

مجموعه
مطالعات

بسمه تعالی

بررسی سطح تداخل آب شور و

شیرین در سفره های ساحلی

(پدیده انترفاس)

کمیته پروژه های تحقیقاتی

دستورالعمل شماره ۳

مدیریت تلفیق مطالعات

دبیر

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|----------|--|
| الف..... | پیشگفتار..... |
| ب..... | مقدمه..... |
| ۱..... | کلیات..... |
| ۱..... | ۱- تاسیسات و تجهیزات..... |
| ۲..... | ۱-۱- انتخاب مقاطع..... |
| ۲..... | ۲-۱- حفرچاه..... |
| ۴..... | ۳-۱- بررسبهای اکتشافی..... |
| ۴..... | ۴-۱- نصب اشل و لیمتیگراف..... |
| ۴..... | ۲- اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات..... |
| ۴..... | ۱-۲- تغییرات سطح آب زیرزمینی..... |
| ۴..... | ۲-۲- نمونه برداری از آب زیرزمینی..... |
| ۵..... | ۳-۲- انجام آزمایشهای شیمیائی..... |
| ۵..... | ۴-۲- تغییرات سطح آب دریا..... |
| ۶..... | ۵-۲- نمونه برداری از آب دریا..... |
| ۶..... | ۳- تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات..... |
| ۶..... | ۱-۳- تعیین ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان..... |
| ۷..... | ۲-۳- بررسی نتایج عملیات ژئوفیزیکی..... |
| ۷..... | ۳-۳- محاسبه گرادیان هیدرولیکی آبخوان..... |
| ۷..... | ۴- نتیجه گیری و گزارش نهائی..... |
| ۷..... | ۱-۴- بررسی حدانترفاس با استفاده از روش اندازه گیری مستقیم..... |
| ۸..... | ۲-۴- بررسی حدانترفاس با استفاده از رابطه ورویج..... |
| ۱۱..... | ۳-۴- مقایسه نتایج دو روش..... |
| ۱۱..... | ۴-۴- بررسی حد انترفاس در شرایط افت سطح آب زیرزمینی..... |
| ۱۲..... | ۵-۴- بررسی حدانترفاس در شرایط بالا آمده سطح آب دریا..... |

پیشگفتار

حیات و بقاء موجودات زنده به آب وابسته بوده و کمبود آن موجب تشدید در اضمحلال حیات خواهد گردید و از طرفی رشد کمی جمعیت در تمامی جوامع بشری عموماً افزایش مصرف آب را در پی خواهد داشت. با توجه به نیاز مبرم موجودات زنده به آب، شناخت آن به ویژه تحقیق و بررسی منابع آبی و منشاء آن امری ضروری و دارای اهمیت زیادی میباشد.

بطور کلی تحقیق و پژوهش در زمینه عوامل تغذیه کننده منابع آب کمک شایانی در حل مسائل و مشکلات موجود نموده و نتایج آن در تحلیل آمار و اطلاعات و بررسی این منابع قابل استفاده میباشد، مضافاً باینکه این نتایج کاربرد وسیعی توسط متخصصین و کارشناسان در توسعه، بهره برداری و مدیریت منابع آب دارد.

با در نظر گرفتن اهمیت بررسی و تحقیق در خصوص عوامل موثر در افزایش منابع آبی، سازمان تحقیقات منابع آب نسبت به ایجاد مراکز پژوهشی و تهیه دستورالعمل های لازم در مورد پروژه های تحقیقاتی و مطالعاتی در این زمینه اقدام و اجرای آنها را به امور مطالعات سازمانهای آب منطقه ای واگذار نموده است. دستورالعمل حاضر نمونه ای از اقدامات انجام گرفته توسط کارشناسان مدیریت تلفیق مطالعات در چارچوب کمیته پروژه های تحقیقاتی، میباشد که امید است مورد استفاده مفید دست اندرکاران امر قرار گیرد.

در خاتمه از مدیریت و کارشناسان تلفیق مطالعات که در تهیه و ارائه این دستورالعمل همت گماشته اند تشکر و قدردانی نموده و از خداوند متعال توفیق همگان را در جهت پیشبرد اهداف و خدمت به کشور مسئلت میدارد.

ناصر رستم افشار

مدیر عامل

مقدمه

تحقیق و پژوهش در مطالعات منابع آب از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و اغلب مولفه ها و پارامترهای مورد استفاده در کشورهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و از طریق دستیابی به ضرایبی، روابط و فرمولهای تجربی را اصلاح نموده اند.

در کشور ایران می توان از نتایج تحقیقات سایر کشورها در مواردی چند با در نظر گرفتن شرایط یکسان استفاده نمود ولی مسلماً این امر فراگیر نبوده و لازم است که بعضی از آنها، با توجه به شرایط نابرابر با محیط کشورهای دیگر مورد تحقیق و ارزیابی قرار گیرد.

