بررسی اثرات انتقال آب‌های سطحی شرق به غرب تهران بر کیفیت آب‌های زیرزمینی

(دریافت۸۱/۹/۱۷ پذیرش۸۲/۵/٦)

بنفشه رزاقی خمسی* محمد کارآموز** نعمت‌ا... جعفرزاده***

چکیده

رواناب‌های سطح شهر تهران از طریق یک شبکه جمع‌آوری سنتی به تدریج در قسمت‌های جنوبی وارد نهرهای فیروزآباد، سرخه حصار وباخچی‌آباد می‌گردند. این نهرها در مسیر حرکت خود از مناطق پرجمعیت و صنعتی عبور کرده و به پذیرنده فاضلاب‌های شهری وصنعتی تبدیل می‌شوند. قسمت اعظم این آب‌ها به همراه آب‌های زیرزمینی در جنوب شهر تهران، در ۱۳٤٤۲ هکتار از اراضی کشاورزی در محدوده مطالعاتی این تحقیق به مصرف آبیاری می‌رسند. استفاده از این آب‌های آلوده موجب گسترش آلودگی در محصولات کشاورزی، خاک و آب‌های زیرزمینی می‌گردد . درچارچوب طرح جامع توسعه منابع آب تهران بزرگ، پیشنهاد شده است که آب‌های سطحی مزبور، از شرق به غرب تهران انتقال یافته و پس از تصفیه مورد مصرف قرار گیرند. دراین پژوهش در قالب چهار گزینه، تغییرات غلظت فلزات سنگین در آبخوان تهران برای دوره ۲۰ ساله طرح مورد بررسی قرار گرفته است. تغییرات حجم آبخوان به کمک یک نرم افزار کمی[1] که از روش تفاضل محدود استفاده می‌کند، محاسبه ونتایج مستقیماً در محاسبات کیفی به کاربرده شده ونتیجه بررسی‌ها به صورت نمودارها وجداول ارائه گشته است.

واژه‌های کلیدی : کیفیت آب، آب‌سطحی، آب زیرزمینی، غرب تهران.

The Impact Assessment of Water Transfer from East to West of Tehran on Groundwater Quallity

Razaghi Khamsi, B. (MSc.) Karamooz , M. (Ph.D)** Jafarzadeh, N.A. (Ph.D)****
** Tarbiat Modares University*
*** Amir Kabir University*
**** Ahwaz University*

Abstract

Tehran is a rare example of a major city in the world, which lacks a centralized storm water and sewer collection network. Runoffs origination from the southern slopes of Alborz Mountain are collected by means of a series of traditional, above ground small canals leading to three main collectors. These channels are passing through densely populated areas and industrial zones where industrial as well as domestic wastewater are directly discharged them.

The most part of these polluted waters along with the underground water from the southern part of these polluted waters along with the underground water from the southern part of Tehran aquifer are used for irrigation purpose in over 13000 hectares of agricultural lands located in the southern part of Tehran within the boundary of the study area.

In this paper, four alternatives have been considered as follows:

- Existing situation without any water transfer,

* کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط- دانشگاه تربیت مدرس
** استاد دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
*** استادیار دانشکده علوم پزشکی اهواز

1- Graphic Groundwater Software

- Transfer of 5 m^3/s of surface water,
- Transfer of 10 m^3/s of surface water,
- Transfer of 15 m^3/s of surface water,

In each alternative the variation of concentration of heavy metals, Chromium, Cobalt, Cadmium, Nickel, Lead, Zinc, Iron, manganese and Copper in Tehran aquifer was computed by a computer program for a period of twenty years.

The results show that in the case of not transferring any water, the concentration of heavy metals will generally increase. The groundwater level will also increase considerably. But if the wastewater is transferred, the contaminat's concentration will considerably be decreased as follows:

In second and third alternatives, the rate of increase of heavy metals concentration will decrease substantially and the water level will be decreased in an acceptable manner.

In the fourth alternative all of the surface water will be transferred and the only major source for irrigation purpose will be the groundwater.

مقدمه

محدوده مورد مطالعه واقع در قسمت جنوبی تهران بزرگ از دیرباز مورد توجه بوده ، به طوری که مطالعات قابل توجهی در این زمینه صورت پذیرفته است. در سال ۱۳٦۷ طرح استفاده از فاضلاب جنوب تهران در کشاورزی با هدف بررسی مشکلات محصولات آبیاری شده با فاضلاب و نحوه استفاده صحیح از فاضلاب تصفیه شده، مورد مطالعه قرار گرفت [۱]. در همین سال، مطالعات دیگری به منظور بررسی اثرات فاضلاب‌های مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی جنوب تهران انجام شد. نتایج نشان می‌داد که آبیاری با فاضلاب تأثیر سویی بر بافت خاک، PH، شوری، ظرفیت تبادل یونی و سدیم قابل تبادل خاک، نداشته وحتی درغنی‌تر شدن خاک از نظر مواد آلی، ازت وفسفر مؤثر بوده است[۲]. تحقیق دیگری با هدف اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین در اندام‌ها و گونه‌های مختلف گیاهی در اراضی جنوب تهران که با نهر فیروزآباد آبیاری می‌شوند، در همان سال انجام گرفت. دراین تحقیق گیاهان تره، گشنیز، جعفری، ریحان، تربچه، چغندر و نعناع از جهت غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گرفتند [۳] . در سال ۱۳٦۸، میزان غلظت فلزات سنگین در اندام‌ها وگونه‌های مختلف گیاهان در اراضی جنوب تهران که برای آبیاری از انهار فیروز آباد وسرخه‌حصار استفاده می‌کنند، مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که غلظت فلز کادمیم در برخی مناطق بیش ازحد نرمال بوده اما از حد مجاز فراتر نرفته است. فلز روی نیز در برخی مناطق بیش از حد نرمال گزارش شده و در مورد گیاهان، تراکم فلزات کادمیم وسرب چشمگیرتر بوده است [٤]. در همین سال آلودگی سبزیجات آبیاری شده توسط نهر فیروز آباد به تخم انگل‌های کرمی مطالعه شد. نتایج نشان داد که پنج نوع انگل کرمی برروی سبزیجات منطقه فوق مشاهده شده اند [۵]. از سوی دیگر به منظور جایگزینی آب‌های سطحی آلوده با آب‌های زیرزمینی، در سال ۱۳٦۹ مطالعه‌ای روی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه صورت گرفت. حاصل کار نشان داد که میانگین میزان سرب، روی، کروم، کادمیم و مس در زمان تحقیق، برای آبیاری در مصارف کشاورزی مناسب بوده است [٦].

