قابلیت هدایت الکتریکی در محل‌هایی که آبرفت‌ها با سنگ‌های کارستی منطقه درتماس هستند و آب منابع کارستی وارد آبرفت می‌شود حدود ۳۰۰۰ و در سایر نقاط دامنه‌های شمالی حدود ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. مقدار نمک آب زیرزمینی به سمت جنوب افزایش یافته و در بخش‌های میانی دشت حدود ۷۰۰۰ و در مناطق جنوبی بیش از ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس برسانتی‌متر است. مقدار سولفات آب آبخوان نیز در بیشتر نقاط بیش از ۶۰۰ گرم در لیتر و در بخش‌های میانی حدود ۱گرم در لیتر و در بخش-های جنوبی حدود ۲ گرم در لیتر می‌باشد.

بهره‌گیری از آب آبخوان برای مصارف گوناگون به دلیل مقدار نمک‌های محلول در آن همراه با محدودیت‌های زیادی است. شاید بتوان بخشی از آب با کیفیت کم و بیش خوب کارست‌ها را پیش از ورود به آبخوان آبرفتی برداشت و برای مصارف مختلف بکار برد. هم اکنون آب مورد نیاز از دو آب شیرین‌کن هرکدام به ظرفیت ۱۰۰۰۰ مترمکعب در روز تأمین می‌شود.

۳-۱۰-۳- محدودیت سیستم‌های برداشت از آبخوان منطقه

حفر قنات در شرایط کنونی پرهزینه و به دلیل نوسان زیاد سطح آب زیرزمینی کارایی خوبی ندارد و برداشت از آبخوان‌ها بطور معمول به کمک چاه به ویژه چاه‌های ژرف صورت می‌گیرد. سیستم برداشت توسط چاه ژرف برای منطقه عسلویه به ویژه در نوارساحلی آن به دلایل زیرمناسب نیست.

ضخامت‌کم‌لایه‌آبدار: ضخامت‌آبرفت‌های منطقه بطورعموم کمتر از ۵۰ متر می‌باشد که بخشی از آن نیز غیراشباع یا توسط آب دریا پر شده است.

جنس سنگ بستر: سنگ مخزن آب بویژه در نوار ساحلی از ذرات‌ریز تشکیل شده که ضریب آبگذری آن‌ها بسیارکم است. سطح تراوش آب به چاه ژرف در منطقه به دلیل ضخامت نه چندان زیاد آبخوان کم و از طرف دیگر ضریب نفوذ آب نیزکم می‌باشد، بنابراین چاه‌های ژرف در اینگونه مناطق دارای آبدهی کافی نیستند. البته آبرفت‌های دامنه‌ای دانه درشت‌ترند و شاید بتوان در این محل به کمک چاه‌های ژرف، برداشت نمود.

پیشروی آب شور دریا: آب شیرین در بیشتر منطقه مورد مطالعه به ویژه در حاشیه ساحل بر روی لایه آب‌شور قرار دارد. بنابراین باید کف چاه بهره‌برداری از مرز آب شور و شیرین به حد کافی بالاتر باشد و همچنین برداشت از چاه باعث ایجاد مخروط افتی با ارتفاع زیاد نشود. پژوهش انجام شده بر روی آبخوان ساحلی دریای خزر نشان داده که انتقال آلاینده‌ها در آبخوان ساحلی و تخلیه آنا به دریا به شدت تحت تأثیر پیشروی آب شور و نوسانات سطح آب دریا می‌باشد [۲۴]. با توجه به ویژگی‌های آبخوان‌های منطقه نمی‌توان چنین شرایطی را فراهم کرد. البته امکان دارد که آب شور دریا درون بادزن‌های آبرفتی بیدخون، دهنو و عسکری گسترش پیدا نکرده باشد. بنابراین سیستم برداشت مناسب برای بخش‌های ساحلی منطقه را می‌توان چاه‌های کم‌عمق گالری‌دار دانست. سطح تراوش آب از آبخوان به این چاه‌ها بیشتر از چاه‌های ژرف و افت سطح آب نیز در سطح گسترده‌تری ایجاد و ارتفاع مخروط افت کاهش می‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری

