فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست
سال چهارم ، شماره ۱۱ ، تابستان ۱۳۸۹

نشست زمین و کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه ایوانکی -گرمسار

ناصر عبادتی

عضو هیت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر

چکیده

دشت های گرمسار و ایوانکی در حاشیه جنوبی البرز مرکزی کویر قرار گرفته و مناطق مرتفع و حوضه های مرکزی را به هم ارتباط می دهند بدلیل وجود آبرفت های حاصل از فرسایش کوه های البرز توانسته است سفره های آبخوانی را تشکیل دهد . بررسی های زمین شناسی نشان می دهد وجود توده های تبخیری و گنبد های نمکی سازند قرمز پایینی و بالایی باعث افزایش درجه شوری و همچنین املاح نمکی و سولفاته در آبرفت ها تآثیر زیادی در تخلخل رسوبات داشته است .

اندازه گیری های چاه های مشاهده ای حاکی از افت سالانه زیادی در سطح آب زیر زمینی در ۱۶ ساله گذشته داشته . و باتوجه به روند بهره برداری از منابع آب در گذشته این موضوع برای سی سال قبل قابل تعمیم و مشابه خواهد بود . کاهش حداقل ۲۷ متر از سطح آب بر اساس بر آورد ها و محاسبات حدود ۵۰-۶۰ سانتی متر نشست کلی را در زمین باعث شده و در طی بیست سال آینده در حدود ۲۰-۳۰ سانتی متر نیز نشست پیش بینی می شود . از عوارض کاهش آب زیر زمینی در این منطقه می توان به وجود شکاف ها و شکستگی های عمیق در زمین ، فروچاله ها و شکست بناهای موجود اشاره کرد. لذا ضرورت توجه جدی به مدیریت منابع آب و لحاظ نمودن ویژگی های زمین شناسی مهندسی در اجرای پرژه های عمرانی از جمله چالش های آتی منطقه خواهد بود.

واژگان کلیدی : گرمسار ، ایوانکی ، نشست زمین ، آب های زیر زمینی

مقدمه

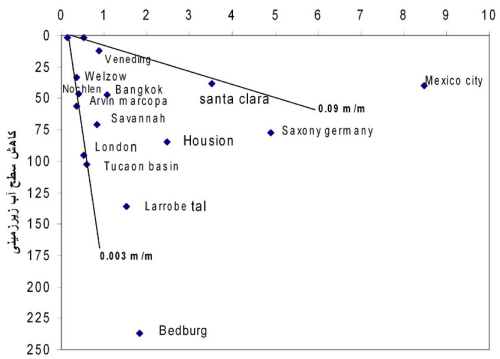
آبهای زیرزمینی عمدتاً بر اثر نفوذ و نشست آب حاصل از بارش و یا عبور رودها و جذب آب از دریاها و دریاچه ها و برکه ها و همچنین مصارف آب و جاری شدن به چاه ها و کانالهای زیرزمینی حاصل می گردد و مطالعات دقیقی از وضعیت و چگونگی پراکنش تمامی آبخوان ها و سفره های زیرزمینی وجود ندارد. به طور کلی می توان گفت که وسعت کل محدوده های آبی زیرزمینی در سطح کشور حدود ۱۶۴۶۲۰۰ کیلومتر مربع بوده که حدود ۵۶۱۷۰۰ کیلومتر مربع آن را پهنه های آبرفتی تشکیل می دهد و از مجموع پهنه های آبرفتی ۲۹۲۲۰۰ کیلومتر مربع از لحاظ امکان بهره برداری آزاد بوده و ۲۶۹۵۰۰ کیلومتر مربع بقیه در محدوده ممنوعه می باشد. [۲] بر اساس آمار سال آبی ۸۵-۸۴ وزارت نیرو برداشت و تخلیه از منابع آب زیرزمینی معادل ۸۰ میلیارد متر

مکعب در سال است که توسط چاه های عمیق و نیمه عمیق و رشته قنات ها و چشمه ها تخلیه می گردند.

برداشت ها از سفره های زیرزمینی در دشت های مناطق مرکزی ، خاوری و حتی جنوبی کشور بیشترین مقدار را داشته و بیش از ۹۰درصد از نیاز مصارف این مناطق به وسیله آب زیرزمینی تامین می شود.

آبخوان های آبرفتی در بیش از ۲۵۳ محدوده مطالعاتی کشور دارای افت سطح آب زیرزمینی بوده که مجموع اضافه برداشت از ذخیره ثابت آنها بیش از ۵ میلیارد متر مکعب در سال می باشد [۲] و میزان برداشت سالانه فعلی آبخوان های آبرفتی حدود ۵۶ میلیارد متر مکعب برآورد شده است . و شاید رسیدن به برداشت های مجاز برای دشت های دارای امکان توسعه بهره برداری ساده باشد ولی این موضوع برای دشت هایی که به علت افت شدید سطح آب الزاماً بایستی از برداشت کنونی آنها کاسته شود ، به دلایل مختلف اقتصادی، اجتماعی بسیار مشکل خواهد بود[۳]. از آثار افزایش عمق و پائین رفتن سطح آب قطع زه آبها و کاهش آبدهی بوده و حالت حاد آن که در دشت های بحرانی مشاهده می شود ، خشک شدن قنات ها ، کاهش شدید آبدهی چاهها و نشست و ایجاد شکاف در زمین می باشد.[۵]

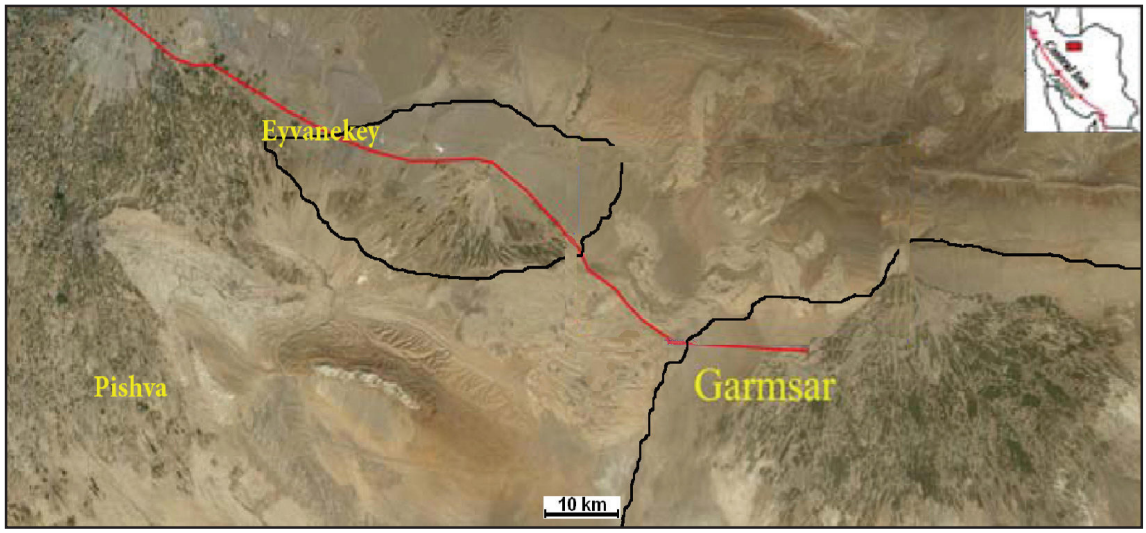
مطالعات انجام شده بر روی مناطقی که تحت تاثیر برداشت و پمپاژ آب زیر زمینی قرار گرفته است نشان می دهد که در رسوبات ریزدانه در طی کاهش سطح آب زیرزمینی بین ۳ میلی متر نشست در هر متر تا ۹ سانتی متر نشست و تراکم پذیری در هر متر کاهش سطح آب زیرزمینی ایجاد شده است (شکل ۱). این مقدار نشست به میزان تخلخل رسوبات، اندازه ذرات خاک مدول دگرشکلی و سایر موارد بستگی دارد[10]