مقایسه غلظت آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت تهران، طی سال‌های ۷۱-۱۳٦۹ نشان داد که مناطق با آلودگی زیاد از مناطق مرکزی به سایر قسمت‌های آبخوان گسترش پیدا کرده‌اند و علاوه بر آن، مقادیر زیاد آب استفاده شده برای مصارف مختلف، باعث افزایش سطح آب‌های زیرزمینی نیز شده است [۷]. در سال ۱۳۷۳ آلودگی‌های ناشی از کاربرد پساب‌های شهری وصنعتی در اراضی کشاورزی جنوب تهران مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقادیر کل و قابل جذب فلزات کادمیم، روی، مس، سرب، کروم و نیکل در سال‌های تحقیق رو به افزایش است [۸]. طرح بررسی آلودگی سفره آب‌های زیرزمینی دشت تهران در سال ۱۳۷۵، بیانگر روند رو به رشد میزان آلاینده‌ها، خصوصاً نیترات، می باشد [۹]. در سال ۱۳۷٦ طرح بررسی اثرات زیست‌محیطی صنایع تهران انجام شده ومرحله دوم این تحقیقات همچنان ادامه دارد [۱۰].

در زمینهٔ تأثیر مدیریت کمی آبخوان تهران بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در سال ۱۳۷۵ با استفاده از نرم افزار GWTRAN، مدل ریاضی آبخوان تهران تهیه شده و با استفاده از اطلاعات مدل وکیفیت آب، وضعیت آبخوان تا سال ۱۳۸۵ پیش‌بینی شده است [۱۱].

در مطالعاتی که با استفاده از مدل ریاضی دیگری به نام سوترا[1] انجام شده، بررسی اثر برداشت آب از آبخوان تهران برای اهداف مختلف بر کیفیت این آبخوان، و روند حرکت احتمالی آلاینده‌های مختلف مورد نظر بوده است [۱۲]. بررسی دیگر، تغییرات تراز آبخوان در تهران به روش مدل‌سازی به کمک حل معادلات تفاضل محدود در سال ۱۳۷۸ بوده است. دراین تحقیق از نتایج مدل کمی Graphic Groundwater در شبیه سازی وضعیت تراز آب در آبخوان در شرایط موجود و هم‌چنین با در نظر گرفتن طرح‌ها و پروژه‌های در دست مطالعه و اجرا استفاده شده است [۱۳]. هرچند مطالعات فوق عمق مشکلات زیست‌محیطی جنوب تهران را نشان نمی‌دهد ، اما روند رو به افزایش آلودگی‌ها به خصوص در ارتباط با فلزات سنگین کاملا مشهود است. در نتیجه، تمرکز این پژوهش بر اثرات انتقال آب بر غلظت فلزات سنگین معطوف شده است.

با توجه به مطالعات فوق، محدوده مورد مطالعه دراین تحقیق، قسمتی در نظرگرفته شده که بیشترین اراضی کشاورزی در آن قرار گرفته اند و بیشترین تأثیر را از انتقال وحذف آب‌های سطحی می‌پذیرد. این محدوده در قسمت جنوبی دشت تهران و بین ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است و از شمال به خط فرضی رسم شده در امتداد بزرگراه آزادگان و میدان جهاد، از جنوب به کوه‌های بی بی شهربانو و دامنه شمالی ارتفاعات کهریزک، از شرق به رودخانه سرخه حصار و از غرب به رودخانهٔ کن محدود می‌شود. سطح این منطقه در حدود ۲٦۰ کیلومترمربع می‌باشد. نقشه ۱ موقعیت محدوده مطالعاتی را مشخص می‌کند.

[1] Sutra

در بررسی اثرات انتقال آب‌های سطحی آلوده از شرق به غرب تهران در این پژوهش، چهار گزینه درنظرگرفته شده اند:

گزینهٔ اول: این گزینه مطالعه وضعیت آبخوان در شرایط موجود می‌باشد. بدین معنی که با در نظرگرفتن عدم اجرای طرح انتقال و ادامه وضعیت فعلی تا سال هدف (سال ۱٤۰۰) تغییرات سطح آبخوان و کیفیت آن از نظر غلظت فلزات سنگین در دو مقطع زمانی آبان و اردیبهشت هر سال مورد بررسی قرار می گیرد.

گزینهٔ دوم: این گزینه با فرض انتقال ۵ متر مکعب در ثانیه از فاضلاب‌های سطحی که شامل بخش عمده ای از نهرفیروزآباد می‌باشد، مورد بررسی قرارگرفته است. در این گزینه تغییرات سطح آبخوان و کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر غلظت فلزات سنگین در دو مقطع زمانی آبان و اردیبهشت هر سال بررسی می‌شود.

گزینهٔ سوم: در این گزینه کانالی به ظرفیت ۱۰ مترمکعب در ثانیه برای انتقال فاضلاب‌های سطحی در نظرگرفته می‌شود و آب نهر فیروز آباد به طور کامل منتقل می‌گردد. قسمت مهمی از آب نهرسرخه حصار نیز به سمت غرب انتقال داده می‌شود. سال هدف ۱٤۰۰ می‌باشد و تغییرات در دومقطع از هر سال بررسی شده‌اند.

گزینهٔ چهارم: در این گزینه کانالی برای انتقال ۱۵ متر مکعب درثانیه آب از شرق به غرب تهران در نظرگرفته شده که دراین حالت کل فاضلاب‌های موجود، به غرب تهران انتقال داده می‌شود. دراین گزینه نیز مانند سایر گزینه‌ها، سال هدف ۱٤۰۰ و تغییرات نیز در دو مقطع، هر سال مطالعه شده اند.

روش بررسی تغییرات کمی وکیفی

روش بررسی تغییرات کمی

بررسی تغییرات کمی آبخوان تهران با استفاده از مدل نرم افزاری Graphic Groundwater انجام شده است. تهیه و ارائه مدل ریاضی برای منابع آب زیرزمینی یک منطقه این امکان را فراهم می‌سازد که با استفاده از آمار و اطلاعات جمع آوری شده و آزمایش‌های انجام گرفته، یک طرح کلی از آبخوان مورد نظر که نمایانگر محیط طبیعی مربوطه باشد، تهیه شود. با استفاده از این مدل و اعمال

هرگونه شرایط مرزی و اولیه (تخلیه، تغذیه و..). می توان وضعیت آینده آبخوان را در هر نقطه و هر زمان تعیین نمود. یک مدل ریاضی مشتمل بر مجموعه ای از معادلات دیفرانسیل می‌باشد که جریان آب‌های زیرزمینی را تحت حاکمیت خود دارد. قابلیت اعتماد پیش‌بینی‌های انجام شده براساس مدل آب زیرزمینی به این موضوع وابسته است که مدل به چه نحوی شرایط واقعی را شبیه سازی می‌کند.

معادلات دیفرانسیل حاکم بر جریان آب‌های زیرزمینی با روش‌های تحلیلی ریاضی قابل حل نمی‌باشد. در سال‌های اخیر از روش‌های عددی[1] برای حل تقریبی آن‌ها توسط کامپیوتر استفاده شده است که تحت عنوان مدل ریاضی آب‌های زیرزمینی نامیده می‌شوند. عمومی‌ترین روش‌های عددی که برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل آب‌های زیرزمینی به کار می‌رود، عبارتند از :

روش تفاضل‌های محدود[2] و روش اجزای محدود[3].