سازمان تحقیقات منابع آب با ایجاد مراکز پژوهشی و اجرای پروژه های تحقیقاتی در قالب آنها، گام موثری در جهت دستیابی به اهداف فوق برداشته است. این مراکز که با وسعتی چند هکتار در نقاط مختلف کشور احداث گردیده بعنوان محل و پایگاهی برای انواع تحقیقات و پژوهشهای نظری و عملی در زمینه مطالعات منابع آب اختصاص یافته است.

از آنجا که تحقیقات و پژوهش در امر مطالعات منابع آب مراحل اولیه را طی مینماید سازمان تحقیقات منابع آب وظیفه خود دید که در مورد پارامترهایی که امکان تحقیق و پژوهش در آنها میسر است مکانیسمهای انجام آنها بصورت دستورالعملهایی تهیه و جهت اجرا به سازمانهای آب منطقه ای ابلاغ نماید.

در این راستا کمیته ای با عنوان کمیته پروژه های تحقیقاتی از تاریخ اردیبهشت ۱۳۷۴ و با شرکت تعدادی از کارشناسان در مدیریت تلفیق مطالعات منابع آب تشکیل و این وظیفه مهم را بعهده گرفته است. دستورالعمل شماره ۳ تحت عنوان

بررسی سطح تداخل آب شور و شیرین در سفره های ساحلی

باهدف اندازه گیری مستقیم حدانترفاس و مقایسه نتایج حاصله از آن با روش محاسباتی و نیز بررسی اثرات بالآآمدن سطح آب دریا و افت سطح آب زیرزمین بر حد تداخل آب شور و شیرین تهیه شده است. کمیته از اظهارنظر همکاران در سازمانهای آب منطقه ای و دیگر محققان و پژوهشگران دست اندرکار استقبال مینماید. اعضاء کمیته پروژه های تحقیقاتی که در تدوین و تنظیم دستورالعمل های تحقیقاتی همکاری دارند بشرح زیر میباشند.

| | |
|----------------------|------------------|
| محمود باریده | ابوالفضل فروزنده |
| پرویز حکیمی لاریجانی | مظفر میریاقری |
| فضلعلی جعفریان | محمد مهاجر |
| نعمت اله دهبندی | محمد ناسوتی |
| محمود راشد | مهدی هاشمی |

مدیریت تلفیق مطالعات

بررسی سطح تداخل آب شور و شیرین در سفره های ساحلی (پدیده انترفاس)

کلیات:

آبخوانهای ساحلی که در مجاورت دریا قرار دارند، در شرایط طبیعی مقادیری آب شیرین زیرزمینی را به دریا تخلیه می نمایند و در این شرایط حالت تعادلی بین آبهای شیرین آبخوان ساحلی و آب شور دریا که در زیر آن قرار گرفته وجود دارد. حفظ این تعادل به دبی خروجی جریان زیرزمینی (بطرف دریا) بستگی دارد. حد تماس آب شور و شیرین (حدانترفاس) منطقه ضخیمی است که در آن منطقه آب بطور تدریجی از حد شیرین به شور میل می نماید (Transitionzone).

بهره برداری بی رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی آبخوانهای ساحلی، موجب کاهش میزان جریان آب زیرزمینی از آبخوان بطرف دریا شده و حتی گاهی نیز ممکن است موجب معکوس شدن جهت جریان گردد و در نتیجه تمام یا بخش عظیمی از آبخوان به آب شور دریا آلوده گردد. پالایش آبخوان از این آلودگی نیاز به سالها وقت و مقادیر معتدبهی آب شیرین دارد که این مهم (پالایش آبخوان) ممکن است در عمل امکان پذیر نباشد. لذا حفاظت آبخوانهای ساحلی در برابر خطر مداوم هجوم آب شور و اعمال مدیریت بهره برداری صحیح از این آبخوانها، لزوم مطالعات و بررسی دقیق حد انترفاس را ضروری می نماید.

در این تحقیق مختصات و ویژگیهای حد انترفاس در شرایط موجود یک آبخوان ساحلی با استفاده از روش اندازه گیری مستقیم در چاههای چند منظوره و نیز با استفاده از رابطه ورویج (VERRUIJT) تعیین شده و نتایج حاصل از این دو روش با یکدیگر مقایسه می گردند. همچنین اثرات بالا آمدن سطح آب دریا و یافت سطح آب زیرزمینی بر حد تداخل آب شور و شیرین در آبخوان ساحلی بررسی می گردد.

۱- تاسیسات و تجهیزات مورد نیاز:

جهت انجام بررسیها با استفاده از روش اندازه گیری مستقیم و روش ورویج لازم است ابتدا مقاطعی در آبخوان ساحلی انتخاب گردد و سپس با توجه به نیازهای دو روش تاسیسات و تجهیزات مورد نیاز را در آنها ایجاد نمود.

