مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۴، شماره ۱، سال ۱۳۸۲ (۹۰-۷۷)

شناخت منابع آب‌های زیرزمینی دشت فومنات و مطالعه تغییرات کیفی آن‌ها

محمد محمدی فتیده
دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه گیلان
تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۸/۸

خلاصه

به منظور شناخت منابع آب‌های زیرزمینی دشت فومنات و مطالعه تغییرات کیفی آن‌ها، مطالعاتی بر روی منابع آب‌های زیرزمینی این منطقه انجام گرفت. بدین منظور پس از جمع‌آوری و بررسی اطلاعات اولیه و داده‌های اقلیمی، مطالعات صحرایی انجام‌شد. نخست زمین شناختی کواترنر منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. سپس عوامل مؤثر بر بیلان آب ارزیابی گردید. با استفاده از عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس $\frac{1}{50000}$، نقشه فهرست منابع آبی منطقه تهیه شد. پس از به دست آوردن ارتفاع‌سطوح پیزومتریک از سطح دریا نقشه‌های پیزومتریک و هم عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی تهیه و نوسانات سالیانه آبخوان‌ها ارزیابی گردید. با استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ، ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها شامل ضریب قابلیت انتقال آب (T) و ضریب‌ذخیره (S) با استفاده از روش‌های تیس[1] و جاکوب[2] محاسبه شد. هم چنین با استفاده از نتایج آزمایش های پمپاژ پله‌ای، ضرایب افت خطی(B) و غیرخطی(C) تعدادی از چاه‌های عمیق منطقه محاسبه و معادلات این چاه‌ها تعیین گردید. پس از آشنایی با آبخوان‌ها و تعیین خطوط اصلی جریان آب های زیر زمینی، هیدروشیمی آبخوان‌ها و تغییرات کیفی آن‌ها مورد بررسی قرارگرفت. غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی شامل کلسیم ، منیزیم ، سدیم ، پتاسیم ، کلر، سولفات ، کربنات ، بی‌کربنات، فسفر، نیتروژن آمونیاکی ، نیتروژن نیتریت ، نیتروژن نیترات، آهن ، بعضی از فلزات سنگین و سمی نظیر سرب، کادمیوم و جیوه ، هم چنین EC ، pH ، BOD ، COD وTDS اندازه‌گیری شد. مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که منطقه مورد بررسی یکی از بهترین مناطق در جلگه گیلان از نظر ذخایر آب‌های زیرزمینی است و آبخوان‌ها شامل یک آبخوان آزاد با دبی ضعیف و تعداد زیادی آبخوان‌های تحت فشار معمولی و تحت‌فشار جهنده (آرتزین) بوده و از دبی قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. هم چنین مطالعات هیدروشیمی نشان می‌دهد که منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه در اغلب موارد از کیفیت خوبی جهت مصارف شرب ، آبیاری و صنعتی برخوردار است. نتایج حاصله‌حاکی از افزایش تدریجی هدایت الکتریکی ، سدیم و کلر در مسیر جریان زیرزمینی بوده و برای سایر اندازه‌گیری‌ها تغییرات از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. غلظت آهن در آبخوان‌های جنوبی (به ویژه منطقه فومن) نسبتا قابل ملاحظه بوده ولی در آب آبخوان‌های سایر نقاط آهن وجود ندارد. مشکل آلودگی نیترات در آبخوان‌ها مشاهده نگردید. یون‌های سرب، کادمیوم و جیوه نیز در آبخوان‌ها وجود نداشته و مقادیرCOD و BOD نشان دهنده سالم بودن آب‌ها است.

1 . Theis
2 . Jacob

Archive of SID
www.SID.ir

واژه‌های کلیدی : آبخوان، آزمایش پمپاژ، فرمول‌های تیس و جاکوب ، نقشه‌های پیزومتریک، تغییرات کیفی آبخوان‌ها

مقدمه

به علت وضعیت جدیدی که در زمینه تامین نیازهای آبی در استان گیلان و استفاده از منابع آب‌های سطحی رخ داده است و با کمبودهای مهمی مواجه هستیم، لازم است منابع آب‌های زیرزمینی را با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار داده و با شناخت آبخوان‌های منطقه، پتانسیل آب‌های زیرزمینی و کیفیت آن‌ها را برای استفاده در بخش‌های مختلف مصرف به ویژه کشاورزی مورد ارزیابی قراردهیم. با مطالعه کیفیت آب‌ها می‌توان روش تغذیه آبخوان‌ها و ترکیب معدنی آن‌ها را در داخل یک آبخوان مشخص کرد و قابلیت‌آب‌های زیرزمینی را برای مصارف کشاورزی، آشامیدنی و صنعت بررسی نمود. در داخل یک آبخوان مشخص پدیده‌های مختلف‌می‌توانند به طور نسبی و حتی به طور کامل ویژگی‌های آب‌ها را تغییردهند. برای مثال افزایش غلظت کلی از بالا دست آبخوان به‌سمت پایین دست، کاهش نسبت $\frac{SO_4}{Cl}$ ، افزایش نسبت $\frac{Mg}{Ca}$ و یا تعویض علامت «شاخص عدم تعادل کلر- آلکالن: I.d » را می‌توان نام برد (۹، ۱۵، ۱۸). بنابراین طبیعت و مقدار نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی به نوع زمین‌هایی که این آب‌ها از داخل آن‌ها عبور می‌کنند بستگی دارد.

یکی از مسایل و مشکلات در زمینه منابع آب در استان گیلان انواع آلودگی‌ها است که کیفیت منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی را به‌ویژه در مناطق مرکزی استان شدیدا مورد تهدید قرار داده است. برای مثال از تعداد ۲۰۰ کارخانه که طی سال های ۱۳۷۷، ۱۳۷۸ از پساب‌های آن‌ها در این استان نمونه برداری و مورد بررسی قرار گرفت، بیشتر آن ها فاقد سیستم تصفیه بوده و روزانه حدود ۵۰۰۰۰ متر مکعب پساب‌های صنعتی به آب‌های سطحی و زیر زمینی استان وارد می کنند (۱۲). طبق همین بررسی‌ها روزانه ۲۵۰۰۰۰ مترمکعب فاضلاب انسانی بدون هیچ گونه تصفیه وارد منابع آب های سطحی و زیر زمینی استان می شود. هم چنین روزانه ۲۵۰۰ تن‌زباله در مجاورت آب های سطحی و زیر زمینی تخلیه می شود. با توجه به روند افزایش تقاضا برای آب در بخش های کشاورزی، صنعتی و شرب و وقوع خشکسالی‌ها، لازم است که در جهت پیش گیری خرابی کیفیت منابع آب راهکار های اساسی اتخاذ نموده و به طور جدی وارد عمل شویم.

اولین بررسی‌های انجام شده در زمینه پتانسیل آب و خاک منطقه مورد مطالعه را شرکت فرانسوی سوگرآ انجام داده است (۱۱). طی مطالعات مزبور سطوح زیر کشت برنج و محصولات دیگر، هم چنین سطوح دارای قابلیت توسعه و پتانسیل آب اعم از سطحی و زیرزمینی مورد شناسایی قرار گرفته است. تعداد ۱۰ حلقه چاه اکتشافی نیز در این ارتباط حفر شد که ۶ حلقه از آن‌ها در محدوده شهرهای فومن، شفت و صومعه‌سرا واقع شده‌اند. مطالعه ژئوفیزیک جلگه آبرفتی گیلان از رضوان شهر تا رودسر توسط مهندسین مشاور آب و خاک به کارفرمایی سازمان آب و برق شمال انجام گرفت که کل محدوده مورد نظر را نیز تحت پوشش قرار داده‌است (۶). مطالعات طرح تهیه مدل ریاضی آبخوان‌های حوزه غربی دریای خزر توسط دانشگاه استراسبورگ فرانسه به کارفرمایی اداره‌کل آب‌های زیرزمینی انجام گرفت. این مطالعات دشت آبرفتی حوزه تالاب انزلی را نیز تحت پوشش داشته است (۷). هم‌چنین اولین‌نقشه‌های زمین‌شناختی که تمامی منطقه گیلان را در بر می‌گیرد نقشه زمین شناختی $\frac{1}{250000}$ شرکت ملی نفت ایران و نقشه‌های زمین‌شناختی و تکتونیکی مربوط به اطلس‌های جمهوری آذربایجان شوروی سابق می‌باشد. مسلم است که با توجه به مقیاس این نقشه‌ها اطلاعات مندرج بر روی آن‌ها بسیار تقریبی است. سازمان زمین‌شناسی ایران براساس طرح تهیه نقشه‌های زمین‌شناختی در مقیاس $\frac{1}{250000}$ برای کل ایران که بر روی نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری آمریکا و سازمان جغرافیایی کشور در همین مقیاس صورت می‌گیرد با اولویت دادن به شمال و غرب کشور برای مناطق بندر انزلی، قزوین و زنجان نقشه‌های زمین‌شناختی چاپ و منتشر کرده است. نقشه ماسوله به مقیاس $\frac{1}{100000}$ چاپ و منتشر شده است. با استفاده از مطالعات ژئوفیزیکی به‌ویژه کاروتاژ الکتریکی

Archive of SID

www.SID.ir

و لوگ زمین شناختی چاه‌های محفوره ، وضعیت رسوبات آبرفتی از نظر لیتولوژی و هیدرودینامیکی مورد بررسی قرار گرفته است(۱، ۶).