براساس این روش‌ها، مدل های متفاوتی برای شبیه‌سازی آب زیرزمینی تهیه گردیده است که بیشتر این مدل‌ها برای آبخوان‌هایی که از یک لایه آبدار تشکیل شده‌اند ، مناسب می باشند و آن‌ها را دو بعدی می‌نامند. اما گاه ممکن است آبخوان از چند لایه تشکیل شده باشد که دراین حالت به دلیل ارتباط هیدرولیکی بین لایه‌ها، جریان سه بعدی وجود خواهد داشت که در این مورد مدل های دو بعدی کارآیی نداشته و باید از مدل‌های سه بعدی استفاده کرد.

امروزه نرم افزارهای متعددی تهیه شده که قادر به شبیه‌سازی آبخوان، برای جریان سه بعدی و آبخوان چند لایه می‌باشند. ازجملهٔ معروف‌ترین و کارآمدترین آن‌ها، نرم افزار MODFLOW است که قادر به شبیه‌سازی جریان‌های سه بعدی و چند لایه‌ای می باشد. از این نرم افزار، بسته های نرم‌افزاری بسیاری مشتق شده‌اند که ازجملهٔ آن‌ها Graphic Groundwater است. این نرم افزار در سال ۱۹۹۳ در واحد هیدروژئولوژی دانشگاه ایلی نویز ایالات متحده توسط پروفسور اسلینگ تهیه شده و قابلیت شبیه‌سازی سه بعدی آبخوان را دارد [۱۵].

برای کاربرد این نرم‌افزار اطلاعات لازم با استفاده از نقشه‌های رقومی شده[4]، و نوشتن چند زیر برنامه[5]، تهیه شد که از اهم وظایف آنان می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تعیین مساحت دقیق سطوح پوشش دهنده پیزومترها.
- تعیین قسمتی از مساحت اراضی کشاورزی که در محدوده هر سلول قرار می‌گیرد.
- تعیین مقادیر نفوذ از کانال‌ها و نهرهای موجود در محدوده مطالعاتی که به هر سلول اختصاص می‌یابد.
- تعیین مقادیر نفوذ حاصل از آبیاری زمین‌های کشاورزی در سلول‌هایی که در این محدوده قرار گرفته‌اند.
- تلفیق اطلاعات فوق و آماده سازی آن برای تأمین داده‌های ورودی.

شایان ذکر است که در مدل سازی کمی، کالیبراسیون با توجه به اطلاعات بیش از ۴۰ پیزومتر در دشت تهران انجام شد و ضرایب و ثوابت فرمول‌ها نظیر ضریب هدایت الکتریکی(K) و ضریب ذخیره (S) کالیبره شدند.

روش محاسبه تغییرات کیفی

در این روش، برای محاسبه تغییرات کیفی آبخوان از اصل بقای جرم استفاده شده و در نتیجه میزان ورودی مواد آلاینده که به تدریج وارد آبخوان شده و یا خارج می‌گردد، در مقاطع مختلف زمانی برای هریک از فلزات کروم، کبالت، کادمیم، مس، سرب، نیکل، روی ، آهن و منگنز محاسبه شده و براساس نتایج حاصل از مدل کمی، محاسبات مربوط به غلظت هر آلاینده به شرح زیر انجام شده است:

بار ورودی هر آلاینده به آبخوان عبارت از مجموع غلظت آلاینده در آب نفوذی حاصل از آبیاری سطوح کشاورزی به وسیله فاضلاب سطحی، غلظت آلاینده در آب نفوذی حاصل از آبیاری با آب چاه و غلظت آلاینده در نفوذ فاضلاب سطحی از بستر نهرهای فاضلاب می‌باشد. این مقدار بار آلاینده به میزان بار موجود در داخل آبخوان اضافه شده واز مقدار بارآلاینده خروجی کم می‌شود، سپس از تقسیم آن بر حجم کل آبخوان در آن مقطع زمانی،

[1] Numerical Methods
[2] Finite Differences Method
[3] Finite Elements Method
[4] Digitized
[5] Subroutine

غلظت آلاینده در انتهای آن مقطع زمانی در آبخوان تعیین می‌گردد. غلظت خروجی از طریق استحصال آب چاه‌ها برای مصارف آبیاری کشاورزی در ابتدای مقطع زمانی بعد برابر غلظت آلاینده در آبخوان در انتهای مقطع زمانی قبل می‌باشد.

شیوه محاسبه تغییرات کیفی در این پژوهش استفاده از معادله پیوستگی جرم به شرح زیر است:

(۱)

$$C_S \cdot (I_S + I_C) + \left(\frac{C_{G_i} + C_{G_{i+1}}}{2}\right) \cdot I_G - \left(\frac{C_{G_i} + C_{G_{i+1}}}{2}\right) \cdot V_D = C_{G_{i+1}} \cdot (V_G \pm \Delta V_G)$$

که در آن :

C_S= غلظت فلز مورد بررسی در فاضلاب‌های سطحی (میلی گرم در لیتر).

I_S = حجم نفوذ حاصل از آبیاری با فاضلاب‌های سطحی (میلیون متر مکعب).

I_C = حجم نفوذ حاصل از بستر کانال‌ها و نهرهای فاضلاب (میلیون متر مکعب)

C_{Gi} = غلظت فلز مورد بررسی در آبخوان در ابتدای دوره بررسی (میلی گرم در لیتر).

I_G = حجم نفوذ حاصل از آبیاری با آب زیرزمینی (میلیون مترمکعب).

C_{Gi+1}= غلظت فلز مورد بررسی در آبخوان پس از ورود مواد آلاینده (میلی گرم در لیتر).

V_D= حجم آب زیرزمینی برداشت شده از آبخوان برای آبیاری (میلیون متر مکعب).

V_G= حجم آبخوان (میلیون مترمکعب).

ΔV_G = تغییرات حجم آبخوان، (میلیون متر مکعب)

شایان ذکر است که در محاسبه تغییرات کیفی صرفا از معادله پیوستگی جرم استفاده شده و از فرآیند پخش[1] و انتقال[2] به دلیل کمبود اطلاعات و پیچیدگی در مدل سازی صرف نظر شده است.

محاسبات فوق به وسیله برنامه کامپیوتری برای دو مقطع زمانی آبان و اردیبهشت در چهار گزینه مطرح شده، و تا سال هدف (۱٤۰۰) انجام شده است. شایان ذکر است که با مصرف آب ، فلزات سنگین به طور کامل از سیستم به همان نسبت حذف نمی شوند ولی به دلیل نبودن اطلاعات لازم و عدم قطعیت در تخمین آن، در این تحقیق فرض شده است که حذف فلزات سنگین متناسب با مصرف آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به موارد فوق در این محاسبات فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

- سال هدف طرح، سال ۱٤۰۰ می‌باشد.
- غلظت ابتدایی هر فلز در آبخوان با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده برروی چاه‌های آب موجود و توسط شرکت آب و فاضلاب استان تهران، به دست آمده است.
- غلظت فلزات در نهرهای فاضلاب فیروز آباد، سرخه‌حصار، یاخچی آباد و بهشتی براساس آزمایش‌های انجام شده به وسیله سازمان آب منطقه‌ای تهران در نظرگرفته شده است.