۱-۱- انتخاب مقاطع :

برای بررسی مختصات و ویژگیهای حدانترفاس و چگونگی تغییرات آن در اثر عوامل مختلف لازم است ابتدا مقطعی در جهت جریان آب زیرزمینی از آبخوان ساحلی انتخاب گردد. به منظور انتخاب مقاطع و تعیین فاصله بین آنها در مرحله اول باید مطالعات جامع هیدروژئولوژی نوار ساحلی در منطقه ای به عرض حدود ۵ کیلومتر انجام گیرد. این مطالعات شامل جمع آوری آمار و اطلاعات، بررسی آنها و انجام کارهای تکمیلی (ژئوفیزیک، حفاری اکتشافی) می باشد. نتیجه این مطالعات باید وضعیت سطح آب زیرزمینی، گرادیان هیدرولیکی، جهت جریان، دانه بندی و جنس رسوبات در جهات جانبی و عمق، ضخامت آبخوان، کیفیت آب، ارتباط رودخانه ها و زهکشها با آبخوان، میزان بهره برداری و افت ناشی از آن و چگونگی جبران افت در طول فصل تر و را روشن سازد. حداقل اطلاعات مورد نیاز برای تعیین مقاطع، ضخامت تقریبی آبخوان و تغییرات دانه بندی آن در جهات جانبی می باشد.

با در دست داشتن اطلاعات فوق محل و فاصله مقاطع را می توان تعیین نمود. مجموعه مقاطع انتخابی باید معرف ارتباط هیدرولیکی دریا با تمام آبخوان باشد. واضح است هرچه یکنواختی هیدروژئولوژیک در گسترش جانبی آبخوان بیشتر باشد فاصله مقاطع بیشتر و اگر ناهمگونی زیاد باشد، فاصله مقاطع کمتر خواهد بود. ذکر این نکته نیز ضروریست که در پاره ای از مناطق ساحلی تبادلات آبی بین رودخانه و آبخوان زیاد است و در بعضی جاها نیز این ارتباط و تبادلات حداقل می باشد. لذا انتخاب مقطعی در این گونه مناطق، رفتار آبخوان را در مقابل هجوم آب شور در حالات مختلف روشن می سازد. در هر صورت مجموعه مقاطع باید بگونه ای انتخاب شود تا درون یابی اطلاعات حاصله در مقاطع هرچه بیشتر مقرون به واقعیت باشد.

۱-۲- حفر چاه

برای اندازه گیری سطح آب زیرزمینی، تعیین ضخامت و ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان نیاز به حفر تعدادی چاه در مقاطع انتخابی می باشد. در چند مقطع از مقاطع انتخابی جهت مقایسه نتایج روش اندازه گیری مستقیم حدانترفاس با روش محاسباتی (رابطه ورویج) چند حلقه چاه چند منظوره حفر شده و در سایر مقاطع که تنها با استفاده از روش ورویج به مطالعه حدانترفاس پرداخته خواهد شد، تنها چند حلقه چاه مشاهده ای در هر مقطع حفر می گردد. تمامی چاهها باید ترازبایی (نیولمان) گردد.

۱-۲-۱- حفر چاههای چند منظوره:

این چاهها در ابتدا برای تعیین ضخامت آبخوان، دانه بندی و جنس رسوبات آبرفتی و انجام آزمایش پمپاژ حفر شده و پس از تعیین این عوامل حفاری تا حدود ۲۰ متر زیر سطح آب شور دریا و حداکثر تا سنگ کف ادامه می یابد. علت ادامه حفاری تا این عمق تعیین مختصات و فرم صفحه تداخل آب شور و شیرین می باشد. اولین چاه از این گروه در نزدیکترین نقطه از خط ساحلی بنحوی که از تاثیر امواج دریا مصون باشد حفر گردد و چاههای بعدی در راستای یک مقطع، با توجه به دقت مورد انتظار حفر شود. تعداد این چاهها با توجه به طول مقطع بین ۳ تا ۵ حلقه می باشد. حداقل طول مقاطعی که چاههای چند منظوره در آنها حفر می شود، باید از حداکثر طول نفوذ جبهه آب شور در آبخوان که با استفاده از رابطه ورویج و بطور تخمینی بدست آمده بیشتر باشد. به این ترتیب آخرین چاه حفر شده (دورترین چاه از ساحل دریا) با افزایش عمق آب شور دریا را قطع نخواهد کرد. (البته ممکن است با ادامه حفاری چاه وارد آب شور فسیل شود).

لازم به یادآوری است که پس از تعیین محل چاههای چند منظوره ابتدا گمانه اکتشافی به منظور تعیین عمق برخورد به آب شور دریا و ضخامت آبخوان حفر نموده و سپس با برقوزنی تا عمق مورد نظر چاه را گشاد نموده و اقدام به لوله گذاری و گراول پکینگ می گردد. جهت جلوگیری از هجوم آب شور به داخل لوله چاه، حدود یک متر از قسمت انتهائی لوله را با سیمان پر کرده و پس از پایان آزمایش پمپاژ، حفاری در داخل لوله تا حدود ۲۰ متر زیر سطح آب شور دریا ادامه پیدا می کند. از این چاهها برای اندازه گیری سطح آب زیرزمینی و نیز نمونه برداری کیفی استفاده می شود. این چاهها با حداقل قطر حفاری می شود بنحوی که اولاً امکان تجهیز آنها برای آزمایش پمپاژ وجود داشته باشد. ثانیاً بتوان پس از آزمایش پمپاژ حفاری را در داخل چاه ادامه داد.