براساس حفاری‌های شرکت ملی نفت ایران که در مناطق مختلف استان‌های گیلان و مازندران انجام گرفته، کل ضخامت‌آبرفت‌های جلگه‌های شمالی کشور را در فرح آباد سابق ۱۳۶۰ متر، در بندرانزلی ۱۶۰۰ متر، در پهلوی دژ سابق واقع در ترکمن صحرا۲۰۰۰ متر، در محمود آباد نزدیکی آمل ۱۲۰۰ متر و در بندر انزلی ۱۶۰۰ اعلام کرده‌اند. پژوهشگران شوروی سابق ضخامت‌آبرفت‌های فرورفتگی دریای خزر را تا ۷۰۰۰ متر تخمین می‌زنند(۲). چنانکه در آینده حفاری‌های دیگری در منطقه گیلان صورت گیرد می‌توان به اطلاعات منظم‌تر و جامع‌تری در خصوص ضخامت این آبرفت‌ها دسترسی پیدا کرده و با ترسیم نقشه هم ضخامت‌آبرفت‌های جلگه گیلان و منطقه مورد بررسی اطلاعات دقیق‌تری از نظر آب‌های زیرزمینی به دست آورد (مؤلف).

هدف از این مطالعه شناخت آبخوان‌های غرب گیلان به ویژه منطقه دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی و مطالعه تغییرات‌کیفی آن‌ها به منظور استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی و آلودگی احتمالی آن‌ها در اثر پساب‌های آلاینده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در دشت آبرفتی فومنات واقع در حوزه تالاب انزلی صورت گرفت. منطقه مورد نظر محدود است از شمال به‌تالاب انزلی و دریای خزر ، از جنوب و جنوب غربی به ارتفاعات البرز و از شرق به شهرستان رشت (شکل ۱). مطالعات با جمع آوری‌داده‌های خام دراز مدت کلیماتولوژیک ایستگاه‌های رشت، کسما، شاندرمن ، قلعه رودخان و انزلی و تبدیل آن‌ها به داده‌های سنتتیک و قابل استفاده از نظر هیدرولوژی آغاز گردید. درجه حرارت‌ها، بارش‌های جوی و ویژگی‌های مهم دیگر اقلیمی مورد مطالعه قرارگرفت.

برای ارزیابی پارامترهای موثر در منابع آب منطقه از روش تورنث وایت و سرا استفاده به عمل آمد. در این روش فقط با داشتن بارش‌ها **(P)** و درجه حرارت‌ها**(T)** ، می‌توان با توجه به حداکثر آبی که خاک منطقه مورد بررسی برای اشباع شدن نیاز دارد و تجزیه و تحلیل های لازم، تبخیر و تعرق پتانسیل **(ETP)**، تبخیر و تعرق واقعی **(ETR)** و در نتیجه کل رواناب **(Q)**محدوده‌مورد مطالعه را ارزیابی کرد. فرمول تورنث وایت به صورت زیر می‌باشد:

$$ETP = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^{a} F(\lambda)$$

تبخیر و تعرق پتانسیل مرحله مورد نظر برحسب میلی‌متر ***ETP*** :

درجه حرارت مرحله مورد نظر برحسب درجه سانتی‌گراد **:** ***T***

شاخص حرارتی سال ***I:***

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

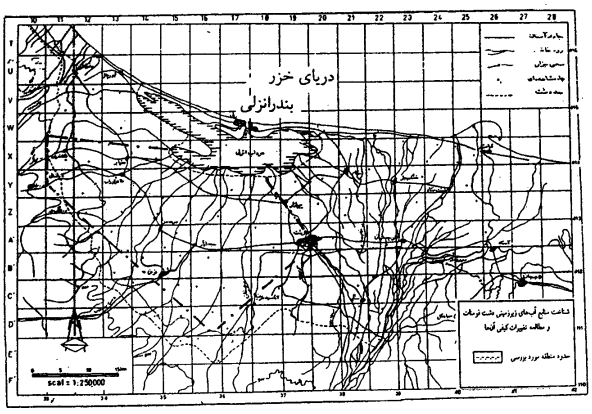
$$i : \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

شاخص حرارتی ماه : i

$$a = 6.75\times10^{-7} I_3 - 7.171 \times 10^{-5} I_2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49$$

ضریب اصلاحی : $F(\lambda)$

ضریب اصلاحی بستگی به عرض جغرافیایی دارد، و برای ماه‌های سال محاسبه و در جدول موجود است و مقدار آن برای‌ماه‌های مختلف سال از ۰/۸۳ تا ۱/۲۳ تغییر می‌کند.



شکل ۱ـ حدود تقریبی موقعیت منطقه مورد بررسی در نقشه جلگه گیلان

پس از محاسبه پارامترهای مؤثر در بیلان آب، از معادله تعادل هیدرولوژیک که در حالت کلی بین ورودی‌ها (اخذها) و

Archive of SID
www.SID.ir

خروجی‌ها (افت‌ها) به صورت زیر نوشته می شود استفاده شد (۳، ۱۰):

$$P + R = Q + ETR + (R + \Delta R)$$

ورودی‌ها
- P: بارش‌های جوی
- R: منابع آبی موجودازدوره قبل شامل آب‌های زیرزمینی، رطوبت خاک، برف و ذخایر یخچالی

خروجی‌ها
- Q: رواناب کلی
- ETR: تبخیر و تعرق واقعی
- $R + \Delta R$: آب های زیرزمینی ، رطوبت خاک، برف و ذخایر یخچالی

برای یک مرحله طولانی می‌توان نوشت: $P = ETR + Q$ و یا $p - Q = ETR$ و اگر کسر جریان را با D نشان‌دهیم می‌توان نوشت: $D = P - Q = ETR$

نظر به اهمیت رودخانه های متعدد و پر آب موجود در منطقه چه از نظر تغذیه آبی آبخوان‌ها در فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار و چه از نظر زهکشی آبخوان‌ها در ماه های آخر بهار و فصل تابستان و در نتیجه تاثیر متقابل کیفیت آب آبخوان‌ها و رودخانه‌ها بر یکدیگر، داده های طولانی مدت (۱۳۷۹ - ۱۳۵۰ در خصوص رودخانه سیاه درویشان و ۱۳۷۵ - ۱۳۵۰ برای سایر رودخانه‌ها)دبی‌های ماهیانه جمع‌آوری و به کمک آن ها میانگین کل تخلیه سالیانه رودخانه‌ها محاسبه شد. در جدول ۱ میانگین دبی سالیانه و ویژگی‌های مهم فیزیکی و هیدرولوژیکی این رودخانه‌ها خلاصه شده است:

نقشه فهرست منابع آبی منطقه شامل چاه‌های عمیق ، نیمه عمیق ، دهانه گشاد و چشمه‌ها تهیه گردید. با توجه به اندازه‌گیری‌های فصلی که از تعداد ۷۵ حلقه چاه‌های مشاهده‌ای و تعدادی چاه‌های کمکی دیگر به عمل آمده نقشه‌های پیزومتریک ترسیم گردیده و تجزیه و تحلیل‌های لازم به عمل آمد. برای تعدادی از چاه‌های منطقه نتایج آزمایش پمپاژ مورد تفسیر قرار گرفت‌وبااستفاده‌ازفرمول‌های‌تیس و جاکوب پارامترهای‌هیدرولیکی آبخوان‌هایعنی ضریب قابلیت انتقال آب **Transmissibility(T)** و ضریب‌ذخیره **Coefficient of Storage (S)**به صورت زیر محاسبه شد (۱۷،۱۶،۴و ۱۹):

فرمول تیس :

$$s = \frac{Q}{4\pi T}\left[-0.5772 - Lnu + u - \frac{u^2}{2\times 2!} + \frac{u^3}{2\times 3!} - \frac{u^4}{2\times 4!} + \ldots\right] [1]$$

افت آب در چاه : اختلاف سطوح استاتیک و دینامیک

s :

دبی پمپاژ برحسب متر مکعب بر ثانیه

Q :

ضریب قابلیت انتقال آب در آبخوان برحسب متر مربع بر ثانیه **Ke** یا **KH** :T

تراوایی آبخوان برحسب متر بر ثانیه :K

ضخامت آبخوان آزاد برحسب متر :H

ضخامت آبخوان تحت فشار برحسب متر(۹) :e

مقدار داخل کروشه تابع مشخصه یا تابع چاه است که با **W(u)**نمایش داده می شود. مقدار u تبدیلی است که برای ساده کردن‌فرمول تیس [۱] به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$u : \frac{x^2 S}{4Tt} [2]$$

فاصله چاه بهره‌برداری تا چاه پیزومتر برحسب متر :**x**

ضریب ذخیره و یا ضریب دسترسی به آب :**S**

زمان پمپاژ برحسب ثانیه :**t**

بنابراین به طور ساده فرمول تیس به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$s = \frac{Qw(u)}{4\pi T}, u = \frac{x^2 S}{4Tt} \rightarrow S = \frac{4Ttu}{x^2} [3] T = \frac{QW(u)}{4\pi s} [4]$$

جدول ۱- ویژگی‌های مهم هیدرولوژیک رودخانه‌های دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی

نام رودخانه	نام ایستگاه اندازه‌گیری	طول شاخه کیلومتر	مساحت حوزه کیلومتر مربع	محیط حوزه کیلومتر	ضریب گراولیوس	حجم تخلیه سالیانه میلیون متر مکعب
مرغک	امامزاده شفیع	۳۰	۲۳۱	۷۴/۵	۱/۳۷	۱۴۹
خالکایی	طاسکو	۲۵	۲۲۰	۶۴	۱/۲۱	۱۴۸
پلنگ رود	اباتر	۳۲	۱۷۷/۴	۶۸/۷۵	۱/۴۵	—
ماسوله رودخان	کمادی	۲۲	۲۱۴	—	—	۱۴۵/۵