فلزات مورد نظر دراین تحقیق عبارتند از کروم، کبالت، کادمیم، مس، سرب ، نیکل، روی، آهن و منگنز.

علت انتخاب فلزات فوق این بوده است که نقطه تمایز فاضلاب خانگی و صنعتی، در وجود فلزات سنگین در فاضلاب‌های صنعتی می‌باشد که در بیشتر کارخانجات، فاضلاب صنعتی به نهرهای فاضلاب تخلیه می‌گردد و یا در صورت وجود چاه به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی، عملاً به آب‌های سطحی می‌پیوندد.

با درنظر گرفتن گذشت بیش از ۳۰ سال از آبیاری اراضی کشاورزی جنوب تهران با نهرهای فاضلاب، هم‌چنین به دلیل بالا بودن نسبی سطح آب زیرزمینی، دراین تحقیق چنین فرض شده است که ظرفیت خاک‌های این محدوده برای دریافت فلزات در اثر آبیاری با فاضلاب سطحی و دریافت طولانی مدت فلزات سنگین تکمیل گشته است. به طوری که در مطالعاتی که برروی خاک‌های این منطقه به عمل آمده، پس از مدت‌های طولانی آبیاری با فاضلاب‌سطحی، غلظت فلزات سنگین در خاک‌ها وگیاهان هنوز از حد مجاز تجاوز ننموده وچنین به نظر می‌رسد که این فلزات از خاک عبور نموده و به هنگام نفوذ پساب ناشی از آبیاری، وارد آب زیرزمینی می‌گردند. به عبارت دیگر نفوذ مقادیر زیاد فاضلاب در زمین، به مرور خاصیت تصفیه خاک را زایل نموده و لایه‌های خاک که می‌توانستند سهم مهمی در تغییرات کیفیت فاضلاب دفعی در زمین داشته باشند ، دیگر قادر به انجام این تغییرات نیستند. از

[1] Dispersion
[2] Advection

این رو تشکیل دهنده‌های فاضلاب بدون هیچ تغییری به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندند[۱٤] .

با توجه به محدوده طرح ، تغییرات سطح ایستابی آبخوان و ورودی و خروجی به آن، به دلیل نبودن اطلاعات کافی یکسان فرض شده و در معادله ۱ ملحوظ شده است.

طبق مطالعات انجام شده [1]، میزان برگشت پساب حاصل از آبیاری زمین‌های کشاورزی به آب‌های زیرزمینی، ۲۸ درصد در نظرگرفته شده است. بنابراین، دراین تحقیق فرض براین است که فلزات سنگین موجود در این حجم از آب نفوذ یافته به آبخوان وارد می‌شوند.

دراین تحقیق، تنها اثر فاضلاب‌های سطحی وحذف آنها روی آبخوان در نظرگرفته شده است واز سایر تأثیرات بر آب‌های زیرزمینی صرف نظر گردیده است. طبعاً در صورت افزوده شدن سایر منابع آلودگی به آبخوان، آلودگی نسبت به حالت مورد مطالعه شده، افزایش پیدا می‌کند و در مجموع در نتیجه‌گیری‌های کلی تغییری حاصل نخواهد گردید.

نتایج و بحث

درحالت کلی، برای استفاده از پساب‌ها در آبیاری، باید کیفیت آنها دارای ویژگی‌های خاصی باشد. مهم‌ترین معیار در مصارف آبیاری، غلظت کل املاح محلول است که با هدایت الکتریکی یا کل جامدات محلول اندازه‌گیری می‌شود. عناصر Cd، Mn، Ni و Zn برای گیاهان سمی است. عنصر مس نیز برای گیاهان سمی محسوب می گردد و افزایش میزان شوری سبب اختلال در سلول‌های گیاهی می‌شود.

با مطالعه کیفیت آب نهرهای فیروز آباد وسرخه حصار و مقایسه آنها با کیفیت آب توصیه شده برای مصارف آبیاری ازجانب مؤسسات و سازمان‌های ملی و بین‌المللی ، این نتیجه حاصل می‌شود که از نظر پارامترهای شوری، کلرور و نیتروژن فاضلاب‌های فوق در گروه‌های محدودیت کم تا متوسط وگاهی شدید قرار می‌گیرند. از نظر میزان pH، فاضلاب نهر فیروز آباد فاقد محدودیت، اما نهر سرخه حصار در ماه‌های دی واسفند دارای pH بالا بوده است. از نظر غلظت اکسیژن محلول، نهر فیروز آباد شش ماه از سال و سرخه حصار دو ماه از سال با مشکل مواجه هستند ودارای اکسیژن محلول کمتراز حد مجاز می‌باشند.

از نظر اکسیژن محلول مورد نیاز بیوشیمیایی و شیمیایی، نهر فیروزآباد فاقد مشکل بوده ولی فاضلاب کانال سرخه حصار، در دو ماه آخر سال از نظر این دو پارامتر با اشکال روبرو است. کل مواد معلق در کانال فیروز آباد در ۹ ماه از سال ودر کانال سرخه حصار در سه ماه از سال از حد مجاز تجاوز نموده است.

مواد شوینده نیز، در ۹ ماه از سال در کانال فیروز آباد و در همه سال به جز یک ماه در نهر سرخه حصار بالاتر از حد مجاز بوده اند. از نظر فلزات سنگین، فاضلاب دو نهر فوق تنها در مورد آهن که در مدت زیادی از سال دارای مقادیر بالاست و منگنز که جزئی افزایش نشان می‌دهد، دارای محدودیت برای آبیاری می‌باشند. روغن و چربی تقریباً در همه ماه‌های سال و برای هر دو نهر بیش از مقادیر استاندارد بوده‌اند و آلودگی‌های میکروبی نیزدر فاضلاب‌های فوق بسیار بیشتر از حد استاندارد و به صورت فوق العاده ای خطرناک هستند ، به خصوص درمورد سبزیجاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند.