۱-۲-۲- حفر چاههای مشاهده ای

در سایر مقاطع انتخابی جهت محاسبه گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی در آبخوان ساحلی، با توجه به گرادیان عمومی منطقه ساحلی تعداد یک تا ۳ حلقه چاه مشاهده ای در سفره آزاد ساحلی حفر می گردد. در نواحی که گرادیان هیدرولیکی کم (کمتر از ۲ در هزار) باشد، برای دقت بیشتر در محاسبه گرادیان، ۳ حلقه چاه مشاهده ای در یک مقطع حفر گردد. در مقاطعی که چاههای چند منظوره در آنها حفر شده، از همان چاهها برای اندازه گیری سطح آب زیرزمینی استفاده می شود.

۱-۳- بررسیهای اکتشافی :

ضخامت آبخوان و عمق سنگ کف در مقاطعی که چاههای چند منظوره در آنها حفر نشده نیز باید با دقت قابل قبولی تعیین گردد. اگر بررسیهای ژئوفیزیکی و حفاریهای اکتشافی در راستای این مقاطع قبلاً انجام گرفته همان اطلاعات قابل استفاده خواهد بود. در غیر این صورت انجام بررسیهای اکتشافی (ژئوفیزیک - حفاری اکتشافی) به منظور تعیین ضخامت آبخوان و ضرائب هیدرودینامیکی ضروری می باشد. این بررسیها در نواری به عرض حدود ۲ کیلومتر از ساحل انجام می یابد. برای تعیین ضخامت آبخوان و نحوه تغییرات دانه بندی رسوبات در جهات جانبی می توان از بررسیهای ژئوفیزیکی استفاده نمود و حفاریهای اکتشافی را تا حد زیادی کاهش داد. به عبارت دیگر با داشتن چند حلقه چاه اکتشافی در نوار ساحلی می توان با استفاده از مطالعات ژئوفیزیکی در طول زیادی از ساحل ضخامت و ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان را با دقت قابل قبولی محاسبه و برآورد نمود.

۱-۴- نصب اشل و لمینگراف :

به منظور اندازه گیری رقوم ارتفاعی سطح آب دریا، اشل و لمینگراف در محلتهائی که دور از تاثیر امواج دریا باشد نصب گردد.

۲- اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات

عوامل زیر در راستای این بررسی در هر یک از مقاطع انتخابی باید اندازه گیری شود.

۲-۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی :

تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاههای چند منظوره و چاههای مشاهده ای حداقل هر ۱۵ روز یک بار اندازه گیری شده و نتایج در جداول مربوطه ثبت می گردد. جهت کنترل نوسانات سطح آب بهتر است در هر مقطع یکی از چاههای اندازه گیری سطح آب به دستگاه ثبات مجهز گردد.

۲-۲- نمونه برداری از آب زیرزمینی :

پس از اندازه گیری سطح آب زیرزمینی ، از چاههای مشاهده ای و چند منظوره نمونه برداری جهت آنالیز شیمیائی انجام گیرد.

۲-۲-۱- نمونه برداری از چاههای مشاهده ای: نمونه برداری از چاههای مشاهده ای به منظور تعیین کیفیت و چگالی آب سفره انجام می گیرد به این منظور پس از تخلیه آب مانده و راکد چاه و بازگشت آب به سطح استاتیک نمونه ای از آن برداشت می گردد. نمونه برداریها همزمان با اندازه گیری سطح آب و هر ۱۵ روز یک بار انجام گیرد.

۲-۲-۲- نمونه برداری از چاههای چند منظوره: نمونه برداری از این چاهها به منظور تعیین عمق برخورد به آب شور دریا و نیز تعیین چگالی آب سفره صورت میگیرد و باید دارای دقت زیادی باشد. پس از اندازه گیری سطح آب، اقدام به تخلیه آب مانده در چاه شده و پس از بازگشت آب به سطح استاتیک، نمونه برداری از اعماق چاه انجام می گیرد. در ابتدای مطالعات از هر یک متر عمق یک نمونه برداشته شود و براساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها، برنامه نمونه برداری از اعماق مختلف برای مراحل بعدی کار تنظیم گردد.

در مرحله تحقیق، بررسی و مقایسه روش اندازه گیری مستقیم با روش رویج، نمونه برداریها (از چاه و از آب دریا) هر ۱۵ روز یک بار و همزمان با اندازه گیری سطح آب انجام می گیرد. لیکن پس از آن با توجه به برنامه ریزیهایی که برای اندازه گیری حدانترفاس در دوره های زمانی خاص بعمل خواهد آمد، نمونه برداری انجام می گیرد. مثلاً ممکن است تعیین حد انترفاس بطور فصلی یا سالانه دوبار (دوره تر و خشک) مورد نظر باشد، در اینصورت نمونه برداری نیز بطور فصلی یا سالانه انجام می گیرد.