Archive of SID

www.SID.ir

	گشت رودخان	پیرسرا	۷/۸	۷۵	۴۳	۱/۳۹	۱۲۸
	سیاه درویشان قلعه رودخان	نظرآلات + حیدرآلات	۲۰	۸۴	۴۵	۱/۲۷	۱۱۳/۸۴
	سیاه مزگی	شالکه	—	—	—	—	۲۴۰
پسیخان	چوبر	—	۳۰	۱۶۷	۶۰	۱/۳	۱۳۳
	چنار رودخان	—	۱۰	۳۳	۲۶	۱/۲۷	—

به نظر جاکوب اگر زمان پمپاژ طولانی باشد می‌توان از سری

$$u-\frac{u^2}{2\times 2!}+\frac{u^3}{2\times 3!}-\frac{u^4}{2\times 4!}+\dots$$ فرمول [۱]

صرفنظر کرد و آن را به صورت زیر نوشت :

$$s=\frac{0.183Q}{T}[-0.5772-Lnu][5]$$

پس از تبدیل لگاریتم نپرین به لگاریتم اعشاری فرمول جاکوب به صورت زیر به دست می‌آید (۹ و۱۴)

$$s=\frac{0.183Q}{T}Log\frac{2.25Tt}{x^2S}[6]$$

به راحتی می‌توان نشان داد که معادله جاکوب در یک دستگاه مختصات نیمه لگاریتمی به صورت یک خط بوده و مقادیر **T** و **S** به‌صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد :

$$T=\frac{0.183Q}{C}[7]\quad S=\frac{2.25Tt_0}{x^2}[8]$$

که در آن **C** عبارت است از ضریب زاویه خط، و $\mathbf{t_0}$ محل تقاطع این خط با محور زمان می‌باشد.

فرمول تیس همه پارامترهای معادله جریان دایمی را در نظر می‌گیرد. اگر پیزومتر در فاصله نسبتا دور از چاه بهره‌برداری قرار گرفته‌باشد دقت این روش بیشتر است. موقعی که زمان پمپاژ طولانی و پیزومتر به چاه بهره‌برداری نزدیک باشد می‌توان از روش جاکوب استفاده نمود. (۹)

در این تحقیق برای چاه‌های دارای پیزومتر و زمانی که فاصله پیزومتر تا چاه بهره‌برداری زیاد بود از روش تیس استفاده گردید ولی‌برای فواصل کم پیزومتر از چاه بهره برداری، از روش جاکوب استفاده به عمل آمد.

با استفاده از داده‌های به دست آمده از تعدادی از آزمایش پمپاژ پله‌ای ضرایب افت خطی **(B)** و غیر خطی**(C)** محاسبه‌شده و معادله چاه‌های لوله‌گذاری تعیین گردید. برای محاسبه ضرایب**B** و **C** از روش‌های زیر استفاده شد:

ـ روش ترسیم نمودار $\frac{s}{Q}=F(Q)[9]$ در یک دستگاه مختصات کارتزین. در رابطه [۹] ، **Q** دبی پمپاژ بر حسب مترمکعب در ساعت و $\frac{s}{Q}$ ، افت ویژه بر حسب متر بر متر مکعب در ساعت است. در نمودارهای به دست آمده مقدار **B** عرض از مبدا و**C** با محاسبه ضریب زاویه خط حاصل، تعیین شده است.

ـ هم چنین با نتایج به دست آمده از دو آزمایش پمپاژ پله‌ای با دبی‌های$\mathbf{Q_1}$ و $\mathbf{Q_2}$ و افت‌های$\mathbf{s_1}$ و$\mathbf{s_2}$، با استفاده از فرمول‌زیر نیز مقادیر **B** و **C** محاسبه گردید (۱۴):

$$C=\frac{s_2Q_1-s_1Q_2}{Q_1Q_2(Q_2-Q_1)}[10],\ B=\frac{s_1}{Q_1}-CQ_1[11]$$

به منظور مطالعه تغییرات کیفی آب آبخوان‌ها در طول خط اصلی جریان زیرزمینی، در یک مسیر جنوبی ـ شمالی (ازجنوب شهرستان فومن تا تالاب انزلی) نمونه برداری آب انجام شد. نمونه‌ها از ۶ ایستگاه با فاصله تقریبی ۵/۴ کیلومتر از یکدیگر و در هر ایستگاه از آبخوان **(W_1 تا W_6)** و از رودخانه سیاه درویشان**(R_1 تاR_6)** تهیه شدند. در این نمونه‌ها غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های آب شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلر، سولفات، بی‌کربنات، فسفر، ازت آمونیاکی، ازت نیتریت و ازت‌نیترات، آهن، بعضی از فلزات سنگین و سمی نظیر سرب، کادمیوم، جیوه، هدایت الکتریکی **EC** ، **pH** ، **BOD** ، **COD** و **TDS** اندازه‌گیری شد. دستگاه جذب اتمی در اندازه گیری سدیم، پتاسیم، روی، آهن، سرب، کادمیوم و جیوه، اسپکتروفتومتری در اندازه گیری فسفر، روش مور در اندازه گیری کلر، رزین‌ها در تعیین مقدار سولفات و کمپلکسومتری (۱۳) در اندازه گیری کلسیم و منیزیم به کار رفتند.

در هر یک از ایستگاه‌ها هر دفعه چهار نمونه و جمعا ۲۴ نمونه از آب چاه‌ها و رودخانه‌ها برداشت شد. در نمونه‌هایی که برای‌اندازه‌گیری یون‌های آهن، سرب، کادمیوم و جیوه اختصاص داشت مقدار ۴ سانتی‌مترمکعب اسید کلریدریک به هر لیتر از نمونه‌ها اضافه می‌گردید. ظروف نمونه برداری طوری با آب پر می‌شد که کوچک‌ترین حباب هوا در آن‌ها باقی نمی‌ماند. برای

Archive of SID
www.SID.ir

هر نمونه آب پس از تجزیه شیمیایی محاسبات زیر صورت گرفت :

TH: تیتر هیدروتیمتریک که به مجموع یون‌های $Ca^{++} + Mg^{++}$ گفته می شود.

TAC: تیتر قلیایی سنجی کامل که به مجموع یون‌های $HCO_3^- + CO_3^{--} + OH^-$ اطلاق می‌شود.

نسبت‌های

$$I.d = \frac{Cl-(Na+k)}{Cl}, \frac{SO_4}{Cl}, \frac{Cl}{Na}, \frac{Na}{Mg}, \frac{Mg}{Ca}$$

شاخص عدم تعادل کلر - آلکالن ، غلظت کل و**SAR** . از نمودارهای شولر (۱۸) که برای تعیین قابلیت شرب آب‌ها و خانواده‌های آب کاربرد دارند نیز استفاده به عمل آمد. هم چنین با توجه به‌مقادیر **SAR** و **EC** تجزیه و تحلیل های لازم در خصوص استفاده آب‌ها برای مصارف کشاورزی و خطر قلیایی شدن اراضی انجام‌گردید.

نتایج و بحث

۱ـ اقلیم شناسی: برای کل گستره مورد نظر داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های رشت، کسما، شاندرمن، قلعه رودخان و بندرانزلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت محاسبات نشان می‌دهد که ۳۹ درصد بارندگی‌های سالیانه در پاییز، ۲۹درصد در زمستان، ۱۲/۵ درصد، در بهار و ۱۹/۵ درصد در تابستان نازل می‌شود.با توجه به مقادیر به دست آمده از شاخص خشکی دومارتون و ضریب اقلیمی آمبرژه و با مراجعه به اقلیم نماهای این دو مولف (۴) اقلیم منطقه، اقلیم بسیار مرطوب تعیین شد. هم چنین به علت تاثیر جبهه مدیترانه‌ای و توده‌های باران‌زای قطبی اروپایی و سیبری و مجاورت با دریای خزر و وجود ارتفاعات البرز که همچون دیواری آن را از فلات مرکزی ایران جدا کرده است در مقایسه با سایر مناطقاز ریزش‌های جوی فراوان برخوردار بوده و جزء مناطق پرباران گیلان و کشور محسوب می‌شود. متوسط حسابی بارندگی این پنج‌ایستگاه ۱۳۹۰ میلی‌متر می‌باشد.

متوسط درجه حرارت ایستگاه‌های فوق‌الذکر ۱۵/۷۸ $^{\circ}C$ است. به طور کلی رژیم حرارتی در جلگه گیلان یکنواخت بوده و در ایستگاه‌های مختلف بخش جلگه‌ای استان دارای تفاوت معنی‌داری نیست.

بادهای مهم منطقه مورد بررسی عبارتند از باد بسیار شدیـــد

Archive of SID

www.SID.ir

سرتوک یا سلتوک، باد دشتوا، باد وارشوآ یا بارش باد، باد گرم یا گرمش و باد معروف منجیل. منشاء بادهای مزبور مورد مطالعه قرار گرفته است ولی به علت حجیم شدن مقاله فقط به یادآوری اسامی‌بادها اکتفا شده است.

۲ـ ارزیابی پارامترهای مؤثر بر بیلان آب: برای ارزیابی پارامترهای موثر در بیلان آب جداول ۲ و ۳ براساس شیوه تورنث وایت و سرا (۳، ۱۰) برای ایستگاه رشت (۱۳۷۸-۱۳۳۷) تنظیم و محاسبات لازم به عمل آمد. طبق نتایج به دست آمده پارامترهای‌مؤثر در منابع آب منطقه به صورت زیر است .