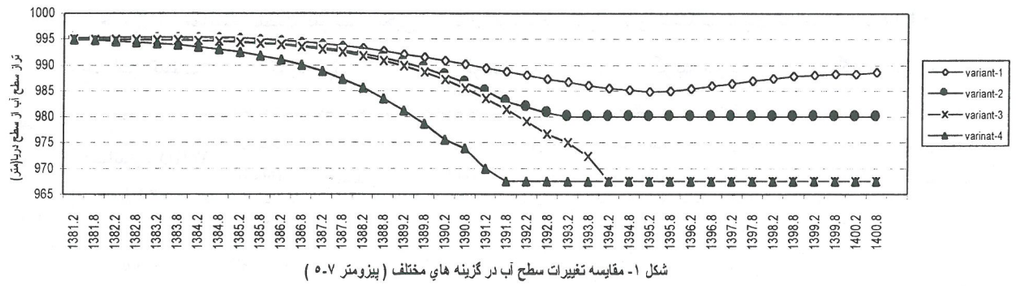
بنابراین، فاضلاب‌های سطحی فوق، دارای محدودیت‌های شیمیایی وبهداشتی برای استفاده مجدد در کشاورزی می‌باشند. گرچه مقدار املاح محلول در فاضلاب، در حد مجاز قرار دارد وهیچگونه محدودیتی برای استفاده در آبیاری کشاورزی ایجاد نمی‌نماید، اما وجود فلزات سنگین از جمله آهن، کروم وکادمیم ومیزان بالای موادآلی و اکسیژن مورد نیاز به منظور تجزیه شیمیایی، وهم‌چنین تعداد زیاد باکتری، محدودیت‌های بهداشتی در استفاده مجدد از این نهرها به منظور آبیاری محصولات کشاورزی، مخصوصاً سبزیجات وصیفی جات را فراهم می‌آورد. لذا تصفیه این آبها قبل از مصرف بسیار ضروری می‌باشد.

شکل‌های ۱ تا ٤ نشان دهندهٔ نتایج حاصل از بررسی‌های کمی می‌باشند. با توجه به این نتایج، مشاهده می‌گردد که دو گزینه انتقال ۵ و۱۰ مترمکعب در ثانیه از نظر تغییرات سطح پیزومترها وحجم و ضخامت آبخوان دارای مشابهت زیادی هستند ولی گزینه انتقال ۱۵ مترمکعب در ثانیه در همه پیزومترها نسبت به دو گزینه فوق دارای تفاوت قابل ملاحظه‌ای است.

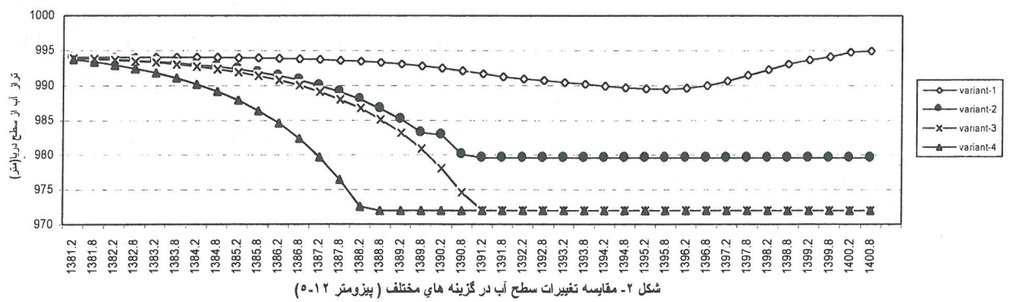
هم‌چنین درحالت عدم اجرای طرح، حجم آبخوان با روند افزایشی روبرواست، به طوری که از حدود ۸۷٦ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۷۸، به ۱۰۳۲ میلیون مترمکعب در سال ۱٤۰۰ رسیده است. اما با اجرای طرح ، بسته به حجم انتقال ، حجم آبخوان کاهش می‌یابد. این کاهش در دو گزینه انتقال ۵ و۱۰ مترمکعب در ثانیه، همان طور که قبلاً ذکر شد، مقادیری نزدیک به هم دارد، زیرا دراین دو گزینه هنوز فاضلاب‌های سطحی برای آبیاری استفاده می‌شوند. اما در گزینه چهارم که همه فاضلاب‌های سطحی انتقال می‌یابند، این روند کاهش بیشتری پیدا می‌کند. به طوری که از حجم حدود ۸۷٤ میلیون مترمکعب درابتدای دوره در سال ۱٤۰۰، ودر گزینه چهارم، حجم آبخوان به حدود ۱۳۹ میلیون مترمکعب می‌رسد.

بنابراین، نتایج حاصل از بررسی‌های کمی نشان می‌دهد که در صورت عدم اجرای پروژه انتقال (گزینه اول) در پایان دوره مطالعات (سال ۱٤۰۰)، سطح آب در آبخوان در اکثر پیزومترها به قدری افزایش خواهد داشت که حالت غرقابی ایجاد شده و لزوم زهکشی را ایجاب می نماید. به این ترتیب ، مشخص می‌شود که امکان ادامه این وضع تا سال ۱٤۰۰ به هیچ وجه مقدور نمی‌باشد و این آب‌ها باید به هر صورتی که ممکن است از منطقه به خارج از آن انتقال داده شوند. به این منظور بوده که گزینه های ۳،۲ و٤ یعنی انتقال ۵ ، ۱۰ و۱۵ مترمکعب در ثانیه از آب‌های سطحی به خارج از منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است.

در هر یک از این گزینه ها، سطح آب در سال ۱٤۰۰ یعنی سال هدف، به طور قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد. میزان این کاهش در گزینه های ۲و۳ قابل ملاحظه بوده ودر گزینه ٤ آبخوان تقریباً تهی می گردد. این امر نشان می‌دهد که امکان انتقال کلیه آب‌های سطحی واستفاده از آب زیرزمینی برای جبران کمبود آب‌های‌سطحی به منظور کشاورزی، به این ترتیب بدون جایگزینی آن با تغذیه متعادل، امکان‌پذیر نمی‌باشد. شایسته است که از طریق تصفیه آب‌های سطحی و تغذیه بخشی از آن به آبخوان، موجبات تعادل سفره آب زیرزمینی فراهم شود.لازم به ذکر است که به دلیل تمرکز این تحقیق در پایین دست بزرگراه آزادگان از نقطه نظر عوامل کیفی و فرض ورودی و خروجی یکسان در این قسمت از آبخوان ، اثرات طرح جمع‌آوری فاضلاب تهران در نظر گرفته نشده است.

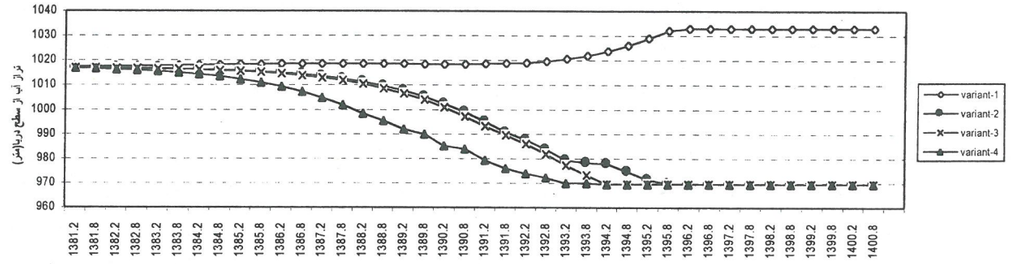


شکل ۱- مقایسه تغییرات سطح آب در گزینه های مختلف (پیزومتر ۷-۵)