از دیرباز خشکسالی یک عامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بوده، ولی به تنهایی عامل بحران نبوده بلکه امروزه برداشت بی‌رویه مهمترین عامل است. مقدار تغذیه آبخوان‌های دشت عسلویه حدود ۴/۵ میلیون متر مکعب در سال است که در شرایط کنونی بیش از ۳ میلیون متر مکعب آن بصورت غیراصولی برداشت می‌شود. ضریب ذخیره بادزن‌های آبرفتی حدود ۵ درصد، در دشت سیلابی حدود یک درصد و در سایر نقاط کمتر از یک درصد است بطور حتم باید نیازهای آبی منطقه در آینده از منابع آب بیرون منطقه تأمین شود، ولی اجرای این کار به زمان زیادی نیاز دارد.

پتانسیل آلودگی هوا، خاک و محیط‌های آبی یک مشکل جدی و در حال گسترش در منطقه است. بررسی خاک سطحی منطقه ویژه اقتصادی پارس نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و کبالت از سایر عناصر بیشتر است و دلیل غلظت بالای آن‌ها وجود صنایع در منطقه است. دفن غیراصولی پسماندهای صنعتی، باعث آلودگی بسیاری از خاک‌ها شده، که در آینده بر کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه تأثیرات جدی خواهدگذاشت، به طوری که شدت آلودگی در این خاک‌ها یا بیش از حد طبیعی است و یا به زودی به آن خواهد رسید. برای جلوگیری از آلودگی آبخوان‌های منطقه بایستی راهکارهای پیشگیری مناسب در سطح کلان، اتخاذ نمود. همچنین با انتخاب تعدادی نقاط پایش در گستره منطقه به صورت دوره‌ای آزمایش‌های شیمیایی لازم انجام شود.

اگر پارامترهای مدل CTRAN/W با دقت در منطقه اندازه‌گیری شود و به نرم‌افزار وارد شود، منحنی رخنه دقیقی به دست می‌آید و مدت‌زمان رسیدن آلاینده را به صورت دقیق و منطقی پیش‌بینی می‌کند. پس می‌توان نتیجه گرفت، مدل CTRAN/W برآورد منطقی از روند حرکت و انتقال آلاینده در گمانه‌ها نشان می-

دهد. در ایستگاه موردنظر حرکت فلز مس مورد بررسی قرار گرفت و به دلیل جذب بالای فلز مس نسبت به بقیه فلزات سرعت حرکت آن در پروفیل خاک پایین است. مدت‌زمان رسیدن تشکیل منحنی رخنه در ایستگاه فرودگاه جدید، ۸۳۰۱/۶ ساعت می‌باشد.

۵- مراجع

[۱] امیری، ش؛ پروین‌نیا، م؛ "بررسی و مدیریت مواد زائد خطرناک منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس"، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۸۹.

[۲] پروین‌نیا، م، "بررسی کیفیت و قابلیت احیای سیلاب‌های شهری با استفاده از لایه‌های نفوذپذیر فعال"، پایان نامه دکتری، بخش راه وساختمان و محیط زیست دانشگاه شیراز، ۱۳۸۷.

[۳] پروین‌نیا، م؛ اعزازی م، رخشنده‌رو غ و کاظمی ح؛ "بررسی کیفیت سیلاب‌های شهری و صنعتی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی به منظور استفاده مجدد"، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۸۷.

[۴] پروین‌نیا، م؛ خامه‌چیان، س؛ "بررسی تصفیه تکمیلی تصفیه خانه فازهای ۶و ۷و ۸ پارس جنوبی به روش PRB و آلودگی آب‌های ساحلی ناشی از فعالیت فازهای مختلف منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس"، سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۸۸.

[۵] پروین‌نیا، م؛ دلیجانی، ف؛ "غنی شدگی و توزیع فلزات سنگین در خاک‌های منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی (عسلویه)"، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، شیراز، ۱۳۸۸.