بنابراین در شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی حدود نیمی از بارش‌های جوی به تبخیر و تعرق واقعی و نیمی دیگر به رواناب سطحی‌و هیپودرمیک تبدیل می گردد. هم چنین توان تبخیری منطقه مورد بررسی حدود ۷۰ درصد بارش‌های جوی است. مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل در ماه‌هایی از سال که **P<ETP**است حدود ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

اگر بارش‌های جوی سالیانه را با **Py** و تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه را با **ETPy** نشان دهیم ارقام به دست آمده در جدول ۲ که از میانگین بیش از ۴۰ سال اندازه‌گیری به دست آمده است نشان می‌دهد که در منطقه مورد بررسی**ETPy<py** می‌باشد. این رابطه‌یکی از مشخصات بارز اقلیمی در کل قلمرو مورد بررسی است.

۳ـ چاه‌ها و چشمه‌ها : براساس نقشه فهرست منابع آب که در مقیاس $\frac{1}{50000}$ برای منطقه مورد بررسی تهیه شد ، تعداد چاه‌های عمیق ، نیمه عمیق و چشمه‌ها در جدول ۴ خلاصه گردید.

جدول ۲- محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تورنث وایت برای ایستگاه رشت (۱۳۷۸-۱۳۳۷).

ماه‌های سال / پارامترها	ژانویه دی	فوریه ب	مارس ا	آوریل ف	مه ا	ژوئن خ	ژوئیه ت	اوت م	سپتامبر ش	اکتبر م	نوامبر آ	دسامبر آ	مجموع
T^0c	۸/۱۱	۷/۳۹	۸/۸۹	۱۳/۷۵	۱۸/۱۲	۲۲/۰۱	۲۵/۸۹	۲۹/۴۹/	۲۳/۷۱	۱۹/۴۵	۱۵/۱۷	۱۰/۵۲	۱۶/۶۲
i	۲/۰۴	۱/۸۱	۲/۳۹	۴/۶۰	۷/۰۱	۹/۴۲	۱۲/۰۶	۱۴/۶۹	۱۰/۵۵	۷/۷۹	۵/۳۸	۳/۰۶	۸۰/۸۲
ETP_1	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۱/۴	۲/۳	۳/۳	¾	۴/۵	۳/۸	۲/۶	۱/۷	۰/۹	
$F(\lambda)$	۰/۸۶	۰/۸۴	۱/۰۳	۱/۱۰	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۲۵	۱/۱۷	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۸۳	
ETP_2	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۷۲	۱/۵۴	۲/۸	۴/۰۵	۵/۳۷	۵/۲۶	۳/۹	۲/۵۲	۱/۴۴	۰/۷۴	
ETP_3	۱۳/۳۳	۱۲/۱۸	۲۲/۳۲	۳۴/۸	۸۶/۸	۱۲۱/۵	۱۶۶/۴۷	۱۶۳/۰۶	۱۱۷	۷۸/۱۲	۴۳/۲	۲۲/۹۴	۸۸۱/۷۲

t درجه حرارت ، i شاخص حرارت ماهیانه ، ETP_1 تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح نشده ، $F(\lambda)$ ضریب اصلاحی ، ETP_2 تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح شده روزانه ، ETP_3 تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح‌شده ماهیانه

جدول ۳- محاسبه تبخیر و تعرق واقعی و رواناب کل **(Q)** به روش تورنث وایت و سرا برای ایستگاه رشت (۱۳۷۸-۱۳۳۷)*.

ماه‌های سال / پارامترها	ژانویه دی	فوریه ب	مارس ا	آوریل ف	مه ا	ژوئن خ	ژوئیه ت	اوت م	سپتامبر ش	اکتبر م	نوامبر آ	دسامبر آ	مجموع
P	۱۲۴/۳	۱۲۸/۸	۱۲۶/۱	۶۱/۹	۵۷/۸	۴۳/۹	۴۴/۶	۵۹/۷	۱۵۱/۴	۱۹۶	۱۶۶/۴	۱۴۲	۱۳۰۲
ETP	۱۳/۳۳	۱۲/۱۸	۲۲/۳۲	۳۴/۸	۸۶/۸	۱۲۱/۵	۱۶۶/۴۷	۱۶۳/۰۶	۱۱	۷۸/۱۲	۴۳/۱۲	۲۲/۹۴	
P-ETP	۱۱۷/۸۸	۱۲۳/۲۸	۱۱۹/۰۶	+۳۴/۴	+۲۷/۱	-۲۹	-۷۷/۶	-۱۲۱/۸۷	-۱۰۳/۳۶	+۱۰۳/۷۸	+۱۱۵/۶۲	+۱۱۰/۹۷	
ذخیره	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۱	۰	۰	۰	۳۴/۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
اضافی	۱۱۰/۹۷	۱۱۵/۶۲	۱۰۳/۷۸	۲۷/۱	///	///	///	///	///	۵۲/۲۸	۱۲۳/۲۸	۱۱۹/۰۶	
کمبود	///	///	///	///	///	۷۷/۶	۱۲۱/۷۸	۱۰۳/۳۶	///	///	///	///	۳۰۲/۸۳
ETR	۱۳/۳۳	۱۲/۱۸	۲۲/۳۲	۳۴/۸	۸۶/۸	۱۱۴/۹	۴۴/۶	۵۹/۷	۱۱۷	۷۸/۲	۴۳/۱۲	۲۲/۹۴	۶۴۹/۲۷
Q	۱۰۳/۹۲	۱۰۹/۷۷	۱۰۶/۷۷	۶۶/۹	۳۳/۴۶	۱۶/۷۳	۸/۳۶	۴/۱۸	۲	۲۶/۱۴	۷۴/۷۱	۹۶/۸۸	۶۴۹/۱۲

P بارش‌های جوی، **ETP** تبخیر و تعرق پتانسیل، **ETR** تبخیر و تعرق واقعی، **Q** رواناب کل .

* ارقام برحسب میلی‌متر می‌باشد.

P : بارش‌های جوی = ۱۳۰۲ میلی‌متر = ۱۰۰٪ **ETR:** تبخیر و تعرق واقعی = ۶۴۹ میلی‌متر = ۴۹٪

Archive of SID
www.SID.ir

۴۹٪ میلی‌متر = ۶۴۹ رواناب کل : **Q** ۶۷٪ = میلی‌متر = ۸۸۱/۵۶ تبخیر و تعرق پتانسیل : **ETP**

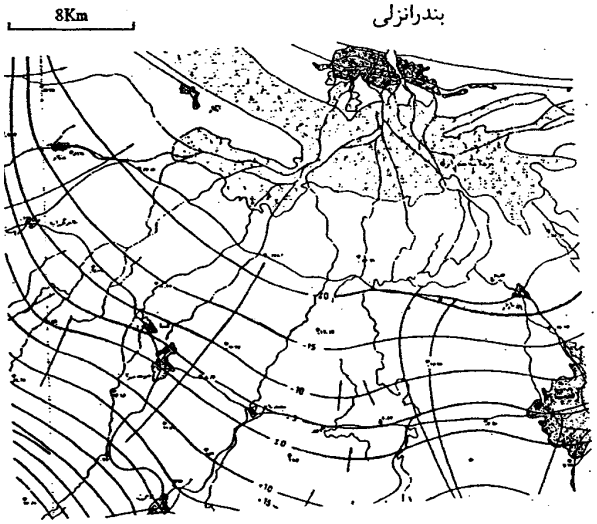
جدول -۴ تعداد چاه‌ها و چشمه‌های دشت فومنات و میزان تخلیه سالیانه آنها

نوع چاه	تعداد	میزان تخلیه سالیانه (میلیون مترمکعب)
چاه عمیق غیر آرتزین	۶۸۱	۲۳/۵۲۲
چاه عمیق آرتزین	۶۵۳	۳۶/۳۸۱
چاه نیمه عمیق	۱۲۷۲	۱۹/۵۶۲
تعداد چشمه‌ها	۴۴۹	۶۳/۱۹۸

با این که ضخامت لایه‌های آبرفتی که دارای آب شیرین می‌باشند قابل ملاحظه است ولی به علت گستردگی لایه‌هایی که‌دارای بافت ریز دانه هستند، وجود لایه‌های رسی جدا کننده و کم ضخامت بودن لایه‌های دانه درشت حاوی آب شیرین بهره برداری از لایه‌های آبدار خیلی عمیق توجیه اقتصادی دربر ندارد. به همین دلیل متوسط عمق چاه‌های بهره‌برداری حدود ۳۰ متر است که مقدار آن به تفکیک چاه‌های عمیق، آرتزین و کم عمق به ترتیب ۴۹/۵ متر، ۵۷ متر و ۷/۵ متر می‌باشد. بیشترین عمق چاه‌های موجود در دشت مورد مطالعه ۲۲۷ متر است که به عنوان چاه اکتشافی حفر شده است.

چشمه‌سارهایی با آبدهی خوب و کیفیت مناسب در ارتفاعات حاشیه منطقه مورد بررسی دیده می‌شود که علت ظهور آن‌ها وجود سازندهای آهکی با گسترش نسبتا مناسب در ارتفاعات حاشیه دشت می‌باشد. از جمله این چشمه‌ها عبارتند از : چشمه لیسم و چشمه لاسک در حوزه رودخانه چوبر، چشمه شالما، گنزر و مرکیه در حوزه رودخانه خالکایی و چشمه سیاه مرد در حوزه رودخانه‌مرغک. بیشترین آبدهی در بین چشمه‌های منطقه مربوط به چشمه سیاه مرد و امام زاده عیسی می‌باشد که آبدهی هر یک از آن‌ها ۶۰ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شده است. این چشمه‌ها به لحاظ داشتن کیفیت خوب از نظر مصارف آشامیدنی، دبی نسبتا مناسب و بعد مسافت تا شهرهای منطقه مورد مطالعه می‌توانند گزینه‌هایی برای تامین آب شهرهای منطقه باشند. احتمالا چشمه‌های دیگر با آبدهی بیشتر در ارتفاعات وجود دارند که به دلیل بعد مسافت و پوشش جنگلی مورد شناسایی قرار نگرفته‌اند.