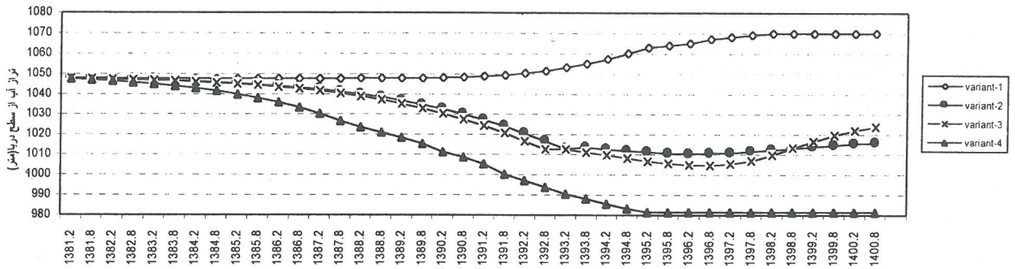


شکل ۲- مقایسه تغییرات سطح آب در گزینه های مختلف (پیزومتر ۱۲-۵)

[1] مطالعات طرح جامع آب کشور- شرکت مهندسین مشاور جاماب



شکل ۳- مقایسه تغییرات سطح آب در گزینه هاي مختلف (پیزومتر ۱۳-۱۰)

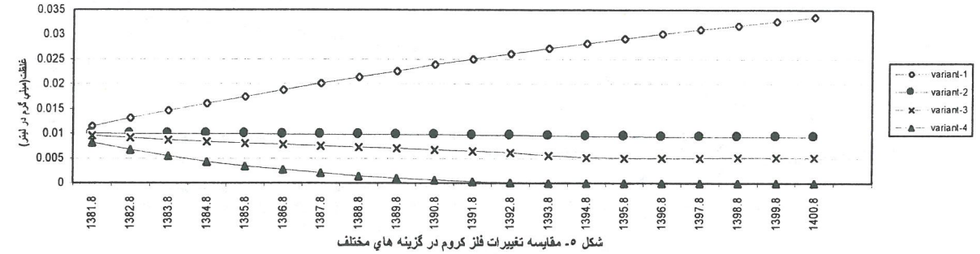


شکل ٤- تغییرات سطح آب در گزینه هاي مختلف (پیزومتر ۳-۱۳)

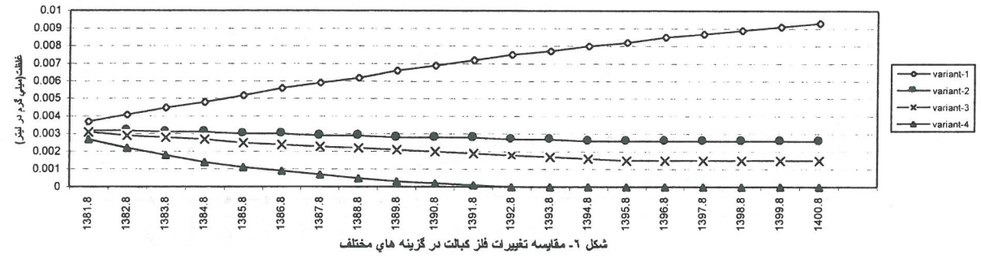
نتـایج تجزیـه وتحلیـل‌هـای کیفـی در شـکل‌هـای ۵ تا ۱۳ ارائه شده است.جدول ۱ نیز خلاصه تغییرات کیفی را در آبخوان در سال مبدأ و هدف، در گزینه‌های چهارگانه به دست می‌دهد. به طوری که مشاهده می‌شود، در شـرایط عدم اجرای پروژه ، تغییرات کیفی در انتهـای دوره مطالعـه نسبت به ابتدای آن افزایش یافته واین افزایش بین سه برابر برای فلز کادمیم تـا ۱۹ برابـر بـرای فلـزآهن مـی‌باشـد. در گزینه‌های انتقال آب، این میزان بـه طـور قابـل ملاحظـه‌ای کـاهش یافتـه ودر گزینـه چهـارم غلظـت آن‌هـا بـه صـفر می‌رسد.

جدول ۱- مقایسه غلظت فلزات سنگین در سال هدف در گزینه های مختلف نسبت به استاندارد WHO

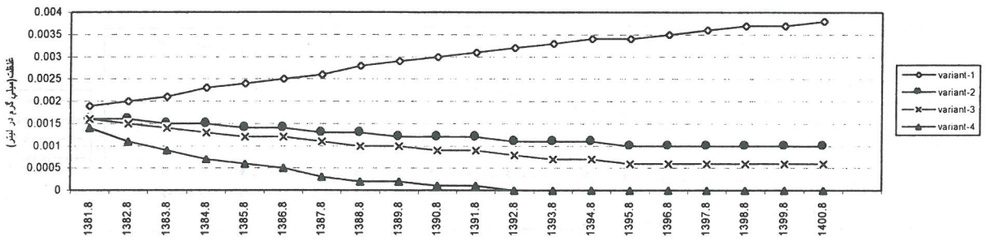
فلز	حداکثر غلظت مجاز در استاندارد WHO (mg/l)	گزینه اول		گزینه دوم		گزینه سوم		گزینه چهارم	
		غلظت در سال هدف (mg/l)	میزان تجاوز از حد استاندارد	غلظت در سال هدف (mg/l)	میزان تجاوز از حد استاندارد	غلظت در سال هدف (mg/l)	میزان تجاوز از حد استاندارد	غلظت در سال هدف (mg/l)	میزان تجاوز از حد استاندارد
Cr	۰/۰۵	۰/۰۳۳۵	ـــ	۰/۰۰۹۳	ـــ	۰/۰۰۵۲	ـــ	۰	ـــ
Co	۰/۰۵	۰/۰۰۹۳	ـــ	۰/۰۰۲۶	ـــ	۰/۰۰۱۵	ـــ	۰	ـــ
Cd	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳۸	+٪۲۶/۶	۰/۰۰۱۰	ـــ	۰/۰۰۰۶	ـــ	۰	ـــ
Cu	۱	۰/۰۴۳۰	ـــ	۰/۰۱۲۱	ـــ	۰/۰۰۶۷	ـــ	۰	ـــ
Pb	۰/۰۱	۰/۰۷۲۸	۷/۲۸برابر	۰/۰۲۲۱	۲/۲برابر	۰/۰۱۰۹	به میزان جزئی	۰	ـــ
Ni	۰/۰۲	۰/۰۳۲۳	۱/۶۲برابر	۰/۰۰۹۵	ـــ	۰/۰۰۵٤	ـــ	۰	ـــ
Zn	۳	۰/٤٤۸۹	ـــ	۰/۱۲۱۰	ـــ	۰/۰۷٤۶	ـــ	۰	ـــ
Fe	۰/۳	۵/۶۲۵۶	۱۸/۷۵برابر	۱/۷٤۵۳	۵/۸برابر	۱/۰۹۰۱	۳/۶برابر	۰	ـــ
Mn	۰/۱	۰/۱۶٤۲	۱/۶٤برابر	۰/۰٤۹۰	ـــ	۰/۰۲۹۲	ـــ	۰	ـــ