شکل ۱- مقدار نشست زمین در مناطق مختلف دنیا در اثر کاهش سطح آب زیر زمینی

از جمله مناطقی که در حال حاضر تحت تاثیر پدیده نشست زمین قرار دارند دشت های گرمسار و ایوانکی را می توان نام برد. دشت گرمسار در فاصله ۱۰۰ کیلومتری شرق تهران با مساحتی حدود۱۳۵۰ کیلومتر مربع دارای ۵۰۰ کیلومترمربع اراضی قابل کشت می باشد و دشت ایوانکی نیز با وسعت آبخوان ۲۰۰ کیلومتر مربع در غرب دشت گرمسار با شرایط اقلیمی مشابه با دشت گرمسار از نظر اراضی کشاورزی مستعد، همواره مورد توجه بوده است . دشت های فوق از جمله دشتهای ممنوعه استان سمنان به شمار می روند که به علت برداشت بی رویه و افت شدید سطح آب زیرزمینی از سال آبی ۵۰-۱۳۴۹ توسط شرکت آب منطقه ای سمنان برای آنها پیشنهاد ممنوعیت گردیده و در حال حاضر به صورت ممنوعه بحرانی درآمده است .

در این مقاله سعی شده است با بررسی وضعیت کاهش سطح آب زمینی در طی سالهای گذشته، میزان افت میانگین سالانه برآورد و بر اساس خصوصیات خاک میزان نشست زیرزمین محاسبه و پدیده های مسایل با این پدیده مورد وارسی و مشکلات ناشی از آن بررسی شوند.



شکل ۲ – موقعیت دشت های ایوانکی و گرمسار در جنوب البرز مرکزی

ویژگی های هیدروزئولوژی محدوده مورد مطالعه

الف- حوزه آبریز دشت ایوانکی

دشت ایوانکی با وسعتی حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع یکی از دشت های حاصل خیز استان سمنان می باشد. این محدوده مطالعاتی باوسعت ۹۵۱ کیلومتر مربع در دامنه جنوبی البرز ومنتهی الیه غربی استان سمنان قرار داشته و از نواحی حاصلخیز استان محسوب میشود. این محدوده از شمال به ارتفاعات کوه ایوانکی و کوه شرفیه و از جنوب به ارتفاعات کوه تخت رستم و از شرق به ارتفاعات کلوت دزک و در قسمت غرب به تپه ماهورهای پست منطقه و بالاخره به ادامه دشت ورامین منتهی می گردد .

بخش عمده آبرفت دشت ایوانکی حاصل آورد رسوبی حوضه نمارک ، حوضه های کورس و چنداب و مسیل های فرعی دیگر میباشد که بطور عمومی در گستره سطحی از شمال به جنوب و غرب دانه ریزتر و در حاشیه جنوبی رسی می شود .در بخش های مرکزی دشت آبرفتی، ضخامت مناسبی دارد عمق سطح آب در بخشهای شمالی و مرکزی بیش از یکصد متر و حاشیه بویژه جنوب غربی به کمتر از ده متر می رسد بدلیل افت شدید در مرکز دشت جهت جریان سفره آب زیرزمینی از چهارگوشه دشت به طرف مرکز دشت (نواحی ملک زینل و برج حیدر) تغییر جهت داده است .

براساس نتایج آخرین آماربرداری انجام شده تعداد ۱۳۳ حلقه چاه عمیق ، ۴۷ حلقه چاه نیمه عمیق ،۱۸ دهنه چشمه و ۱۴ رشته قنات در محدودهٔ مطالعاتی ایوانکی وجود دارد که تمامی چاه های عمیق در آبخوان اصلی دشت متمرکز بوده که مجموعاً ۵۰/۲۵ میلیون متر مکعب آب جهت مصارف کشاورزی ، شرب وصنعت از طریق این منابع استحصال می شود.[۷]

از طریق چاه های مشاهده ای بررسی عمق سطح آب و تغییرات رقوم ارتفاعی ماهانه و سالانه و نیز محاسبه افت و کسری مخزن دشت نشان دهنده افت سالانه معادل ۱/۴۴ متر و کسری مخزن سالانه ۸/۸۲ میلیون متر مکعب در طی چهار سال گذشته در این دشت میباشد. بیشترین واحدهای رخنمون یافته عبارتند از مارن ، ماسه سنگ همراه با لایه های گچ و نمک متعلق به بعنوان تشکیلات قرمز بالایی بوده سازند هزار دره نیز در

تمامی کوهپایه های شمالی روی لایه های رسی دوران سوم (میوپلیوسن) گسترش دارد. تبخیری ها و گنبدهای نمکی الیگومیوسن سازند قرمز پایینی در حاشیه شرق و جنوب شرقی دشت نیز رخنمون دارند.

واحدهای آبرفتی دشت ایوانکی که مخازن اصلی آبهای زیرزمینی ناحیه را تشکیل میدهد ناشی از حمل مواد حاصله از تخریب کنگلومرا، ماسه سنگ ها, توف ها و سایر سنگ های قدیمی تر که توسط رودخانه نمرود و سایر مسیل های دیگر درمنطقه بجای گذاشته شده اند. سنگ کف دشت از کنگلومرای هزار دره تشکیل شده که توسط رسوبات مخروط افکنه نمارک و مسیل های دیگر پوشیده شده است . ضخامت آبرفت متفاوت،در قسمت شمالی دشت به حدود ۳۰۰ متر و جنوب دشت دشت بسیار ناچیز و حدود ۵۰ متر می رسد.