۲-۳- انجام آزمایشهای شیمیایی: پس از نمونه برداری در کوتاهترین مدت نسبت به ارسال نمونه ها به آزمایشگاه اقدام گردد. آنالیز نمونه ها با حداکثر دقت انجام شده و عوامل زیر باید اندازه گیری گردد:

$Na^+, K^+, Mg^{++}, Ca^{++}$

$Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{--}, CO_3^{--}, Br^-$

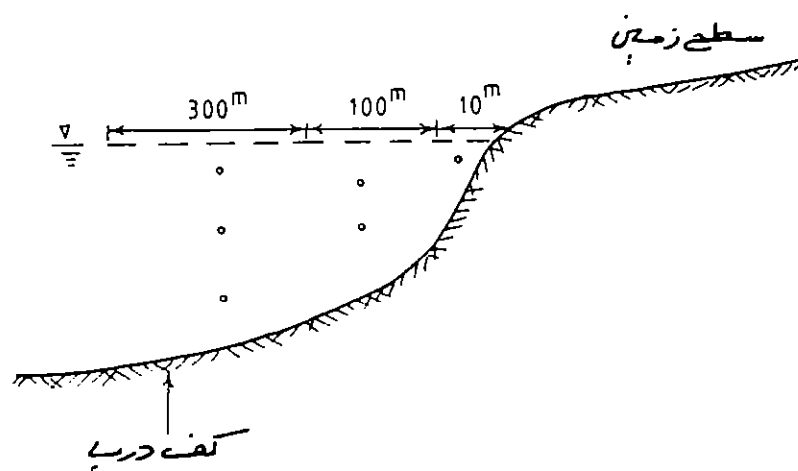
T.D.S, EC, PH, T, P

همچنین با استفاده از وسائل صحرائی در محل نمونه برداری عوامل هدایت الکتریکی، PH و درجه حرارت در اعماق مختلف چاه اندازه گیری شود.

۲-۴- تغییرات سطح آب دریا: رقوم ارتفاعی سطح آب دریا پس از نصب اشل و لیمنیگراف قرائت و در جداول مربوطه ثبت گردد. البته چون تغییرات کوتاه مدت (تحت تاثیر جذر و مد) مورد نظر این بررسی نیست، لذا قرائت اشل نیز مانند اندازه گیری سطح آب زیرزمینی و بطور همزمان با آن هر ۱۵ روز یک بار انجام گیرد.

۲-۵- نمونه برداری از آب دریا: نمونه برداری از آب دریا به منظور تعیین چگالی آب دریا صورت می گیرد. این نمونه برداریها در صورت امکان در راستای مقاطع انتخابی و در فاصله ۱۰ متری از ساحل یک نمونه، ۱۰۰ متری دو نمونه و ۳۰۰ متری یا بیشتر سه نمونه از اعماق مختلف تهیه و چگالی هر یک از نمونه ها توسط آزمایشگاه تعیین و سپس چگالی میانگین در راستای هر مقطع انتخاب گردد. نمونه برداری از اعماق مختلف بدینصورت انجام می شود که در صورت کمتر بودن عمق دریا از ۱۰ متر یک نمونه بین ۱۰ تا ۵۰ متر، ۲ نمونه و بیشتر از ۵۰ متر سه نمونه برداشته می شود.

در راستای مقاطعی که دارای چاههای چند منظوره هستند، همزمان با نمونه برداری از چاهها از آب دریا نیز به ترتیبی که در فوق شرح داده شد نمونه برداری می گردد.



۳- تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات:

پس از اندازه گیری عوامل مختلف در راستای هر مقطع و گردآوری آمار و اطلاعات موردنیاز، تجزیه و تحلیل آنها جهت رفع اشکالات و نواقص احتمالی و تعمیم بعضی از عوامل ضروری می باشد.

۳-۱- تعیین ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان:

پس از انجام آزمایش پمپاژ در چاههای چند منظوره و یا چاههای اکتشافی که بنا بر ضرورت احتمالاً در سایر مقاطع حفر شده و یا چاههای بهره برداری، ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان و در صورت عدم وجود چاه

پیزومتر در مجاور چاههای فوق ، میزان ضریب قابلیت انتقال با دقت محاسبه گردد. با در دست داشتن ضخامت

$$K = \frac{T}{H} m/day$$

آبخوان و مقدار ضریب قابلیت انتقال ، ضریب نفوذپذیری (K) نیز بدست می آید:

در صورتیکه میزان افت سطح آب زیرزمینی به حدی باشد که در مقدار ضریب قابلیت انتقال تغییر ایجاد نماید، در اینصورت میزان T در شرایط جدید و با توجه به ضخامت لایه آبدار باید تعیین گردد.

۳-۲- بررسی نتایج عملیات ژئوفیزیکی :

با بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مطالعات ژئوفیزیکی در راستای مقاطع، با توجه به چاههای اکتشافی محفوره در نوار ساحلی، ضخامت آبخوان در نقاط مختلف هر مقطع مشخص می شود. از طرفی با ایجاد همبستگی بین ضریب قابلیت انتقال و مقاومت عرضی، برای نقاط فاقد ضریب قابلیت انتقال، این عامل محاسبه و برآورد می گردد.