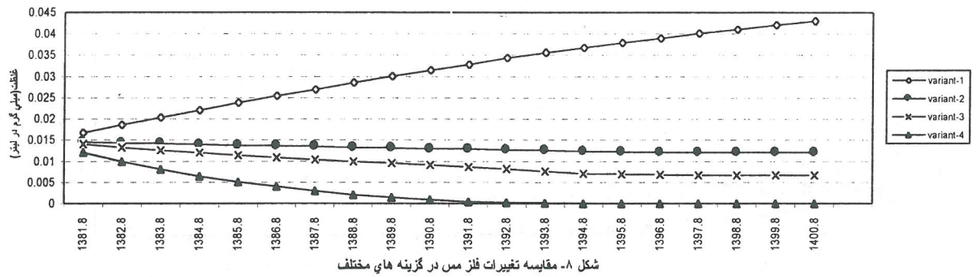
شکل ۵- مقایسه تغییرات فلز کروم در گزینه هاي مختلف



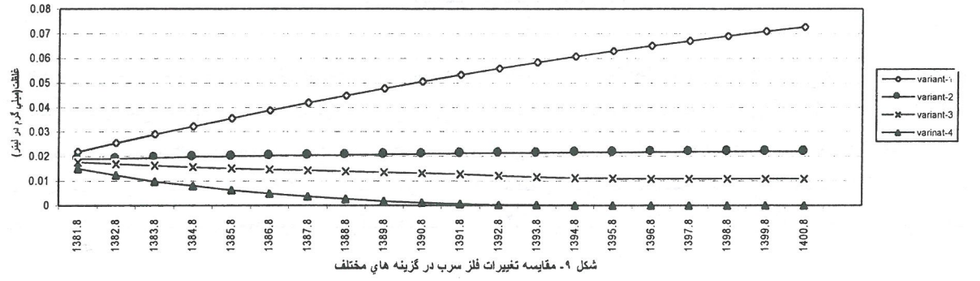
شکل ۶- مقایسه تغییرات فلز کبالت در گزینه هاي مختلف



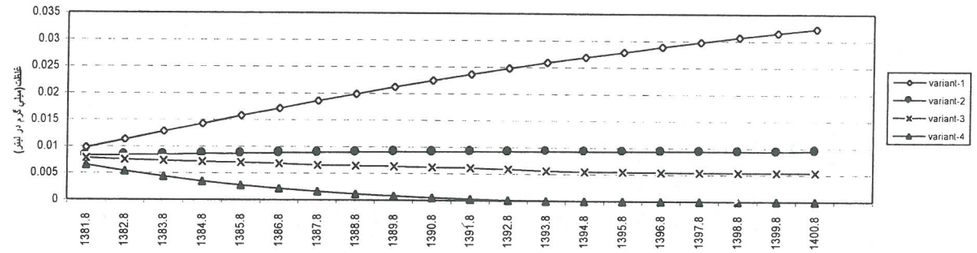
شکل ۷- مقایسه تغییرات فلز کادمیم در گزینه هاي مختلف



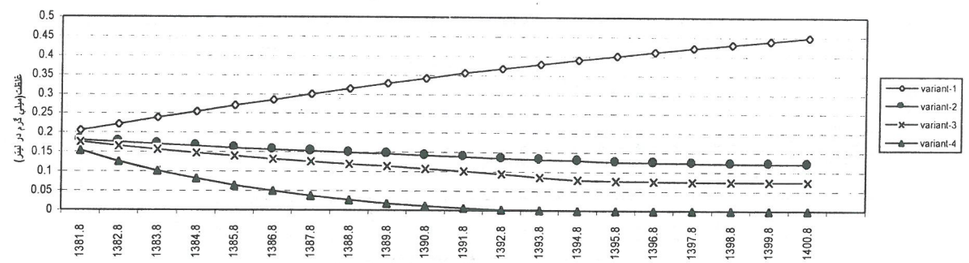
شکل ۸- مقایسه تغییرات فلز مس در گزینه هاي مختلف



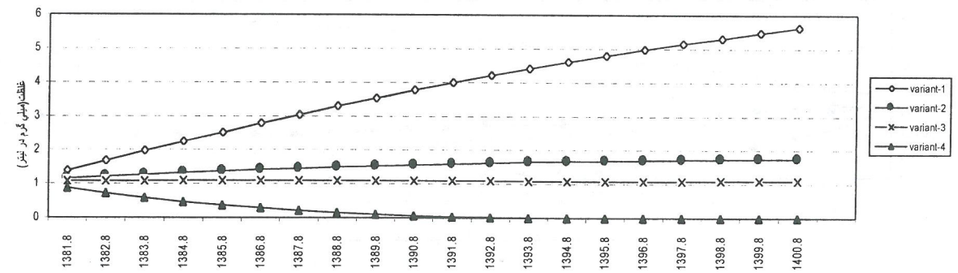
شکل ۹- مقایسه تغییرات فلز سرب در گزینه هاي مختلف



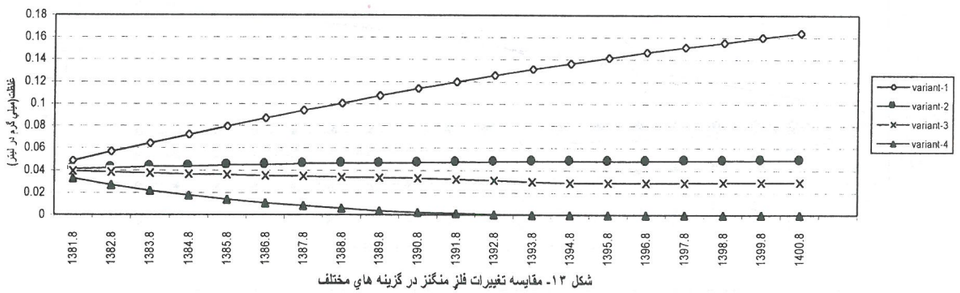
شکل ۱۰- مقایسه تغییرات فلز نیکل در گزینه های مختلف



شکل ۱۱- مقایسه تغییرات فلز روی در گزینه های مختلف



شکل ۱۲- مقایسه تغییرات فلز آهن در گزینه های مختلف



شکل ۱۳- مقایسه تغییرات فلز منگنز در گزینه های مختلف

با توجه به این که انتظار می‌رود در دهه های آینده سطح استانداردهای بین المللی وبه تبع آن در مقیاس ملی ارتقا یابد، واز طرفی با توجه به کمبود منابع آب واحتمال وقوع بحران آب، لزوم استفاده از آب‌های زیرزمینی در این محدوده نیز برای مصارف شرب محسوس می‌گردد، لذا دقیق‌ترین استاندارد، دراین مقایسه به عنوان معیار در نظرگرفته شده است. به طوری که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در گزینه اول در صورت عدم انتقال آب‌های سطحی فلزات کادمیم ۲۶/۶ برابر، سرب ۷/۲۸ برابر، نیکل ۱/۶۲ برابر، آهن ۱۸/۷۵ برابر ومنگنز ۱/۶٤ برابر از حدود

مجاز تعیین شده به وسیله WHO تجاوز کرده‌اند. در گزینه های دوم و سوم ، در اکثر مواردغلظت فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی پایین تراز حدمجاز می‌باشد، به استثنای فلزات سرب وآهن که در گزینه دوم، به ترتیب ۲/۲ و ۵/۸ برابر ودرگزینه سوم، سرب به میزان جزیی وآهن ۳/٦ برابر از حد مجاز بیشتر بوده‌اند. در گزینه چهارم نیز تقریباً از سال ۱۳۹۲تا ۱۳۹۵ میزان غلظت فلزات سنگین به صفر می‌رسد.