این آبرفت ها مربوط به دوره کواترنری میباشند فرسایش تشکیلات کنگلومرا و ماسه سنگی در شمال مرکز دشت از درجه نفوذ پذیری بالایی برخوردار بوده و به همین علت در این قسمت از دشت ، چاه ها از تراکم و آبدهی نسبتاً بالایی برخوردارمی باشند.در قسمت انتهایی بدلیل اینکه نوع آبرفت از منشأ کوه های مارنی و رسی و گچی جنوبی دشت هستند. از نفوذپذیری پایین برخوردار میباشد. بنابر این و بطور کلی دشت ایوانکی عبارت است گودی یک ناودیس گون با محور غربی– شرقی که توسط آبرفت مخروط افکنه نمارک پرشده است .

حوزهٔ آبریز منتهی به دشت ایوانکی از شمال به گسل راندگی مشاء فشم و از جنوب به گسل پیشوا با امتداد شمالغربی – جنوب شرقی که از غرب به گسل کهریزک می پیوندد, محدود می گردد. سازندهای سخت محدوده مطالعاتی شامل سازندهای کربناته، غیر کربناته، تخریبی و گنبدهای نمکی است. سازندهای کربناته دارای منابع آبی مناسب بوده،و سازندهای سخت شامل سنگهای آذرین،رسی ، تبخیری و گنبدهای نمکی واقع گردیده اند بیشتر این بخش را واحدهای رسی وماسه سنگی سازند قرمز بالایی تشکیل می دهند که نه تنها در ذخیره سازی منابع آب هیچگونه نقشی ندارند بلکه بدلیل فرسایش پذیری وشیب توپوگرافی زیاد منبع اصلی تولید رسوب حوضه آبریز می باشند .سازندهای تبخیری وگنبد های نمکی نیز منشاء اصلی چشمه وجریانات سطحی پایه شور بوده که عامل اصلی کاهش کیفی رودخانه می باشند .

رسوبات سخت نشده شامل مخروط افکنه میان دشتی، پایین دشتی و رسوبات دامنه ای و پادگانه های آبرفتی ماسه ها و لس ها و شوره زارها میباشد. این واحدها غالبا در دشت ایوانکی واقع شده اند.

شیب عمومی سنگ کف از ارتفاعات شمالی و جنوبی به سمت مرکز دشت متغیر بوده و در محدوده مطالعاتی در ارتفاع ۸۲۵ متر قرار داشته و در محدوده غرب دشت بالا آمدگی سنگ کف مرز جدا کننده دشتهای ایوانکی و ورامین تشکیل می دهد..

با توجه به لوگ حفاری چاههای مشاهده ای می توان گفت که رسوبات دشت ایوانکی بر مبنای جنس ذرات و پادگانه های آبرفتی در محل ورود مخروط افکنه و شهر ایوانکی از نوع دانه درشت درحد گراول و ماسه و درصد کمتری از رس میباشد. به تدریج که از مخروط افکنه دورتر می شویم نوع رسوبات دانه ریز به تدریج افزایش می یابد بطوریکه حجم رسوبات دانه ریزدر انتهای دشت بیشتر از رسوبات دانه درشت می باشد.

به منظور کنترل و بررسی روند تغییرات سطح سفره آب زیر زمینی آمارهای چاه های مشاهده ای برداشت گردید. مقادیر افت و کسری مخزن سالانه بیانگر افت

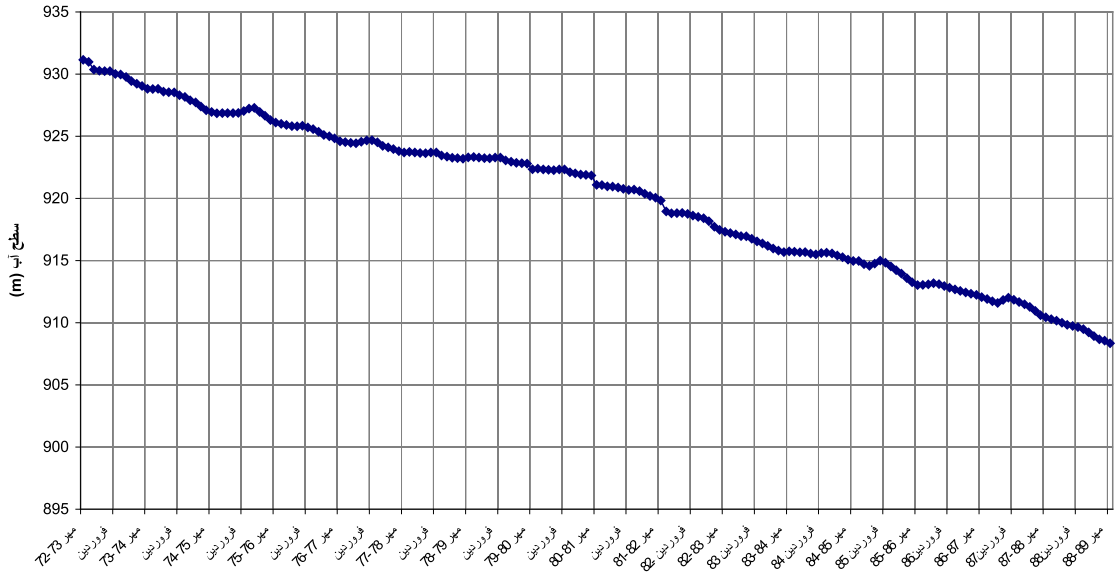
قابل ملاحظه در طی سالهای متوالی و تداوم آن بوده است. بیشترین افت در سال آبی ۶۹- ۶۸ و کمترین آن در سال آبی ۷۸ – ۷۷ روی داده است . شکل ۳ روند این تغییرات را در دراز مدت نشان میدهد. روند شدید کاهش به وضوح آشکار است که بیانگر افت شدید سطح سفره آب زیرزمینی در این دشت است.

همچنین مقادیر افت و کسری مخزن دشت طی ۱۸ سال گذشته سالانه بطور متوسط ۱/۴۹ متر افت ۱۱/۸۷ میلیون متر مکعب کسری مخزن در این دشت برآورد شده است. در سال آبی ۸۸- ۸۷ این افت نیز ادامه داشته بطوریکه در طی این سال ۱/۹۲ متر افت و حجمی معادل ۱۱/۷۲ میلیون متر مکعب کسری مخزن در این دشت ایجاد شده است .به منظور بررسی و ضعیت افت دشت ایوانکی و توزیع مکانی آن و نیز مشخص شدن مناطق بحرانی نقشه هم افت دشت در ۱۵ ساله اخیر یعنی از مهر ۷۲ لغایت مهر ۸۸ ترسیم شده است بررسی نقشه هم افت (شکل ۴) نشان از افت شدید سفره در بخشهای مرکزی و شمالی دشت را نشان می دهد که قابل توجه است .