۴ـ ترسیم نقشه پیزومتریک : به منظور تعیین شکل هندسی آبخوان‌ها، رژیم حرکت و ارتباط موجود بین مسیر حرکت آبخوان‌ها با عوامل طبیعی متعدد از قبیل هیدروسیستم‌ها، دیواره‌های تراوا و ناتراوا نقشه پیزومتریک منطقه مورد نظر برای موقعی از سال که ارتفاع سطح پیزومتریک سفره نسبت به سطح دریا حالت متوسط داشت ترسیم گردید. این نقشه در واقع مورفولوژی سطح همفشار آبخوان‌های منطقه را در دوره مورد نظر نشان می‌دهد(شکل ۲).



شکل ۲- نقشه پیزومتریک آبخوان‌ها

به طور کلی خطوط حرکت جریان زیرزمینی از ارتفاعات به طرف تالاب انزلی می‌باشد. در قسمت غربی دشت مورد بررسی از حوالی پونل تا شاندرمن ، کسما، طاهر گوراب و اباتر جهت جریان از غرب به شرق و از اباتر به طرف صومعه سرا و جمعه بازار مسیر حرکت‌از جنوب غربی به شمال شرقی است. در امتداد دره پسیخان تا حوالی رشت نیز جهت حرکت آب زیرزمینی از جنوب به شمال است.فاصله بین منحنی‌های پیزومتریک (۵ متر) در ارتباط با نفوذپذیری آبخوان‌ها بوده و سطح پیزومتریک در ارتباط با شکل توپوگرافی سطح زمین می‌باشد.

یکی از نکات مهم در خصوص جهت کلی جریان زیرزمینی و سطحی در منطقه مورد بررسی این است که از غرب تا شرق

Archive of SID

www.SID.ir

منطقه مورد بررسی، جهت حرکت آب رودخانه‌ها، کانال‌ها آبیاری و جهت حرکت آب زیرزمینی به صورت جریان رادیال یا جمع شونده بوده و کل‌این منابع آبی به تالاب انزلی ریخته می‌شوند. توجه به این امر از نظر مطالعات مربوط به آلاینده‌های محیط زیست و آلودگی تالاب‌انزلی بسیار مهم است. ارتفاع حداکثر مطلق منحنی‌های هم پتانسیل از ۹۰+ متر در بخش جنوبی تا حداقل ۱۵- متر در شمالی‌ترین نقطه منطقه متغیر است. هم چنین فاصله منحنی‌های پیزومتریک در نیمه شمالی منطقه بیشتر از فاصله این منحنی‌ها در بخش جنوبی‌است.

شیب آب زیرزمینی به تبعیت از شرایط هیدروژئولوژی، توپوگرافی دشت و جنس رسوبات در قسمت‌های مختلف دشت متفاوت‌است. متوسط مقدار شیب از دامنه تا حدود محور جاده رشت، جمعه بازار، صومعه سرا، طاهر گوراب، کپور چال که تقریبا منطبق با منحنی هم پتانسیل آب زیرزمینی با ارزش ۵- متر است بین ۰/۰۰۲۵ تا ۰/۰۰۷ بوده و از محور مزبور آب زیرزمینی با شیب ملایم‌تری به حرکت خود به طرف تالاب ادامه می‌دهد؛ به طوری که تا حدود ۰/۰۰۲۲ کاهش یافته و در منتهی علیه شمالی حتی به ۰/۰۰۱۵ می‌رسد. در محور دره ماسوله رودخان در ابتدای دشت شیب آب زیرزمینی حدود ۰۱۱ /۰ و در قسمت شمال محور مزبور در حوالی‌قریه نرگستان مقدار آن به کمتر از ۰/۰۰۲ کاهش می‌یابد. به طور کلی متوسط مقدار آن در طول این محور۰/۰۰۵۳ می‌باشد.

۵ـ ترسیم نقشه هم عمق آب زیرزمینی : با اندازه‌گیری عمق آب در چاه‌های مشاهده‌ای و تعدادی از چاه‌های کمکی نقشه هم‌عمق برخورد به آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید(شکل ۳). بررسی این نقشه نشان می‌دهد که عمق برخورد به آب‌زیرزمینی در دشت تالاب انزلی دارای تغییراتی بین کمتر از یک متر تا حداکثر ۱۶ متر می‌باشد. درصد گسترش سطوحی که عمق‌برخورد به سطح آب زیرزمینی در آن بالای ۱۰ متر است بسیار کم بوده و مربوط به دامنه‌ها و ابتدای مخروط افکنه‌ها می‌باشد. از دامنه‌به طرف تالاب از عمق برخورد به سطح آب کاسته می‌شود به طوری که در حدود ۱۶/۶۷ درصد از سطح دشت مقدار آن کمتر از ۳ مترو در ۵۱/۴ درصد از سطح دشت مقدار آن کمتر از ۲ متر و در سطحی معادل ۳۷۴/۳ کیلومتر مربع یعنی ۲۵/۴۷ درصد از کل سطح‌گستره مورد بررسی عمق برخورد به سطح آب کمتر از یک متر می‌باشد.

۶ـمحاسبه مقدار نوسانات سالیانه سطح آب زیرزمینی: با تعیین سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و ترسیم هیدروگراف متوسط منطقه مورد بررسی ، دامنه تغییرات سالیانه سطح آبخوان‌ها بین ۰/۵ تا یک متر محاسبه شده است. حداقل سطح آبخوان‌ها در شهریور و گاهی مرداد و حداکثر آن در ماه‌های فصل زمستان تا اردیبهشت مشاهده شده است.

۷ـ تفسیر آزمایش های پمپاژ و تعیین پارامترهای هیدرولیکی آبخوان‌ها: نتایج اندازه‌گیری به دست آمده از پمپاژهای رفت و برگشت و پمپاژهای پله‌ای تعدادی از چاه‌های منطقه با روش‌های تیس و جاکوب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده در خصوص ضریب قابلیت‌انتقال آب **(T)**، ضریب ذخیره**(S)** ، ضرایب افت خطی **(B)** و غیر خطی **(C)**در جدول ۵خلاصه شده است.

هم‌چنین با استفاده از اطلاعات موجود و نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های پمپاژ، نقشه هم‌ضریب قابلیت انتقال آب ترسیم شد(شکل ۴). این نقشه توان آبدهی مناطق مختلف منطقه مورد بررسی رانشان می‌دهد. با بررسی داده‌های به دست آمده از چاه‌های اکتشافی ، بهره برداری و تجربیات صحرایی ، هم چنین با توجه به ارقام جدول فوق و نقشه هم‌ضریب قابلیت انتقال آب می‌توان گفت‌ضریب قابلیت انتقال بالای ۳۰۰ متر مربع در روز نمایانگر وضعیت مطلوب برای استحصال آب‌های زیرزمینی می‌باشد. بنابراین بخش‌میانی مخروط افکنه رودخانه‌های چوبر ـ سیاه مزگی ـ قلعه رودخان ـ گشت رودخان خصوصا ماسوله رودخان و بخش ابتدایی‌مخروط افکنه مرغک و خالکایی دارای ظرفیت قابل ملاحظه جهت استحصال آب زیرزمینی است.

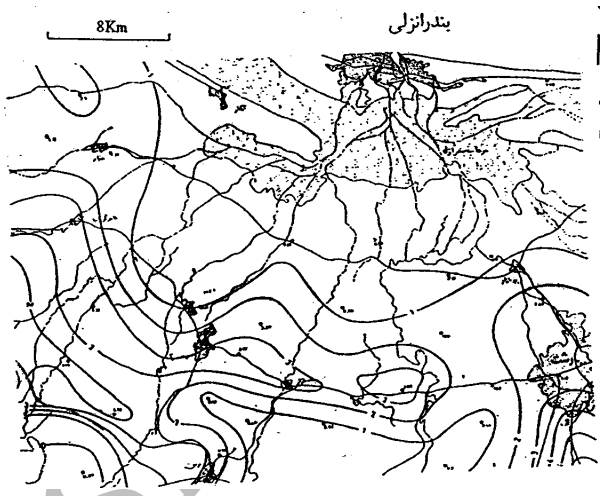
۸ـ مطالعه تغییرات کیفی آبخوان‌ها : با توجه به اهمیت مطالعه هیدروشیمی در آب‌های زیرزمینی نتایج اندازه‌گیری‌های سال‌های گذشته و سال ۱۳۷۹ که نمونه‌برداری آن‌ها طبق نقشـــه

فهرست منابع آب به عمل آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در جدول ۶ نتایج تجزیه شیمیایی‌نمونه‌هایی که در تاریخ ۱۳۷۹/۱۰/۱۰ از ایستگاه‌های مختلف تهیه شده بود خلاصه گردید. دبی رودخانه سیاه درویشان در تاریخ‌نمونه‌برداری

Archive of SID

www.SID.ir

در ایستگاه‌های اندازه‌گیری (نظرآلات، حیدرآلات و پیرسرا) ۰۳/ ۳ متر مکعب در ثانیه بود.