۳-۳- محاسبه گرادیان هیدرولیکی آبخوان :

بر اساس اندازه گیری سطح آب در چاههای مشاهده ای هر مقطع و در دست داشتن فاصله چاهها و رقوم ارتفاعی سطح آب دریا، گرادیان هیدرولیکی در راستای هر مقطع بدست می آید. متناسب با تغییرات سطح آب زیرزمینی و یا سطح آب دریا، میزان گرادیان تغییر می کند با افت سطح آب زیرزمینی و یا بالا آمدن سطح آب دریا، گرادیان هیدرولیکی آبخوان ساحلی کاهش پیدا می کند.

۴- نتیجه گیری و گزارش نهائی :

پس از تهیه آمار و اطلاعات مورد نیاز و تجزیه و تحلیل آنها، بررسی پدیده انترفاس امکان پذیر می گردد. این بررسی به دو روش انجام می یابد که روش انجام کار و محاسبات مربوطه توضیح داده می شود، همچنین اثر تغییرات سطح آب زیرزمینی و یا سطح آب دریا بر پدیده انترفاس نیز شرح داده خواهد شد.

۴-۱- بررسی حدانترفاس با استفاده از روش اندازه گیری مستقیم :

تعیین عمق برخورد به آب شور دریا، مختصات و فرم صفحه تداخل آب شور و شیرین با نمونه برداری از چاههای چند منظوره انجام می گیرد. نتایج تجزیه شیمیائی نمونه های آب برداشته شده از چاههای چند منظوره

که در یک مقطع حفر شده اند باید دقیقاً بررسی شده و مقاطع کیفی در جهت قائم برای هر یک از چاهها تهیه گردد. با مقایسه آنالیز شیمیائی آب دریا و آب چاه در جهت قائم و براساس تشابه کیفی، عمق حد تداخل و تماس آب شور دریا و شیرین آبخوان ساحلی در هر یک از چاهها مشخص می گردد. بنابراین عمق حد انترفاس در فواصل مختلف از ساحل که همان فاصله چاههای چند منظوره از ساحل می باشد بدست می آید. دوره های نمونه برداری در این روش همان دوره هائی است که اندازه گیری و تعیین حدانترفاس مورد نظر است.

۴-۲- بررسی حدانترفاس با استفاده از رابطه ورویج (VERRUIJT):

با توجه به آمار و اطلاعات گردآوری شده در هر مقطع با استفاده از رابطه ورویج عمق حد انترفاس نسبت به سطح دریا و ارتفاع ستون آب شیرین بالای سطح دریا را در فواصل مختلف از خط ساحلی می توان تعیین نمود. به این ترتیب شکل و فرم سطح آب شیرین و سطح تداخل آب شور و شیرین که حالت سهمی دارد معین می گردد.

$$Z = -\sqrt{\frac{Q^2}{B^2K^2} \cdot \frac{1-B}{1+B} + \frac{2QX}{BK(1+B)}}$$

$$H = \sqrt{\frac{2BQ}{K(1+B)}} X$$

$$X_0 = \frac{Q}{2BK}$$

Z: عمق حدانترفاس نسبت به سطح دریا (متر)

Q: جریان آب شیرین زیرزمینی بطرف دریا در واحد طول آبخوان ($Q = T \cdot I \text{ m}^3/\text{day}$)

B: تفاسل چگالی آب شور دریا و شیرین آبخوان [$B = (P_s - P_f) / P_f$]

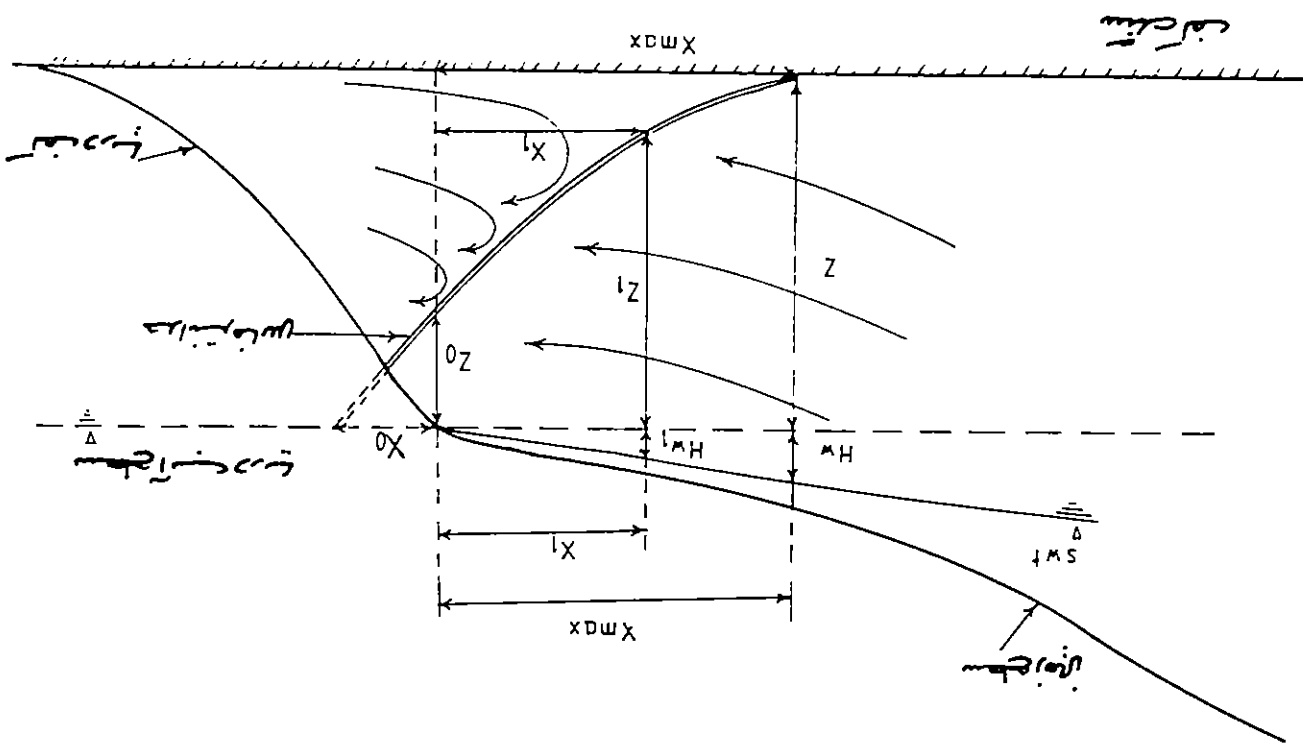
K: ضریب هدایت هیدرولیکی آبخوان ($K = \frac{T}{H} \text{ m/day}$)