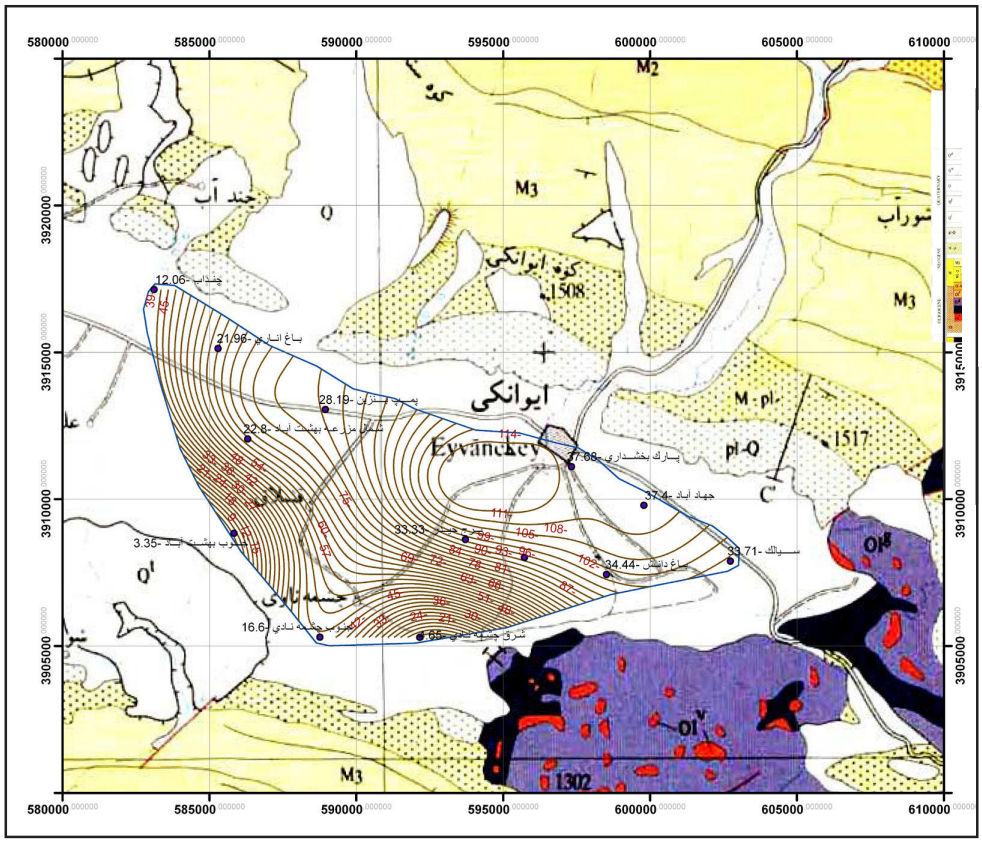
حداکثر عمق سطح آب ۱۸۰ متر در شمال شرق شهر ایوانکی و حداقل آن ۷ متر در منتهی الیه جنوب غرب دشت می باشد . متوسط عمق سطح آب دشت در این ماه ۸۹/۶۱ متر محاسبه شده است.

ب-حوزه آبریز دشت گرمسار

بعد از رودخانه حبله رود که منبع اصلی تأمین آب منطقه است سفره آب زیرزمینی گرمسار به عنوان مهمترین و بزرگترین مخزن آب زیرزمینی از اهمیت خاصی برخوردار است. از دیگر آبخوانهای این محدوده می توان به دشتهای ده نمک و صفائیه و نیز حوضه های آبریز مشرف به آنها یعنی رامه و عبدل آباد اشاره کرد. مخروط افکنه گرمسار حاصل نهشته های آبرفتی رودخانه حبله رود بوده که با تخلیه متوسط سالیانه ۲۵۰ میلیون مترمکعب پر آب ترین و مهمترین رودخانه دائمی استان میباشد که آب آن توسط شبکه آبیاری دشت گرمسار به مصرف اراضی کشاورزی دشت می رسد. همچنین دشت از آبخوان نسبتا مناسبی برخوردار بوده است که توسط چاه های عمیق و نیمه عمیق و قنوات بطور متوسط سالیانه



شکل ۳-نمودار هیدروگراف دراز مدت دشت ایوانکی از مهر۷۲تا مهر ۸۸



شکل ۴- نقشه هم افت آب زیرزمینی دشت ایوانکی مهر ۷۲-مهر۸۸ [۷]

۱۴۲ میلیون متر مکعب از آب سفره زیرزمینی را تخلیه می کند.

در حال حاضر در بخشهای مهم آبخوانهای واقع در این محدوده بویژه دشت گرمسار و بخش کوچکی از قسمت شرقی آن بدلیل بر داشت بیش از حد از سفره های آب زیرزمینی و به دنبال آن افت و کاهش مخزن این آبخوان توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی از طریق چاه و یا قنات ممنوع شده است. و در سایر نقاط یا بدلیل کوهستانی بودن و یا ضعف آبخوانهای موجود، امکان تأمین آب از سفره های آب زیرزمینی و یا منابع آب سطحی در وجود ندارد.

حوضه آبخیز حبله رود در بخش خمیده البرز مرکزی قرار دارد. به همین دلیل به علت فشردگی منطقه، چین خوردگی فراوان و گسل های عمیق دیده می شوند.به علت تکنوتیک فعال حوزه آبخیز تعداد بسیار زیادی گسل در منطقه وجود دارد که نزدیکترین آنها به دشت گسل گرمسار می باشد. راستای این گسل شرقی- غربی و طول آن حدودا ۷۰ کیلومتر است و تا ده نمک ادامه دارد. در قسمت شمال شرقی گرمسار مرز روشنی میان سازند آبرفتی هزار دره و آبرفتهای دشت تشکیل می دهد.سازندهای سخت محدوده مطالعاتی شامل سازندهای کربناته، غیر کربناته، تخریبی و گنبدهای نمکی است. درحد فاصل بین سیمین دشت ودشت گرمسار، سازندهای سخت شامل سنگهای آذرین، رسی، تبخیری و گنبدهای نمکی واقع گردیده اند .بیشتر این بخش را واحدهای رسی وماسه سنگی سازند قرمز بالایی تشکیل می دهد که نه تنها در ذخیره سازی منابع آب هیچگونه نقشی ندارند بلکه بدلیل فرسایش پذیری وشیب توپوگرافی زیاد منبع اصلی تولید رسوب حوضه آبریز حبله رود می باشند.

رسوبات سخت نشده شامل مخروط افکنه، میان دشتی، پایین دشتی و رسوبات دامنه ای و پادگانه های آبرفتی ماسه ها و لس ها و شوره زارها میباشد . این واحد ها غالبا در دشت گرمسار ، ده نمک ومخروط افکنه عبدل آباد وبخش های جنوبی محدوده مطالعاتی گرمسار واقع شدهاند. این رسوبات که حاصل نهشته های حوضه های آبریز حبله رود، رامه وعبدل آباد می باشند آبخوان هایی با توان ذخیره سازی وآبدهی بالا در دشت گرمسار ومتوسط تا ضعیف در دشتهای ده نمک ومخروط افکنه عبدل آباد ایجاد نموده اند.