شکل ۳- نقشه هم عمق برخورد به آب زیرزمینی

جدول ۵ـ ضریب قابلیت انتقال آب **(T)** ، ضریب ذخیره **(S)** و افت‌های خطی و غیر خطی آبخوان‌های دشت فومنات

ویژگی‌های هیدرو دینامیکی آبخوان‌های دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی	Tm^2/s , m^2/day ضریب قابلیت انتقال آب	S ضریب ذخیره	B ضریب افت آبخوان	C ضریب افت جدار	Q * دبی پمپاژ ثابت	عمق حفاری به متر
چاه صومعه سرا	$3/4\times10^{-1}$ (۳۰۰۰)	8×10^{-3}	۰/۰۸۸۵	۰/۰۰۰۲۱۱	۵۶	۱۶۰
چاه شماره ۴ شاندرمن	$3/2\times10^{-2}$ (۲۸۵۰)	ـ	۰/۰۲۱۹۸	۰/۰۰۰۰۷۵۴	۵۲/۲	۱۰۴
چاه شماره ۳ لولمان	$1/7\times10^{-2}$ (۱۴۸۵)	ـ	۰/۰۱۳۲۳	۰/۰۰۰۰۵۰۱۵	۵۱/۴۵	۹۰
چاه وشمه سرا (ماسال)	10^{-2} (۹۰۰)	2×10^{-4}			۲۰	۲۰۰
چاه شماره ۲ لولمان	9×10^{-3} (۷۵۰)	ـ	۰/۰۱۶۶	۰/۰۰۰۱۴۵	۵۴	۹۰
چاه سنگ بیجار: ۲کیلومتری شرق فومن	9×10^{-3} (۷۵۰)	ـ	ـ	ـ	۴۰	۱۰۰
چاه خلیل سرا: ۵ کیلومتری غرب فومن	10^{-2} (۶۸۳)	ـ	۰/۰۱۱۴	۰/۰۰۰۲۵	۳۰	۶۰
چاه شماره ۳ چاله سرا	$7/4\times10^{-3}$ (۶۴۰)	ـ	۰/۱۰۳	ـ۰/۰۰۰۱۱۹۸	۴۳/۶	۹۶
چاه بازاچه ملاسرا	5×10^{-3} (۴۳۰)	ـ	۰/۱۱۲	۰/۰۰۰۲۴	۳۵	۶۳
چاه شماره ۱ لولمان	4×10^{-3} (۳۵۰)	ـ				
چاه فومن	3×10^{-3} (۲۷۰)	$4/5\times10^{-3}$	ـ	ـ	۱۵	۱۹۰
چاه شیر زبل: جاده فومن ـ ماسوله	$2/3\times10^{-3}$ (۲۰۰)	2×10^{-4}	ـ	ـ		۸۱
چاه کفود: شاندرمن	2×10^{-3} (۱۶۰)	6×10^{-4}	ـ	ـ	۱۱	۶۶
چاه گوراب پس	10^{-3} (۱۰۰)	2×10^{-4}	۰/۱۳۲	۰/۰۰۱۳۹	۱۲/۵	۶۸

* بر حسب لیتر بر ثانیه

Archive of SID
www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦ـ نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌های عمیق آبخوان‌های دشت فومنات در مسیر کلی جریان زیرزمینی و در طول مسیر رودخانه سیاه درویشان.

	شماره نمونه	Ca*	Mg*	TH*	Na*	K*	مجموع کاتیون‌ها	Cl*	SO4*	TAC*	مجموع آنیون‌ها	* غلظت کل	TDS**
شهرستان فومن	W_1	۲/٤	۱/٤	۳/۸	۰/٤۳	۰/۰۲۵	٤/٤۸	۰/۸۹	۰/۲۷	۳/۳	٤/۲۵۵	۹/۱۳۵	۲۸۳
	W_2	۲/۸	۲	٤/۸	۰/۵۸	۰/۰۱	۵/۳۹	۰/٦۲	۰/۵	٤/۲	۵/۳۲	۱۰/۷۱	۳۳۵
	W_3	۳/٤	۱	٤/٤	۰/۷۲	۰/۰۱	۵/۱۳	۰/۷	۰/٤۵	۳/۹	۵/۰۵	۱۰/۱۸	۳۲۰
	W_4	۳	۰/۸	۳/۸	۰/۸۲	۰/۰۲۵	٤/٦٤۵	۱/۳	۰/۲۱	۳	٤/۵۱	۹/۱۵۵	۲٦٤
	W_5	۳	۱/٤	٤/٤	۰/۹۸	۰/۰۵	۵/٤۳	۰/۷	۰/۲٤	٤/۵	۵/٤٤	۱۰/۵۷	۳۵۳
تالاب انزلی	W_6	۲/۸	۱/۲	٤	۱/۲۳	۰/۰۵	۵/۲۸	۱/۰۷	۰/۵	۳/۹	۵/٤۷	۱۰/۷۵	۳۳۵
شهرستان فومن	R1	۲/٤	۱/۲	۳/٦	۰/۸۷	۰/۰۲۵	٤/۵	۱/۳	۰/٤	۲/۷	٤/٤	۹/۹	۲۸۷
	R2	۱/۸	۰/٦	۲/٤	۰/۳۱	۰/۰۲۵	۲/۷۳۵	۰/۵۳	۰/۱۸	½	۲/۸۱	۹/۹٤۵	۱۸۳
	R3	۱/۸	۱/۲	۳	۰/٤۸	۰/۰۲۵	۳/۵۰۵	۱/۳	۰/۳٤	۱/۸	۳/٤٤	٦/۹٤۵	۲۱۷
	R4	۱/۵	۰/۸	۲/۳	۰/۳۹	۰/۰۲۵	۲/۷۱۵	۰/۸	۰/۱٦	۱/۸	۲/۷٦	۵/٤۷۵	۲٦۹
	R5	۲	۱	۳	۰/۹۸	۰/۰۲۵	٤	۰/۹	۰/۳۲	½	۳/۲۲	۷/۲۲	۲۱۹
تالاب انزلی	R6	۲/٤	۰/۲	۲/٦	۰/٤٦	۰/۰۲۵	۳	۰/۸۹	۰/٤	۱/۹	۳/۱۹	٦/۱۹	۲۱۲

* میلی اکی والان در لیتر، ** میلی گرم در لیتر

(ادامه جدول ٦)ـ نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌های عمیق آبخوان‌های دشت فومنات در مسیر کلی جریان زیرزمینی و در طول مسیر رودخانه سیاه درویشان.

	شماره نمونه	EC×10³	pH	P-PO_4*	N-NH_4*	N-NO_2*	N-NO_3*	Fe*	Mg*	BOD**	COD**
شهرستان فومن	W_1	٤۹۹	۷/۷۱	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱٤	۰	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱٤	۱/٤	۷	۱٤/۸
	W_2	۵۵۳	۷/۱۵	۰/۰۰۲۲	۰/۰۱۳	۰	۰/۰۰۱۳	۰/۱۱	۲	٦/۹۳	۱٤/۵
	W_3	۵۰۸	۸/۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱٤	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۰	۱	٦/۹۳	۱۵
	W_4	٤۱۹	۷/۹۷	۰/۳٤	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۰۰۹۸	۰	۰/۸	۷	۱٤/۵
	W_5	۵۵۹	۷/۷۵	۰/۰۱	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۰۱۳	۰	۱/٤	٦/۹۵	۱٤/۳
تالاب انزلی	W_6	۵۲۲	۸/۰۳	۰/۰۰٤	۰/۰۳٤	۰	۰/۰۰۰۸	۰	۱/۲	۳/٤	۵/۱۳
شهرستان فومن	R1	٤۵٦	۷/۸۳	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۹	۰	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰٤	۱/۲	۹/۵۳	۲۰
	R2	۲۹۱	۷/۸٦	۰/۰۰۱٦	۰/۰۰۷	۰	۰/۰۰۱۱	۰	۰/٦	۹/۵۹	۲۰
	R3	۳٤٤	۷/۹	۰/۰۰۲۲	۰/۰۱٤	۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱۳	۱/۲	۷/۸۵	۱٦/۱
	R4	۲٦۹	۷/۸۳	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰٤	۰	۰/۰۳۲	۰	۰/۸	۹/۳	۱٦/۲
	R5	۳٤۷	۷/۵٤	۰/۰۰۱٦	۰/۰۰۷٦	۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۱	۱	۷/٤۳	۱٤/۵
تالاب انزلی	R6	۳۳٦	۷/٦۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۰۳۲	۰/۲	¾	٦/۸	

* میلی اکی والان در لیتر، ** میلی گرم در لیتر

(ادامه جدول ٦)ـ نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌های عمیق آبخوان‌های دشت فومنات در مسیر کلی جریان زیرزمینی و در طول مسیر رودخانه سیاه درویشان.