X: طول ناحیه نفوذ آب شور به طرف آبخوان (متر)

X_{\max} : حداکثر طول ناحیه نفوذ آب شور بطرف آبخوان که در واقع X هم عرض ضخامت آبخوان می باشد.

X_0 : طول ناحیه نفوذ آب شیرین در داخل دریا.

H_w : ستون آب شیرین بالای سطح آب دریا



نقطه X_1 در مسافت Z_1 از نقطه O_X در مسافت X_1 قرار دارد.

نقطه Z_2 در مسافت X_2 از نقطه O_X در مسافت Z_2 قرار دارد.

نقطه X در مسافت Z از نقطه O_X در مسافت X قرار دارد.

۳-۴- مقایسه نتایج دوروش :

در مقاطعی که چاههای چند منظوره حفر شده، مختصات حدانترفاس بطور مستقیم و نیز با استفاده از رابطه ورویج به دست می آید. در صورتیکه نتایج حاصله با یکدیگر اختلاف آشکاری داشته باشند در مرحله اول باید عوامل موثر در رابطه ورویج دقیقاً مورد بررسی قرار گرفته و صحت آنها تأیید گردد، در صورتیکه اختلاف همچنان باقی مانده باشد و دلایل اختلاف مربوط به اندازه گیریها و محاسبه عوامل موثر در رابطه ورویج نباشد، با توجه به نتایج تمام مقاطعی که دارای چاههای چند منظوره هستند، ضریب اصلاحی منطقه ای برای رابطه ورویج انتخاب میگردد. اگر اختلافی بین نتایج حاصل از دوروش وجود نداشته باشد. رابطه ورویج بدون اعمال هیچ ضریبی قابل استفاده خواهد بود.

پس از این مرحله می توان با استفاده از رابطه ورویج که ممکن است اصلاح شده باشد برای تمام مقاطع انتخابی در آبخوان ساحلی، مختصات حدانترفاس را محاسبه نمود و با تطابق (کوریلاسیون Corrolation) اطلاعات هر مقطع با مقاطع مجاور، وضعیت کل آبخوان ساحلی را در ارتباط با پدیده انترفاس مشخص نمود. ضمناً در مقاطعی که دارای چاههای چند منظوره هستند علاوه بر رابطه ورویج، رابطه گیبین - هرزبرگ (Ghyben-Herzberg) که عمق حدانترفاس را در شرایط استاتیک مشخص می نماید نیز قابل تحقیق و بررسی میباشد:

$$Z = - \frac{P_f}{P_s - P_f} H_w$$

$$P_f \text{ و } P_s = \text{چگالی آب شور دریا و شیرین آبخوان}$$

$$H_w = \text{ستون آب شیرین نسبت به سطح دریا}$$

$$Z = \text{عمق حدانترفاس نسبت به سطح دریا}$$

۴-۴- بررسی حدانترفاس در شرایط افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان ساحلی:

با توجه به شکل و روابط ارائه شده مشخص می گردد که افت سطح آب زیرزمینی بطور مستقیم باعث کاهش گرادیان هیدرولیکی و در نتیجه کاهش دبی خروجی از آبخوان (ورودی به دریا) می گردد که اثر آن پیشروی طول جبهه آب شور در آبخوان و کاهش عمق حدانترفاس در فواصل مختلف از ساحل می باشد.