با توجه به نتایج مطالعات اکتشافی سطحی و تحت الارضی اعم از ژئوفیزیک و حفاری چاههای اکتشافی و مشاهده ای می توان گفت که آبخوان اصلی دشت در مخروط افکنه گرمسار که حاصل نهشته های رسوبی رودخانه حبله رود بر روی سنگ کف غیر قابل نفوذ مارنی و شیلی می باشد تشکیل شده و آبهای نفوذی حاصل از جریانات سطحی همین رودخانه عامل اصلی تغذیه دشت مذکور می باشد. بدلیل تنوع سازند های موجود در حوضه آبریز جنس و شکل ذرات متنوع و همچنین از کرویت و گردشدگی خوبی بر خوردار می باشد. چرا که ذرات رسوبی تا فاصله زیادی توسط رودخانه حمل شده اند.

همین خصوصیات موجب شده تا در بخشهای و جنوب شرقی مرکزی تخلخل و نفوذ پذیری تا حد مناسبی افزایش یافته که بدنبال آن موجب تقویت ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان گردیده است، بطوریکه در بخش بالای دشت تا شعاع ۷ کیلومتری جنس رسوبات از نوع گراول در ماتریکسی از رس و سلیت است.

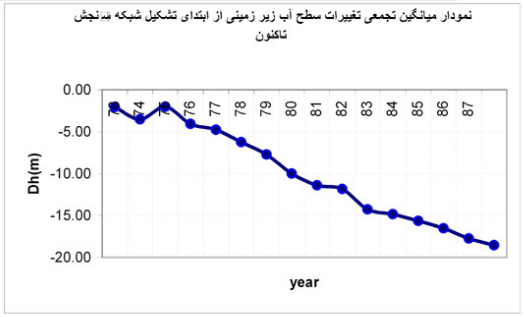
در بخش انتهایی با زدن رسوبات کاملا دانه ریز شده و غالبا سیلتی و رسی هستند. وجود لایه های گراولی در این بخش از دشت نشانگر رسوبات کانالی رودخانه ای بوده که در اثر سیلاب های قوی حاصل شده اند. این کانالها در بعضی مواقع به سطح زمین رسیده و چشمه هایی را در بخش انتهایی بادزن بوجود می آورند. رسوبات این منطقه و دارای مقادیر زیادی سولفات سدیم مخصوصا در جنوب شرقی دشت گرمسار می باشد که باید آنرا حاصل تبخیر سطحی زیاد و بالا بودن آبهای زیرزمینی دشت که دارای املاح فراوان هستند دانست.

ضخامت رسوبات در شمال دشت در مجاورت کوهستان از ۵۰ متر شروع شده (چاه شرب روستای ده سراب حتی از این مقدار هم کمتر نشان می داد) و در میانه دشت به ۱۵۰ متر می رسد. این رسوبات در قسمت انتهایی دارای ضخامت کمتری شده و به حدود ۷۰ متر کاهش پیدا می کند(وجود رسوبات مارنی قرمز در چاههای حفاری شده در منطقه جنوبی از عمق ۷۰ الی ۸۰ متری موید این مطلب است). پی سنگ دشت گرمسار از رسوبات سازند هزار دره و قرمز فوقانی تشکیل شده است. وجود رسوبات کنگلومرایی مشخص کننده ورود به سازند هزار دره و رسوبات رسی سیلیتی و مارنی قرمز رنگ با کیفیت و کمیت آب نا مطلوب مشخص کننده سازند قرمز فوقانی باشد.

عمق سطح آب دشت گرمسار کاملا از توپوگرافی مخروط افکنه تبعیت کرده و بطور واگرایی از راس مخروط افکنه به سمت حاشیه کاهش می یابد. حداکثر عمق در راس بیشتر از ۱۲۰ متر و حداقل آن به کمتر از ۱۰ متر در حاشیه جنوبی مخروط کاهش می یابد. متوسط عمق برخورد به آب در این دشت در حال حاضر ۶۲ متر می باشد.

نوسانات سطح آب در دراز مدت : به منظور بررسی تغییرات سطح آب در دراز مدت با استفاده از ارقام

نام محدوده مطالعاتی	کد محدوده مطالعاتی	نام دشت	متوسط ضریب ذخیره	وسعت آبخوان (کیلومترمربع)	میانگین تجمعی تغییر حجم آبخوان (میلیون متر مکعب	میانگین تغییر حجم آبخوان (میلیون متر مکعب	میانگین تجمعی تغییر سطح ایستابی آبخوان (متر)	میانگین تغییر سطح ایستابی آبخوان (متر)	سال آبی	
گرمسار	4705	گرمسار	0.05	531.78	-54.43	-54.43	-2.05	-2.05	1372	73
					-93.98	-39.55	-3.53	-1.49	1373	74
					-53.88	40.09	-2.03	1.51	1374	75
					-108.20	-54.32	-4.07	-2.04	1375	76
					-126.74	-18.55	-4.77	-0.70	1376	77
					-166.11	-39.36	-6.25	-1.48	1377	78
					-205.53	-39.42	-7.73	-1.48	1378	79
					-265.92	-60.39	-10.00	-2.27	1379	80
					-302.90	-36.98	-11.39	-1.39	1380	81
					-314.51	-11.61	-11.83	-0.44	1381	82
					-379.65	-65.14	-14.28	-2.45	1382	83
					-394.63	-14.99	-14.84	-0.56	1383	84
					-416.04	-21.40	-15.65	-0.80	1384	85
					-439.70	-23.67	-16.54	-0.89	1385	86
					-471.83	-32.13	-17.75	-1.21	1386	87
					-492.86	-21.03	-18.54	-0.79	1387	88



شکل۵- نمودار معرف دراز مدت نوسانات دشت گرمسار [۲]

میانگین ماهانه محاسبه شده از سال آبی ۷۳-۷۲ لغایت ۸۸-۸۷ (۱۶ سال آبی) نمودار این تغییرات ترسیم و در شکل ۵ نشان داده شده است.

نمودار بیانگر افزایش روند تغییرات از سال آبی ۸۰-۷۹ به تا کنون می باشد. در سالهای اولیه تغییرات تابع روند طبیعی جریان بوده و حتی در سال آبی ۷۵-۷۴ با بالا آمدگی سطح آب مواجه می شویم ولی در ادامه روند تغییرات شدیدا نزولی می شود. کاهش شدید تغذیه زیرزمینی سفره بواسطه کاهش جریان سطحی رودخانه حبله رود ، خشکسالی ها ، افزایش برداشت و از جمله عوامل افزایش روند افت می باشد. از آنجا که منشاء اصلی تغذیه سفره جریان سطحی رودخانه حبله رود می باشد کاهش آن به هر دلیلی آسیب شدیدی بر سفره خواهد آورد. افزایش برداشت از رودخانه در حوضه سیمین دشت و از طریق ایستگاه های پمپاژ در سالیان اخیر کاهش دبی ورودی به دشت را تشدید کرده و متعاقب آن تغذیه سفره را محدود تر کرده است.