	شماره نمونه	EC×10⁶	SAR	$\frac{Mg}{Ca}$	$\frac{Na}{Mg}$	$\frac{Cl}{Na}$	$\frac{SO_4}{Cl}$	$Id=\frac{Cl-(Na+K)}{Cl}$
شهرستان فومن	W_1	٤۹۹	۰/۳۲۱	۰/۵۸۳	۰/۳۰۷	۲/۰٦۹	۰/۳۰۳	۰/٤۸۸
	W_2	۵۵۳	۰/۳۷٤	۰/۷۱٤	۰/۲۹	۱/۰٦۸	۰/۸۰٦	۰/٤۸
	W_3	۵۰۸	۰/٤۸٦	۰/۲۹٤	۰/۷۲	۰/۹۷۲	۰/٦٤۲	-۰/٤۲۸
	W_4	٤۱۹	۰/۵٦٦	۰/۲٦٦	۱	۱/۵۸۵	۰/۱٦۱	۰/۳۵
	W_5	۵۵۹	۰/٦٦	۰/٤٦٦	۰/۷	۲/۳۱	۰/۳٤۲	-۰/٤۷۱
تالاب انزلی	W_6	۵۲۲	۰/٦۱۵	۰/٤۲۸	۱	۰/۸٦۹	۰/٤٦۷	-۰/۱۹٦
شهرستان فومن	R1	٤۵٦	۰/۳	۰/۵	۰/۷۲۵	۱/٤۹٤	۰/۳۰۷	۰/۲۳۳
	R2	۲۹۱	۰/۲۵۸	۰/۳۳۳	۰/۵۱٦	۱/۷۹	۰/۳۳۹	۰/۳٦۷
	R3	۳٤٤	۰/۳۹۳	۰/٦٦٦	۰/٤	۲/۷۸	۰/۲٦۱	۰/٦۱۱
	R4	۲٦۹	۰/۳٦۳	۰/۵۳۳	۰/٤۸۷	۲/۰۵۱	۰/۲	۰/٤۸۱
	R5	۳٤۷	۰/۸	۰/۵	۰/۹۸	۰/۹۱۸	۰/۳۵۵	-۰/۱۱٦
تالاب انزلی	R6	۳۳٦	۰/٤۰۳	۲/۳	۲/۳	۱/۹۳٤	۰/٤٤۹	۰/٤۵۵

* میلی اکی والان در لیتر، ** میلی گرم در لیتر

به طور کلی کیفیت آب آبخوان‌ها در اعماق مختلف در فصول سال تغییرات محسوسی را نشان نمی‌دهد. بررسی نتایج تجزیه‌های متعدد شیمیایی حاکی از افزایش تدریجی هدایت الکتریکی و سدیم در مسیر جریان زیرزمینی است . برای سایر اندازه‌گیری‌ها تغییرات‌از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. غلظت آهن در آبخوان‌های بالادست (به ویژه در منطقه فومن) نسبتا قابل ملاحظه بوده ولی نتایج‌تجزیه‌های شیمیایی وجود آهن را در آبخوان‌های پایین دست نشان نمی‌دهد. در خصوص رودخانه سیاه درویشان، غلظت کل در طول‌مسیر از بالادست به پایین دست کاهش تدریجی را نشان می‌دهد. مشکل افزایش نیترات در آبخوان‌ها مشاهده نگردید. مقادیر**BOD** و **COD** نیز نمایان‌گر سالم بودن آب‌ها است. طبق دیاگرام شولر تمامی

www.SID.ir

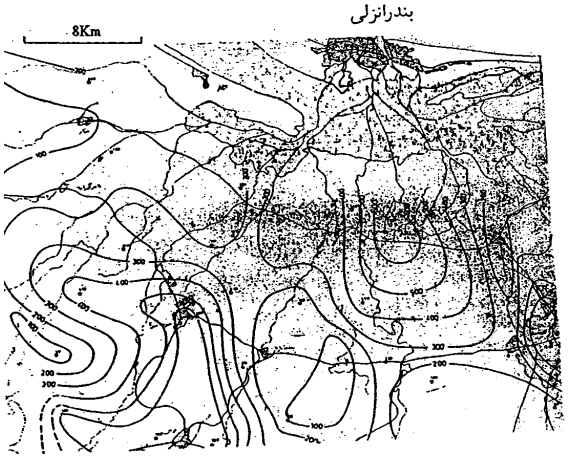
آب‌های مورد تجزیه از نظر قابلیت آشامیدن در قسمت خوب‌و خیلی خوب پراکنده می‌باشند.

۹ ـ مطالعه تغییرات نسبت‌های مهم : نسبت: $\frac{SO_4}{Cl}$ دامنه تغییرات این نسبت در طول مسیر جریان زیرزمینی بین ۰/۶۱ در چاه **W_1** و ۰/۸۰۶ در چاه**W_2** می‌باشد. هم چنین مقادیر آن در چاه‌های **W_1** ، **W_2** و **W_3** به ترتیب ۰/۳ ، ۰/۸ و ۰/۶۴ است. بنابراین از سمت جنوب به شمال‌یعنی از منطقه شهرستان فومن به سمت تالاب انزلی افزایش یافته است. علت این افزایش مربوط به کاهش کلر در آب زیرزمینی است. سپس تا انتهای مسیر تغییرات این نسبت نامنظم می‌باشد.

نسبت: $\frac{Mg}{Ca}$ مقادیر حد عبارتند از ۰/۲۶ در چاه **W_4** و ۰/۷۱ در چاه **W_2** . با توجه به اینکه معمولا به علت قابلیت‌انحلال بیشتر نمک‌های منیزیم، مقدار **Mg** آب‌های زیرزمینی از بالا دست به پایین دست افزایش یافته و مقدارCa تقریبا ثابت‌می‌ماند، از این نظر مقدار $\frac{Mg}{Ca}$ در جهت جریان معمولا افزایش نشان می‌دهد اما برخلاف معمول در منطقه مورد بررسی این افزایش‌دیده نمی‌شود. در طول مسیر مقدار **Mg** نسبتا متغیر و در نتیجه تغییرات نسبت $\frac{Mg}{Ca}$ در جهت جریان نامنظم است.

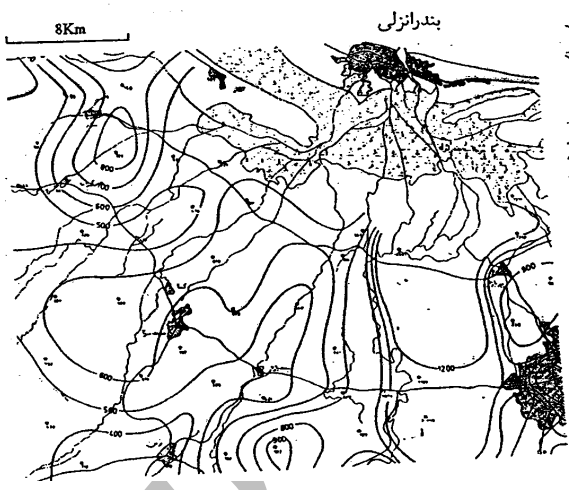
نسبت: $Id=\frac{Cl-(Na+K)}{Cl}$: در طول مسیر جریان زیرزمینی مقدار آن ابتدا در چاه‌های**W_1**، **W_2**، مثبت ولی در ادامه مسیر در چاه‌های **W_3** ، **W_4** و **W_5** منفی است. علت منفی بودن **I.d** در این چاه‌ها به دلیل افزایش نمک‌های سدیم به غیر از نمک‌های کلرور سدیم در آبخوان‌های مربوط به این چاه‌ها است. با توجه به اینکه آب‌های زیرزمینی منطقه مورد بررسی در طول مسیر خود از سازندهایی که دارای نمک‌های سدیم باشد عبور نکرده است بنابراین لازم است مطالعات هیدروشیمی بیشتری صورت گیرد تا علت افزایش نمک‌های سدیم و در نتیجه علت منفی بودن این شاخص در طول مسیر مشخص شود.

۱۰ـ ترسیم نقشه هم‌هدایت الکتریکی و استفاده از آب‌ها برای آبیاری : مقدار قابلیت هدایت الکتریکی **(EC)** در طول مسیر جریان زیرزمینی بین حداقل ۰/۴۱۹ در چاه**W_4** و حداکثر ۰/۵۵۹ میلی مو بر سانتی‌متر در چاه**W_5** می‌باشد. مقدار نسبت جذب سدیم **(SAR)** در طول مسیر جریان بین حداقل ۰/۳۱۲ در چاه**W_1** و حداکثر ۰/۶۶ در چاه**W_5** می‌باشد. با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌ها نقشه هم هدایت الکتریکی ترسیم گردید (شکل ۵). بررسی این نقشه‌نشان می‌دهد که منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی عموما به طرف تالاب انزلی یعنی هم‌جهت با حرکت آب زیرزمینی و رودخانه‌های منطقه از جنوب به سمت شمال کشیده شده و پیش‌روی دارند. بنابراین مورفولوژی منحنی‌های هم‌ارزش هدایت‌الکتریکی نمایانگر تغذیه جانبی آبخوان‌های عمیق از طرف ارتفاعات حاشیه دشت به‌ویژه در امتداد دره‌ها، گسل‌ها و درز و شکاف وهم‌چنین به‌صورت تزریقی و نشتی در پهنه دشت می‌باشد برای مثال منحنی دارای ارزش ۵۰۰ میکرومو از منتهی علیه غربی منطقه تا دره پسیخان در شرق منطقه گسترش داشته و در امتداد دره رودخانه‌های مرغک، خالکایی، پلنگ‌رود و سیاه درویشان تحت تأثیر رودخانه‌های مذکور در امتداد جهت حرکت آب زیرزمینی پیش رفته و تا حوالی تالاب انزلی به جلو رانده شده است.



شکل ۴ ـ نقشه هم ضریب قابلیت انتقال آب

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵ ـ نقشه هم هدایت الکتریکی

مقدار **SAR** در کل گستره مورد بررسی از ۴ کمتر است. بنابراین با توجه به مقادیر **SAR** و**EC** (۱۵) استفاده از منابع آب‌های‌زیرزمینی‌منطقه‌دشت‌فومنات و حوزه تالاب انزلی هیچگونه مشکلی در آبیاری و یا خطر قلیایی شدن خاک در بر ندارد.