نتیجه گیری

با توجه به مراتب فوق، برای بررسی اثرات انتقال آب‌های سطحی از شرق به غرب تهران بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ،تغییرات غلظت فلزات سنگین در آبخوان تهران برای یک دوره ۲۰ ساله در قالب چهار گزینه مطالعه گردید. برای بررسی کمی از یک مدل ریاضی اجزای محدود و برای بررسی کیفی نیز از معادله پیوستگی جرم استفاده شد. برای این منظور پارامترهای مدل کمی با استفاده از اطلاعات حاصل از پیزومترهای موجود در دشت تهران کالیبره شدند و در مدل کیفی به علت کمبود اطلاعات و پیچیدگی آنها از کالیبراسیون پارامترهای ورودی صرف نظر گردید. نتیجه بررسی‌های انجام شده توسط این دو مدل در اشکال و نمودارهایی در بند قبل نشان داده شد.

به طور کلی در ارزیابی گزینه‌ها، عوامل متعددی مانند مسایل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مؤثر می‌باشند. به طوری که از مطالب پیش گفته برمی‌آید، گزینه چهارم به دلیل انتقال قابل ملاحظه آب از محدوده مطالعات که موجب استفاده بیش از حد از آب زیرزمینی برای مصارف آبیاری می‌گردد، موجب پایین رفتن شدید سطح آب زیرزمینی می‌شود. این امر از لحاظ زیست‌محیطی و هم‌چنین محدود کردن مصارف آب، قابل قبول به نظر نمی‌رسد. هرچند که از نظر کیفی بهبود قابل ملاحظه ای در کیفیت آب زیرزمینی مشاهده می‌شود، به دلیل ایجاد محدودیت کمی، قابل توصیه نمی‌باشد. گزینه عدم اجرای طرح انتقال آب، با توجه به تجاوز غلظت پنج فلز کادمیم، سرب، نیکل ، آهن و منگنز از حدود مجاز، از نظر بهداشتی قابل پذیرش نیست. مقایسه بین گزینه‌های دوم و سوم بستگی به ملاحظات اقتصادی دارد و در هر حال برای انتخاب این دو گزینه باید نسبت به حذف آلاینده‌های سرب وآهن تدبیر مناسب اندیشیده شود.

قدردانی

از جناب آقای مهندس احسان دانشور برای تنظیم داده‌های ورودی و اجرای مدل کمی تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از جناب آقای مهندس عبدالواحد رزاقی برای هم فکری در ارائه الگوی مدل کیفی و تحلیل نتایج آن و از جناب آقای دکتر محمودرضا میوه‌چی برای نوشتن نرم افزارهای کمکی و ترسیم شکل‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع و مراجع

۱. جهاد دانشگاهی دانشکده های کشاورزی ومنابع طبیعی دانشگاه تهران؛ اداره کل کشاورزی استان تهران، (۱۳٦۷). *"استفاده از فاضلاب جنوب تهران در کشاورزی"*، مطالعات مرحله اول.

۲. احرام پوش، م.ح.، (۱۳٦۷). *"اثرات فاضلاب نهر فیروز آباد در زمین‌های کشاورزی جنوب تهران"* ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

۳. رباطی ، ب.، صباغ فرشی، ر.و.، گرگانی نژاد، ع. ،(۱۳٦۷). *"مطالعه بعضی اثرات فاضلاب نهر فیروز آباد در اراضی جنوب تهران"*، نشریه فنی وتحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک وآب، سال چهارم، شماره ۱.

٤. شریعتی، م. و صباغ فرشی، ر. و گرگانی نژاد، ع.، (۱۳٦۸). *"بررسی غلظت فلزات سنگین در محصولات کشاورزی واراضی زراعی جنوب تهران"*، نشریه فنی وتحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک وآب، جلد ۵، شماره ٤-۳.

۵. وثوقی، م. ع.،(۱۳٦۸). *"بررسی آلودگی سبزیجات آبیاری شده با نهر فیروز آباد به تخم انگل‌های کرمی"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

٦. رضایی، غ.، (١٣٦٩). *"بررسی عناصر جزیی وسایر ترکیبات شیمیایی آب چاه‌ها وقنات‌های تهران به منظور جایگزینی آن به جای استفاده از فاضلاب در مزارع سبزی کاری"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

٧. امور مطالعات منابع آب ، سازمان آب منطقه ای تهران ، وزارت نیرو ،(١٣٧٣). *" گزارش وضعیت منابع و بیلان آب زیر زمینی دشت تهران"*.

٨. ترابیان، ع. و بغوری، ا.، (١٣٧٣). *"بررسی آلودگی‌های ناشی از کاربرد پساب‌های شهری وصنعتی در اراضی کشاورزی جنوب تهران"*، طرح مطالعه جامع آلودگی‌های محیط زیست تهران.

٩. معاونت نظارت بر بهره برداری شرکت آب و فاضلاب استان تهران، (١٣٧٥). *"طرح بررسی آلودگی سفره آب‌های زیرزمینی دشت تهران"*، گزارش شماره ٣.

١٠. مصداقی نیا، ع.ر، و شریعت ، س. م.، (١٣٧٦). *"طرح بررسی اثرات زیست محیطی صنایع تهران "مرحله اول، وزارت بهداشت، درمان وآموزش پزشکی.*

١١. اکباتانی، ا.، (١٣٧٥). *"تاثیر مدیریت کمی آبخوان تهران بر کیفیت آب زیرزمینی"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

١٢. سازمان آب منطقه ای تهران ، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، (١٣٧٥). *"طرح مطالعات آبهای زیرزمینی و مدل ریاضی دشت های تهران، ورامین و شهریار" ،" گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت تهران "* ، جلد اول.

١٣. دانشور، ا.، (١٣٧٨). *"استفاده تلفیقی از منابع آب‌های سطحی وزیرزمینی جنوب تهران"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

١٤. حسینیان ، س. م.، (١٣٧٧). *"اصول طراحی تصفیه‌خانه‌های شهری و پساب صنعتی"*، چاپ اول.

15- Esling, S.P., and Larson, T.A., (1993). *"Graphic Groundwater Version 1.1"*, Micro- innovations,Inc., Corbondale, Illinois.