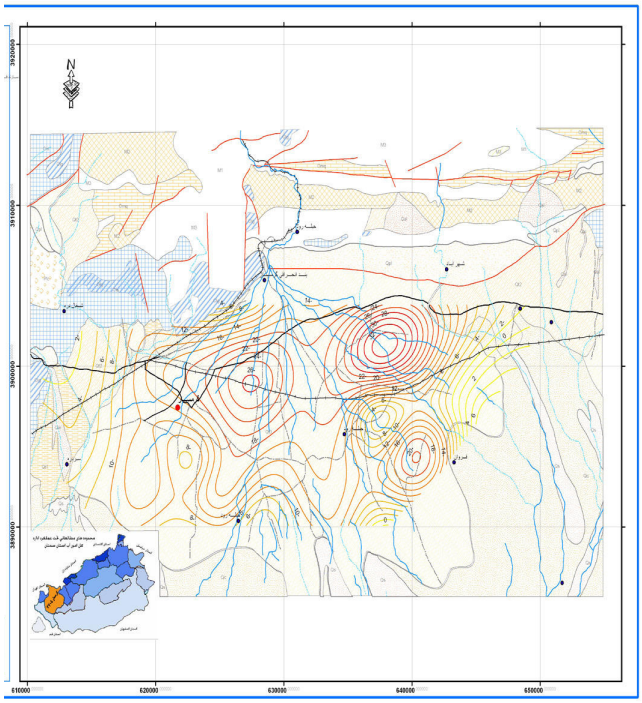
بر اساس این نمودار در طی ۱۶ سال آبی بطور متوسط سالانه ۱/۱۶ متر افت و ۳۰/۸۰ میلیون متر مکعب کسری مخزن در دشت ایجاد شده است. این در حالی است که افت تجمعی در همین دوره ۱۸/۵۴ متر و حجمی معادل ۴۹۲/۸۷ میلیون متر مکعب از آب سفره برداشت شده که جایگزین نشده است. [۲]

نقشه هم افت دراز مدت

تغییرات افت سطح سفره آب زیرزمینی دشت گرمسار در طی این دوره در شکل ۶ نشان داده شده است. همانگونه مشخص است روند عمومی کاهش افت از راس مخروط افکنه به حاشیه آن کاملا مشهود است بیشترین افت در بالای آبخوان بوده و بتدریج بسمت جنوب و حاشیه دشت کاهش می یابد. البته در برخی مقاطع در جنوب شرق نیز افت افزایش یافته است. در طی این دوره بیشترین افت در چاه مشاهده ای امامزاده خلیل به میزان ۳۰/۹۴ و کمترین آن در چاه مشاهده ای کیلومتر ۲۶ جاده سمنان به میزان ۱/۳۶ متر اتفاق افتاده است.

برداشت از سفره آب زیرزمینی: بر اساس آخرین آمار در محدوده بیلان دشت گرمسار از مجموع تعداد ۵۶۲ حلقه چاه و ۲۱ رشته قنات حجمی معادل۱۴۱/۶۸ میلیون متر مکعب در سال آبی ۸۷-۸۶ برداشت شده است. [۲]

در حال حاضر بدلیل تداوم افت کسری مخزن دشت و



شکل۶- نقشه هم عمق دشت گرمسار[۲]

ادامه این روند در سه ساله اخیر و با توجه به میانگین افت ۱/۱۶ متر در طول ۱۵ سال آبی و کسری مخزن ۳۰/۸۵ میلیون متر مکعب در سال برآورد میگردد.

ارزیابی و محاسبه نشست زمین

تنش کلی (δ) در ستونی از خاک که بخشی از آن توسط سفره آب زیرزمینی اشباع شده است به دو قسمت تقسیم می‌شود. قسمتی که توسط آب موجود در منافذ مرتبط به هم، تحمل می‌شود این قسمت با شدت مساوی در تمام جهات عمل می‌کند و تشکیل فشار منفذی (u) را می‌دهد بقیه تنش کل توسط قسمت جامد خاک در نقاط تماس آنها تحمل می‌شود که در حقیقت همان وزن خاک بوده و مجموع مولفه‌های قائم نیروهای وارده در نقاط تماس ذرات جامد یا تنش مؤثر (δ') می‌باشد

$$\delta = \delta' + u \qquad (۱)$$

تنش مؤثر در هر نقطه‌ای از خاک به دلیل بهره‌برداری از آب زیرزمینی و کاهش سطح ایستابی دستخوش تغییراتی خواهد شد و همچنین وضعیت تخلخل در خاک غوطه‌ور در آب زیر زمینی با تخلخل آن در خاک بالای سطح آب زیرزمینی متفاوت است و تنش مؤثر در خاک تغییر حجم و مقاومت آن را کنترل می‌کند و افزایش مقدار تنش موثر باعث می‌شود که خاک به حالت فشرده و متراکم‌تری نسبت به قبل در آید و در نتیجه با توجه به رابطه (۱) هرچه میزان ارتفاع آب کاهش یابد باعث کم شدن فشار منفذی و به عبارتی باعث افزایش تنش مؤثر می‌گردد و در شرایطی که این فشار خارج از تحمل خاک باشد لایه‌های خاک متحمل مقدار مشخصی فشردگی و نشست خواهند شد. این نشست در اثر تغییر شکل ذرات خاک، تغییر جا و مکان آنها، حذف آب بین منافذ و دلایل دیگر می‌باشد. بطور کلی نشست خاک به دو نوع قابل تقسیم است: اول نشست تحکیم که ناشی از کاهش حجم خاک اشباع بر اثر خروج آب داخل منافذ می‌باشد و نشست آنی، که ناشی از تغییر شکل الاستیک خاک خشک و نیز ناشی از تغییر شکل الاستیک خاک‌های مربوط و اشباع بدون

هیچگونه تغییری در میزان رطوبت آنها می‌باشد.[۴]

در خاک‌های ماسه‌ای که نفوذپذیری بیشتری نسبت به خاک‌های ریزدانه دارند نشست آنی و تحکیم همزمان می‌باشد و در خاک‌های ریزدانه رسی با افزایش تنش موثر بلافاصله نشست الاستیک خواهیم داشت و تغییر حجم (تحکیم) مربوط به آن نیز مدت طولانی بعد از نشست آنی ادامه پیدا می‌کند و این نشست به مراتب بیشتر از نشست آنی می‌باشد. عموماً سه مرحله در تاریخ تغییر شکل و نشست خاک یک منطقه می‌توان در نظر گرفت: مرحله اول تراکم و نشست اولیه که غالباً در اثر پیش بارگذاری طبیعی خاک مربوط به وزن رسوبات قبلی می‌باشد. مرحله دوم تحکیم اولیه که در طی آن به دلیل خروج آب منفذی، فشار آب منفذی به تدریج به تنش موثر تبدیل می‌شود و مرحله سوم تحکیم ثانویه است که بعد از دفع و از بین رفتن کامل فشار آب منفذی اضافی و در زمانی که تغییر شکل نمونه به علت شکل‌گیری مجدد و وضعیت خمیری خاک اتفاق می‌افتد، انجام می‌شود.[۴]