۱۱ـ نتیجه‌گیری کلی : مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی به ویژه در مناطق فومن ، جمعه‌بازار ، صومعه‌سرا ، طاهر گوراب و بخش شمالی صومعه‌سرا تا حوالی سنگ چوب ضخامت قابل ملاحظه‌ای از رسوبات آبرفتی حاوی آب شیرین انباشته شده که بیشترین ضخامت آن در مناطق مزبور که در گستره تحت تاثیر رودخانه ماسوله رودخان قرار دارند به ۳۰۰ متر می‌رسد. آبخوان‌های تشکیل شده در دشت حوزه تالاب شامل یک آبخوان فرآتیک است که در سرتاسر پهنه دشت گسترش داشته ضخامت آن ناچیز و دبی آن ضعیف است. تعداد زیادی آبخوان‌های تحت فشار معمولی و تحت فشار جهنده (آرتزین) در منطقه مورد بررسی تشکیل شده است که توسط لایه‌های دانه ریز نفوذ ناپذیر از هم جدا شده‌اند. سنگ‌های مخزن آب در نزدیکی دامنه‌ها از رسوبات واریزه‌ای و در مخروط افکنه رودخانه‌ها از مواد دانه درشت تشکیل یافته‌و به طرف میانه دشت از قطر دانه‌ها کاسته شده و در بخش انتهایی دشت به طور کامل به مواد ریز دانه مثل سیلت و ماسه تبدیل شده و در اعماق پایین، لایه‌های دانه درشت مثل شن و ریگ به صورت بین لایه‌ای وجود دارد و حاوی آب شیرین تحت فشار می‌باشد.

بارندگی زیاد و وجود منابع آب‌های سطحی فراوان از عوامل موثر در تغذیه خوب آبخوان‌ها بوده و توزیع متعادل بارندگی در طول سال و شبکه هیدروگرافی در سطح دشت موجب شـــده تـــا

آبخوان‌ها کاملا پر شده و به حالت سرریز رسیده به طوری که تمامی‌رودخانه‌های جاری در دشت پس از عبور از محدوده مخروط افکنه در بخش میانی و پایانی دشت زهکشی و تخلیه آب‌های زیرزمینی‌را موجب می‌گردند.

با توجه به این که کیفیت آب آبخوان‌ها در فصول مختلف سال در کل قلمرو مورد بررسی تغییرات محسوسی را نشان‌نمی‌دهد، می‌توان گفت که آبخوان‌های منطقه به خوبی تغذیه شده و از منشاء واحد یا مشابه منابع تغذیه کننده برخوردار هستند. بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در طول مسیر جریان نشان می‌دهد که به جز تغییرات جزئی که ناشی از عوامل موضعی است، تغییرات مهمی در املاح محلول در آب دیده نمی‌شود. این موضوع بیانگر عدم وجود سازند آلاینده مثل سازندهای گچی ـ ژیپسی یا گنبدهای نمکی و یا هر نوع منابع آلوده کننده در طول مسیر حرکت آب است.

می‌توان گفت که بارندگی زیاد و کوتاه بودن طول مسیر حرکت آب زیرزمینی ، وفور منابع تغذیه کننده آبخوان و بالاخره عدم وجود سازند آلاینده آب زیرزمینی از عوامل مثبتی هستند که موجب کیفیت شیمیایی خوب و مطلوب منابع آب‌های زیرزمینی در کلیه‌گستره مورد بررسی می‌باشند. عدم مهار آب‌های سطحی و عدم استفاده صحیح از منابع آب‌های زیرزمینی دو مشکل عمده در زمینه‌افزایش و گسترش تولیدات کشاورزی در منطقه مورد بررسی به ویژه در مواقع خشکسالی‌ها به شماره می‌رود(۵). کمبودهای منابع‌آب اواخر بهار و تابستان این منطقه را می‌توان با مهار آب‌های سطحی و بهره‌برداری اصولی از منابع غنی آب‌های زیرزمینی برطرف‌کرد.

مراجع مورد استفاده REFERENCES

۱. پورهشیار، م. ۱۳۷۷. مقاطع زمین شناسی چاه‌های محفوره در گیلان، شرکت مهندسین مشاور سفید رود گیلان .

۲. زمین شناسی کواترنر کرانه‌های دریای خزر. ۱۳۷۱. سازمان زمین‌شناسی کشور. گزارش شماره ۶۰. صفحه ۴۸.

Archive of SID

www.SID.ir

۳. صدقی ،ح (مترجم). ۱۳۶۳ . اصول مهندسی هیدرولوژی . جلدهای اول و دوم ، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحات ۳۲۹ تا ۳۴۹.
۴. علیزاده، ا. ۱۳۷۷. هیدرولوژی کاربردی . انتشارات آستان قدس رضوی. صفحات ۲۳۶،۲۴۴ و۳۱۵.
۵. کشاورزی در منطقه گیلان و مازندران . ۱۳۶۸ . گروه مطالعات اقتصادی مرکز مطالعات و تحقیقات شهر سازی و معماری .وزارت مسکن و شهرسازی .
۶. گزارش مطالعات ژئوفیزیک رضوانشهر ـ رودسر. ۱۳۴۸. مهندسین مشاور آب و خاک به کارفرمایی سازمان آب و برق شمال .
۷. گزارش مطالعه مدل ریاضی آبخوان‌های دشت گیلان. ۱۳۵۶. دانشگاه استراسبورگ ، فرانسه .
۸. محمدی فتیده، م. ۱۳۷۹. مطالعه تخمین نیاز آبی و حجم آب آبیاری باغ‌های چای گیلان برای آبیاری تحت فشار . مجله علوم‌کشاورزی ایران ، جلد ۳۱ ، شماره ۲ .
۹. محمدی فتیده، م. ۱۳۶۸ . شناخت منابع آب‌های زیرزمینی . جزوه درسی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه گیلان .
۱۰. محمدی فتیده، م. ۱۳۷۸ . تعیین عوامل موثر بیلان آب در منطقه رشت . کتاب مجموعه مقالات اولین همایش منطقه‌ای بیلان آب، اهواز.
۱۱. مطالعات عمرانی و توسعه دشت گیلان . ۱۳۳۵ . مهندسین مشاور فرانسوی سوگرآ.
۱۲. نظامی، ش. و آ. باقر زاده. ۱۳۷۸. بررسی عوامل آلاینده های آب های سطحی و زیر زمینی استان گیلان . کتاب خلاصه‌مقالات سومین همایش تخصصی آلاینده های محیط زیست. حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان.
13. Degrémont, 1978. Mémento technique de l'eau.Huitième édition.Technique et Documentation, 11, rue Lavoisier, Paris.
14. Castany, G.1967. Traité pratique des eaux souterraines. DUNOD, PARIS, FRANCE.
15. Mohammadi Fatideh, M.1971. Étude du milieu physique en vue de l'amenagement d'un secteur agricole prés de LESIGNAN - CORBIERES (AUDE). thèse de Docteur -Ingenieur presentée à l'Université des sciences et techniques du LANGUEDOC, Montpellier, FRANCE.
16. Punmia, B. C. 1997. Irrigation and water power engineering. LAXMI Publications(P) LTD , New Delhi, INDIA.
17. Santosh kumar Garg. 1998. Hydrology and water resources engineering. Khanna Publishers, 2-B,Na th Market, Nai Sarak, Delhi, INDIA (P 325).
18. Scholler, H. 1962. les eaux souterraines. MASSON, PARIS, FRANCE
19. Subramanya, k.2000. Engineering Hydrology Published by Tata McGraw - Hillpublishing Company limited, New Delhi, INDIA.

Archive of SID

www.SID.ir

An Investigation of the Ground Water Resources of the Alluvial Plain of Foumenat (Guilan) and a Qualitative Study of Their Variations

M.M.Fatideh
Associate Professor, Department of Irrigation, University of Guilan, Rasht, Iran
Accepted Oct. 30. 2002

SUMMARY

This study was carried out in the occidental part of the alluvial plain of Guilan (Foumenat plain) to determine the potentials of the ground water resources of this area and to examine their qualitative variations. Work was started with collecting and examining the basic general data on the area: inventories concerting climatological as well as geological information. Then factors affecting water balance were determined. Numerous maps relating to area hydrogeology: piezometric cards, water table contours below the natural terrain were drown, and then attempt was made to measure the annual aquifer oscillations. With data from pumping tests, the characteristic hydrodynamics of the aquifers, that is, the transmissibility (T), storage coefficient(S), linear loss ratios of load (B) and non linear ones of load (C), representative line equation for some wells was determined. Hydrochimics and the qualitative variations were studied. The concentration of the ions Ca, Mg, Na, K, Cl, SO4, CO3, HCO3, P, N-NH4, N-NO2, NO3, Fe and certain heavy elements like Pb, Cd and Hg, as well as other parameters such as EC, pH, BOD, COD and TDS were determined. The study has shown that Foumenat plain is of high groundwater potential. The aquifers in this area consist of one free aquifer with a weak discharge and many confined or artesian ones with appreciable discharge. However due to lack of proper consideration in drilling techniques along with unsuitable equipment, exploitation discharge of the wells is not satisfactory. The chemical composition of surface as well as underground water show that the water resources often have a good quality for agriculture as well as human consumption. Interpretation of the obtained results also shows a gradual increase in electrical conductivity, Na and Cl in the general direction of water flow, but this condition does not apply to other ions. The concentration of Fe is appreciable in the southern aquifers, but it is not appreciable in others not an important quantity of nitrate is observed in the aquifers. The results of analyses do not show the existence of heavy elements (Pb, Cd, and Hg), thus the base of the international standards for clean water is established. The quantities of BOD and COD do not indicate any problems of pollution.

Key words: Aquifers, Pumping tests, Equations of Theis and Jacob, Piezometric maps, Qualitative variations.

Archive of SID

www.SID.ir