[۶] پروین‌نیا، م؛ رخشنده‌رو، غ؛ "بررسی منشأ فلزات سنگین حوضچه‌های نگهداری سیلاب در مناطق صنعتی و تأثیر خوردگی جوی"، مجله محیط‌شناسی، شماره۵۰، صفحات ۹۷-۱۰۴، ۱۳۸۸.

[۷] پروین‌نیا، م؛ رخشنده‌رو، غ؛ "طراحی و ساخت اولین ایستگاه تصفیه سیلاب شهری در ایران"، سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۸۸.

[8] DuNing X.; LI X. Y.; Song D.; Yang G. *"Temporal and spatial dynamical simulation of groundwater characteristics in Minqin Oasis"*, Sci China Ser D-Earth Sci, Vol. 50, No. 2, pp. 261-273, 2007.

[9] Eckstein G. A.; *"Hydrogeological perspective of the status of groundwater under the UN watercourse convention"*, 2006.

[10] Reilly T. J.; Reinfelder J.R.; Baehr A.L.; Walker C.E.; *"Occurrence of diatoms in lakeside wells in New Jersey as an indicator of the effect of surface water on groundwater quality"*, pp. 13, 2006.

[11] John j.; *"Diatom prediction and classification system for urban stream. A Model from Perth westerm Australia"*, 2000.

[12] *CabreraU, F.; Clemente, L.; D´ıaz Barrientos, E.; L´opez, R.; Muriillo, J. M. "Heavy metal pollution of soils affected by the Guadiamar toxic flood".*

[۱۳] تابش، م؛ جواهری، ر؛ "بررسی اثرات متقابل غلظت مواد معلق در آب و نوع پوشش خاک بر میزان نفوذپذیری حوضچه‌های نفوذ (در طرح-های تغذیه مصنوعی)"، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۷، شماره ۲، ۱۳۸۲.

[۱۴] دلیجانی، ف؛ "بررسی و ارائه مدل پایش آلاینده-های منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی در هوا و تأثیر آن‌ها روی نزولات جوی و خاک منطقه" دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۷.

[15] Regli C., Rauber M.; Huggenberger P.; *"Analysis of aquifer heterogeneity within a well capture zone, comparison of model data with field experiments: a case study from the river Wiese, Switzerland"*, Aquat. Sci 65, pp. 111-128, 2003.

[16] Harbaugh A.W. *"The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model*

(MODFLOW)", U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. 2005.

[17] Jalili, M. and Moharrami, S. "Competitive adsorption of trace element calcareous soils of western Iran." Geoderma, Vol. 140, pp. 156-163, 2007.

[۱۸] صداقت، م؛ "زمین و منابع آب"، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۲.

[۱۹] عطارزاده، ع؛ "نکاتی درباره تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در ایران"، مجله آب و توسعه، شماره ۱۲، وزارت نیرو، ص ۴۳-۳۴، ۱۳۷۵.

[20] Anwar S., Cortis A. and Sukop, M. C. *"Lattice Boltzmann Simulation of Solute Transport in Heterogeneous Porous Media with Connduits to Estimate Macroscopic Continuous Time Random Walk Model Parameters." Progress in Computational Fluid Dynamics*, No. 8, pp. 213-221, 2008.

[۲۱] فاطمی، ا؛ آشتیانی، ب؛ "شبیه سازی اثر پیشروی آب شور بر تخلیه آلاینده‌ها در آبخوان ساحلی زیر حوضه تالار"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.

[۲۲] قاسمیان، م؛ پروین‌نیا، م؛ بازیار، م؛ هوشمند، ر؛ "بررسی میزان نفوذپذیری فعال (PRB) جدید به منظور تصفیه سیلاب شهری"، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۸۹.

[۲۳] قاسمیان، م ؛ پروین‌نیا، م؛ بازیار، م؛ "مقایسه کیفیت سیلاب شهری عسلویه، شیراز و اصفهان بمنظور استفاده مجدد"، سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، تهران، ۱۳۸۸.

[۲۴] کریم، م؛ "بررسی اثرات فلزات سنگین و کل هیدروکربورهای نفتی بر خاک در منطقه عسلویه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.