در یک خاک دانه ریز اشباع برای محاسبه نشست ناشی از تحکیم اولیه (s) در زمین با فرض تحکیم یک بعدی می‌توان با داشتن حد روانی میانگین لایه‌های خاک (ll) و نسبت منافذ (e) اقدام نمود با توجه به شکل ( ) و داشتن حجم جامد خاک (V_s) و نسبت منافذ اولیه (e_0) کاهش حجم قابل محاسبه می باشد:[۱۰]

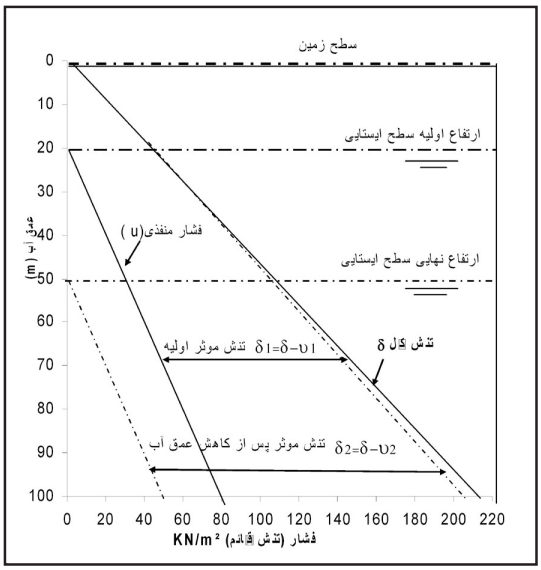
$$V_s = \frac{V_0}{1+e_0} = \frac{AH}{1+e_0}$$

$$S.A = \Delta e V_s = \frac{AH}{1+e_0}\Delta e$$

$$S = H\frac{\Delta e}{1+e_0} \qquad (۲)$$

دررابطه با خاک‌های دانه ریز تغییرات حجم و نسبت منافذ نسبت به افزایش فشار و تنش مؤثر به صورت یک منحنی نیمه لگاریتمی می‌باشد و زمانی که فشار کل اعمال شده بر روی خاک بزرگتر از حداکثر فشار مؤثر سربار باشد تغییر در نسبت منافذ بسیار بیشتر بوده و منحنی به صورت خطی و با شیب تندتری خواهد بود. که این وضعیت به عنوان شاخص فشردگی (تراکم) خاک (C_c) مشهور است.

$$C_C = \frac{\Delta e}{[\log(P_0+\Delta P) - \log P_0]} \qquad (۳)$$



شکل۷- افزایش تنش موثر قائم در اثر افت سطح آب زیر زمینی

با توجه به رابطه (۲) مقدار نشست بدست می‌آید:

$$S = \frac{C_c H}{1+e_0}\log\left(\frac{P_0+\Delta P}{P_0}\right) \qquad (۴)$$

آقای ترزاقی و پک (۱۹۷۶) رابطه تجربی زیر را برای تعیین C_C ارائه کرده‌اند .[۴]

$$C_c = 0.009(ll-10) \qquad (۵)$$

برای تعیین نشست الاستیک خاک در اثر افزایش فشار که بخاطر کاهش ارتفاع آب زیر زمینی می‌باشد می‌توانیم برای هریک از لایه‌ها میزان نشست را با داشتن مدول الاسیسته (E) خاک محاسبه نمائیم : [۱۰]

$$S = \sum_1^n \frac{h_1}{E_1}.\Delta P_1 \qquad (۶)$$

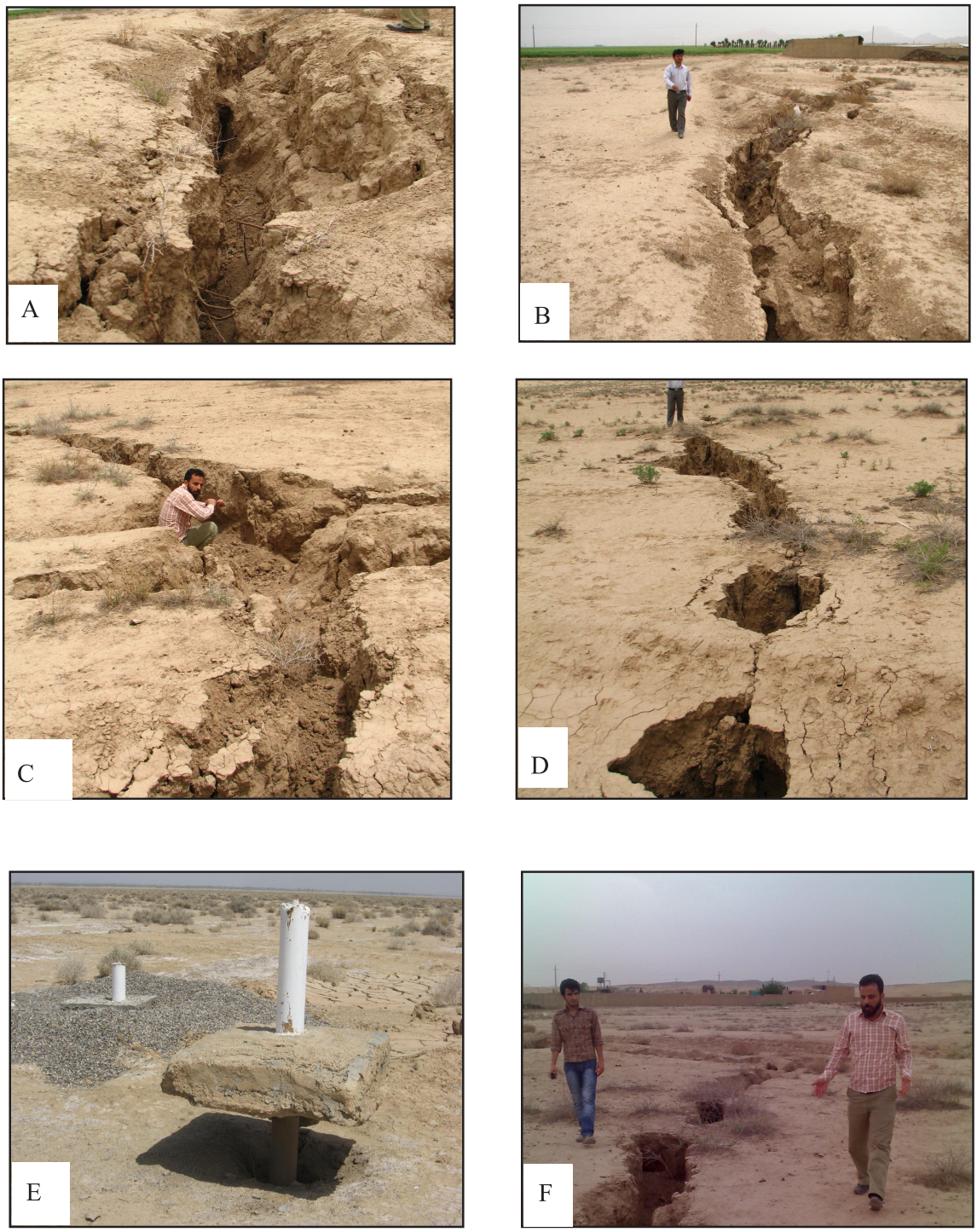
h میزان کاهش ارتفاع آب زیر زمینی و ΔP اختلاف فشار حاصل از افزایش تنش مؤثر می‌باشد.