با اندازه گیری مستمر سطح آب در شبکه چاههای مشاهده ای که به همین منظور در آبخوان ساحلی حفر شده و نیز با توجه به رقوم سطح آب دریا، گرادیان هیدرولیکی آبخوان همیشه در دسترس خواهد بود. اگر افت سطح آب در حدی باشد که بتوان از تغییری که در میزان ضریب قابلیت انتقال در اثر افت سطح آب ایجاد می شود

صرف نظر نمود، در اینصورت کفایت تنها یکبار در مقاطع مورد بررسی مختصات حدانترفاس تعیین گردد و پس از آن با توجه به گرادیان هیدرولیکی در شرایط جدید و قرارداد Q جدیدی که حاصل میشود در فرمول ساده شده و روی مختصات حدانترفاس را در شرایط جدید افت سطح آب محاسبه نمود.

اگر میزان تغییرات سطح آب سفره (افت یا افزایش سطح آب) به اندازه ای زیاد باشد که تغییر قابل ملاحظه ای در ضخامت لایه اشباع و در نتیجه میزان قابلیت انتقال آبخوان ایجاد نماید، علاوه بر گرادیان، تغییرات I و Q و ضخامت آبخوان را نیز باید در محاسبات منظور نمود. همچنین با اندازه گیری مستقیم حدانترفاس در جاهای چندمنظوره نیز اثرات افت سطح آب زیرزمینی در حد داخل آب شور و شیرین باید مشخص گردد.

۴-۵- بررسی حدانترفاس در شرایط بالا آمدن سطح آب دریا:

بالا آمدن سطح آب دریا موجب کاهش گرادیان هیدرولیکی آبخوان و در نتیجه کاهش جریان زیرزمینی خروجی می گردد. این پدیده نیز همانند افت سطح آب زیرزمینی موجب افزایش طول نفوذ جبهه آب شور و کاهش عمق حدانترفاس می گردد. با اندازه گیری دقیق میزان افزایش سطح آب دریا و محاسبه گرادیان هیدرولیکی آبخوان در شرایط جدید، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، مختصات حدانترفاس با استفاده از فرمول ساده شده و روی قابل محاسبه می باشد. با روش اندازه گیری مستقیم نیز اثرات تغییرات سطح آب زیرزمینی باید مشخص شود.

برای شرایط افت سطح آب زیرزمینی و یا بالا آمدن سطح آب دریا می توان جدول زیر را برای مقاطع مختلف تهیه و در تاریخهای مختلف نسبت به اندازه گیری عوامل مورد نیاز برای محاسبه حدانترفاس اقدام نمود:

جدول شماره ۴:

| تاریخ | گرادیان | ضخامت | ضریب قابلیت | ضریب نمود | دسی آب زیرزمینی | B | X | Z | HW | X | Z | HW | X | Z | HW | X | Z |
|-------|-----------|--------|-------------------|-----------|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | هیدرولیکی | آبخوان | انفعال | بدیری | خروجی آبخوان | | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) |
| | (در هزار) | (متر) | $\frac{2}{m}$ day | m.day | $\frac{3}{m}$ day | | | | | | | | | | | | |

ذکر این نکته ضروری است که برای طراحی مدیریت بهره برداری بهینه و پایدار از آبخوان ساحلی ابتدا باید وضعیت موجود کاملاً مطالعه و بررسی گردد، سپس با توجه به تعیین حدمجاز پیشروی آب شور بطرف ساحل، حد مناسب ورودی آب شیرین از آبخوان به دریا را تعیین نمود و مازاد آن را با رعایت نکات فنی استحصال نمود. بنابراین با تعیین میزان حداکثر مجاز نفوذ آب شور میتوان از بخشی از دبی خروجی آبخوان بهره برداری نمود. مقدار دبی مجاز در شرایط جدید (حداکثر مجاز نفوذ آب شور) با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$Q^2\left(\frac{1-B}{B.K}\right) + 2XQ - Z^2BK(1+B) = 0$$

دبی فوق مقدار مجاز خروجی آب زیرزمینی از آبخوان به دریاست، با داشتن دبی خروجی در شرایط اولیه، میزان توسعه بهره برداری (تفاضل دو دبی فوق) در آبخوان ساحلی بر اساس کاهش دبی خروجی از آبخوان، در واحد طول سفره بدست می آید.

در خاتمه یادآور می گردد که اگر هدف بررسی و تحقیق صرفاً تعیین دقت و نحوه عملکرد رابطه و رویج در مطالعات حدانترفاس باشد، می توان این بررسی را تنها در چند مقطع انتخابی که جاههای چند منظوره در آنها حفر شده است انجام داد ولی اگر هدف علاوه بر مورد فوق بررسی پدیده انترفاس در کل آبخوان نوار ساحلی باشد، می توان براساس نتایج بدست آمده از مقایسه روش اندازه گیری مستقیم و رابطه و رویج در مقاطع دارای جاههای چند منظوره، با حفر ۲ یا ۳ حلقه چاه مشاهده ای در سایر مقاطع انتخابی نوار ساحلی، وضعیت حدانترفاس را در سراسر نوار ساحلی مشخص نمود. همچنین مختصات و ویژگیهای حدانترفاس را می توان، با توجه به تاسیسات ایجاد شده بطور مستمر اندازه گیری و بررسی نمود.