جدول ۱ – محاسبه مقدار نشست بر مبنای ویژگی‌های رسوبات و لوگ‌های حفاری.

ردیف	تغییرات رسوبی	ضخامت رسوب (متر)	مدول الاسیسته kn/m^2 (E)	تخلخل تقریبی (درصد)	میانگین نشست سانتی‌متر (تاسال۱۳۸۹)	میانگین نشست (سانتی‌متر) (تاسال ۱۴۱۰)
۱	ماسه رس دار	۸	۱۰۵۰۰–۲۷۰۰۰	۰/۳۷	۱/۴	۱/۱
۲	رس	۷	۱۴۰۰–۳۵۰۰	۰/۵۰	۱۵	۱۵
۳	ماسه دانه‌ریز	۱۵	۱۰۰۰–۲۰۰۰	۰/۳۵	۵/۲	۵/۲
۴	گراول	۹	–۷۰۰۰۰ ۴۰۰۰۰	۰/۳۲	۲	۲
۵	سیلت رس	۴	۵۰۰۰–۱۴۰۰۰	۰/۴۲	۸	۸
۶	ماسه رس‌دار	۷	–۲۷۰۰۰ ۱۰۵۰۰	۰/۳۷	۶/۲	۷/۲
۷	ماسه دانه درشت	۱۱	۳۴۰۰۰–۶۵۰۰	۰/۳۴	۳/۷	۴/۵
۸	رس	۶	۱۴۰۰–۳۵۰۰	۰/۵۰	۲۷	۳۷
جمع ضخامت رسوبات		۶۵ متر	جمع نشست زمین در دو مرحله (سانتی‌متر)		۶۵/۵	۸۰/۸

جدول۲ – محاسبه مقدار نشست بر مبنای ویژگی‌های رسوبات و لوگ‌های حفاری.

دوره زمانی	افت سطح آب	حداکثر نشست زمین (cm)	حد اقل نشست زمین (cm)	میانگین نشست (cm)
تا سال ۱۳۸۹	۴۳	۳۸/۷	۶/۸	۲۴
تا سال ۱۴۱۰	۶۵	۵/۵۸	۱۳	۳۶



شکل۸- توسعه شکستگی ها ی طولی در امتداد دشت گرمسار و ایوانکی و فرونشست زمین

نتیجه گیری

با توجه به ویژگی های زمین شناسی منطقه و وضعیت هیدروژئولوژی دشت های ایوانکی و گرمسار موارد زیر قابل استنباط و جمع بندی می باشد.

بدلیل قرارگیری رسوبات تبخیری سازند قرمز پائینی و همچنین بالایی در بخشهای مختلف منطقه فرسایش رسوبی و فرم آبرفت ها ی سفره های آبخوان عمدتاً از رسوبات دانه ریز رسی و سیلت و اصلاح نمکی و سولفاته می باشند که باعث بالا رفتن درجه شوری و اصلاح آب می گردد.

بررسی های ژئوفیزیکی در هر دو دشت نشان می دهند که هر چه به سمت پائین دست حوزه های ایوانکی و گرمسار پیش می رویم از عمق آب زیرزمینی کاسته می گردد و سنگ کف نفوذناپذیر در تراز ارتفاعی بالاتری قرار می گیرد.

در بخش های میانی دشت به دلیل افزایش ضخامت آبرفت و همچنین کاهش بیش از حد سطح آب میزان تخلیه و برداشت آب بیشتر از مناطق شمالی و جنوبی می باشد که باعث تراکم پذیری و نشست بیشتر آبرفت می گردد و اندازه گیری انجام شده برای ۳۰ ساله گذشته نشستی تقریبی معادل۶۰-۵۰ سانتی متر برآورد می گرددو برای یک دوره بیست ساله آینده نیز در صورت ادامه تخلیه آب پیش بینی ۲۰-۳۰ سانتی متر نشست می گردد.

از عوارض مرتبط با افت آب وجود ترک ها و شکستگی های طولی شرقی غربی در امتداد دشت و ایجاد حفره های عمیق و ترک در بناهای منطقه می توان نام برد.

منابع:

۱-سالاری ،م.(۱۳۸۳)؛نقش مدیریت منابع آب در امنیت ملی ،رساله دکتری،دانشگاه عالی دفاع ملی تهران، ۱۴۱ص

۲- رحیمیان، م میر آخر لو،گ. (۱۳۸۸)، گزارش پیشنهاد تمدید و اصلاح و توسعه حدود ممنوعیت دشت گرمسار شرکت آب منطقه سمنان، ۷۱ ص.

۳-رهنماراد،ج.خسروی،ف،د.(۱۳۸۸)؛افت آب زیر زمینی و فرو نشست در دشت مشهد؛فصلنامه زمین شناسی و محیط زیست،دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر شماره بهار ،ص۸۹تا ۱۰۰

۴- صالح زاده ،ح .(۱۳۸۷)؛(ترجمه)-اصول مهندسی خاک-مکانیک خاک،جلد اول،چاپ چهارم،دانشگاه علم و صنعت ایران،۴۰۶ ص.

۵-عالمی، ا. (۱۳۸۱) بررسی علل نشست زمین در دشت یزد-اردکان-مجموعه مقالات سومین همایش بین المللی مهندسی خاک ایران،پژوهشگاه نیرو،تهران،ص۴۲۹ تا ۴۳۴.

۶- عبادتی ، ن ، (۱۳۸۹)؛ زمین شناسی مهندسی کاربردی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر ۵۲۴ ص

۷-میر آخر لو،گ . (۱۳۸۸) گزارش پیشنهاد و تمدید ممنوعیت دشت ایوانکی شرکت آب منطقه ای سمنان ۷۸ص

8- Bouwer،H. (1978) ; land subsidence and Cracking Due To Ground- Water Depletion , Agricultural Research Servis,U.S Department Of Agrieolture, Grond Water Jur. Vol,15, No.s,358-364.

9-Leake,S.s,(2004);Land subsidce frome ground - water Pumping ,U.s. geological Survey ,http://geochange.er.usgs. gov/sw/anthropogenic/subside,5p.

10-wolkersdorfer. C, Thim ,G(2006) ;ground water withdrawal and land subsidence nor theastrn Saxony (Germany) International mine water assocoiationT, 81-92.